

## Витяг з протоколу №14

засідання науково-методичної комісії фізичного факультету  
від 16 березня 2023 року

### СЛУХАЛИ:

- про затвердження питань, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на ОНП «Астрофізика» (освітній ступінь - магістр);
- про затвердження питань, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Фізика наносистем» (освітній ступінь - магістр);
- про затвердження питань, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Квантова теорія поля» (освітній ступінь - магістр);
- про затвердження питань, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Медична фізика» (освітній ступінь - магістр);
- про затвердження питань, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Ядерна енергетика» (освітній ступінь - магістр);
- про затвердження питань, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Фізика високих енергій» (освітній ступінь - магістр);
- про перезатвердження програм вступних іспитів до аспірантури та вимог до дослідницької пропозиції.

### УХВАЛИЛИ:

- затвердити питання, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на ОНП «Астрофізика» (освітній ступінь - магістр);
- затвердити питання, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Фізика наносистем» (освітній ступінь - магістр);

- затвердити питання, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Квантова теорія поля» (освітній ступінь - магістр);
- затвердити питання, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Медична фізика» (освітній ступінь - магістр);
- затвердити питання, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Ядерна енергетика» (освітній ступінь - магістр);
- затвердити питання, що виносяться на комплексний іспит з астрофізики для студентів, які навчаються на навчаються на ОНП «Фізика високих енергій» (освітній ступінь - магістр);
- перезатвердити програми вступних іспитів до аспірантури та вимоги до дослідницької пропозиції.

Переліки питань додаються.

Голова комісії



Олег ОЛІХ

**ПИТАННЯ З ФІЗИКИ,  
ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА КОМПЛЕКСНИЙ ІСПИТ З ФІЗИКИ  
„104 ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ”**

**«ФІЗИКА НАНОСИСТЕМ»**

1. Методи аналітичного опису механічних систем. Порівняльний аналіз механіки Ньютона, Лагранжа, Гамільтона.
2. Закони збереження та їх зв'язок з фундаментальними властивостями простору і часу.
3. Динаміка поступального і обертального руху твердого тіла.
4. Явища переносу (дифузія, в'язкість, теплопровідність).
5. Основні положення фізики фазових переходів.
6. Функції розподілу Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна.
7. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги.
8. Нерівноважні процеси в системі багатьох частинок. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана.
9. Електромагнітна взаємодія. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки.
10. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння. Плоскі та сферичні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Стоячі хвилі.
11. Взаємодія світла з речовиною: поглинання, пружне та непружне розсіювання, люмінесценція.
12. Дифракція світла і рентгенівського проміння: прояви і застосування.
13. Будова атомних оболонок. Механічні та магнітні моменти. Періодична таблиця елементів.
14. Нульові коливання вакууму. Зсув Лемба.
15. Основні рівняння квантової механіки: рівняння Шредінгера, Дірака, Паулі.
16. Методи квантового опису систем багатьох частинок: адіабатичне наближення, метод Хартрі-Фока.
17. Квазічастинки в фізиці: фонони, поляритони, екситони, плазмони, магнони.
18. Фізичні принципи роботи лазерів. Характеристики лазерного випромінювання.
19. Фізична модель Всесвіту. Великий вибух та еволюція Всесвіту. Утворення елементарних частинок та хімічних елементів.
20. Елементарні частинки. Частинки та античастинки. Сильна взаємодія та структура адронів.
21. Кварки та глюони, їх основні характеристики. Кваркова структура баріонів та мезонів.
22. Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Сили інерції. Динаміка системи матеріальних точок.
23. Принцип роботи одноелектронного транзистора. Поняття «кулонівські алмази».
24. Методи отримання нанорозмірних вуглецевих структур (фулеренів, ВНТ, графенів та графеноподібних структур).
25. Скейлінг: принцип, переваги, труднощі.
26. Зонна структура одностінних вуглецевих нанотрубок різної хіральності.
27. Методи створення контактів до окремих молекул.
28. Методи функціоналізації та модифікації нановуглецевих структур.
29. Резонансно-тунельний діод. Резонансно-тунельний транзистор.
30. Структура вуглецевих нанотрубок. Хіральні та ахіральні вуглецеві нанотрубки, індекси хіральності.
31. Самоорганізовані квантові точки: синтез, структурні особливості, перспективи використання.
32. Концентраційні та температурні залежності електропровідності полімерних композитів на основі нановуглецевих структур. Перколяційна модель.

33. Розмірне квантування та умови його спостереження. Вплив концентрації носіїв заряду на спостереження розмірного квантування.
34. Метод Монте-Карло для моделювання наноструктур. Алгоритм Метрополіса.
35. Моделі електропровідності одностінних та багатостінних ВНТ.
36. Оптичні середовища на основі поруватого кремнію.
37. Колоїдні квантові точки: основні види, методи синтезу, прикладні застосування.
38. Структурні моделі аморфного стану. Аморфно-нанокристалічні сплави, їх властивості, способи їх отримання. Методи керованого наноструктурування з аморфного стану.
39. Розсіювання електрона на потенціальному бар'єрі кінцевої ширини. Інтерференційні ефекти при надбар'єрному проходженні електронів.
40. Поляризаційна залежність міжзонного поглинання світла в квантових ямах.
41. Типи гетеропереходів, структури із квантовими ямами та бар'єрні структури. Область просторового заряду. Побудова зонної діаграми поблизу гетеропереходу.
42. Формування наноструктури під час інтенсивної пластичної деформації.
43. Рівноважна концентрація електронів та положення рівня Фермі у напівпровідникових квантових ямах та дротах.
44. Термодинамічні особливості процесів фазового розшарування за механізмом спінодального розпаду в аморфній фазі.
45. Селективно-леговані структури.
46. Основні рівняння теорії гетерогенного зародкоутворення в однокомпонентних та бінарних системах.
47. Термодинамічні критерії легкої аморфізації для бінарних сплавів. Аналіз особливостей процесу кристалізації для модельних бінарних сплавів з різним типом діаграм стану.
48. Поглинання світла при прямих та непрямих переходах в напівпровідниках.
49. Правила відбору для міжзонних оптичних переходів в квантових ямах.
50. Вплив структурних дефектів на процес руйнування металів та керамік.
51. Правило Хола-Петча та його особливості для наноматеріалів.
52. Деградація характеристик наноматеріалів в результаті опромінення нейтронами та  $\gamma$ -квантами. Радіаційностійкі та радіаційнопоглинаючі матеріали, їх властивості.
53. Коефіцієнт поглинання для міжзонних переходів в квантових ямах.
54. Молекулярно-променева епітаксія. Режими гетероепітаксійного росту.
55. Система рівнянь для опису процесу гомогенного зародкоутворення в бінарних системах.
56. Літографічні методи отримання структур з квантовими точками.
57. Термодинамічний критерій можливості фазового розшарування аморфного бінарного сплаву.
58. Електроімпульсне плазмове спікання нанопорошків.
59. Квантові розмірні ефекти в наноструктурованому кремнії. Люмінесценція поруватого кремнію.
60. Правила відбору для внутрішньозонних оптичних переходів в квантових ямах.
61. Методи синтезу та механізми формування поруватого кремнію.
62. Молекулярна динаміка як універсальний метод дослідження наноматеріалів.
63. Оптичні властивості середовищ на основі поруватого кремнію.
64. Механізми молекулярної провідності.
65. Основні положення нанотермодинаміки.
66. Методи дослідження низькорозмірних напівпровідникових структур.

Питання, що виносяться на комплексний іспит з астрономії (магістри)

*Перелік питань з фізики*

1. Методи аналітичного опису механічних систем. Порівняльний аналіз механіки Ньютона, Лагранжа, Гамільтона.
2. Динаміка поступального й обертального руху твердого тіла.
3. Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Сили інерції. Динаміка системи матеріальних точок у неінерціальній системі відліку.
4. Закони збереження та їх зв'язок з фундаментальними властивостями простору і часу.
5. Явища переносу (дифузія, в'язкість, теплопровідність).
6. Основні положення фізики фазових переходів.
7. Функції розподілу Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна та їх застосування у фізиці.
8. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги.
9. Нерівноважні процеси у системі багатьох частинок. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана.
10. Електромагнітна взаємодія. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки.
11. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння. Плоскі та сферичні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Стоячі хвилі.
12. Взаємодія світла з речовиною: поглинання, пружне та непружне розсіяння, люмінесценція.
13. Дифракція світла і рентгенівського проміння: прояви і застосування
14. Фізичні принципи роботи лазерів. Характеристики лазерного випромінювання.
15. Будова атомних оболонок. Механічні та магнітні моменти атомів. Періодична таблиця елементів.
16. Нульові коливання вакууму. Зсув Лемба.
17. Основні рівняння квантової механіки: рівняння Шредінгера, Дірака, Паулі.
18. Методи квантового опису систем багатьох частинок: адіабатичне наближення, метод Хартрі-Фока.

- 19.Квазічастинки у фізиці твердого тіла.
- 20.Елементарні частинки. Частинки та античастинки. Сильна взаємодія та структура адронів.
- 21.Кварки та глюони, їх основні характеристики. Кваркова структура баріонів та мезонів.
- 22.Фізична модель Всесвіту. Великий вибух та еволюція Всесвіту. Утворення елементарних частинок та хімічних елементів.

### *Перелік питань з астрономії*

1. Інерційна та фундаментальна системи координат, способи їх реалізації.
2. Задача багатьох тіл. Збурення. Збурююча функція. Миттєві та оскулюючі елементи.
3. Обмежена задача трьох тіл. Рівняння для знаходження точок лібрації.
4. Активна оптика. Адаптивний телескоп. Область ізопланатизму. Сучасний оптичний телескоп.
5. Діаграма спрямованості антени радіотелескопа. Антенне згладжування.
6. Радіоінтерферометри з наддовгими базами. Стандарти частоти. Незалежна реєстрація.
7. Нейтрино в астрономії. Методи реєстрації та основні результати.
8. Гравітаційні хвилі. Джерела гравітаційних хвиль. Реєстрація гравітаційних хвиль.
9. Спектральні класифікації зір та їх фізичне обґрунтування.
10. Діаграма Герцшпрунга-Рассела.
11. Методи визначення мас зір у подвійних системах. Співвідношення маса-світність.
12. Зоряні скупчення. Час життя. Еволюційний аспект.
13. Міжзоряне поглинання світла.
14. Обертання Галактики. Крива обертання. Маса Галактики.
15. Інтегральні характеристики Галактики. Населення, будова, підсистеми.
16. Коефіцієнт поглинання в неперервному спектрі в зоряних атмосферах.

- 17.Механізми розширення спектральних ліній. Теоретичні контури ліній.
- 18.Формування спектральних ліній в оболонках зір, що розширюються.
- 19.Зони Н II. Природа, основні характеристики.
- 20.Механізми утворення заборонених ліній в спектрах емісійних туманностей.
- 21.Рівняння іонізаційної рівноваги в планетарній туманності.
- 22.Рівняння теорії внутрішньої будови зір. Теорема Фойгта-Рассела.
- 23.Джерела енергії зір.
- 24.Еволюція зір різних мас.
- 25.Рівняння стану виродженого електронного газу. Основні висновки теорії білих карликів.
- 26.Наднові зорі, їх класифікація та значення для нуклеосинтезу. Залишки Наднових.
- 27.Механізми утворення та будова нейтронних зір.
- 28.Атмосфера Сонця: фотосфера, хромосфера, корона.
- 29.Активні області на Сонці.
- 30.Планети. Класифікація. Фізичні характеристики.
- 31.Екзопланети. Методи відкриття. Основні результати.
- 32.Основні рівняння динаміки планетних атмосфер.
- 33.Модель простого іоносферного шару.
- 34.Основні рівняння однорідної магнітогідродинаміки.
- 35.Геліосфера. Просторово-часові характеристики.
- 36.Сонячний вітер. Моделі сонячного вітру.
- 37.Малі тіла Сонячної системи. Їх класифікація та фізичні характеристики
- 38.Космічні промені високих енергій.
- 39.Методи визначення відстаней до галактик. Принципи побудови позагалактичної шкали відстаней. Закон Габбла - Леметра. Відстані у космології.
- 40.Класифікація галактик та основні кореляції фізичних характеристик галактик з морфологічним типом.

41. Уніфікована схема та головні спостережні характеристики активних ядер галактик.
42. Основні космологічні параметри. Методи їх визначення та сучасні їх значення.
43. Великомасштабна структура Всесвіту: групи, скупчення, філаменти, надскупчення.
44. Темна матерія. Темна енергія. Астрономічний та фізичний аспекти.

#### Запропоновані додаткові питання

1. Загальні властивості атомних ядер.
2. Ядерні реакції та визначення їх перерізів розсіяння
3. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги. Теплоємність. Ентропія



А) Блок «Квантова теорія поля»

1. Генеруючий функціонал, амплітуда переходу вакуум–вакуум в квантовій теорії поля та її обчислення у випадку вільного скалярного поля.
2. Теорема Віка для скалярних та спінових полів. Правила Фейнмана для квантової електродинаміки. Ефект Комптона.
3. Неабелеві поля Янга-Мілса. Лагранжіан квантової хромодинаміки в калібрувальному та масовому базисах.
4. Поляризація вакууму в другому порядку теорії збурень в КЕД. Модифікація закону Кулона, зсув рівнів воднеподібних атомів за рахунок потенціалу Юлінга. Порівняння енергетичних спектрів атомів водню та мюонного водню.
5. Аномальний магнітний момент електрона. Поправка Швінгера до діраківського магнітного моменту.
6. Класифікація перенормовності квантовопольових теорій. Індекс розбіжності діаграм, зв'язок з розмірністю константи взаємодії. Приклади розбіжних діаграм в КЕД.
7. Правила Фейнмана в КХД. Рівняння Гелмана-Лоу, бета-функція Калана-Симанзіка; ефективна константа взаємодії та асимптотична свобода в КХД.
8. Лагранжіан Стандартної моделі. Змішування кварків, матриця Кабіббо-Кобаяші-Маскави. Заряджені та нейтральні струми.
9. Спонтанне порушення симетрії в електрослабкому секторі Стандартної моделі. Механізм Браута-Енглера-Хіггса генерації мас калібрувальних бозонів та ферміонів.
10. Спонтанне порушення симетрії. Теореми Голдстоуна, теорема про підрахунок числа безмасових частинок при спонтанному порушенні симетрії.
11. S-матриця і зв'язок її матричних елементів з функціями Гріна, редукційні формули Лемана-Симанзіка-Циммермана.

12. Варіанти розширення Стандартної моделі: скалярний, нейтринний, векторний, псевдоскалярний (аксіонний) портали, портал Черна-Саймонса.
13. Нульові коливання вакууму у просторах різних розмірностей та топології. Ефект Казіміра.
14. Народження електрон-позитронних пар в однорідному електричному полі (квазікласичний розгляд). Ефект Швінгера.
15. Теорія Вейля двокомпонентного нейтрино.
16. Механізми Дірака, Майорани та Дірака-Майорани генерації мас нейтрино. Механізм «гойдалки» як спосіб пояснення малої маси активних нейтрино.
17. Осциляції нейтрино у вакуумі. Загальна теорія осциляцій нейтрино та її застосування на прикладі осциляцій нейтрино двох ароматів у вакуумі. Стерильні нейтрино.
18. Механізм конфайнменту та монополі в тривимірній  $U(1)$  калібрувальній теорії.
19. Точний розв'язок двовимірних калібрувальних теорій. Натяг струни між статичними кварками.
20. Квантування калібрувальних моделей на ґратці. Дія Вільсона та її континуальна границя. Закон площі для петлі Вільсона.
21. Бета-функція в двовимірних  $O(N)$  моделях та асимптотична свобода. Точний розв'язок  $O(N)$  моделей при великих значеннях  $N$ .
22. Фазовий перехід Березинського-Костерліца-Таулеса в двовимірній  $XY$ -моделі.
23. Аномальна трикутна діаграма в регуляризації Паулі-Віларса. Кіральна аномалія в методі Фуджикави.
24. Розпад нейтрального піона на два фотони. Гіпотеза про часткове збереження аксіального струму. Теорема Сатерленда-Велтмана. Кіральна аномалія.
25. Взаємодія фотона з речовиною в рамках КЕД: поглинання, пружне та непружне розсіяння, люмінесценція.

Б) Блок «Гравітація і космологія»

26. Фізична модель Всесвіту. Великий вибух та еволюція Всесвіту. Утворення елементарних частинок та хімічних елементів.
27. Космологічний принцип та розширення Всесвіту. Рівняння Фрідмана та загальні властивості еволюції Всесвіту. Фотометрична відстань, відстань за кутовим розміром та спостережні свідчення розширення Всесвіту з додатним прискоренням. ЛямбдаCDM-модель.
28. Рекомбінація, рівняння Саха, температура рекомбінації. Останнє розсіяння фотонів.
29. Реліктове випромінювання як джерело інформації про ранній Всесвіт. Анізотропія температури та поляризації реліктового випромінювання.
30. Первинний нуклеосинтез. Нейтрон-протонне відношення. Кінетика нуклеосинтезу, розповсюдженість легких елементів у сучасному Всесвіті.
31. Реліктові нейтрино, температура відщеплення нейтрино, космологічні обмеження на масу нейтрино.
32. Фазові переходи першого та другого роду, кросовер. Електрослабкий фазовий перехід, фазові переходи КХД в ранньому Всесвіті.
33. Проблеми теорії гарячого великого вибуху. Інфляційний сценарій як спосіб рішення цих проблем. Моделі інфляції.
34. Фаза постінфляційного розігріву Всесвіту. Народження частинок Стандартної Моделі. Стохастичний, широкий та вузький параметричні резонанси.
35. Темна матерія, спостережні свідчення про її існування. Кандидати на роль частинок темної матерії.
36. Баріонна асиметрія Всесвіту, механізми її генерації та умови Сахарова.
37. Генерація первинних скалярних і тензорних збурень в інфляційних моделях, рівняння Муханова-Сазакі. Спектр скалярних та тензорних збурень, нахил спектру, тензорно-скалярне відношення.
38. Термодинаміка чорних дір. Ефект Хокінга, температура Хокінга.
39. Чорна діра, що обертається, ергосфера, механізм Пенроуза.
40. Властивості центрально-симетричних чорних дір. Рух частинок та світла

поблизу шварцшильдівської чорної діри.

В) Блок «Теорія конденсованого стану. Методи КТП в ТКС»

41. Нерівноважні процеси в системі багатьох частинок. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана.
42. Квантовий ефект Холла. Особливості квантового ефекту Холла в графені.
43. Ефекти де Гааза-ван Альфена та Шубнікова-де Гааза.
44. Теорія лінійного відгуку, формула Кубо.
45. Методи квантового опису систем багатьох частинок: адіабатичне наближення, метод Хартрі-Фока, метод Томаса-Фермі
46. Функція Гріна в теорії конденсованого стану. Аналітичні властивості функцій Гріна. Фізичний зміст полюсів функцій Гріна та енергетичний спектр.
47. Функції Гріна при ненульовій температурі. Формалізм Мацубари.
48. Надпровідність. Варіаційний метод в теорії надпровідності Бардіна-Купера-Шріффера. Надпровідна щілина.
49. Рівняння Гінзбурга. Надпровідники другого роду. Вихори Абрікосова. Надплинність у гелії-3 та гелії-4, спектр елементарних збуджень у гелії-4.
50. Нелінійне рівняння Шредінгера та його фізичний зміст. Солітонний розв'язок нелінійного рівняння Шредінгера.

Г) Блок «Загальні питання»

51. Закони збереження та їх зв'язок з фундаментальними властивостями простору і часу. Теорема Е. Нетер.
52. Методи аналітичного опису механічних систем. Порівняльний аналіз механіки Ньютона, Лагранжа, Гамільтона.
53. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги. Термодинаміка Всесвіту, що розширюється, закон збереження ентропії.
54. Нульові коливання вакууму. Зсув Лемба в спектрі атомів водню та мюонного водню.
55. Елементарні частинки. Частинки та античастинки. Стандартна модель

фізики елементарних частинок, її здобутки та недоліки.

56. Рівняння Дірака для частинки з аномальним магнітним моментом.
57. Основні рівняння квантової теорії: рівняння Шредінгера, Клейна-Гордона Дірака, Прока.
58. Безмасове абелеве калібрувальне поле, калібрувальна симетрія, рівняння руху в коваріантній формі
59. Зіткнення важких ядер і множинне народження частинок. Кварк-глюонна плазма, її властивості та пошуки.
60. Ефект Ааронова-Бома, однозначні та неоднозначні хвильові функції, вплив топології простору, експериментальна перевірка ефекту.

ЗАТВЕРДЖЕНО \_\_\_\_\_  
Голова вченої ради Микола МАКАРЕЦЬ  
Протокол №8 засідання вченої ради  
фізичного факультету від 26.12.2022 р.

**ПИТАННЯ,  
ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА КОМПЛЕКСНИЙ ІСПИТ З ФІЗИКИ ЯДРА ТА  
ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК  
ЗА ОСВІТНЬОЮ ПРОГРАМОЮ: «ЯДЕРНА ЕНЕРГЕТИКА»**

**(ступінь магістра) у 2022/2023 н.р.**

1. Методи аналітичного опису механічних систем. Порівняльний аналіз механіки Ньютона, Лагранжа, Гамільтона.
2. Перенос нейтронів. Рівняння переносу нейтронів.
3. Фізичні основи термоядерної енергетики
4. Динаміка поступального і обертального руху твердого тіла.
5. Багатогрупові рівняння дифузії нейтронів у ядерному реакторі.
6. Випромінювання Вавілова-Черенкова та типи детекторів на його основі для ядерних експериментів.
7. Явища переносу (дифузія, в'язкість, теплопровідність).
8. Критичні розміри реактора для його конфігурації - паралелепіпеду.
9. Класифікація ядерних реакцій. Кінематика, закони збереження та основні механізми ядерних реакцій.
10. Основні положення фізики фазових переходів.
11. Метод перших зіткнень. Теорема взаємності.
12. Марківська модель надійності обладнання АЕС.
13. Функції розподілу Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна.
14. Алгоритм побудови траєкторії в методі укрупнених зіткнень.
15. Метод кінцевих елементів у розрахунках ядерних реакторів.
16. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги.

17. Поділ ядер. Моделі поділу ядер. Енергія поділу.
18. Навантажене, ненавантажене та полегшене заміщувальне резервування у теорії надійності.
19. Нерівноважні процеси в системі багатьох частинок. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана.
20. Формування спектру нейтронів в ядерному реакторі.
21. Гомогенні і гетерогенні реактори. Переваги гетерогенного розташування палива.
22. Електромагнітна взаємодія. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки.
23. Дифузійне рівняння. Екстрапольована границя.
24. Кінцево-різницеві алгоритми у розрахунках ядерних реакторів.
25. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння. Плоскі та сферичні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Стоячі хвилі.
26. Плоске джерело нейтронів в нескінченному гомогенному дифузійному середовищі.
27. Основні розрахункові співвідношення показників надійності для послідовного з'єднання елементів у структурній схемі надійності.
28. Взаємодія світла з речовиною: поглинання, пружне та непружне розсіяння, люмінесценція.
29. Енергетичний розподіл нейтронів, що сповільнюються (спектр Фермі); густина сповільнення  $q(E)$ ; летаргія нейтронів  $u$ .
30. Критичний розмір реактора для його конфігурації - сфери.
31. Дифракція світла і рентгенівського проміння: прояви і застосування.
32. Елементарна теорія сповільнення нейтронів.
33. Критичний розмір реактора для його конфігурації - циліндру.
34. Будова атомних оболонок. Механічні та магнітні моменти. Періодична таблиця елементів.
35. Сповільнення нейтронів у поглинаючих середовищах. Ймовірність уникнути резонансного поглинання.

36. Основні розрахункові співвідношення показників надійності для паралельного з'єднання елементів у структурній схемі надійності.
37. Нульові коливання вакууму. Зсув Лемба.
38. Формула 4-х співмножників. Коефіцієнт використання теплових нейтронів.
39. Джерела нейтронів на базі прискорювачів та типи нейтронних генераторів. Кінетичні співвідношення. Нейтронні генератори на основі синтезу в плазмі, що утримується електростатичним полем.
40. Основні рівняння квантової механіки: рівняння Шредінгера, Дірака, Паулі.
41. Гомогенний реактор з відбивачем. Реактор - нескінченна пластина.
42. Опис фізичних процесів взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною. Загальна характеристика процесів взаємодії іонів і електронів з речовиною.
43. Методи квантового опису систем багатьох частинок: адіабатичне наближення, метод Хартрі-Фока.
44. Гомогенний реактор з відбивачем. Сферичний реактор.
45. Квазічастинки в фізиці: фонони, поляритони, екситони, плазмони, магнони.
46. Отруєння продуктами поділу в ядерному реакторі.
47. Моделювання траєкторій частинок.
48. Нейтронно-ксенонові коливання в ядерному реакторі.
49. Фізичні принципи роботи лазерів. Характеристики лазерного випромінювання.
50. Зміна ізотопного складу палива при роботі ядерного реактора та шлакування ядерного реактора.
51. Рівняння кінетики ядерного реактора зі зворотними зв'язками.
52. Фізична модель Всесвіту. Великий вибух та еволюція Всесвіту. Утворення елементарних частинок та хімічних елементів.
53. Нейтронно-фізичні характеристики ізотопів, що діляться, і матеріалів для відтворення ядерного палива.



- 54.Ефекти реактивності в ядерному реакторі.
- 55.Елементарні частинки. Частинки та античастинки. Сильна взаємодія та структура адронів.
- 56.Нейтрони, що запізнюються. Перехідні процеси при миттєвій зміні реактивності. Миттєва критичність.
- 57.Опис енергетичних втрат енергії частинок у речовині.
- 58.Кварки та глюони, їх основні характеристики. Кваркова структура баріонів та мезонів.
- 59.Рівняння кінетики реактора, реактивність, період реактора, усталений період реактора.
60. Особливості взаємодії заряджених частинок (легких та важких) з речовиною при низьких та високих енергіях.
- 61.Закони збереження та їх зв'язок з фундаментальними властивостями простору і часу.
- 62.Рух заряджених частинок в комбінованих полях. Циклотронний резонанс.
- 63.Лінійні прискорювачі для електронів та важких частинок.
- 64.Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Сили інерції. Динаміка системи матеріальних точок.
- 65.Основні методи розрахунків радіаційного захисту від гамма квантів і електронів.
- 66.Використання графічних процесорів для наукових розрахунків. CUDA програмування.

Затверджено на засіданні науково-методичної комісії фізичного факультету,  
протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО \_\_\_\_\_  
Голова вченої ради Микола МАКАРЕЦЬ  
Протокол №8 засідання вченої ради  
фізичного факультету від 26.12.2022 р.

**ПИТАННЯ,  
ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА КОМПЛЕКСНИЙ ІСПИТ З ФІЗИКИ ЯДРА ТА  
ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК  
ЗА ОСВІТНЬОЮ ПРОГРАМОЮ: «ФІЗИКА ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ»  
(ступінь магістра) у 2022/2023 н.р**

1. Адронні струмені. Константа сильної взаємодії  $\alpha_s$ .
2. Цифрові спектрометри ядерного випромінювання.
3. Методи аналітичного опису механічних систем. Порівняльний аналіз механіки Ньютона, Лагранжа, Гамільтона.
4. Динаміка поступального і обертального руху твердого тіла.
5. Моделювання траєкторій проходження частинок в речовині.
6. Використання технології CUDA та GPU для фізичних розрахунків.
7. Основні поняття теорії груп та зв'язок з симетріями.
8. Сучасні детектори та детекторні системи іонізуючого випромінювання. Методики їх застосування.
9. Явища переносу (дифузія, в'язкість, теплопровідність).
10. Основні положення фізики фазових переходів.
11. Рентгенівські лазери на вільних електронах та їх використання для прикладних досліджень.
12. Топ-кварки: основні властивості і канали розпаду.
13. Функції розподілу Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна.
14. Проекти наступного покоління колайдерних прискорювачів.
15. Пружне і непружне розсіяння нейтрино. Експерименти на пучках нейтрино. Особливості взаємодії нейтрино з ядрами.
16. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги.

17. Представлення груп. Представлення групи  $SU(2)$ .
18. Нейтронні джерела на базі прискорювачів. Використання нейтронних пучків для прикладних задач.
19. Нерівноважні процеси в системі багатьох частинок. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана.
20. Космічні промені: класифікація, склад, енергетичний спектр і методи дослідження.
21. Об'єктно-орієнтоване програмування в ядерній фізиці та його застосування.
22. Електромагнітна взаємодія. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки.
23. Експерименти по прямому і непрямому детектуванню темної матерії (ТМ). Кандидати на частинки ТМ. Головні результати пошуку WIMP частинок.
24. Основи мови програмування ПЛІС VERILOG HDL.
25. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння. Плоскі та сферичні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Стоячі хвилі.
26. Бозони Хіггса та фізика поза Стандартною моделлю.
27. Спектрометрія рентгенівського та гамма-випромінювання. Застосування синхротронних пучків для прикладних досліджень.
28. Взаємодія світла з речовиною: поглинання, пружне та непружне розсіяння, люмінесценція.
29. Моделі ядер: краплинна, оболонкова і фермі-газу.
30. Основні рівняння спектрометрії та спектрометричні характеристики ядерних спектральних приладів. Альфа- та бета- спектрометрія.
31. Дифракція світла і рентгенівського проміння: прояви і застосування.
32. Типи нейтрино, маса і нейтринні осциляції. Діючі нейтринні експерименти та флагманські проекти DUNE і Hyper-Kamiokande.
33. Побудова та застосування технологій глибокого навчання (Deep Learning) нейронних мереж в ядерній фізиці.
34. Будова атомних оболонок. Механічні та магнітні моменти. Періодична таблиця елементів.

35. Фізика детекторів елементарних частинок. Трекові системи, калориметри, мюонні та черенковські детектори.
36. Дослідження екзотичних та надважких ядер.
37. Нульові коливання вакууму. Зсув Лемба.
38. Загальна характеристика процесів взаємодії іонів і електронів з речовиною. Особливості взаємодії заряджених частинок різної маси з речовиною при низьких та високих енергіях.
39. Фізика на В-мезонних фабриках. Експеримент Belle II.
40. Основні рівняння квантової механіки: рівняння Шредінгера, Дірака, Паулі.
41. Лептони і кварки.
42. Експерименти на колайдері LHC в ЦЕРН та прискорювальні комплекси для частинок середніх енергій.
43. Методи квантового опису систем багатьох частинок: адіабатичне наближення, метод Хартрі-Фока.
44. Калібрувальні бозони і механізми взаємодій в Стандартній моделі.
45. Джерела і детектори нейтрино. Застосування часо-проекційних камер в сучасній нейтринній фізиці та для пошуку темної матерії.
46. Квазічастинки в фізиці: фонони, поляритони, екситони, плазмони, магнони.
47. Розсіяння заряджених лептонів на нуклонах з метою вивчення структури нуклона. Роль глибоко-непружних взаємодій.
48. Аналіз даних у фізиці високих енергій.
49. Фізичні принципи роботи лазерів. Характеристики лазерного випромінювання.
50. Основні засади квантової хромодинаміки. Діаграми Фейнмана.
51. Гамма- та нейтринна астрономія.
52. Фізична модель Всесвіту. Великий вибух та еволюція Всесвіту. Утворення елементарних частинок та хімічних елементів.
53. Фізика b-кварків.

54. Колайдерні експерименти на пучках важких іонів. Пошуки кварк-глюонної плазми.
55. Елементарні частинки. Частинки та античастинки. Сильна взаємодія та структура адронів.
56. Поняття комбінованої парності та СРТ-теорема. Вимірювання порушень CP-парності.
57. Ядерні процеси у зірках і походження різних елементів.
58. Кварки та глюони, їх основні характеристики. Кваркова структура баріонів та мезонів.
59. Реліктове випромінювання (СМВ). Детектування гравітаційних хвиль.
60. Алгоритми навчання нейронних мереж та методи покращення їх ефективності.
61. Закони збереження та їх зв'язок з фундаментальними властивостями простору і часу.
62. Фізика с-кварків.
63. Продукування енергії Сонця. Механізми утворення елементів до і після залізного максимуму.
64. Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Сили інерції. Динаміка системи матеріальних точок.
65. Дозірковий нуклеосинтез.
66. Поперечні перерізи та основні механізми перебігу ядерних реакцій.

Затверджено на засіданні науково-методичної комісії фізичного факультету,

протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2022 р.

## **Питання, винесені на комплексний іспит магістрів**

### **ОНП «Медична фізика»**

#### **Загальна частина**

1. Методи аналітичного опису механічних систем. Порівняльний аналіз механіки Ньютона, Лагранжа, Гамільтона.
2. Закони збереження та їх зв'язок з фундаментальними властивостями простору і часу.
3. Динаміка поступального і обертального руху твердого тіла.
4. Явища переносу (дифузія, в'язкість, теплопровідність).
5. Основні положення фізики фазових переходів.
6. Функції розподілу Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна.
7. Основні закони термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги.
8. Нерівноважні процеси в системі багатьох частинок. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана.
9. Електромагнітна взаємодія. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки.
10. Електромагнітні хвилі. Хвильове рівняння. Плоскі та сферичні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Стоячі хвилі.
11. Взаємодія світла з речовиною: поглинання, пружне та непружне розсіювання, люмінесценція.
12. Дифракція світла і рентгенівського проміння: прояви і застосування.
13. Будова атомних оболонок. Механічні та магнітні моменти. Періодична таблиця елементів.
14. Нульові коливання вакууму. Зсув Лемба.
15. Основні рівняння квантової механіки: рівняння Шредінгера, Дірака, Паулі.
16. Методи квантового опису систем багатьох частинок: адіабатичне наближення, метод Хартрі-Фока.
17. Фізичні принципи роботи лазерів. Характеристики лазерного випромінювання.
18. Фізична модель Всесвіту. Великий вибух та еволюція Всесвіту. Утворення елементарних частинок та хімічних елементів.
19. Елементарні частинки. Частинки та античастинки. Сильна взаємодія та структура адронів.
20. Кварки та глюони, їх основні характеристики. Кваркова структура баріонів та мезонів.

#### **Спеціальна частина**

1. Одержання рівняння стану методом статистичних сум.
2. Другий віріальний коефіцієнт для різних моделей потенціалу взаємодії.
3. Фізичні принципи цілеспрямованої доставки ліків у тканини організму.
4. Фізичні принципи фотодинамічної терапії, фотосенсибілізатори
5. Термодинамічні властивості ідеальних та неідеальних розчинів.
6. Колігативні властивості розчинів. (Зміщення температури кипіння та температури кристалізації бінарного розчину.)
7. Класифікація речовини в рідкому стані
8. Радіальна функція розподілу. Вираз рівнянь стану через радіальну функцію розподілу.
9. Поверхня потенціальної енергії молекули. Ізомери.
10. Теорія функціоналу густини. Теорема Хоенберга-Кона. Метод Кона-Шема.
11. Властивості речовин поблизу критичної точки. Критичні індекси.
12. Модель Ізінга. Критичні індекси моделі Ізінга.
13. Молекулярне розсіювання світла на флуктуаціях густини. Формула Ейнштейна-Смолуховського. Індикатиси розсіювання.
14. Основи нерівноважної термодинаміки. Співвідношення Онзагера.

15. Дози в радіонуклідній діагностиці. Принципи розрахунку.
16. Розподіл поглиненої енергії по глибині проникнення. Крива Брегга.
17. Метод МО ЛКАО. Рівняння Рутана-Холла.
18. Теорія Ейрінга визначення кінетичних коефіцієнтів хімічних реакцій.
19. Метод конфігураційної взаємодії.
20. Термодинамічний опис хімічних реакцій. Ентальпії формування та ентальпії атомізації.
21. ІЧ-спектроскопія як метод дослідження будови молекул та міжмолекулярної взаємодії.
22. Класична теорія ван-дер-ваальсівської взаємодії. Орієнтаційна складова.
23. Класична теорія ван-дер-ваальсівської взаємодії. Індукційна складова.
24. Квантова теорія дисперсійної взаємодії.
25. Резонансна взаємодія.
26. Розсіяння нейтронів як джерело інформації про динаміку молекул.
27. Нейтронний метод діагностики онкозахворювань шляхом поділу коефіцієнта самодифузії на одностинковий та колективний внески.
28. Основи методу молекулярної динаміки.
29. Фізичні основи ультразвукової діагностики.
30. Імпульсний магнітний резонанс. Типи збуджуючих РЧ-послідовностей.
31. Контрастування в МРТ. Типи контрасту.
32. Комп'ютерна томографія як метод дослідження внутрішньої структури організму людини.
33. Метод оберненого проектування.
34. Емісійна КТ.
35. Теорія лінійного відгуку.
36. Рівняння Ланжевена. Співвідношення Ейнштейна.
37. Типи поляризації діелектриків.
38. Комплексна діелектрична проникність.
39. Поворотна ізомерія макромолекул.
40. Моделі теорії в'язкопружних властивостей полімерів.