

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Приймальної комісії

**Ректор Київського національного
університету імені Тараса Шевченка**

Володимир Бугров



ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

на здобуття ступеня вищої освіти – магістр

Освітній рівень – магістр

Галузь знань – 10 Природничі науки

Спеціальність – 104 «Фізика та астрономія»

Освітньо-наукова програма – «Квантова теорія поля»

Київ – 2024

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«УХВАЛЕНО»

Вченою радою фізичного факультету
протокол №8 від 23 січня 2024 року

Голова вченої ради фізичного факультету

Микола МАКАРЕЦЬ



ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

на здобуття ступеня вищої освіти – магістр

Освітній рівень – магістр

Галузь знань – 10 Природничі науки

Спеціальність – 104 «Фізика та астрономія»

Освітньо-наукова програма – «Квантова теорія поля»

Гарант програми

Едуард ГОРБАР

Завідувач випускової кафедри

(кафедри квантової теорії
поля та космофізики)

Станіслав ВІЛЬЧИНСЬКИЙ

Київ – 2024

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

А) Питання з курсів загальної фізики

1. Рух матеріальної точки в інерціальних та неінерціальних системах відліку. Сили інерції.
2. Рух частинки в центральному полі. Закони Кеплера.
3. Деформації та напруження в твердих тілах. Модуль Юнга, модуль зсуву, коефіцієнт Пуассона.
4. Хвилі в пружному середовищі. Поздовжні та поперечні хвилі.
5. Рівняння стану ідеального газу та газу Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса, критична точка.
6. Три начала термодинаміки.
7. Фазові переходи першого і другого роду.
8. Теплоємність твердих тіл. Моделі Айнштайна та Дебая.
9. Явища переносу в газах, рідинах і твердих тілах. Дифузія, в'язкість, теплопровідність.
10. Електропровідність речовин. Механізми електропровідності. Явище надпровідності та типи надпровідності.
11. Діелектрики та провідники в електричному полі. Механізми поляризації. піро-, п'єзо- та сегнетоелектрики.
12. Магнітні властивості речовин. Пара-, діа- та феромагнетики.
13. Інтерференція світла. Часова та просторова когерентність. Інтерферометри.
14. Дифракція світла. Наближення Френеля та Фраунгофера. Дифракційна ґратка.
15. Відбивання та заломлення світла на межі двох середовищ. Формули Френеля. Повне внутрішнє відбивання.
16. Пружне та непружне розсіяння світла. Розсіяння Релея, комбінаційне розсіяння світла.
17. Спонтанні та вимушені переходи. Лазери. Властивості лазерного випромінювання.
18. Гальмівне та характеристичне рентгенівське випромінювання. Рентгеноструктурний аналіз.
19. Періодична система елементів. Електронні конфігурації багатоелектронних атомів.
20. Сучасні уявлення про ядерні сили. Моделі атомного ядра.
21. Явище радіоактивності. Види радіоактивного розпаду. Гамма-випромінювання ядер. Ефект Месбауера.
22. Елементарні частинки: лептони, адрони, калібрувальні бозони та бозон Хіггса. Частинки та античастинки. Типи фундаментальних взаємодій та їх носії.
23. Принципи роботи прискорювачів заряджених частинок. Методи реєстрації і спектрометрії елементарних частинок і випромінювань.

24. Класифікація ядерних реакцій. Ланцюгова реакція поділу ядер. Принцип роботи ядерних реакторів. Реакція термоядерного синтезу. Керований термоядерний синтез.
25. Резонансні методи досліджень: електронний парамагнітний резонанс, ядерний магнітний резонанс.

Б) Питання з курсів теоретичної фізики

26. Динаміка системи матеріальних точок. Закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу. Теорема Нетер.
27. Гармонічний осцилятор. Вільний рух гармонічного осцилятора без тертя та з тертям. Вимушені коливання при періодичному збуренні. Резонанс. Параметричний резонанс.
28. Динаміка абсолютно твердого тіла. Тензор інерції.
29. Закони гідродинаміки. Течія ідеальної рідини. Рівняння Бернуллі.
30. Рух в'язкої рідини. Число Рейнольдса. Формула Пуазейля.
31. Основи релятивістської класичної механіки. Рівняння руху, взаємозв'язок імпульсу та енергії.
32. Основні положення спеціальної теорії відносності. Перетворення Лоренца та їх наслідки.
33. Електромагнітні хвилі. Плоскі та сферичні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль.
34. Рівняння Максвелла як узагальнення експериментальних фактів.
35. Лагранжів підхід до опису електромагнітного поля. Коваріантна форма запису рівнянь Максвелла.
36. Тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля. Густина та потік енергії. Тензор електромагнітного поля.
37. Випромінювання електромагнітних хвиль, потенціали Лієнара-Віхерта. Електричне дипольне, квадрупольне та магнітне дипольне випромінювання. Проміньове тертя.
38. Гіпотеза де-Бройля. Експериментальні свідчення хвильових властивостей мікрочастинок. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Основні постулати квантової механіки і наслідки з них. Рівняння Шредінгера, Клейна-Гордона і Дірака.
39. Квантовий гармонічний осцилятор: спектр, хвильові функції, формалізм операторів народження-знищення. Означення і властивості вакуумного стану.
40. Проходження частинок через потенціальний бар'єр. Тунельний ефект. Теорія альфа-розпаду Гамова.
41. Рівняння Шредінгера та Дірака для атома водню. Квантові числа. Нерелятивістський та релятивістський спектри атому водню, тонка і надтонка структура спектру, лембівський зсув. Спектр мюонного водню.
42. Спін. Оператори орбітального кутового моменту та спіну. Додавання кутових моментів. Спін-орбітальна взаємодія.
43. Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною. Формула

- Планка для абсолютно чорного тіла і закони теплового випромінювання.
44. Квантова теорія дисперсії світла. Порівняння класичної та квантових теорій дисперсій.
 45. Атом у зовнішньому електричному полі. Ефект Штарка.
 46. Атом у зовнішньому магнітному полі. Нормальний та аномальний ефекти Зеємана, ефект Пашена-Бака.
 47. Системи тотожних частинок: бозони і ферміони. Принцип Паулі. Обмінна взаємодія. Атом гелію, пара- та ортогелій.
 48. Мікроканонічний, канонічний та великий канонічний ансамблі. Термодинамічні потенціали, співвідношення Максвелла.
 49. Функції розподілу Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака, Бозе-Айнштейна.
 50. Явище бозе-айнштейнівської конденсації. Явище надплинності бозе- та фермі-рідин.

Питання зі спецкурсів

51. Рівняння Айнштейна гравітаційного поля і основні наслідки з них.
52. Гравітаційні хвилі, їх властивості та методи детектування.
53. Розв'язок Шварцшильда рівнянь Айнштейна. Чорні діри, горизонт подій. Відхилення світла гравітаційним полем, гравітаційні лінзи.
54. Сучасні уявлення про Всесвіт, його склад і особливості еволюції. Основні космологічні й астрофізичні спостереження, що лежать в основі цих уявлень.
55. Зв'язок груп $SO(3)$ та $SU(2)$. Спінори. Група Пуанкаре та її представлення для масивних і безмасових частинок.
56. Фейнманівський пропагатор. Гармонічний осцилятор у формалізмі континуального інтегралу.
57. Рівняння Клейна-Гордона: вільна частинка, її спін, рівняння неперервності, нерелятивістська границя, інтерпретація хвильової функції та умова нормування.
58. Рівняння Дірака: вільна частинка, лоренц-інваріантність рівняння Дірака, рівняння неперервності, спін частинки, нерелятивістська границя.
59. Рівняння Дірака для частинок з аномальним магнітним моментом.
60. Поняття перехресної інваріантності в квантовій електродинаміці.
61. Структура однопетльових розбіжностей. Контрчлени.
62. Класичні поля Янга-Мілса, лагранжіан, рівняння руху, калібрувальна інваріантність та калібрувальні поля.
63. Квантування сингулярних гамільтонових систем – загальна схема (метод Дірака-Фаддєєва).
64. Функція Гріна системи і її енергетичний спектр. Аналітичні властивості функцій Гріна, поняття квазічастинки.
65. Симетрії у функціональному формалізмі та квантові рівняння руху для функцій Гріна.
66. Теорема Віка для скалярних і ферміонних полів. Правила Фейнмана в

квантовій теорії поля.

67. Природа квантовомеханічної імовірності в інтерпретаціях Айнштейна та Бора. Нерівності Белла. Експеримент Аспе.
68. Переріз пружного та непружного розсіяння нерелятивістської частинки в центральному полі у формалізмі матриці розсіяння. Аналітичні властивості матриці розсіяння в площині комплексних моментів на прикладі задачі про розсіяння нерелятивістської частинки в центральному полі.
69. Фізичний зміст полюсів та нулів матриці розсіяння в площині комплексних моментів. Залежність фази розсіяння нерелятивістської частинки в центральному полі потенціала скінченного радіусу дії від хвильового вектора при малих енергіях.
70. H-теорема Больцмана. Властивості рівноважних розподілів.
71. Кінетичне рівняння Больцмана. Інтеграл зіткнень, наближення часу релаксації та Чепмена-Енскога. Формула Друде.
72. Рівняння Фоккера-Планка. Задача про броунівський рух.
73. Електрон в полі періодичного потенціалу кристалічної ґратки. Теорема Блоха. Фононна теплоємність твердих тіл в моделі Дебая.
74. Поздовжні електромагнітні хвилі у плазмі. Флуктуаційно-дисипативна теорема.
75. Функція розподілу Ліувілля. Ланцюжок рівнянь Боголюбова-Борна-Гріна-Кірквуда-Івона.