

**Силабус курсу «Основи радіоелектроніки»
2020–2021 н.р.**

Назва курсу	Основи радіоелектроніки
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 19, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра загальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки / 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	доцент кафедри загальної фізики, к.ф.-м.н. Фтомин Назар Євгенійович
Контактна інформація викладачів	nazar.ftomyn@lnu.edu.ua , nazar.ftomyn@gmail.com
Консультації з дисципліни відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Можливі також он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/osnovy-radioelektroniky-prykladna-fizyka-2
Інформація про дисципліну	Навчальна дисципліна „Основи радіоелектроніки” знайомить студентів із методами аналізу радіосигналів, фізичними основами сучасної радіоелектроніки, схемотехнікою, основними дискретними елементами. Значна увага зосереджена на їхньому використанні під час фізичних досліджень. Їхнє вивчення під час лекційних та лабораторних занять дає змогу опанувати знання з радіоелектроніки, які є фундаментом для різних галузей науки і техніки. Лабораторний практикум з курсу „Основи радіоелектроніки” для студентів фізичного факультету є важливим фундаментом для набуття навиків роботи з радіоелектронною апаратурою, укладання електричних кіл різної складності, дає відомості про сучасну елементну базу та основні методи вимірювань в електроніці, закладає передумови для самостійної наукової роботи.
Коротка анотація дисципліни	Програма вивчення навчальної дисципліни “Основи радіоелектроніки” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали . Її викладають у 6 та 7 семестрах в обсязі 4,5 кредита (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). Програма навчальної дисципліни складається з трьох змістових модулів: 1. Сигнали в електроніці. 2. Елементи напівпровідникової електроніки. 3. Інтегральна та цифрова електроніка. Оптоелектроніка.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни “Основи радіоелектроніка” є надати студентам інформацію про основні складові частини радіоелектроніки та їхню роль у сучасному суспільстві; забезпечити знання студентами основних понять та визначень радіоелектроніки; ознайомити студентів з будовою, принципом роботи та основними характеристиками радіоелектронних елементів навчити студентів виконувати вимірювання основних параметрів в електричних колах; навчити студентів складати схеми най-

	простіших електронних ланок; навчити студентів обробляти сигнали за допомогою спеціальних комп'ютерних програм; оволодіти навиками програмування мікроконтролерів.
Література для вивчення дисципліни	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Левитський С.М. Основи радіоелектроніки : підручник / С.М. Левитський. – КНУТШ. – К : Київський університет, 2007. – 456 с. 2. Сисоєв В.М. Основи радіоелектроніки : підручник / В.М. Сисоєв. – К. : Техніка, 2001. – 224 с. 3. Horowitz P., Hill W. The Art Of Electronic / P. Horowitz, W. Hill. – Cambridge University Press, 2015. – P. 1225. 4. Бучковський І.А. Електроніка. Ч.1. Напівпровідникові прилади / І.А. Бучковський. – Чернівці : Рута, 2006. – 144 с. 5. Ifeachor E.C. Digital Signal Processing / E.C. Ifeachor, B.W. Jervis. – Prentice Hall, 2002. – P. 925. 6. Kester W. Analog-Digital Conversion / W. Kester. – Analog Devices, 2004. – P. 1138. 7. Terrell D. OP AMPS. Design, Application, and Troubleshooting / D. Terrell. – Elsevier Science, 1996. – P. 505. 8. Готра З. Ю. Фізичні основи електронної техніки / З. Ю. Готра, І. Є. Лопатинський, Б. А. Лукіянець, З. М. Микитюк, І. В. Петрович. – Львів : Бескид Біт, 2004.– 880 с. 9. Болеста І.М. Теорія електромагнітного поля : навчальний посібник / Болеста І.М. – Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2013 – 478 с. 10. 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 <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кичак, В. М. Основи радіоелектроніки : навчальний посібник / В. М. Кичак, Ю. В. Крушевський, Д. В. Гаврілов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 368 с. 2. Медведенко Б.І. Основи електроніки: Навчальний посібник на базі програми схемотехнічного моделювання «MULTISIM» /Б.І.Медведенко, Л.В. Коломієць, В.П. Квасніков.– К., 2015.– 370 с. 3. Ю.Я. Бобало. Основи теорії електронних кіл / Ю.Я. Бобало, Б.А. Мандзій, П.Г. Стахів, Л.Д. Писаренко, Ю.І. Якименко; За ред. проф. Ю.І. Якименка. – Київ: Видавництво Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, 2011. – 332 с. 4. Любунь З. Радіотехнічні кола і сигнали. Навчально- методичні вказівки / З. Любунь, Ю. Мочульський. – Львів, Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2000. – 50 с. 5. Любунь З. Основи радіоелектроніки. Частина 1, Лабораторний практикум / З. Любунь, Ю. Мочульський. – Львів, Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 74 с. <p>Наукові статті у періодичних виданнях за тематикою дисципліни.</p>
Тривалість дисципліни	два семестри
Обсяг дисципліни	135 год., з яких 96 год аудиторних занять, з них 48 год. лекцій, 48 год. лабораторних занять та 39 год. самостійної роботи

<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Знати сучасний стан і перспективи розвитку радіоелектроніки; основні поняття, визначення та функціональні можливості елементів радіоелектроніки; характеристики електровимірювальних приладів, правила їхнього ввімкнення; принципи роботи та основні характеристики напівпровідникових приладів: транзисторів, операційних підсилювачів; принципи роботи та основні характеристики інтегральних схем; принципи роботи цифрової техніки; • вміти застосовувати теоретичні знання на практиці; досліджувати основні характеристики електронних елементів (діодів, транзисторів, тиристорів) та пристроїв (підсилювачів, генераторів, стабілізаторів); розраховувати параметри лінійних електричних схем побудованих за принципом чотириполюсника; визначати основні характеристики електровимірювальних приладів, принципи дії та область застосування; використовувати інтернет-ресурси для пошуку інформації з радіоелектроніки.
<p>Ключові слова</p>	<p>Сигнал, чотириполюсник, модуляція, біполярні та польові транзистори, операційний підсилювач, оптоелектроніка, оптрон, інтегральна мікросхема</p>
<p>Формат дисципліни</p>	<p>очний</p>
	<p>проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем</p>
<p>Теми</p>	<p>Наведено у табл. 1</p>
<p>Підсумковий контроль, форма</p>	<p>іспит у кінці сьомого семестру</p>
<p>Пререквізити</p>	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із курсів “Електрика і магнетизм”, “Математичний аналіз”, “Диференціальні та інтегральні рівняння”, “Методи математичної фізики”.</p>
<p>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</p>	<p>лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, дискусія</p>
<p>Необхідне обладнання</p>	<p>персональний комп’ютер, загальнонавчальні комп’ютерні програми і операційні системи, проектор</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні заняття: 40 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 40; • опитування на лекційних заняттях: 10 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 10. • контрольні заміри (іспит): 50 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50.
<p>Питання до екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Електроніка та її складові частини. 2. Радіохвилі та їхнє генерування, діапазони радіохвиль, напруженість поля передавача з ізотропною антеною. 3. Швидкість передачі інформації. Формула Шеннона. 4. Елементна база радіоелектроніки. Активні і пасивні елементи. Ідеальні та реальні джерела струму та напруги. Теореми Тевенена та Норттона. 5. Сигнали в електроніці. Їхня класифікація.

6. Ряди Фур'є. Спектри періодичних сигналів. Приклади найпростіших спектрів.
7. Неперіодичні сигнали. Пряме і обернене перетворення Фур'є. Спектр прямокутного імпульсу та його ширина.
8. Кореляція та згортка сигналів.
9. Лінійні стаціонарні кола (системи). Імпульсна характеристика та перехідна характеристика.
10. Інтеграл суперпозиції (згортка). Частотна характеристика.
11. Комплексні амплітуди струмів та напруг. Фазор. Імпеданс.
12. Закон Ома і правила Кірхгофа в комплексній формі. Комплексна потужність.
13. Децибелі в електроніці. Переваги і недоліки відносних одиниць дБ.
14. Чотириполіусники. Визначення та властивості. Параметри чотириполіусників. Фізичний зміст параметрів чотириполіусників.
15. Схеми заміщення чотириполіусників. Режим узгодженого навантаження.
16. Електричні фільтри, їхня класифікація. Амплітудно-частотні та фазово-частотні характеристики фільтрів.
17. RC-фільтри високих і низьких частот.
18. LC- та LR-фільтри.
19. Резонансні та багатоелементні фільтри.
20. Диференціюючі та інтегруючі ланки.
21. Цифрова обробка сигналів. Застосування, переваги та недоліки. Блок-схема ЦОС.
22. Дискретизація та квантування аналогових сигналів. Теорема Котельникова.
23. Частота Найквіста. Ряд Котельникова.
24. Дискретна згортка та дискретна кореляція.
25. Дискретне перетворення Фур'є. Швидке перетворення Фур'є.
26. Проходження сигналів у часовій і частотній ділянках. Цифрові фільтри: ковзаючого середнього, sinc-фільтр низьких частот.
27. Модуляція сигналу. Види модуляції: аналогова, цифрова, імпульсна.
28. Амплітудна модуляція (АМ). Параметри і спектр АМ-сигналу.
29. Частотна модуляція (ЧМ). Параметри і спектр ЧМ-сигналу.
30. Фазова модуляція (ФМ). Порівняння ЧМ і ФМ.
31. Імпульсна та цифрова модуляція.
32. Напівпровідники. Розподіл Фермі-Дірака. Концентрація вільних електронів. Генерація та рекомбінація носіїв.
33. Власна провідність напівпровідників. Рухливість носіїв.
34. Домішкова провідність напівпровідників.
35. Дрейфовий і дифузійний струми.
36. Вольт-амперна характеристика p-n-переходу. Рівняння Шоклі. Зворотній струм.
37. Бар'єрна ємність. Варіації. Напівпровідникові діоди. Схеми однопівперіодного та двопівперіодного випрямлення змінного струму. Параметричний стабілізатор напруги
38. Біполярні транзистори (БТ). Взаємодія двох p-n-переходів.

- p–n–p- n–p–n-транзистори. Струми у БТ.
39. Коефіцієнти передачі струму БТ. Схеми вмикання БТ. Вхідна та вихідні статичні та динамічні ВАХ транзисторів включених по схемі зі спільним емітером.
 40. Підсилювач на біполярному транзисторі. Стабілізація робочої точки транзистора. Схема заміщення підсилювача на БТ для змінного струму. Повторювач на біполярному транзисторі. Транзистор Дарлінгтона.
 41. Польові транзистори (ПТ). Класифікація ПТ. Будова ПТ з керуючим p–n-переходом та з ізольованим затвором.
 42. Вхідні характеристики ПТ. Початковий струм. Порогова напруга.
 43. Вихідні характеристики ПТ. Лінійна частина. Ділянка насичення. Опір каналу. Крутизна.
 44. Основні схеми на ПТ. Джерело струму. Підсилювач. Витоковий повторювач. Змінний резистор. Аналогові ключі.
 45. Операційні підсилювачі. Визначення операційного підсилювача (ОП). Еквівалентна схема. Диференціальний і синфазний сигнали. Ідеальний ОП.
 46. Параметри реальних ОП: коефіцієнт підсилення, напруга зміщення, вхідний струм, коефіцієнт послаблення синфазного сигналу.
 47. Інвертуючий підсилювач на ОП. Інвертуючий підсилювач на ОП з T-подібною схемою зворотного зв'язку.
 48. Неінвертуючий підсилювач. Повторювач сигналу на ОП.
 49. Застосування ОП. Диференціальний підсилювач
 50. Суматор сигналів на ОП. Інструментальний підсилювач на ОП.
 51. Компаратор, диференціатор та інтегратор на ОП.
 52. Гіратор на ОП.
 53. Оптоелектроніка та її місце в сучасній науці і техніці. Визначення, складові частини ОЕ.
 54. Інжекційна люмінесценція. Випромінювальна рекомбінація. Світлодіоди (СД) з матеріалів АШВV. Довжина хвилі випромінювання СД. Ширина спектру.
 55. Вольт-амперна характеристика СД. Внутрішня і зовнішня квантова ефективність. Використання гетероструктур. Конструкції СД. Застосування СД.
 56. Фотодетектори. Внутрішній і зовнішній фотоефекти. Поглинання світла. Квантова ефективність.
 57. Фотодіоди (ФД). Принцип дії, фотодіодний та фотогальванічний режими роботи, схеми вмикання. Основні характеристики та параметри ФД.
 58. Оптрони. Переваги оптрона як елемента зв'язку. Коефіцієнт передачі за струмом. Оптопари. Використання оптронів.
 59. Оптичні системи зв'язку. Визначення, історія розвитку. Пропускна здатність оптичної системи зв'язку. Структурна схема оптичної системи зв'язку. Типи оптичних систем зв'язку.
 60. Оптичні волокна та їх основні параметри. Коефіцієнт загасання оптичного волокна. Багатомодові та одномодові волокна.
 61. Міжмодова та хроматична дисперсія в оптичних волокнах.

	<p>62. Завади та шуми в електроніці. Спектральна густина потужності шуму. Білий шум.</p> <p>63. Тепловий шум. Формула Найквіста.</p> <p>64. Низькочастотний шум. Сумарна потужність низькочастотного шуму.</p> <p>65. Дробовий шум.</p> <p>66. Шуми квантування. Генераційно-рекомбінаційний шум.</p> <p>67. Шумові параметри: відношення сигнал/шум, коефіцієнт шуму, шумоватемпература, Шумова смуга частот.</p> <p>68. Методи виділення сигналу на тлі шумів: усереднення, спектральна фільтрація, оптимальний фільтр.</p> <p>69. Генератори електричних коливань. Умови збудження генератора. Баланс фаз, баланс амплітуд.</p> <p>70. Генератори з коливальним контуром: на польовому транзисторі, на тунельному діоді.</p> <p>71. RC-генератори. Міст Віна. Генератори на операційних підсилювачах.</p> <p>72. Генератори релаксаційних коливань: генератори пилкоподібної напруги, мультівібратор, тригер Шмітта.</p> <p>73. Стабілізатори напруги. Означення стабілізаторів класифікація. Основні параметри стабілізаторів.</p> <p>74. Параметричний стабілізатор напруги. Коефіцієнт стабілізації. Стабілізатор із стабілітроном і емітерним повторювачем.</p> <p>75. Компенсаційний стабілізатор. 3-контактні стабілізатори в інтегральному виконанні.</p> <p>76. Мікро- і наноелектроніка. Гібридні та напівпровідникові інтегральні схеми (ІС).</p> <p>77. Цифрові, аналогові, аналого-цифрові ІС.</p> <p>78. Ступінь інтеграції. Технологічний процес виготовлення ІС. Фотолітографія, роздільна здатність.</p> <p>79. Елементи наноелектроніки.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Основи радіоелектроніки»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1, 4	Вступ. Предмет курсу. Опис аналогових та цифрових сигналів	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 5 год.		4 тижні
5, 8	Проходження сигналів лінійними системами. Чотириполюсники	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 6 год, самостійна робота – 4 год.		4 тижні
9, 12	Електричні частотні фільтри. Цифрові фільтри.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год,		4 тижні

		самостійна робота – 2 год.		
13, 16	Модуляція та демодуляція сигналу.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 2 год.		4 тижні
17, 18	Електричні властивості напівпровідників. Властивості р–п-переходу. Діоди. Діодні схеми.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 6 год.		2 тижні
19, 20	Біполярні транзистори. Транзисторні підсилювачі.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 2 год.		2 тижні
21, 22	Польові транзистори. Схеми з ПТ.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 2 год.		2 тижні
23, 24	Шуми в електроніці.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 3 год.		2 тижні
25, 26	Операційні підсилювачі. ОП у фізичних вимірюваннях.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 2 год.		2 тижні
27, 28	Генератори коливань. Стабілізатори.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 3 год.		2 тижні
29, 30	Оптоелектроніка. Світлодіоди. Фотодетектори. Оптрони. Оптоелектронні системи зв'язку.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 5 год.		2 тижні
31, 32	Мікро- і наноелектроніка.	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 3 год.		2 тижні