

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Фізичний факультет**  
**Кафедра загальної фізики**

**Затверджено**

На засіданні кафедри загальної фізики  
фізичного факультету  
Львівського національного університету імені Івана  
Франка  
(протокол № 1 від 30.08.23 р.)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ проф. Василь СТАДНИК

**Силабус**  
**з навчальної дисципліни «Фізичні основи комп'ютерних систем»,**  
**що викладається в межах**  
**ОПП «Прикладна фізика та наноматеріали»**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали**

**Львів 2023**

<b>Назва дисципліни</b>	Фізичні основи комп'ютерних систем
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Драгоманова, 19, 79005 Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	фізичний факультет, кафедра загальної фізики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
<b>Викладачі дисципліни</b>	Лектор: Фтомин Н. Є., доцент кафедри загальної фізики, к.ф.-м.н.; лабораторні заняття проводить: доц. Фтомин Н.Є.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:nazar.ftomyn@lnu.edu.ua">nazar.ftomyn@lnu.edu.ua</a> , <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/ftomyn-n-e">https://physics.lnu.edu.ua/employee/ftomyn-n-e</a>
<b>Консультації з дисципліни відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Можливі також он-лайн консультації через електронну пошту, або засобами Microsoft Teams, Zoom.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/fizychni-osnovy-kompyuternih-system-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-2">https://physics.lnu.edu.ua/course/fizychni-osnovy-kompyuternih-system-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-2</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Фізичні основи комп'ютерних систем» є нормативною дисципліною для підготовки магістрів за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, яка викладається в II семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальна дисципліна “Фізичні основи комп'ютерних систем” знайомить студентів із фізичними принципами роботи основних складових комп'ютерних систем. Значна увага зосереджена розгляді будови та особливостей функціонування альтернативних (некласичних) комп'ютерів: оптичних, квантових. Широко представлено інформацію про перспективи розвитку систем зберігання інформації, тощо.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою навчальної дисципліни “Фізичні основи комп'ютерних систем” є формування у студентів знань і навичок в області функціонування та фізичних принципів роботи основних елементів комп'ютерних систем. Завданням дисципліни є формування умінь і навиків необхідних для дослідження роботи комп'ютерних систем та їх складових.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Основна література:</b> 1. Основи твердотільної електроніки: навч. посіб. / О. В. Борисов; за ред. Ю. І. Якименка. – К. : Освіта України, 2011. – 462 с 2. Фізика процесів у напівпровідниках та елементах електроніки : курс лекцій :[навчальний посібник] / [Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, З. Ю. Готра та ін. ; за заг. ред. заслуженого діяча науки і техніки України, доктора хімічних наук, проф. Д. М. Фреїка]. – Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 263 с. 3. Корчак Ю. Оптоелектронна інформатика. Том 1. Основні принципи та прилади: навчальний посібник / Ю. Корчак, Ю. Фургала, С. Рихлюк. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 312 с. 4. Yariv A. Optical waves in crystals. Propagation and control of laser radiation / A. Yariv, P. Yeh. – Wiley-Interscience, 2003. – 589 p. 5. Ткачук В.М. Фундаментальні проблеми квантової механіки /

	<p>Ткачук В.М. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 144 с.</p> <p><b>Додаткова література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коман Б. П. Основи комп'ютерної електроніки : підручник / Б. П. Коман, М. Я. Мисько. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 430 с.</li> <li>2. Карлаш Г.Ю. Квантові інформаційні системи / Г.Ю Карлаш. – Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2018. – 77 с.</li> </ol> <p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="https://www.seagate.com/gb/en/innovation/hamr/">https://www.seagate.com/gb/en/innovation/hamr/</a></li> <li>2. <a href="https://www.fujitsu.com/jp/group/fsm/en/products/feram/">https://www.fujitsu.com/jp/group/fsm/en/products/feram/</a></li> </ol> <p>Наукові статті у періодичних виданнях за тематикою дисципліни.</p>
<b>Тривалість дисципліни</b>	один семестр
<b>Обсяг дисципліни</b>	150 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 16 год лекцій, 32 год лабораторних занять та 102 год самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СП):</p> <p><i>Загальні компетентності:</i></p> <p><b>ЗК 1.</b> Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності</p> <p><b>ЗК 2.</b> Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p><b>ЗК 3.</b> Здатність спілкуватися іноземною мовою.</p> <p><b>ЗК 4.</b> Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p><b>ЗК 5.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ЗК 6.</b> Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p><b>ЗК 9.</b> Здатність працювати автономно.</p> <p><b>ЗК 11.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК 12.</b> Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p><i>Спеціальні компетентності:</i></p> <p><b>СК 1.</b> Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.</p> <p><b>СК 2.</b> Здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для проведення наукового дослідження або науково-технічної розробки (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше).</p> <p><b>СК 3.</b> Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти.</p> <p><b>СК 5.</b> Здатність самостійно опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p><b>ПРН 1.</b> Використовувати знання в галузі прикладної фізики та наноматеріалів, інформаційних технологій для виконання наукових дослі-</p>

	<p>джен та розв'язання виробничих задач.</p> <p><b>ПРН 2.</b> Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.</p> <p><b>ПРН 7.</b> Мати розуміння спеціальних математичних методів та інформаційних технологій та навички їхнього застосування для здійснення досліджень та/або інновацій у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.</p>
<b>Ключові слова</b>	Оперативна пам'ять, магнетоопір, плаваючий затвор, рідкий кристал, прилад із зарядовим зв'язком.
<b>Формат дисципліни</b>	очний
	проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Наведено у табл. 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Підсумковий контроль: іспит в кінці семестру. Форма: усна.
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із загальних курсів з фізики, радіоелектроніки, програмування, комп'ютеризації фізичного експерименту.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, дискусія
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні заняття: 40 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 40 ( 8 лабораторних робіт по 5 балів);</li> <li>• опитування на лекційних заняттях: 10 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10 (5 усних опитувань по 2 бали).</li> <li>• іспит: 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50;</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><b>Академічна доброчесність</b> здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману. Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендо-</p>

	<p>ваних.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на лабораторних та лекційних заняттях. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до екзамену</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предмет та основні завдання навчальної дисципліни. Основні етапи історичного розвитку комп'ютерних систем. Загальні принципи побудови комп'ютерних систем їх види. Принцип фон Неймана. Гарвардська архітектура обчислювальних машин. Закон Мура. Оперативна пам'ять персонального комп'ютера. Характеристики та параметри ОП. Швидкодія. SRAM-, DRAM-пам'ять. 6T, 1T-1C комірки пам'яті, переваги та недоліки SRAM-, DRAM, застосування.</li> <li>2. Накопичувачі на жорстких магнітних дисках (HDD). Ефект гігантського магнетоопору, ефект тунельного магнетоопору та їх застосування. Технологія перпендикулярного магнітного запису PMR (Perpendicular Magnetic Recording) та її обмеження (густина та максимальний об'єм запису, розмір частинок). Трилема HDD, ефект суперпарамагнетизму. Технології SMR (Shingled Magnetic Recording), HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording), MAMR (Microwave Assisted Magnetic Recording), BPM (Bit-Patterned Media), TDMR (Two Dimensional Magnetic Recording). Параметри дискових накопичувачів.</li> <li>3. Класифікація енергонезалежної пам'яті по носію інформації. 1T, 1T-1C, 1T-1R комірки пам'яті. Floating Gate MOSFET (польові транзистори з плаваючим затвором). Вольт-амперні характеристики. Механізми запису та стирання інформації: ефект Фаулера Нордгейма, інжекція гарячих електронів. Фізичні принципи побудови FeRAM, MRAM, PCRAM, ReRAM.</li> <li>4. Фізичні обмеження зменшення розмірів MOSFET транзисторів (зменшення товщини підзатворного діелектрика та довжини каналу провідності). Short-channel effects в MOSFET структурах. DIBL-effect та способи його мінімізації. Удосконалення MOSFET транзисторів: Straining Silicon MOSFET, SOI MOSFET, High-k metal Gate MOSFET. FinFET транзистори, класифікація, особливості застосування, техпроцес. Елементи живлення комп'ютерних систем. Принципи побудови лінійних та імпульсних блоків живлення. Схемотехніка імпульсних блоків живлення. Стандарт ATX. Коефіцієнт корисної дії сучасних блоків живлення ПК.</li> <li>5. Рідкі кристали, анізотропія. Лінійний електрооптичний ефект, ефект кручення Типи рідкокристалічних матриць: TN, IPS, MVA, PVA. TFT-транзистори. Технологія OLED. Фізичні принципи роботи рідкокристалічних дисплеїв. Фізичні параметри дисплеїв: роздільна здатність, розмір пікселя, яскравість, контрастність, час відгуку, кут огляду.</li> <li>6. Світлові поля як носії інформації. Амплітуда, фаза, поляризація. Реалізація найпростіших математичних операцій в аналогових оптичних ЕОМ. Складові оптичних ЕОМ транспарант, клин, лінза. Фізичні основи роботи керуючих транспарантів. Перетворення Фур'є в оптиці. Паралельні оптичні обчислення. Оптичні методи обробки цифрової інформації.</li> <li>7. Голографічні запам'ятовуючі пристрої, голографічна пам'ять. Амплітудний оптичний тригер (нелінійний резонатор Фабрі-Перо). Фазовий оптичний тригер. Керування поляризацією світла в середовищі з малим</li> </ol>

	<p>двозаломленням. Поляризаційний тригер. Особливості оптичних цифрових приладів. Прилади з зарядовим зв'язком (ПЗЗ). MOS-конденсатор, глибина потенціальної ями. Принцип зарядового зв'язку. Транспортні регістри. Лінійні та матричні ПЗЗ.</p> <p>8. Квантова інформаційна комірка – кубіт. Гільбертовий простір станів кубіта. Змішані стани (квантові регістри). Представлення чисел в квантових регістрах. Квантові логічні елементи. Однокубітові операції. Вентиль Адамара. Фазовий вентиль. Двухкубітові операції. C-NOT і контрольований фазовий вентиль. Квантове обчислення функції. Квантове перетворення Фур'є. Квантові алгоритми. Загальна схема квантового комп'ютера. Перспективи застосування квантових комп'ютерів.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

## Схема курсу «Фізичні основи комп'ютерних систем»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1, 2	Вступ. Предмет курсу. Енергозалежна (оперативна) пам'ять (RAM).	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год.	Базова: 1, 2; Допоміжна: 1; Інформаційні ресурси.	2 тижні
3,4	Запис інформації на магнітні носії.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 15 год.	Базова: 1, 2; Допоміжна: 1; Інформаційні ресурси.	2 тижні
5, 6	Flash-пам'ять Енергонезалежна твердотільна пам'ять.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 11 год.	Базова: 1, 2; Допоміжна: 1; Інформаційні ресурси.	2 тижні
7, 8	Масштабування, мікромініатюризація та фізичні обмеження напівпровідникової електроніки. Живлення комп'ютерних систем	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 15 год.	Базова: 1, 2; Допоміжна: 1; Інформаційні ресурси.	2 тижні
9, 10	Пристрої відображення інформації	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 15 год.	Базова: 3, 4; Інформаційні ресурси.	2 тижні
11,12	Основи побудови оптичних комп'ютерів	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 11 год.	Базова: 3, 4; Інформаційні ресурси.	2 тижні
13, 14	Оптичні системи з пам'яттю та пристрої з зарядовим зв'язком	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год.	Базова: 3, 4; Інформаційні ресурси.	2 тижні
15, 16	Квантові обчислення та квантові комп'ютери	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 15 год.	Базова: 5; Допоміжна: 2; Інформаційні ресурси.	2 тижні