

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова Вченої ради  
Фізико-технічного інституту  
О. М. Новіков  
«22» березня 2017 р.

**ПРОГРАМА ДОДАТКОВОГО ІСПИТУ**  
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
для здобуття наукового ступеня доктор філософії

**10 ПРИРОДНИЧІ НАУКИ**  
**105 ПРИКЛАДНА ФІЗИКА ТА НАНОМАТЕРІАЛИ**

Ухвалено Вченою радою фізико-технічного інституту  
(протокол від «22» березня 2017 р. №3)

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2017

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Халатов Артем Артемович**, професор, д. т. н., академік НАН України, завідувач кафедри фізики енергетичних систем

---

(підпис)

**Воронов Сергій Олександрович**, професор, д. т. н., завідувач кафедри прикладної фізики

---

(підпис)

**Пономаренко Сергій Миколайович**, доцент, к. ф.-м. н., доцент кафедри фізики енергетичних систем

---

(підпис)

**Іванова Віта Вікторівна**, доцент, к. т. н., доцент кафедри прикладної фізики

---

(підпис)

---

## Вступ

---

Програма додаткового іспиту призначена для вступу на третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти за спеціальністю **105 Прикладна фізика та наноматеріали** спеціалізації «Фізика новітніх джерел енергії».

Програма розроблена згідно з навчальними програмами нормативних навчальних дисциплін.

Іспит здійснюється в письмовій формі. Кожне завдання містить три теоретичних питання.

Тривалість випробування – 3 години, перерви немає.

---

## I. Основний виклад

---

### Розділ I. Класична механіка

1. Задачі механіки. Опис руху: простір і геометрія. Простір механіки Ньютона. Відхилення від Евклідового простору і його наслідки. Час. Час і простір.
2. Кінематика. Задачі кінематики. Засоби опису руху: матеріальна точка, система відліку і система координат, траєкторія. Способи опису руху точки: природний, координатний, векторний. Зміщення і переміщення, швидкість точки (середня, миттєва), швидкість точки при різних способах опису руху.
3. Прискорення точки (середнє, миттєве) і зв'язок зі способом опису руху. Орієнтація прискорення відносно швидкості і траєкторії: нормальне, тангенціальне, повне прискорення, Рух по колу: вектор елементарного кутового переміщення, вектор кутової швидкості, кутове прискорення, зв'язок з лінійною швидкістю і прискоренням.
4. Кінематика руху твердого тіла. Ступені волі. Обертальний рух, вектор елементарного кутового переміщення, вектор кутової швидкості і кутового прискорення. Зв'язок із характеристиками лінійного руху. Площинний рух. Теорема про додавання швидкостей. Приклад: рух точки по ободу колеса, що рухається без ковзання. Абсолютна, переносна, відносна швидкості при площинному русі. Миттєва вісь обертання, миттєвий розподіл швидкостей. Приклади.
5. Кінематика спеціальної теорії відносності. Існуючі системи координат (декартові, циліндричні, сферичні) і їх перетворення. Інерціальні системи відліку (ІСВ). Принципи відносності Галілея. 1-ий закон Ньютона. Приклади ІСВ. Перетворення Галілея і інваріанти перетворення. Принципи класичної механіки.
6. Принципи відносності Ейнштейна. Постулати спеціальної теорії відносності (СТВ). Інтервал, складові частини інтервалу, інваріантність інтервалу. Перетворення Лоренца (виведення).
7. Наслідок перетворень Лоренца: а) відносність одночасності; б) власна довжина, довжина тіла, що рухається; в) власний час, хід годинників, що рухаються. Релятивістське перетворення швидкостей.
8. Класифікація інтервалів та їх наслідки. 4-простір Мінковського, мирового лінія точки, геометрична інтерпретація. 4-вектори Мінковського. Матриця перетворень Лоренца, геометрична інтерпретація. Динаміка матеріальної точки і систем точок

9. 1, 2, 3 закони Ньютона. Рівняння руху матеріальної точки. Основні задачі динаміки. Основні сили в механіці.
10. Імпульс точки, імпульс сили. Імпульс системи точок. Внутрішні, зовнішні сили. Рівняння руху для системи точок. Ізольована система точок. Закон збереження імпульсу. Центр мас системи точок. Теорема про рух центру мас.
11. Момент імпульсу і момент сили матеріальної точки відносно початку системи координат (відносно точки). Рівняння моментів для точки. Плече сили. Імпульс моменту сили. Закон збереження моменту імпульсу. Момент імпульсу і момент сили відносно осі. Закон збереження моменту імпульсу відносно осі.
12. Момент імпульсу системи матеріальних точок. Момент внутрішніх і зовнішніх сил. Рівняння моментів для системи точок. Імпульс моменту сили системи точок. Закон збереження моменту імпульсу системи матеріальних точок.
13. Перетворення моменту імпульсу і моменту сили системи матеріальних точок при зміні начала системи відліку. Момент імпульсу і момент сил відносно рухомого начала. Система центру мас. Власний момент імпульсу.
14. Рух тіл зі зміною масою. Рівняння Мещерського. Рівняння Ціолковського.
15. Релятивістська динаміка. Принцип визначення імпульсу в релятивістському випадку. Перетворення 4-векторів. Інваріант перетворень. 4-вектор швидкості. 4-вектор енергії-імпульсу (часові і просторові компоненти). Релятивістське рівняння руху. Квазікласичне рівняння руху.
16. Робота сили. Потужність. Кінетична енергія матеріальної точки. Приклади роботи різних сил (пружної, гравітаційної, тяжіння). Поле сил. Потенціальні сили і потенціальна енергія. Зв'язок між потенціальною силою і потенціальною енергією. Поняття градієнту. Консервативні сили. Робота консервативних сил. Критерії консервативності сили.
17. Повна механічна енергія матеріальної точки в зовнішньому полі консервативних сил. Робота зовнішніх сил. Закон збереження повної механічної енергії матеріальної точки. Неконсервативні сили.
18. Кінетична і повна енергія системи точок. Закон збереження повної механічної енергії системи не взаємодіючих матеріальних точок у зовнішньому полі консервативних сил.
19. Система взаємодіючих точок. Робота внутрішніх сил. Потенціальна енергія взаємодії системи матеріальних точок. Закон збереження енергії для системи взаємодіючих точок у зовнішньому полі сил.
20. Теорема Кьоніга. Зіткнення двох тіл. Пружне, не пружне зіткнення в лабораторній системі і в системі центру мас.
21. Одновимірний рух частки в полі консервативних сил. Потенціальний бар'єр, потенціальна яма. Межі руху, фінітний, інфінітний рух.
22. Релятивістська повна енергія і часова компонента 4-вектору енергії-імпульсу. Зв'язок повної енергії із імпульсом (інваріант). Перетворення імпульсу і енергії. Енергія спокою, кінетична енергія в релятивістському випадку. Енергія, імпульс, маса системи релятивістських часток.
23. Поле центральних сил. Гравітаційне поле. Робота гравітаційної сили. Нормування потенціальної енергії.

24. Рівняння руху матеріальної точки в полі центральних сил. Особливості руху в полі центральних сил. Секторіальна швидкість. Ефективна потенціальна енергія. Межі руху і їх визначення. Фінітний, інфінітний рух. Приклад.
25. Траєкторія руху в гравітаційному полі. Рівняння конічного розрізу. Рух по еліпсу. Закони Кеплера.
26. Задача двох тіл. Рух подвійних зірок.
27. Поле поблизу поверхні Землі. Космічні швидкості.
28. Сили інерції і закони Ньютона. Рівняння руху в неінерціальній системі відліку (НСВ). Рівняння руху в системі відліку, що рухається із прискоренням поступально.
29. Формула Пуансо. Рівняння руху в неінерціальній системі відліку, що рухається довільним чином. Швидкість і прискорення відносно НСВ. Теорема Коріоліса. Сили інерції в НСВ: відцентрова сила, сила Коріоліса, переносна сила інерції. Загальне рівняння руху в НСВ.
30. Приклади руху тіл в НСВ, які рухаються поступально і обертально.
31. Рух точці відносно Землі з урахуванням її обертання. Вага тіла. Абсолютне прискорення. Принцип еквівалентності. Енергетичні співвідношення при русі у НСВ.
32. Кількість ступенів волі твердого тіла. Системи відліку і кількість рівнянь для опису руху твердого тіла. Типи руху твердих тіл
33. Динаміка обертального руху. Момент імпульсу твердого тіла при обертальному русі. Моменти інерції. Тензор інерції. Головні осі інерції, центральні головні осі інерції.
34. Момент імпульсу і моменти інерції відносно осей. Приклади розрахунків моментів інерції симетричних твердих тіл відносно осей. Теорема Гюйгенса-Штейнера.
35. Основне рівняння динаміки обертального руху. Робота, потужність і кінетична енергія обертального руху.
36. Площинний рух твердого тіла. Особливості руху: з ковзанням і без ковзання, зв'язок між лінійної та кутової швидкостями при русі з ковзанням. Вільне скочування без ковзання циліндра з похилої площини. Кінетична енергія при площинному русі.
37. Дзиги, гіроскопи. Вільні осі обертання. Рух осей обертання. Карданний підвіс. Рух вільних і навантажених гіроскопів. Прецесія гіроскопа під дією зовнішніх сил.
38. Періодичний рух. Математичний маятник. Пружиний маятник. Рівняння руху гармонічного осцилятора. Власні коливання, частота і період коливань. Фізичний маятник.
39. Умови гармонічності коливань. Приклад: обчислювання періоду малих коливань в полі консервативних сил. Енергія гармонічного осцилятора.
40. Згасаючі власні коливання. Логарифмічний декремент згасання. Добротність коливальної системи.
41. Вимушені коливання. Явище резонансу. Амплітудно-частотна і фазово-частотна характеристики при резонансі.
42. Додавання коливань однакової частоти. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Лісажу. Модульовані коливання. Биття.

---

## Література

---

1. *Иродов И. Е.* Основные законы механики : в 5 т. Т. 1. — 10-е изд. — М. : Бинум, 2010.
2. *Киттель Ч., Найт У., Рудерман М.* Берклевский курс физики. Том 1. Механика. — М.: Наука, 1985.

3. *Матвеев А. Н.* Том 1. Механика и теория относительности. — 3-е. — «Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2003.
4. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики: Механика : в 5 т. Т. 1. — Изд. 4-е, стереотипное. — М. : Физматлит, 2005. — 559 с.
5. *Стрелков С. П.* Общий курс физики. Механика. —, 1975.

## **Розділ II. Термодинаміка і статистична фізика**

1. Ідеальний газ. Тиск ідеального газу, його зв'язок із середньоквадратичною швидкістю молекул.
2. Відхилення газів від ідеальності. Сили взаємодії між молекулами – орієнтаційні, індукційні, дисперсійні. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
3. Барометрична формула і дослід Перрена. Закон Больцмана.
4. Розподіл молекул по компонентах швидкості. Розподіл Максвелла. Найімовірніша швидкість молекул. Середня швидкість молекул.
5. Поняття функції розподілу молекул по швидкостях . Обчислення середньої швидкості і середньоквадратичної швидкості з використанням функції розподілу.
6. Поняття оборотних і необоротних процесів. Розширення ідеального газу в порожнечу.
7. Ентропія як функція стану термодинамічної системи. Ентропія при оборотних процесах в замкнутій системі.
8. Ентропія при необоротних процесах в замкнутій системі, закон зростання ентропії.
9. Внутрішня енергія ідеального газу. Кількість теплоти і його механічний еквівалент. Перший закон термодинаміки.
10. Теплоємність ідеальних газів. Закон розподілу за швидкостями. Теплоємність одно-, дво- і триатомних газів.
11. Взаємні перетворення механічної і теплової енергії при циклічному процесі. Коефіцієнт корисної дії теплової машини.
12. Другий закон термодинаміки. Цикл Карно. ККД цього циклу.
13. Холодильна машина. Перша теорема Карно (ККД необоротного циклу менше ККД циклу Карно). Друга теорема Карно (ККД машини Карно не залежить від роду робочого тіла).
14. Фізичний зміст ентропії, ентропія и ймовірність. Ентропія і безлад. Третій закон термодинаміки.
15. Осмотичний тиск, закон Вант-Гофа (роль осмосу в живих організмах і рослинах).
16. Адіабатний процес, рівняння стану.
17. Поверхневі сили, умова рівноваги на межі розділу двох середовищ, крайовий кут.
18. Явища переносу- середнє число зіткнень в одиницю часу і довжина вільного пробігу молекули. Поняття ефективного перерізу частинки.
19. Стаціонарна дифузія в газах, обчислення коефіцієнту дифузії.

---

## **Література**

---

1. *Иродов И. Е.* Основные законы. Физика макросистем. — 4-е. — Бином, 2009.
2. *Матвеев А. Н.* Том 2. Молекулярная физика. — Высшая школа, 1981.

3. Рейф Ф. Том 5. Статистическая физика. — М.: Наука, 1987.
4. Сивухин Д. В. Общий курс физики: Термодинамика и молекулярная физика : в 5 т. Т. 2. — Изд. 5-е, стереотипное. — М. : Физматлит, 2005. — 544 с.

### Розділ III. Електродинаміка

1. Заряд. Закон збереження заряду. Закон Кулона. Теорема Гауса-Остроградського. Електростатичне поле з центральною та циліндричною симетрією. Поле нескінченної зарядженої площини.
2. Електричні одиниці систем СГС та СІ. Напруженість електричного поля. Силові лінії. Особливі точки поля.
3. Потенціал електричного поля, його зв'язок з напруженістю. Рівняння Лапласа.
4. Дипольний та квадрупольний електричні моменти. Взаємодія тіл на далеких відстанях. Сили, що діють на диполь у електричному полі.
5. Дивергенція поля точкового заряду. Теорема Ірншоу. Градієнт. Ротор, формула Стокса, операції та інтегральні співвідношення з  $\text{div}$ ,  $\text{rot}$ ,  $\text{grad}$ .
6. Електростатика провідників: рівняння, граничні умови тощо. Методи розв'язання електростатичних задач. Металева куля у однорідному електричному полі.
7. Основна задача електростатики провідників і доказ того, що вона має тільки один розв'язок. Граничні умови для  $\vec{E}$ . Конденсатори. Ємність, електростатична індукція та взаємна ємність провідників. Рівняння Пуасона
8. Поляризація діелектриків: загальні уявлення про основні механізми та типи діелектриків. Полярні й неполярні діелектрики. Вільні та зв'язані заряди. Вектор поляризації та густина зв'язаних зарядів. Електрична індукція, її зв'язок з напруженістю електричного поля. Граничні умови для  $\vec{D}$  та його дивергенція. Діелектрична проникливість. Її залежність від температури для полярних діелектриків.
9. Сегнетоелектрики. Тензор діелектричної проникливості у кристалах. Енергія електростатичного поля, її густина. Пондеромоторні сили у електростатичному полі.
10. Джерела ЕРС. Закон Ома у інтегральному та диференціальному виді. Закони Кірхгофа. Граничні умови для густини струму. Контактна ЕРС. Термоелектричні ефекти. Закон Джоуля-Ленца. Електрорушійна сила та закон Ома для лінійних кіл.
11. Магнітне поле постійного струму. Вектори  $\vec{B}$  і  $\vec{H}$ , зв'язок між ними. Закон Біо-Савара-Лапласа. Сили, що діють на елементи струму в магнітному полі. Сила Лоренца. Сила Ампера. Магнітний момент струму або системи зарядів, що рухаються.
12. Магнітні одиниці систем СГС та СІ. Густина енергії магнітного поля. Само- і взаємоіндукція. Магнітний потік. Сили, що діють на контур зі струмом у магнітному полі.
13. Рух зарядженої частинки в однорідному магнітному полі. Векторний потенціал магнітного поля. Калібровочна інваріантність. Магнітне поле стаціонарної системи струмів на великих відстанях.
14. Магнітна проникливість. Діа-, пара- та феромагнетика. Залежність  $\mu$  від температури. Постійні магніти. Дивергенції полів  $\vec{B}$  і  $\vec{H}$ , їх граничні умови. Джерела та вихрі полів  $\vec{E}$ ,  $\vec{D}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$ .

15. Закон електромагнітної індукції Фарадея. Індукційний струм, правило Ленца. Струм зміщення. Рівняння Максвела в інтегральному та диференціальному виді для систем СГС та СІ. Виведення закону збереження заряду з рівнянь Максвела.
16. Квазістаціонарний струм. Глибина проникнення змінного магнітного поля у речовину. Скін-ефект. Ефект Холла.
17. Кола змінного струму. Комплексний опір. Закони Кірхгофа для змінного струму.  $RC$ -,  $RL$ - та  $LC$ -кола. Рівняння неперервності для струму. Коливання та резонанс. Лінійні та нелінійні кола. Трифазний струм. Електричні генератори, двигуни і трансформатори.
18. Поширення електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі. Змінне електромагнітне поле в резонаторах. Швидкість світла. Монохроматичні плоскі хвилі.
19. Дисперсія діелектричної проникливості. Рівняння Лоренца-Лорентца. Класична теорія діелектричної проникливості. Поширення електромагнітних хвиль у плазмі. Відбивання радіохвиль від іоносфери.
20. Електродинаміка середовищ, що рухаються. Взаємне перетворення електричного і магнітного полів. Інваріанти електромагнітного поля. Залежність між  $\vec{E}$ ,  $\vec{D}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{H}$  для середовищ, що рухаються, граничні умови для цих векторів.
21. Вектор Пойнтінга. Густина енергії електромагнітного поля. Доказ єдиності розв'язку основної задачі електромагнетизму.

---

## Література

---

1. *Джексон Д.* Классическая электродинамика. — М.: Мир, 1965.
2. *Калашиников С. Г.* Электричество. — 6-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
3. *Матвеев А. Н.* Том 3. Электричество и магнетизм. — Высшая школа, 1983.
4. *Парселл Э.* Том 2. Электричество и магнетизм. — М.: Наука, 2001.
5. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики : в 5 т. Т. 3. — 4-е изд. — М. : Физматлит, 2004.
6. *Тамм И. Е.* Основы теории электричества. — 11-е изд. — М.: Физматлит, 2003.

## Розділ IV. Оптика

1. Еволюція парадигми оптики і уявлень про природу світла. Геометрична, хвильова, квантова і нелінійна оптика. Електромагнітна природа світла. Шкала електромагнітних хвиль.
2. Оптичні явища, що доводять хвильовий характер світла. Досліди, які підтверджують квантові властивості світла. Фотоефект. Ефект Комптона. Фотони – кванти світла, їх енергія, імпульс та момент імпульсу. Принцип роботи лазера. Загальне уявлення про випромінювання Вавілова-Черенкова і люмінесценцію.
3. Принцип Ферма. Закони заломлення та відбивання світла. Параксіальне наближення. Формула тонкої лінзи. Побудова зображення у лінзах та сферичних дзеркалах
4. Центровані оптичні системи. Кардинальні точки. Кутове, поперечне та поздовжнє збільшення. Діафрагми, апертурні кути і кут поля зору. Уявлення про аберації оптичних систем.
5. Оптичні прилади: телескоп, мікроскоп, фотоапарат, тощо.



6. Основні поняття фотометрії: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість та їх одиниці. Освітленість та яскравість зображення.
7. Наближення скалярних хвиль. Плоскі і сферичні хвилі. Монохроматичні хвилі, їх частота і хвильовий вектор. Векторні електромагнітні хвилі, їх поперечність. Поляризація світла. Плоскополяризоване світло. Кругова та еліптична поляризація.
8. Методи отримання і аналізу поляризованого світла. Закон Малюса. Природне світло.
9. Заломлення та відбивання світла на границі двох однорідних середовищ. Формули Френеля. Коефіцієнти проходження та відбивання світла. Поляризація при заломленні та відбиванні. Кут Брюстера.
10. Двохпроменева інтерференція. Просторова та часова когерентність світла. Вплив когерентності на видність інтерференційних смуг. Зв'язок між тривалістю цугу та шириною спектра.
11. Лазери як джерело когерентного світла. Інтерферометр Релея. Зоряний інтерферометр Майкельсона.
12. Інтерференція при відбиванні світла. Смуги рівного нахилу і рівної товщини, їх локалізація. Багатоприменева інтерференція. Пластина Льюмера-Герке. Інтерферометр Фабрі-Перо.
13. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Дифракція Френеля та Фраунгофера. Дифракція Фраунгофера на щілині та круглому отворі. Дифракція Френеля на щілині і краю екрана. Спіраль Корню.
14. Дифракційна ґратка. Дисперсія, дисперсійна область і роздільна здатність дифракційної ґратки та інших спектральних приборів. Критерій роздільності Релея. Границі застосування геометричної оптики. Роздільна здатність мікроскопа і телескопа.
15. Хвильове поле як суперпозиція плоских хвиль. Уявлення про звичайну та об'ємну голографію
16. Подвійне променезаломлення. Формули Френеля для розповсюдження хвиль у кристалах. Штучна анізотропія. Явище Керра.
17. Дисперсія світла. Нормальна та аномальна дисперсія світла. Хроматична аберация. Фазова та групова швидкість хвиль. Класична теорія дисперсії. Формула Лорентца-Лоренца. Діелектрична проникність плазми. Відбивання радіохвиль від іоносфери.
18. Вплив магнітного поля на світло. Явище Фарадея. Ефект Зеемана. Дифракція рентгенівських хвиль. Умови Бреґґа-Вульфа. Загальне уявлення про рентгеноструктурний аналіз.
19. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Релеївське розсіювання. Поляризація світла, що було розсіяне. Залежність інтенсивності розсіювання від частоти. Природні явища, зумовлені релеївським та нерелеївським розсіюванням світла.

---

## Література

---

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. — М.: Наука, 1968.
2. Иродов И. Е. Основные законы. Волновые процессы. — 5-е изд. — Бинум, 2010.
3. Крауфорд Ф. Том 3. Волны. — 3-е. — М.: Наука, 1984.
4. Матвеев А. Н. Том 4. Оптика. — Высшая школа, 1985.
5. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 4. — 3-е изд. — М. : Физматлит, 2005.

## Розділ V. Атомна фізика та фізика атомного ядра

1. Теплове випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Рівняння Кірхгофа. Формула Планка для випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла. Гіпотеза Планка для теплового випромінювання.
2. Корпускулярна природа світла. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Червона границя фотоефекту. Гальмівне рентгенівське випромінювання.
3. Корпускулярна природа світла. Ефект Комптона. Досліди та отримання рівняння.
4. Ядерна модель атому (атом Резерфорда). Досліди Резерфорда. Переріз розсіяння.
5. Спектр атома водню. Спектральні серії. Узагальнена формула Бальмера. Постулати Бора.
6. Теорія Бора для атома водню.
7. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля. Досліди для підтвердження хвильових властивостей елементарних частинок. Статистична інтерпретація хвилі де Бройля.
8. Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга (координата-імпульс, енергія-час). Їх експериментальне підтвердження.
9. Стаціонарне та часове рівняння Шрьодінгера.
10. Наслідки з розв'язків рівняння Шрьодінгера для атома водню. Квантування моменту імпульсу. Орбітальне та магнітне квантові числа. Виродження енергетичних рівнів атома.
11. Магнетизм атомів. Експериментальне визначення магнітного та орбітального моментів атому.
12. Спін електрона. Досліди Штерна-Герлаха. Магніто-механічні ефекти.
13. Принцип тотожності однакових частинок. Принцип Паулі.
14. Спін-орбітальна взаємодія. Тонка структура спектральних термів.
15. Рассел-саундерівський зв'язок. Правила Хунда. Періодична система хімічних елементів.
16. Склад атомних ядер, стабільні та нестабільні атомні ядра. Ізотопи, ізобари та ізотони. Діаграма Сегре.
17. Радіус атомного ядра та експерименти по дослідженню радіуса атомного ядра.
18. Енергія зв'язку атомного ядра, дефект маси ядра, надлишок (декримент) маси ядра.
19. Спін атомних ядер. Ядерний магнетон. Магнітні моменти атомних ядер в залежності від кількості нуклонів в ядрі, гіпотеза Шмідта.
20. Закон радіоактивного розпаду. Стала радіоактивного розпаду. Види радіоактивного розпаду, закони збереження при радіоактивному розпаді.
21. Середня тривалість життя радіоактивного ядра. Період напіврозпаду.
22. Альфа-розпад та умови його протікання як наслідок законів збереження енергії та імпульсу.
23. Бета-розпад, види бета-розпаду. Застосування формули Вейцеккера для пояснення ліній стабільності.
24. Гамма-розпад та внутрішня конверсія електронів, особливості переходу атомного ядра із збудженого стану в основний.
25. Види ядерних реакцій, їх характеристики: ефективний переріз реакції, густина потоку, ймовірність реакції, вихід реакції.
26. Енергія ядерної реакції, екзотермічна та ендотермічна реакція.

27. Ядерна реакція з утворенням складеного ядра. Енергетичний поріг реакції, схема реакції.
28. Термоядерні реакції, проблема керованого термоядерного синтезу.

---

## Література

---

1. Вихман Э. Том 4. Квантовая физика. — М.: Наука, 2000.
2. Давыдов А. С. Квантовая механика. — М.: ГИФМЛ, 1973.
3. Давыдов А. С. Теория атомного ядра. — М.: ГИФМЛ, 1958.
4. Матвеев А. Н. Том 5. Атомная физика. — Высшая школа, 1989.
5. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 5. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2002.
6. Фраунфельдер Г., Хенли Э. Субатомная физика. — М.: Мир, 1979.
7. Широков Ю. М., Юдин Н. П. Ядерная физика. — 2-е, переработ. — М.: Наука, 1980.

### Приклад типового завдання

1. Радіус атомного ядра та експерименти по дослідженню радіуса атомного ядра.
2. Магнітний потік. Коефіцієнти самоіндукції і взаємоіндукції. Індуктивність тороїдальної котушки.
3. Реактивний рух. Формула Мещерського залежності швидкості ракети від маси.

---

## II. Прикінцеві положення

---

### Використання допоміжного матеріалу

Під час відповідей на теоретичні питання користуватися додатковою літературою забороняється. Для розв'язання задачі дозволяється користуватися калькулятором.

### Критерії оцінювання

Критерії оцінювання комплексного фахового випробування для вступу на навчання за освітньо-науковою програмою підготовки доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Відповідь на кожне теоретичне питання оцінюється за бальною шкалою за таким порядком:

- 32 ... 34 – правильна, вичерпна відповідь, обсяг виконання 95-100%;
- 29 ... 31 – повна відповідь (містить не менше 85% потрібної інформації);
- 26 ... 28 – достатньо повна відповідь (містить не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності);
- 22 ... 25 – достатня відповідь (містить не менше 65 потрібної інформації або значні неточності);
- 20 ... 21 – неповна, але задовільна відповідь (містить не менше 60% потрібної інформації або окремі помилки);
- 0 – незадовільна відповідь.

Кінцева кількість балів — сума балів, отриманих за відповіді на кожне з трьох вищезазначених питань. Максимальна кількість балів — 100.

Результати додаткового іспиту **зараховані**, якщо вступник набрав  $\geq 60$  балів і вважається допущеним до вступного іспиту.

Результати додаткового іспиту **не зараховані**, якщо вступник набрав  $< 60$  балів. В такому випадку він не допускається до вступного іспиту.