

Національний технічний  
університет України  
"Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського"



National Technical  
University of Ukraine  
"Igor Sikorsky  
Kyiv Politechnic Institute"

Кафедра цифрових технологій в  
енергетиці



Department of digital technologies in  
energy

## МЕТОДИ СИНТЕЗУ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ METHODS OF SYNTHESIS OF VIRTUAL REALITY

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

#### Реквізити навчальної дисципліни / Details of the academic discipline

<b>Рівень вищої освіти</b>	<b>Другий (магістерський)</b>
<b>Галузь знань</b>	12 Інформаційні технології
<b>Спеціальність</b>	122 Комп'ютерні науки
<b>Освітня програма</b>	Комп'ютерні науки
<b>Статус дисципліни</b>	Вибіркова
<b>Форма навчання</b>	Очна(денна)/дистанційна/змішана
<b>Рік підготовки, семестр</b>	II курс, осінній семестр
<b>Обсяг дисципліни</b>	5 кредитів (150 годин): самостійна робота – 78 год.
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	Екзамен, модульна контрольна, графічна робота
<b>Розклад занять</b>	rozklad.kpi.ua
<b>Мова викладання</b>	Українська / Англійська
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: доцент, к.т.н. Демчишин Анатолій Анатолійович, ntuu.kpi@ukr.net Лабораторні: доцент, к.т.н. Демчишин Анатолій Анатолійович, ntuu.kpi@ukr.net
<b>Розміщення курсу</b>	<a href="https://youtube.com">https://youtube.com</a> , <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

<b>Level of higher education</b>	<b>The second (master)</b>
<b>Field of study</b>	12 Information technology
<b>Specialty</b>	122 Computer science
<b>Educational program</b>	Computer science
<b>Course status</b>	Elective
<b>Form of study</b>	Full-time (day) / distance / blended
<b>Year of study, semester</b>	2nd year, Autumn semester
<b>Course Load:</b>	5 credits (150 hours): individual work – 78 hours
<b>Semester assessment / Evaluation methods</b>	Exam, modular control work, graphic work
<b>Class schedule</b>	rozklad.kpi.ua
<b>Language of studies</b>	Ukrainian / English
<b>Course instructor(s)</b>	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
<b>Course resources</b>	<a href="https://youtube.com">https://youtube.com</a> , <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

## 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 зростаючу вагу пристроїв доповненої та віртуальної реальності на світовому ринку. Кредитний модуль мотивує студентів до практичного використання умінь, набутих впродовж попереднього навчання. Зміст модуля побудований таким чином, щоб його вивчення мало практичне значення, спрямоване на започаткування стартапу.

**Метою кредитного модуля** є формування у студентів всебічного розуміння технологій віртуальної реальності за рахунок опанування теоретичної та алгоритмічної бази методів синтезу доповненої реальності, доповненої віртуальної реальності та віртуальної реальності. Зміст кредитного модулю робить внесок до розвитку особистості студента як практикуючого дослідника, здатного втілити задуми у програмно - апаратному комплексі.

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

### **Загальні компетентності кредитного модулю (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 модулю (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 проекти 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 проектом (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 модулю (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 концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи (ПРН 06);
- розробляти математичні моделі та методи аналізу даних (включно з великими) (ПРН 08);
- створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування (ПРН 11);
- оцінювати та забезпечувати якість інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення (ПРН 13);
- тестувати програмне забезпечення (ПРН 14);
- 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 growing significance of augmented and virtual reality devices in the world market. This module encourages students to apply the skills acquired in previous studies to practical tasks. The content is structured to ensure practical applicability, with a focus on fostering startup development.

**The aim of the credit module** is to provide students with a comprehensive understanding of virtual reality technologies through mastering the theoretical and algorithmic foundations of augmented reality, augmented virtual reality, and virtual reality synthesis. The module's content contributes to the development of students as practicing researchers capable of implementing their ideas in software-hardware systems.

The integral competency developed through this module is the ability to solve research and/or innovation-driven problems 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 (ПРН)**

- comprehension of the theoretical foundations of computer science (ПРН 01);
- ability to develop software in accordance with specified requirements, considering available resources and constraints (ПРН 07);
- ability to design and implement software development projects, including in unpredictable conditions, under ambiguous requirements, and with the need to apply new strategic approaches; proficiency in utilizing software tools for organizing team-based project work (ПРН 08);
- ability to apply acquired knowledge for the software implementation of realistic representations of three-dimensional processes and objects, enabling interactive control, as well as augmented and virtual reality technologies using specialized technical equipment (ПРН 19).

#### **Program Learning Outcomes of the Credit Module (ПРН)**

- possess specialized conceptual knowledge, including contemporary scientific advancements in the field of computer science, serving as a foundation for original thinking, conducting research, and critically analyzing problems in computer science and at the intersection of disciplines (ПРН 01);
- possess specialized skills in solving computer science problems necessary for conducting research and/or engaging in innovative activities aimed at developing new knowledge and procedures (ПРН 02).
- develop a conceptual model of an information or computer system (ПРН 06);
- develop mathematical models and data analysis methods (including big data) (ПРН 08);
- create new algorithms for solving problems in computer science, evaluate their efficiency, and determine their application constraints (ПРН 11);
- assess and ensure the quality of information and computer systems for various purposes (ПРН 13);
- test software (ПРН 14);
- apply geometric methods for synthesizing augmented and virtual reality, designing lighting models, and generating photorealistic images for solving graphical 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 «Методи синтезу віртуальної реальності» 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);

– «Візуалізація графічної та геометричної інформації» (I семестр, згідно навчального плану підготовки магістрів).

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

– «Цифрова обробка зображень» (III семестр, згідно навчального плану підготовки другого року навчання магістрів).

**Prerequisites for the discipline.** The prerequisite for studying the credit module "Methods of Synthesis of Virtual Reality " 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);

– "Visualization of Graphical and Geometric Information" (I semester, according to the master's degree curriculum).

**Postrequisites for the discipline.** This credit module is a prerequisite for studying the following credit modules in the specialty 122 "Computer Science":

– "Digital Image Processing" (III semester, according to the second-year master's degree curriculum).

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Розділ 1. Синтез візуальної компоненти віртуальної реальності

Тема 1.1. Таксономія дисплеїв змішаної реальності

Тема 1.2. Поняття паралаксу та анагліфу

Тема 1.3. Паралельна осе-асиметрична перспективна проекція

Тема 1.4. Інженерія програмного застосунку для генерації анагліфу

Тема 1.5. Класифікація рівнів злиття реального та віртуального світів

Тема 1.6. Індивідуальні прилади для сприйняття стереоскопічного зображення

Тема 1.7. Візуальні ознаки глибини тривимірної сцени

#### Розділ 2. Орієнтація у просторі

Тема 2.1. Орієнтація у просторі за допомогою 3-х осьового акселерометра

Тема 2.2. Орієнтація у просторі за допомогою 3-х осьового магнітометра

Тема 2.3. Орієнтація у просторі за допомогою 3-х осьового гіроскопу

Тема 2.4. Орієнтація у просторі на основі злиття даних сенсорів смартфона

#### Розділ 3. Людино-машинна взаємодія

Тема 3.1. Взаємодія людини з комп'ютером

Тема 3.2. Особливості зору людини

Тема 3.3. Машинне бачення. Робота з відеопотоком

Тема 3.4. Інженерія інтерактивного додатку шолому віртуальної реальності

#### Розділ 4. Синтез аудіо компоненти віртуальної реальності

Тема 4.1. Ознаки сприйняття глибини звучання тривимірної сцени

Тема 4.2. Приклад реалізації звукового пейзажу

#### Section 1. Synthesis of the visual component of virtual reality

Topic 1.1. Taxonomy of mixed reality displays

Topic 1.2. Concepts of parallax and anaglyph

Topic 1.3. Parallel axis-asymmetric perspective projection

Topic 1.4. Software engineering for anaglyph generation

Topic 1.5. Classification of fusion levels between real and virtual worlds

Topic 1.6. Individual devices for stereoscopic image perception

Topic 1.7. Visual Depth Cues in a Three-Dimensional Scene

## Section 2. Spatial Orientation

- Topic 2.1. Spatial orientation using a 3-axis accelerometer
- Topic 2.2. Spatial orientation using a 3-axis magnetometer
- Topic 2.3. Spatial orientation using a 3-axis gyroscope
- Topic 2.4. Sensor fusion-based spatial orientation in smartphones

## Section 3. Human-Machine Interaction

- Topic 3.1. Human-computer interaction
- Topic 3.2. Characteristics of human vision
- Topic 3.3. Machine vision and video stream processing
- Topic 3.4. Engineering an interactive virtual reality headset application

## Section 4. Synthesis of the audio component of virtual reality

- Topic 4.1. Depth perception cues in three-dimensional soundscapes
- Topic 4.2. Example of an audio landscape implementation

## 4. Навчальні матеріали та ресурси / Educational materials and resources

### Основна література / Primary literature

1. LaValle M.S. Virtual Reality. Wordware University of Oulu: Cambridge University Press, 2020. – 426 p.
2. Campbell C. Oculus Quest 2 and Rift S User Guide: The Complete User Manual for Beginners to Master the Functionalities and Features of Oculus Quest 2 & Rift S. Independently published, 2022. – 99p.
3. Rose D. SuperSight: What Augmented Reality Means for Our Lives, Our Work, and the Way We Imagine the Future. BenBella Books, 2021. – 256p.
4. Howse J. Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3: Get to grips with tools, techniques, and algorithms for computer vision and machine learning, 3rd Edition. Packt Publishing, 2020. – 372p.
5. Buttfield-Addison P., Manning J., Nugent T. Unity Game Development Cookbook: Essentials for Every Game. O'Reilly Media, 2019. – 408p.
6. Real VR – Immersive Digital Reality: How to Import the Real World into Head-Mounted Immersive Displays (Lecture Notes in Computer Science Book 11900). Springer, 2020. – 370p.
7. Norman K.L. Cyberpsychology: An Introduction to Human-Computer Interaction. Cambridge University Press, 2017. – 476p.

### Додаткова література / Supplementary literature

1. Leventhal L., Glasgal R. Understanding and Installing an Ambiophonic System. <http://www.ambiophonics.org/Tutorials/UnderstandingAmbiophonics.html>

## Навчальний контент / Educational content

### 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
<b>Розділ 1. Синтез візуальної компоненти віртуальної реальності / Section 1. Synthesis of the Visual Component of Virtual Reality</b>			

1	<p><i>ЛЕКЦІЯ 1. Тема: Таксономія дисплеїв змішаної реальності</i></p> <p>Характеристика елементів континууму віртуальності: реальність, доповнена реальність, доповнена віртуальна реальність, віртуальна реальність. Поняття змішаної реальності. Класифікація дисплеїв змішаної реальності.</p>	<p><i>LECTURE 1. Topic: Taxonomy of Mixed Reality Displays</i></p> <p>Characterization of the elements of the virtuality continuum: reality, augmented reality, augmented virtuality, virtual reality. The concept of mixed reality. Classification of mixed reality displays.</p>	2
2	<p><i>ЛЕКЦІЯ 2. Тема: Поняття паралаксу та анагліфу.</i></p> <p>Фізичні ознаки глибини тривимірної сцени (акомодація, конвергенція, бінокулярна різниця). Горизонтальний паралакс (негативний, позитивний, нульовий). Вертикальний паралакс (toe-in метод).</p>	<p><i>LECTURE 2. Topic: The concept of parallax and anaglyph</i></p> <p>Physical cues of depth in a three-dimensional scene (accommodation, convergence, binocular disparity). Horizontal parallax (negative, positive, zero). Vertical parallax (toe-in method).</p>	2
3	<p><i>ЛЕКЦІЯ 3. Тема: Паралельна осе-асиметрична перспективна проєкція.</i></p> <p>Розрахунок паралельної осе-асиметричної перспективної проєкції.</p>	<p><i>LECTURE 3. Topic: Parallel axis-asymmetric perspective projection</i></p> <p>Calculation of parallel axis-asymmetric perspective projection.</p>	2
4	<p><i>ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Інженерія програмного застосунку для генерації анагліфу.</i></p> <p>Етапи розробки програмного застосунку для генерації анагліфного зображення: налаштування стереоскопічної камери, налаштування фільтрації кольорів, налаштування проходів рендерингу сцени.</p>	<p><i>LECTURE 4. Topic: Engineering of a software application for anaglyph generation</i></p> <p>Stages of software development for generating an anaglyph image: setting up the stereoscopic camera, configuring color filtering, configuring scene rendering passes.</p>	2
5	<p><i>ЛЕКЦІЯ 5. Тема: Класифікація рівнів злиття реального та віртуального світів</i></p> <p>Опис світу з точки зору ступеня пізнання. Достовірність відображення світу. Опис світу з точки зору ступеня присутності.</p>	<p><i>LECTURE 5. Topic: Classification of levels of merging the real and virtual worlds</i></p> <p>Description of the world from the perspective of the degree of cognition. Authenticity of world representation. Description of the world from the perspective of the degree of presence.</p>	2
6	<p><i>ЛЕКЦІЯ 6. Тема: Індивідуальні прилади для сприйняття стереоскопічного зображення</i></p> <p>Апаратні засоби створення окремого зображення для кожного ока людини: пасивні анагліфні окуляри, пасивні поляризаційні (H/V, CW/CCW) окуляри, активні окуляри із затвором на основі рідких кристалів, шолом віртуальної реальності (Oculus Rift, Google Cardbox, Microsoft Hololens).</p>	<p><i>LECTURE 6. Topic: Individual devices for stereoscopic image perception</i></p> <p>Hardware solutions for generating distinct images for each human eye: passive anaglyph glasses, passive polarization glasses (H/V, CW/CCW), active shutter glasses based on liquid crystal technology, virtual reality headsets (Oculus Rift, Google Cardboard, Microsoft Hololens).</p>	2
7	<p><i>ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Візуальні ознаки глибини тривимірної сцени</i></p> <p>Ментальні ознаки глибини</p>	<p><i>LECTURE 7. Topic: Visual cues of depth in a three-dimensional scene</i></p> <p>Mental depth cues in a three-</p>	2

	тривимірної сцени. Найкращі практики створення стереоскопічного зображення.	dimensional scene. Best practices for creating stereoscopic images.	
<b>Розділ II. Орієнтація у просторі / Section II. Spatial orientation</b>			
8	<i>ЛЕКЦІЯ 8. Тема: Орієнтація у просторі за допомогою 3-х осьового акселерометра</i> Принцип роботи цифрового акселерометра. Переваги та недоліки орієнтації у просторі на основі акселерометра. Інженерія програмного застосунку орієнтації у просторі із застосуванням акселерометра.	<i>Lecture 8. Topic: Spatial orientation using a 3-axis accelerometer</i> Principle of operation of a digital accelerometer. Advantages and limitations of spatial orientation based on an accelerometer. Engineering of a software application for spatial orientation utilizing an accelerometer.	2
9	<i>ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Орієнтація у просторі за допомогою 3-х осьового магнітометра</i> Принцип роботи цифрового магнітометра. Переваги та недоліки орієнтації у просторі на основі магнітометра. Інженерія програмного застосунку орієнтації у просторі із застосуванням магнітометра.	<i>Lecture 9. Topic: Spatial orientation using a 3-axis magnetometer</i> Principle of operation of a digital magnetometer. Advantages and limitations of spatial orientation based on a magnetometer. Engineering of a software application for spatial orientation utilizing a magnetometer.	2
10	<i>ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Орієнтація у просторі за допомогою 3-х осьового гіроскопу</i> Принцип роботи цифрового гіроскопу. Переваги та недоліки орієнтації у просторі на основі гіроскопу. Інженерія програмного застосунку орієнтації у просторі із застосуванням гіроскопу.	<i>Lecture 10. Topic: Spatial orientation using a 3-axis gyroscope</i> Principle of operation of a digital gyroscope. Advantages and limitations of spatial orientation based on a gyroscope. Engineering of a software application for spatial orientation utilizing a gyroscope.	2
11	<i>ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Орієнтація у просторі на основі злиття даних сенсорів смартфона</i> Метод злиття даних сенсорів смартфона. Переваги орієнтації у просторі на основі методу злиття даних. Інженерія програмного застосунку орієнтації у просторі на основі методу злиття даних.	<i>Lecture 11. Topic: Spatial orientation based on sensor fusion in smartphones</i> Methodology of smartphone sensor data fusion. Advantages of spatial orientation using data fusion techniques. Engineering of a software application for spatial orientation based on sensor fusion.	2
<b>Розділ III. Людино-машинна взаємодія / Section III. Human-computer Interaction</b>			
12	<i>ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Взаємодія людини з комп'ютером</i> Таксономія методів взаємодії людини з комп'ютером на основі жестів. Апаратні засоби взаємодій людини з комп'ютером: графічний планшет, SpaceBall.	<i>LECTURE 12. Topic: Human-computer interaction</i> Taxonomy of human-computer interaction methods based on gestures. Hardware tools for human-computer interaction: graphics tablet, SpaceBall.	2
13	<i>ЛЕКЦІЯ 13. Тема: Особливості зору людини</i>	<i>LECTURE 13. Topic: Characteristics of human vision</i>	2

	Особливості розподільчої здатності ока людини. Модель кольору зображення YUV, види субдискретизації зображення.	Characteristics of the human eye's resolving power. YUV color image model, types of image subsampling.	
14	<i>ЛЕКЦІЯ 14. Тема: Машинне бачення. Робота з відеопотоком</i> Робота з апаратною камерою з використанням бібліотеки OpenCV. Створення текстури з зображення камери, передача текстур по шині даних.	<i>LECTURE 14. Topic: Machine vision. working with video stream</i> Working with a hardware camera using the OpenCV library. Creating a texture from the camera image, transmitting textures via the data bus.	2
15	<i>ЛЕКЦІЯ 15. Тема: Інженерія інтерактивного додатку шолому віртуальної реальності</i> Принципи роботи шолому віртуальної реальності. Схема архітектури додатку шолому віртуальної реальності. Компенсація бочкоподібної дисторсії. Система бачення людини. Прискорення рендерингу за рахунок особливостей зору людини. Кіберзапаморочення. Побудова сцени SkyBox.	<i>LECTURE 15. Topic: Engineering of interactive application for virtual reality helmet</i> Principles of operation of a virtual reality helmet. Architecture of the virtual reality helmet application. Barrel distortion compensation. Human vision system. Rendering acceleration based on human vision characteristics. Cyber-sickness. Building a SkyBox scene.	2
<b>Розділ IV. Синтез аудіо компоненти віртуальної реальності / Section IV. Synthesis of the audio component of virtual reality</b>			
16	<i>ЛЕКЦІЯ 16. Тема. Ознаки сприйняття глибини звучання тривимірної сцени</i> Ознаки сприйняття глибини звучання у тривимірній сцені: ILD, ITD, Pinna localization cues. Принципи стереофонічного звучання. Амбіофонічне та панорамбіофонічне звучання. Скорочення перехресних перешкод аудіосигналу.	<i>LECTURE 16. Topic: Cues for perception of sound depth in a three-dimensional scene</i> Cues for perceiving sound depth in a three-dimensional scene: ILD (Interaural Level Difference), ITD (Interaural Time Difference), Pinna localization cues. Principles of stereophonic sound. Ambiphonic and panorambiphonic sound. Reduction of cross-talk in the audio signal.	2
17	<i>Модульна контрольна робота</i>	<i>Module control work</i>	2
18	<i>ЛЕКЦІЯ 17. Тема. Приклад реалізації звукового пейзажу</i> Приклад реалізації звукового пейзажу на основі HTML5 WebAudio API: моделі звуку, параметри звукового джерела, атрибути слухача.	<i>LECTURE 17. Topic: Example of implementing a soundscape</i> An example of implementing a soundscape based on the HTML5 WebAudio API: sound models, sound source parameters, and listener attributes.	2

## Лабораторні роботи / Laboratory works

№ заняття / No. of class	<i>Назва лабораторної роботи</i>	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
<b>Розділ I. Синтез віртуальної реальності / Section I. Synthesis of virtual reality</b>			
1	ЛР 1 Створення стереоскопічного зображення поверхні разом з обробкою зображення відео-камери комп'ютера (створення скелету програмного застосунку)	Lab 1 Creation of a stereoscopic image of a surface accompanied with processing of a computer video-camera image (development of the application skeleton)	1
2-4	ЛР 1 Створення стереоскопічного зображення поверхні разом з обробкою зображення відео-камери комп'ютера (розробка об'єкту рендерингу стереоскопічного анагліфічного зображення поверхні)	Lab 1 Creation of a stereoscopic image of a surface accompanied with processing of a computer video-camera image (development of an object for rendering stereoscopic anaglyph image for the surface)	6
5-8	ЛР 1 Створення стереоскопічного зображення поверхні разом з обробкою зображення відео-камери комп'ютера (розробка об'єкту рендерингу відео зображення у площині нульового паралаксу)	Lab 1 Creation of a stereoscopic image of a surface accompanied with processing of a computer video-camera image (development of an object for rendering video in the zero-parallax plane)	8
<b>Розділ II. Орієнтація у просторі / Section II. Spatial orientation</b>			
9-10	ЛР 2 Орієнтація у просторі на основі матеріального інтерфейсу користувача (розробка інтерфейсу передачі даних від матеріального інтерфейсу)	Lab 2 Orientation in space based on a physical user interface (development of a data transmission interface from the physical interface)	4
11-13	ЛР 2 Орієнтація у просторі на основі матеріального інтерфейсу користувача (робота з IMU матеріального інтерфейсу)	Lab 2: Orientation in space based on a physical user interface (working with the IMU of the physical interface)	6
14-16	ЛР 2 Орієнтація у просторі на основі матеріального інтерфейсу користувача (трансформація координат на основі	Lab 2: Orientation in space based on a physical user interface (coordinate transformation based	6

	орієнтації матеріального інтерфейсу)	on the orientation of the physical interface)	
<b>Розділ III. Людино-машинна взаємодія / Section III. Human-computer Interaction</b>			
17	Розбір типових завдань модульної контрольної роботи	Review of typical tasks in the modular control work	2
<b>Розділ IV. Синтез аудіо компоненти віртуальної реальності / Section IV. Synthesis of the audio component of virtual reality</b>			
18	Виконання графічної роботи	Implementation of graphic work	2

### **Модульна контрольна робота / Modular control work**

В межах часу, виділеного для самостійної роботи, студент готується до модульної контрольної роботи, що полягає у розробці застосунку трекінгу користувачького маркера на основі бібліотеки AR.js на основі інформації Розділу 3. Написання модульної контрольної роботи відбувається за рахунок 2 годин лекційного заняття.

Within the time allocated for independent work, the student prepares for the module control task, which involves developing an application for user marker tracking based on the AR.js library, according to the information in Section 3. The writing of the module control task is carried out during 2 hours 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 створення звукового пейзажу на основі HTML5 WebAudio API. Виконання графічної роботи відбувається за рахунок 2 годин лабораторного заняття.

Within the time allocated for the student's independent work, the student prepares for a graphic work, which involves developing an application for creating a soundscape based on the HTML5 WebAudio API. The execution of the graphical assignment takes place during 2 hours of laboratory sessions.

## **6. Самостійна робота студента / Individual work of the student**

Самостійна робота студента (78 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, проведення розрахунків та підготовка вхідних даних до роботи.

На кожен лабораторну роботу виділяється 9 годин самостійної роботи студента (СРС).

Для підготовки до заліку виділяється 30 годин СРС.

Для підготовки до модульної контрольної виділяється 15 годин СРС.

Для виконання графічної роботи виділяється 15 годин СРС.

The student's individual work (78 hours) includes preparation for classroom and control activities, performing calculations, and preparing input data for the assignments.

For each laboratory work, 9 hours of student individual work (SIW) are allocated.

30 hours of SIW are allocated for exam preparation.

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

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

## 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 та ГР складає 10 балів. Максимальна кількість балів за лабораторні завдання та ГР дорівнює:

$$10 \text{ балів} \times 2 + 10 \text{ балів} = 30 \text{ балів.}$$

8.2.2 Виконання кожного завдання лабораторної роботи та ГР 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 або ГР складає 6 (60%).

8.2.4 Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 20 балів. На модульну контрольну роботу вноситься одне практичне завдання.

8.2.4.1 Контрольна робота оцінюється наступним чином:

- правильність отриманих результатів – від 1 до 12 балів;
- функціонально спроектований інтерфейс користувача – 2 бали;
- 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 12 (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 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 and GW is 10 points. The maximum number of points for laboratory tasks and GW is:

$$10 \text{ points} \times 2 + 10 \text{ points} = 30 \text{ points.}$$

8.2.2 The performance of each laboratory and GW task 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 or GW is 6 (60%).

8.2.4. The maximum number of points for the control work is 20 points. The modular control work consists of one practical task.

8.2.4.1 The control work is assessed as follows:

- correctness of the obtained results – from 1 to 12 points;
- functionally oriented design of user interface – 2 points;
- 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 MCW is 12 (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 tasks 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:

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

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** доцент, к.т.н., Демчишин Анатолій Анатолійович

**Ухвалено** кафедрою цифрових технологій в енергетиці (протокол № 22 від 25.06.2025)

**Погоджено** на засіданні НМКУ-ФЗ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 30.06.2025)

**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 25.06.2025)

**Agreed by** the Scientific and Methodical Committee of Igor Sikorsky KPI for specialty F3 (Protocol No. 4 dated 30.06.2025)