

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Приймальної комісії  
Ректор Харківського національного  
університету імені В. Н. Каразіна

---

В. С. Бакіров

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р.

ПРОГРАМА  
фахових випробувань для вступу до аспірантуру  
фізичного факультету  
з галузі 10 Природничі науки  
зі спеціальності 104 Фізика та астрономія

Програма  
затверджена на засіданні  
Вченої ради фізичного факультету

Протокол № 3 від 17.02.2017

Харків – 2017

## Геліофізика і фізика Сонячної системи

1. Предмет і задачі астрономії. Основні етапи її розвитку. Основні розділи астрономії. Уявлення про сучасну астрономічну картину світу.
2. Основи сферичної астрономії. Небесна сфера. Основні формули сферичної тригонометрії. Астрономічні системи координат та зв'язок між ними. Видимий рух Сонця та світил. Системи відліку часу. Редукції астрономічних координат - рефракція, аберація світла, прецесія та нутація. Середні та видимі місця зірок.
3. Основні задачі практичної астрономії. Визначення координат небесних тіл. Визначення географічних координат та часу. Зоряні карти та каталоги. Система астрономічних сталих.
4. Рух та форма Землі, Місяця та планет. Задача двох тіл Закони Кеплера. Збурений рух. Рух штучних небесних тіл. Задача трьох тіл. Стійкість руху в небесній механіці.
5. Основи астрофізики. Астрономічні інструменти для різних діапазонів спектру та їх характеристики. Приймачі випромінювання та їх характеристики. Астрофізичні прилади. Основи астрофотометрії та поляриметрії. Основні методи визначення мас, розмірів та температур небесних тіл.
6. Сонце та його характеристики. Внутрішня будова та джерела енергії. Фотосфера, формування неперервного спектру Сонця. Хромосфера та формування лінійчатого спектра Сонця. Корона та магнітне поле Сонця. Основні прояви сонячної активності. Сонячно - планетні зв'язки.
7. Сонячна система. Планети земної групи, планети-гіганти та планети-карлики. Місяць, його характеристики, будова та поверхня. Супутники планет. Малі тіла Сонячної системи. Походження та еволюція Сонячної системи.
8. Зірки та їх характеристики. Класифікація зірок. Будова, джерела енергії та еволюція зірок різної маси. Кінцеві стадії еволюції. Неперервний та лінійчатий спектри зірок. Змінні зірки та їх класифікація. Подвійні та кратні системи різних типів. Походження зірок. Субзірки, їх будова та джерела енергії.
9. Наша Галактика. Зоряні скупчення: шарові, розсіяні, зоряні асоціації. Міжзоряне середовище. Газові та пилові туманності. Спіральна структура Галактики. Обертання Галактики. Еволюція Галактики.
10. Методи визначення відстаней до галактик. Квазари. Скупчення галактик. Основи космології. Еволюція Всесвіту. Однокомпонентні та двохкомпонентні космологічні моделі. Фізичний вакуум і темна матерія. Гарячий Всесвіт та його фізична еволюція. Рання Всесвіт. Множинність всесвітів. Антропний принцип.

### Література:

1. Климішин І.А., Андрієвський С.М. Курс загальної астрономії. Київ: Наукова думка, 2008.
2. Кононович С.М., Мороз В.С. Общий курс астрономии. М.: Физматлит, 2006.
3. Александров Ю.В. Небесна механіка. Харків: Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, 2004.
4. Ковалевский Ж. Современная астрометрия. Фрязино, 2004.
5. Жаров В.Е. Сферическая астрономия. М.: Физматгиз. Фрязино, 2006.
6. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. Фрязино, 2006.
7. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики. М., 1987.
8. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики. М., 1988.
9. Александров Ю.В. Фізика планет. К., 1996.
10. Воронцов-Вельяминов Б.А. Внегалактическая астрономия. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1978.

11. Куликовский П.Г. Звездная астрономия. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1985.
12. Александров Ю. В. Астрофізика. Х.: ХНУ, 2014.

### **Фізика низьких температур**

1. Кінетичні та рівноважні властивості металів та сплавів при низьких температурах:
  - 1.1. Електропровідність;
  - 1.2. Теплопровідність;
  - 1.3. Транспортні та квантові явища у класичних і квантових магнітних полях.
2. Низькотемпературні фазові переходи, включаючи надпровідність і надплинність:
  - 2.1. Основні фізичні явища, що спостерігаються у надпровідниках;
  - 2.2. Надпровідність II-го роду;
  - 2.3. Макроскопічні і мікроскопічні теорії надпровідності (БКШ і ГЛ);
  - 2.4. Високотемпературні надпровідники (ВТНП);
  - 2.5. Флуктуаційні явища у надпровідниках;
  - 2.6. Експериментальні явища, що доводять надплинність у рідкому He-II;
  - 2.7. Теорія Ландау щодо надплинності He-II.
3. Низькотемпературні квантові ефекти в напівпровідниках та діелектриках:
  - 3.1. Квантовий ефект Холла.
4. Низькотемпературний магнетизм:
  - 4.1. Феро-, фері- і антиферомагнітне впорядкування;
  - 4.2. Антиферомагнетизм і надпровідність у ВТНП-купратах.
5. Властивості неупорядкованих систем при низьких температурах:
  - 5.1 Перехід метал-ізолятор;
  - 5.2. Андерсонівська локалізація.
6. Фізичні засади, методи одержання та вимірювання низьких і наднизьких температур:
  - 6.1. Фізичні принципи отримання низьких температур;
  - 6.2. Низькотемпературна термометрія;
  - 6.3. Криостати для низькотемпературних досліджень.

#### Література:

1. Орлова М.П. Низькотемпературна термометрія. - М.: Изд-во стандартов, 1975. - 160 с.
2. Криогенная техника. Под ред. Б.И.Веркина. - К.: Наук. думка, 1985.
3. Б.И. Шкловский, А.Л. Зфрос. Электронные свойства легированных полупроводников. - М.: Наука, 1979.
4. В.О. Шкловський, В.І. Білецький. Локалізація і мезоскопічні ефекти у металах при низьких температурах. - Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012.
5. Н.Б. Брандт, С.М. Чудинов. Экспериментальные методы исследования энергетических спектров электронов и фононов в металлах. - М: Из - во МГУ, 1983.
6. Д.Р. Тилли, Дж. Тилли. Сверхтекучесть и сверхпроводимость. - М.: Мир, 1977.

### **Теоретична фізика**

#### I. Класична механіка

1. Принцип стаціонарності дії.
2. Функція Лагранжа. Рівняння Лагранжа.
3. Симетрія простору-часу і закони збереження імпульсу, моменту імпульсу та енергії.
4. Одновимірний рух.

5. Задача двох тіл. Рух частинки у кулонівському полі.
6. Розсіяння частинок. Формула Резерфорда.
7. Малі коливання системи з багатьма ступенями свободи. Згасаючі коливання.
8. Вимушені коливання. Резонанс.
9. Рівняння руху твердого тіла.
10. Рух в неінерційних системах відліку.
11. Функція Гамільтона. Рівняння Гамільтона. Канонічні перетворення. Рівняння Гамільтона-Якобі.

## II. Електродинаміка

1. Принцип відносності. Перетворення Лоренца.
2. Принцип найменшої дії в теорії відносності.
3. Імпульс і енергія в релятивістській механіці.
4. Рух заряду в електромагнітному полі.
5. Тензор електромагнітного поля. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі.
6. Випромінювання електромагнітних хвиль.
7. Рівняння Максвелла у конденсованих середовищах.
8. Електромагнітні хвилі у діелектриках та металах. Тензор діелектричної проникливості.

## III. Квантова механіка

1. Принцип невизначеності. Хвильова функція. Рівняння Шредінгера.
2. Оператори фізичних величин. Матриці. Оператори імпульсу та моменту імпульсу.
3. Лінійний гармонічний осцилятор. Електрон у магнітному полі.
4. Атом водню.
5. Теорія збурень.
6. Квазікласичне наближення.
7. Спін. Тотожність частинок.
8. Розсіяння частинок. Борнівське наближення. Резонанси.

## IV. Статистична фізика і термодинаміка

1. Функція розподілу. Мікроканонічний розподіл.
2. Ентропія. Закон зростання ентропії.
3. Термодинамічні потенціали та нерівності. Начала термодинаміки.
4. Розподіл Гіббса. Великий канонічний розподіл. Розподіл Максвелла-Больцмана.
5. Розподіл Фермі-Дірака. Теплоємність виродженого електронного газу.
6. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Бозе-ейнштейнівська конденсація.
7. Флуктуації і кореляції. Броунівський рух. Флуктуаційно-дисипативна теорема. Формула Кубо.
8. Фазові перетворення першого та другого роду. Теорія Ландау. Флуктуації параметра порядку.
9. Рівняння Больцмана. Електропровідність і теплопровідність металів.

## Література:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика.- М.: Наука, 1988.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля.- М. : Наука, 1988.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошньїх сред,- М.: Наука, 1992.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика - М.: Наука, 1989.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика - М. : Наука, 1976.
6. Ермолаев О.М., Рашба Г.І. Вступ до статистичної фізики та термодинаміки. - Х.: ХНУ, 2004.
7. Ермолаев А.М., Рашба Г.И. Лекции по квантовой статистике и кинетике. - Х.: ХНУ, 2012.

## Фізика твердого тіла

1. Структура твердих тіл.
2. Особливості структури та фізичних властивостей іонних, ковалентних, металічних молекулярних кристалів.
3. Кристалографічні системи, ґратки Браве, точкові та просторові групи симетрії.
4. Дефекти кристалічної структури.
5. Класифікація дефектів.
6. Точкові дефекти.
7. Термодинаміка точкових дефектів.
8. Типи дислокацій.
9. Рух та розмноження дислокацій.
10. Механічні властивості твердих тіл.
11. Закон Гука для ізотропних і анізотропних тіл.
12. Пластична деформація та деформаційне зміцнення моно- та полікристалів.
13. Дифузія та фазові перетворення у твердих тілах, рівняння дифузії.
14. Механізми дифузії.
15. Дифузія в іонних кристалах.
16. Експериментальні методи вимірювання коефіцієнтів дифузії. Фазові перетворення, їх класифікація.
17. Енергетичний спектр кристалів.
18. Опис енергетичних станів кристалу за допомогою газу квазічастинок.
19. Електрони в металі.
20. Опір кристалічної ґратки та розсіяння на домішках.
21. Термоелектричні та гальваномагнітні явища.
22. Термомагнітні явища.
23. Оптичні властивості твердих тіл.
24. Діа- та парамагнетизм твердих тіл. Антиферомагнетизм і феримагнетизм.
25. Магнітний резонанс.
26. Ферити.
27. Рентгенографія. Просвічувальна електронна мікроскопія, електроннографія.
28. Ефект Мессбауера. ЕПР, ЯМР.

### Література:

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Мир, 1980.
2. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М: Мир, 1988.
3. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982.
4. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургиздат, 1990.
5. Лейман К. Взаимодействие излучения с твердым телом и образование элементарных дефектов. М.: Атомиздат, 1979.

## Магнетизм

1. Момент імпульсу елементарної частинки та його квантово-механічні властивості.
2. Орбітальне та магнітне орбітальне квантові числа. Просторове квантування моменту.
3. Момент системи незалежних частинок. Правила складання моментів.
4. Орбітальний та спіновий рух електрона. Магнетон Бора. Зв'язок механічного та магнітного моментів. Гіромагнітне відношення для орбітального та спінового руху електрона Гіромагнітні досліді.
5. Електронна конфігурація та енергетичні стани атомів; терми, мультиплетність. Правило

Хунда.

6. Розщеплення енергетичних рівнів атомів в магнітному полі,  $g$ -фактор. Ефект Зеемана.
7. Атом в електричному полі. Ефект Штарка
8. Атоми та іони з незаповненими електронними оболонками.  $3d-4d$ ,  $4f$ ,  $5f$ -перехідні елементи.
9. Орієнтаційний парамагнетизм локалізованих магнітних моментів. Намагнічування системи невзаємодіючих та системи взаємодіючих між собою магнітних моментів. Закони Кюрі, Кюрі-Вейса.
10. Заморожування орбітального моменту в кристалічному полі. Особливості кривих намагнічування парамагнітних сполук при низьких температурах.
11. Парамагнетизм електронів провідності в металах: парамагнетизм Паулі.
12. Магнітокалоричний ефект, адіабатичне розмагнічування парамагнетиків. Одержання низьких та наднизьких температур.
13. Діамагнітні властивості атомів та молекул. Закон Паскаля.
14. Діамагнетизм електронів провідності: діамагнетизм Ландау.
15. Електронний парамагнітний резонанс. Ядерний магнітний резонанс. Спін-граткова та спін-спінова релаксація. Ширина резонансної лінії.
16. Взаємодії, що відповідають за магнітне впорядкування. Пряма та непряма обмінна взаємодія в діелектриках та металах. Ефективні поля. Магнітна анізотропія. Механізми її виникнення.
17. Феромагнетики. Температурна залежність спонтанної намагніченості. Температура Кюрі.
18. Антиферомагнетики. Намагніченості підграток, залежність від температури, температура Нееля.
19. Магнітоелектрики, їх характерні властивості.
20. Вплив магнітного впорядкування на немагнітні властивості речовини. Магнітний внесок в теплоємність.
21. Феромагнітний та антиферомагнітний резонанс. Спінові хвилі.
22. Магнітні фазові перетворення в анти- та феромагнетиках. Перекидання спінів, злам підграток, метамагнітні фазові переходи.
23. Причини виникнення доменів в феромагнітних зразках. Доменні стінки та доменні структури.
24. Взаємодія доменних стінок з дефектами. Коерцитивність стінок. Рух доменної стінки, максимальна швидкість.
25. Магнітострикція в феромагнетиках. Механізми її виникнення.
26. Проникнення магнітного поля в надпровідник. Глибина проникнення, критичні поля. Ефект Мейснера.
27. Надпровідники I та II роду в магнітному полі. Вихори Абрикосова. Проміжний та змішаний стани.

Література:

1. Боровик Е.С., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. Изд. Харьк. ун-та, 1966.
2. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений. Изд. Моск. ун-та, 1976.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
4. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.

### Оптика, лазерна фізика

1. Електромагнітна природа світла. Рівняння Максвелла та їх зміст.
2. Енергія та потік енергії електромагнітного поля.

3. Хвильове рівняння і його найпростіші рішення в лінійних прозорих та непрозорих середовищах.
4. Поперечність електромагнітних хвиль, їх поляризація.
5. Закони відбиття та заломлення світла на границі між двома прозорими ізотропними середовищами. Формули Френеля.
6. Інтерференція світла як наслідок суперпозиції полів хвиль.
7. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Теорія дифракційних явищ Кірхгофа. Зони Френеля.
8. Основні засади геометричної оптики. Промінь, ейконал, хвильова поверхня. Гомоцентричний пучок.
9. Заломлення променів сферичними поверхнями. Тонка і товста лінзи.
10. Аберации оптичних систем.
11. Оптичні схеми спектральних апаратів та їх основні типи.
12. Критерій роздільної здатності Релея.
13. Роздільні здатності телескопа та мікроскопа при когерентному та некогерентному освітленні. Мікроскоп фазового контрасту.
14. Фотохімічна дія світла. Фотографія на галогенідах срібла.
15. Основи голографії, її практичне застосування.
16. Тензори діелектричної сприйнятливості та проникності в анізотропному середовищі.
17. Рівняння Френеля для хвильових і енергетичних нормалей. Хвильові поверхні в кристалах.
18. Заломлення світла в одновісних кристалах. Конічна рефракція.
19. Поляризаційні прилади.
20. Тензори нелінійної діелектричної сприйнятливості. Нелінійно-оптичні ефекти та їх класифікація.
21. Нелінійне хвильове рівняння, його рішення. Когерентна та некогерентна взаємодія хвиль, умови фазового синхронізму.
22. Класична електронна теорія дисперсії. Нормальна і аномальна дисперсії показника заломлення.
23. Дисперсія рентгенівського випромінювання. Дисперсія світла в металах та іонних кристалах.
24. Пружне і непружне розсіювання світла. Розсіювання Релея та Мі.
25. Закони теплового випромінювання.
26. Фотоефект та його закони.
27. Електронні оболонки атомів і періодична система елементів.
28. Молекулярна спектроскопія. Застосування теорії груп в аналізі спектрів.
29. Зонна структура твердих тіл та їх спектроскопія.
30. Спонтанне та вимушене випромінювання. Коефіцієнти Ейнштейна.
31. Інверсна заселеність квантових станів. Три- та чотирирівневі схеми лазерної генерації.
32. Оптичні резонатори. Поріг генерації.
33. Основи лазерної спектроскопії.

#### Література:

1. Борн М., Вольф З. Основы оптики. - М.: Наука, 1970.
2. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. - М.: Мир, 1987.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики (Оптика). - М.: Наука, 1985.
4. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. - М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004.
5. Бутиков Е.И. Оптика. - СПб: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2003.