



**Силабус освітнього компонента «РЕЛЯТИВІСТСЬКА КВАНТОВА МЕХАНІКА» підготовки бакалавра.**

**Розробник: Трохимчук Петро Павлович**, доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

**Погоджено**

Гарант освітньо-професійної програми:



доц. Замуруєва О.В.

**Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського протокол № 6 від 10 лютого 2026 р.**

Завідувач кафедри



доц. Сахнюк В.С.

## I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Денна очна форма навчання	<b>10 Природничі науки</b>  <b>104 Фізика та астрономія</b>  <b>Комп'ютерна фізика</b>  <b>Перший (бакалаврський) рівень</b>	<b>Нормативна</b>
Кількість годин/кредитів <b>150/5</b>		Рік навчання <b>4</b>
ІНДЗ: <u>немає</u>		Семестр <b>7-ий</b>
		Лекції <b>10</b> год.
		Практичні (семінари) <b>20</b> год.
		Самостійна робота <b>110</b> год.
		Консультації <b>10</b> год.
	Форма контролю: <b>залік</b>	
<b>Мова навчання</b>		українська

## II. Інформація про викладача

Прізвище, ім'я та по батькові

Трохимчук Петро Павлович

Науковий ступінь

кандидат фізико-математичних наук

Вчене звання

доцент

Посада

доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А.В. Свідзинського

e-mail

Trokhimchuck.Petro@vnu.edu.ua

Дні занять (посилання на електронний розклад)

<http://94.130.69.82/cgi-bin/timetable.cgi>

## III. Опис освітнього компонента

### 1. Анотація курсу.

Релятивістська квантова механіка (РКМ) – це розділ теоретичної фізики, основи якого були створені П. Діраком для узгодження законів мікросвіту з максвелівською електродинамікою. Так як рівняння Максвелла інваріантні відносно перетворень Лоренца то РКМ об'єднує принципи квантової теорії (фізика мікросвіту) зі спеціальною теорією відносності (СТВ) Ейнштейна, описуючи мікрочастинки при швидкостях, порівнянних зі швидкістю світла. Вона базується на релятивістських рівняннях руху, таких як рівняння Клейна-Гордона та рівняння Дірака. На основі цієї теорії розроблені такі розділи сучасної фізики як квантова електроніка, твердотільна електроніка, оптоелектроніка, нанофізика та т. п.

### 2. Мета і завдання освітнього компонента.

Метою даного курсу є ознайомлення та набуття навичок роботи з основними методами та застосуваннями релятивістської квантової механіки.

Мета і завдання навчальної дисципліни.

Метою викладання навчальної дисципліни «Релятивістська квантова механіка» є формування та розширення сучасного природничо-наукового світогляду шляхом освоєння методів вивчення мікроскопічної картини світу. Вивчення основ знань про релятивістсько-квантові методи розв'язування задач та результати їх використання для дослідження фізичної природи різних явищ, об'єктів і їхніх систем, які відіграють важливу роль в сучасному розвитку науки та технологій. Також вивчаються методи її викладання з використанням експериментальної бази та інтернету.

#### Завдання освітнього компоненту:

- сформувати цілісну систему знань про методи і результати дослідження релятивістської квантової механіки;
- ознайомитись із рівнянням Кляйна-Гордона, методами його розв'язків та застосування;
- освоїти рівняння Паулі та навчитись розв'язувати відповідні задачі;
- вивчити метод рівнянь Дірака та теорію спінорів та навчитись використовувати їх для розв'язування задач РКМ.
- сприяти формуванню сучасного природничо-наукового світогляду, у якому квантовомеханічна картина світу є важливою частиною фізичної картини світу.

#### Soft skills

У результаті вивчення курсу формуються:

- аналітичне мислення та здатність працювати з абстрактними просторовими моделями;
- точність та відповідальність у проведенні розрахунків і спостережень;
- навички роботи з приладами та цифровими ресурсами;
- дослідницькі компетентності;
- уміння інтерпретувати експериментальні дані;
- здатність працювати в команді під час спостережень;
- самоорганізація та планування спостережних програм.

### 3. Структура освітнього компонента.

Таблиця 1

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Практ.	Сам. Роб.	Конс.	*Форма контролю/ Бали
<b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ.</b>						
Тема 1. Вступ до релятивістської квантової механіки. Узгодження квантової теорії зі спеціальною теорією відносності. Основні принципи РКМ.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 2. Релятивістські хвильові рівняння. Рівняння Кляйна-Гордона-Фока: фізичний зміст, властивості та розв'язки.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 3. Рівняння Дірака. Виведення, фізична інтерпретація, матриці Дірака.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 4. Спін у релятивістській квантовій механіці. Спінори, момент кількості руху, сферичні спінори.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 5. Рух вільної релятивістської частинки. Густина струму, рівняння неперервності.	15	1	2	11	1	ПР/5

Тема 6. Релятивістський атом водню. Тонка структура рівнів, спин-орбітальна взаємодія.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 7. Взаємодія частинки з електромагнітним полем. Коваріантна форма рівняння Дірака.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 8. Частинки та античастинки. Зарядове спряження, діраківська теорія позитрона.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 9. Квазірелятивістські наближення. Розклад рівняння Дірака за степенями $1/c$ , зв'язок з рівнянням Паулі.	15	1	2	11	1	ПР/5
Тема 10. Релятивістська квантова механіка в сучасній фізиці. Квантова електроніка, твердотільна фізика, оптоелектроніка, нанофізика.	15	1	2	11	1	ПР/5
<b>Разом за модулем</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>110</b>	<b>10</b>	<b>50</b>
Контрольна робота						<b>50</b>
<b>Всього годин/Балів</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>110</b>	<b>10</b>	
<b>Всього балів</b>						<b>100</b>

\*Форма контролю: ПР – практична робота.

#### 5. Завдання для самостійного опрацювання.

1. Основні поняття спеціальної теорії відносності у формалізмі РКМ.
2. Парадокс Кляйна та його фізична інтерпретація.
3. Перетворення Фолді–Ваутхейзена.
4. Алгебра матриць Дірака та їх властивості.
5. Група Лоренца та 4-вимірний формалізм.
6. Діраківська теорія позитрона та внутрішня симетрія частинок.
7. Атом у магнітному полі. Ефект Зеємана.
8. Рух частинки зі спіном  $\frac{1}{2}$  у зовнішніх полях.
9. Частинки з нульовою масою. Рівняння Дірака для нейтрино.
10. Зв'язок релятивістської квантової механіки з квантовою електродинамікою та сучасними теоріями поля.

#### IV. Політика оцінювання

Для ефективності навчального процесу і безпечного перебування у навчальному закладі здобувач освіти зобов'язаний виконувати наступні правила:

- дотримуватись правил внутрішнього розпорядку університету та правил техніки безпеки;
- відвідувати лекції та практичні заняття відповідно до розкладу, не пропускати заняття без поважних причин, не запізнюватися на заняття;
- активно працювати на практичних заняттях;
- своєчасно виконувати домашні завдання;
- бути порядним і чесним, забороняється підказувати і списувати на практичних заняттях.

Під час навчання ЗО повинен дотримуватися правил академічної доброчесності. Правила академічної доброчесності описані у статті 42 Закону України Про Освіту (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v-650729-18#Text>) та у Кодексі академічної доброчесності Волинського національного університету імені Лесі Українки (<http://surl.li/jhafbh>).

У випадку, якщо здобувач освіти не відвідував окремі аудиторні заняття (з поважних причин), на консультаціях він має право відпрацювати пропущені заняття та добрати ту кількість балів, яку було визначено на пропущені теми.

Перескладання будь-яких видів робіт, передбачених силабусом, з метою підвищення підсумкової модульної оцінки не дозволяється. Заборгованість із модуля повинна бути ліквідована здобувачем у позааудиторний час до початку підсумкового контролю з наступного модуля. Кінцевий термін ліквідації заборгованості з модульного контролю обмежується початком заліково-екзаменаційної сесії.

Згідно «Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки» від 29 серпня 2024 року (<https://surl.li/pifbem>) студентів можуть бути зарахованими результати навчання, які отримані у формальній, неформальній та/або інформальній освіті.

## V. Підсумковий контроль

Підсумковий контроль проводиться у формі заліку. Оцінювання відбувається згідно з Положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки від 26.06.2025 р. (<https://surl.li/zuokux>). Залік виставляється за результатами поточної роботи за умови, що здобувач освіти виконав ті види навчальної роботи, які визначено силабусом ОК. Залік отримують студенти, які набрали не менше 60 балів. Здобувач освіти може додатково скласти на консультаціях із викладачем ті теми, які він пропустив протягом семестру (з поважних причин), таким чином покращивши свій результат рівно на ту суму балів, яку було виділено на пропущені теми. Якщо здобувач освіти протягом поточної роботи набрав менше як 60 балів він складає залік під час ліквідації академічної заборгованості. У цьому випадку бали, набрані під час поточного оцінювання анулюються. Максимальна кількість балів на залік під час ліквідації академічної заборгованості 100. Повторне складання заліку допускається не більше як два рази: один раз – викладачеві, другий – комісії, яку створює директор інституту.

За рішенням кафедри здобувачам освіти, які брали участь у роботі конференцій, підготовці наукових публікацій, в олімпіадах, конкурсах студентських наукових робіт, спортивних змаганнях, мистецьких конкурсах тощо й досягли значних результатів, може бути присуджено додаткові (бонусні) бали, які зараховуються як результати поточного контролю з відповідного ОК. Систему бонусних балів погоджує науково-методична комісія інституту (<https://drive.google.com/file/d/1VZWfEt145w3E2A1RYkdLIqgClbwSReam/view>).

## Методи навчання

*за джерелом знань*

– словесні: розповідь, пояснення, бесіда, інструктаж, робота з підручником/книгою, з інтернет-джерелами;

– наочні: ілюстрація, демонстрація, спостереження;

– практичні: розв'язування задач, вправ, звіти;

*за характером пізнавальної діяльності студентів:* пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, проблемний виклад, частково-пошуковий, дослідницький.

*інноваційні:* дискусія, метод моделювання, навчаючи–вчуся, методи дистанційного навчання.

## Форми та методи контролю

Поточний контроль (практичні заняття, написання та захист рефератів). Підсумкове оцінювання: залік.

## Загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів освіти

Оцінка	Критерії оцінювання
--------	---------------------

5 балів	Оцінюється відповідь здобувача освіти, який у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу, вільно послуговується науковою термінологією, наводить аргументи на підтвердження власних думок, здійснює аналіз та робить висновки.
4 бали	Оцінюється відповідь здобувача освіти, який достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст теоретичних запитань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу, послуговується науковою термінологією. Але при висвітленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі неістотні неточності та незначні помилки.
3 бали	Оцінюється відповідь здобувача освіти, який відтворює значну частину навчального матеріалу, висвітлює його основний зміст, виявляє елементарні знання окремих положень. Не здатний до глибокого, всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, не користується необхідною літературою, допускає істотні неточності та помилки.
2 бали	Оцінюється робота здобувача освіти, який не володіє навчальним матеріалом у достатньому обсязі, проте фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає окремі питання освітнього компонента, не розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань.
1 бал	Оцінюється робота здобувача освіти, який не в змозі викласти зміст більшості питань теми та освітнього компонента, володіє навчальним матеріалом на рівні розпізнавання явищ, допускає істотні помилки, відповідає на запитання, що потребують однослівної відповіді.
0 балів	Оцінюється відповідь здобувача освіти, який не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його висвітлити, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань.

## ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЗАЛІКУ

Якщо здобувач освіти протягом поточної роботи набрав менше як 60 балів він складе залік під час ліквідації академічної заборгованості. У цьому випадку бали, набрані під час поточного оцінювання анулюються. Максимальна кількість балів на залік під час ліквідації академічної заборгованості 100. Для здачі заліку ЗО будуть запропоновані теоретичні питання відповідно до тем, зазначених у таблиці 1.

### Шкала оцінювання

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка
90–100	Зараховано
82–89	
75–81	
67–74	
60–66	
0–59	Незараховано (необхідне перескладання)

### VII. Рекомендована література

1. Davydov A. S. *Quantum Mechanics. 2-d ed. Amsterdam: Elsevier, 2013. 652 p.*
2. Вакарчук І. О. Квантова механіка. 4-е вид. *Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 с.*
3. Свідзинський А. В. Вступ до спеціальної теорії відносності. *Луцьк: Вежа, 2007. 99 с.*
4. Трохимчук П. П. Теоретична фізика. *Луцьк: Вежа-Друк, 2017. 256 с.*
5. Федорченко А. М. Теоретична фізика. Том 2. *Київ: Вища школа, 1993. 415 с.*
6. Юхновський І. Р. Основи квантової механіки. *Київ: Либідь, 1995. 352 с.*
7. *Бережной Ю. А. Лекції з квантової механіки. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. 432 с.*
8. Вакарчук І. О., Куліш Т. В., Кнігіцький О. В., Ткачук В. М. Збірник задач з квантової механіки. *Львів: Ред.-вид. відділ Львівського державного університету, 1996. 32 с.*
9. Карбованець М. І., Лазур В. Ю., Нодь Є. А. Практикум з квантової механіки. *Ужгород: Видавництво УжНУ “Говерла”, 2022. 52 с.*
10. Кобушкін О. П., Кривенко-Еметов Я. Д. Збірник задач з квантової механіки. *Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 110 с.*