

Анотація навчальної дисципліни
Вибрані розділи сучасної теоретичної фізики

1. Назва дисципліни – “ Вибрані розділи сучасної теоретичної фізики ”.
2. Лектор – д.ф.-м.н., проф. Немченко Костянтин Едуардович
3. Статус – Вибіркова дисципліна.
4. Курс, семестр – 1 курс; 2 семестр.
5. Кількість – кредитів – 5; загальна кількість годин – 150 (у тому числі: лекції – 30, самостійна робота –120).
6. Форма контролю – іспит.
7. Попередні умови для вивчення – знання курсів загальної фізики, квантової механіки, математичного аналізу та елементів чисельних методів.
8. Опис курсу:

Мета курсу: Метою курсу є ознайомлення студентів із сучасними напрямками розвитку теоретичної фізики, які лежать на межі фундаментальних досліджень і прикладних технологій. Особлива увага приділяється міждисциплінарним підходам, де поєднуються квантова теорія, статистична фізика, теорія переносу та методи обчислювального моделювання.

Курс спрямований на формування у студентів цілісного уявлення про сучасні фізичні системи — від квантових інформаційних процесів до теплопереносу в наноструктурах — а також розвиток навичок аналізу складних фізичних явищ із використанням сучасних теоретичних і чисельних методів.

Зміст курсу: У курсі розглядаються вибрані теми сучасної теоретичної фізики, що активно розвиваються в останні десятиліття.

Одним із ключових напрямів є квантові обчислення, де вивчаються основи квантової інформації, кубіти, суперпозиція та запутаність, а також принципи роботи квантових алгоритмів і їх фізична реалізація.

Значна увага приділяється теплопереносу в наноструктурах, де класичні уявлення про дифузію порушуються, і виникають балістичні та квазібалістичні режими переносу. Розглядається роль геометрії, розмірних ефектів і меж розділу, зокрема вплив шорсткості поверхонь на перенесення тепла.

Окремо аналізуються ефекти поверхневої шорсткості, які істотно впливають на транспортні властивості в наномасштабі, включаючи розсіяння фононів, електронів та модифікацію ефективних параметрів системи.

У курсі також розглядаються нелінійні та нерівноважні процеси, що виникають у складних фізичних системах, включаючи транспорт, флуктуації та релаксаційні явища.

Додатково вводяться елементи методів машинного навчання у фізиці, які використовуються для аналізу експериментальних даних, класифікації станів і побудови ефективних моделей складних систем.

Розділи курсу.

Розділ 1. Квантові обчислення та квантова інформація (5 лекцій)

1. Вступ до квантової інформації. Кубіти та квантові стани.
2. Суперпозиція та квантова запутаність.
3. Квантові логічні операції та квантові схеми.
4. Основні квантові алгоритми (Шора, Гровера).
5. Фізична реалізація квантових обчислень.

Розділ 2. Теплоперенос у наноструктурах (5 лекцій)

6. Класичний і неklasичний теплоперенос.
7. Балістичний та квазібалістичний транспорт.
8. Роль меж розділу та інтерфейсів.
9. Вплив геометрії та розмірних ефектів.
10. Моделювання теплових процесів у наноструктурах.

Розділ 3. Шорсткість і транспортні явища (5 лекцій)

11. Фізика поверхонь і шорсткість.
12. Розсіяння фононів і електронів.
13. Вплив шорсткості на теплоперенос.
14. Ефективні моделі та підходи.
15. Експериментальні та чисельні методи дослідження.

Розділ 4. Нерівноважні процеси та сучасні підходи (5 лекцій)

16. Нерівноважна статистична фізика.
17. Флуктуації та релаксація.
18. Нелінійні процеси у фізичних системах.
19. Методи машинного навчання у фізиці.
20. Сучасні застосування та перспективи розвитку.

9. Форми та методи навчання – лекції, семінари, розв'язування задач, аналіз наукових статей, виконання індивідуальних проєктів.
10. Форми організації контролю знань, система оцінювання – Перевірка самостійних завдань, міні-проєкти, екзаменаційна робота.
11. Навчально-методичне забезпечення – програма, яка включає інформаційну базу знань, перелік умінь та навичок, якими повинні оволодіти студенти, список рекомендованої літератури; конспект лекцій (рукопис), контрольні питання для модульного контролю знань.
12. Мова викладання – українська.
13. Список рекомендованої літератури:

Основна література:

1. Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. *Quantum Computation and Quantum Information*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
2. Datta, S. *Electronic Transport in Mesoscopic Systems*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
3. Cahill, D. G., Braun, P. V., Chen, G., Clarke, D. R., Fan, S., Goodson, K. E., Majumdar, A., Maris, H. J., Simoncelli, M., & Terasaki, I. *Nanoscale Thermal Transport*. – Journal of Applied Physics, 2014.
4. Kittel, C. *Introduction to Solid State Physics*. – 8th ed. – Hoboken: Wiley, 2005.

Допоміжна література:

5. Ziman, J. M. *Electrons and Phonons: The Theory of Transport Phenomena in Solids*. – Oxford: Oxford University Press, 1960.
6. Ashcroft, N. W., & Mermin, N. D. *Solid State Physics*. – New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976.
7. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. *Deep Learning*. – Cambridge: MIT Press, 2016.