

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої
програми

 Сергій РЕШЕТНЯК

« 22 » « лютого » 2021 р.

ПОГОДЖЕНО:

Проректор з навчальної роботи
Анатолій МІДІНИЧЕНКО

« 22 » « лютого » 2021 р.



ПРОГРАМА

ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ІСПИТУ

для здобуття наукового ступеня
за спеціальністю 104 Фізика та астрономія

Програму рекомендовано вченою радою фізико-математичного факультету.

Київ – 2021

ЗМІСТ

I.	ВСТУП.....	3
II.	ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБУВАННЯ.....	4
III.	РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ.....	10
IV.	ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА.....	11
V.	НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ.....	12

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 104 «Фізика та астрономія» проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра¹.

Освітня програма «Фізика та астрономія» відповідає місії та стратегії КПІ ім. Ігоря Сікорського, за якою стратегічним пріоритетом університету є фундаменталізація підготовки фахівців. В наш час вища школа повинна вирішувати задачу підсилення фундаментального характеру освіти науковців. Фізика знаходиться в першому ряді фундаментальних дисциплін разом з математикою, хімією та ін. Разом з фундаментальністю освіти для спеціаліста важливе значення має вміння ефективно використовувати результати фізичних досліджень для прискорення науково-технічного прогресу.

Дисципліни, зміст яких входить до програми екзамену, належать до циклу дисциплін загальної. Це такі дисципліни, як «Загальна фізика. Механіка», «Загальна фізика. Молекулярна фізика», «Загальна фізика. Електрика та магнетизм», «Загальна фізика. Оптика», «Загальна фізика. Фізика атома», «Фізика ядра та елементарних частинок». Метою проведення даного екзамену є перевірка навичок та вмінь вступників щодо визначення фізичних характеристик процесів, знання основних принципів і законів фізики та їх математичного вигляду, методів спостереження і експериментального дослідження основних фізичних явищ; наявність уявлення про межі застосування фізичних моделей і теорій.

Вступники повинні з повним розумінням знати фундаментальні закони фізики і методи їх досліджень, вміти застосовувати ці знання при розгляді окремих явищ, поєднувати їх фізичну суть з аналітичними співвідношеннями, вміти поєднувати макроскопічні явища з їх мікроскопічним механізмом; вміти використовувати знання з курсів загальної фізики при вивченні інших дисциплін за фахом.

Вступне випробування відбувається у вигляді усного екзамену. Кожен з вступників отримує білет, в якому міститься три теоретичних питання з фізики. На підготовку відповіді відводиться 90 хв. часу.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Фізика та астрономія» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

¹ Відповідно до п.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

1. Механіка.

- 1.1 Імпульси матеріальної точки та механічної системи. Центр мас механічної системи. Особливості руху центру мас замкненої механічної системи. Закон збереження імпульсу.
- 1.2 Реактивний рух. Формула Мещерського залежності швидкості ракети від маси.
- 1.3 Прискорений рух по кривій траєкторії. Тангенціальне та нормальне прискорення. Вектор повороту, вектор кутової швидкості. Рівномірний рух по колу (період та частота обертання, доцентрове прискорення).
- 1.4 Сила та її вплив на матеріальні тіла. Другий та третій закони Н'ютона. Незамкнена система. Розмірності фізичних величин.
- 1.5 Потенціальна енергія матеріальної точки. Робота потенціальних сил при переміщенні матеріальної точки. Зв'язок між силою, що діє на частинку, та її потенціальною енергією.
- 1.6 Кінетична енергія матеріальної точки. Закон збереження енергії замкненої механічної системи. Потужність.
- 1.7 Границі руху. Фінітний та інфінітний рухи. Потенціальна яма, потенціальний бар'єр. Точки розвороту, точки спокою. Стійка та нестійка рівновага.
- 1.8 Момент імпульсу матеріальної точки та механічної системи. Закон збереження моменту імпульсу. Момент сили. Плече імпульсу, плече сили.
- 1.9 Закони збереження імпульсу та моменту імпульсу замкненої системи, як прояви однорідності та ізоtropії простору.
- 1.10 Властивості гравітаційного поля. Сила гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок. Вектор напруженості гравітаційного поля. Потенціал гравітаційного поля. Напруженість гравітаційного поля біля поверхні Землі.
- 1.11 Рівняння руху твердого тіла. Правила важелів Архімеда.
- 1.12 Рух в неінерційній системі. Доцентрова сила, сила Коріоліса.
- 1.13 Елементи механіки рідин. Рівняння Ейлера.
- 1.14 Гідростатика. Закони Архімеда та Паскаля. Принцип дії гідравлічного пресу.

2. Молекулярна фізика.

- 2.1 Ідеальний газ. Тиск ідеального газу, його зв'язок із середньоквадратичною швидкістю молекул.
- 2.2 Відхилення газів від ідеальності. Сили взаємодії між молекулами – орієнтаційні, індукційні, дисперсійні. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
- 2.3 Барометрична формула і дослід Перрена. Закон Больцмана.
- 2.4 Розподіл молекул по компонентах швидкості. Розподіл Максвелла. Найімовірніша швидкість молекул. Середня швидкість молекул.
- 2.5 Поняття функції розподілу молекул по швидкостях $f(v)$. Обчислення середньої швидкості і середньоквадратичної швидкості з використанням функції розподілу $f(v)$.
- 2.6 Поняття оборотних і необоротних процесів. Розширення ідеального газу в порожнечу.
- 2.7 Ентропія як функція стану термодинамічної системи. Ентропія при оборотних процесах в замкнутій системі.
- 2.8 Ентропія при необоротних процесах в замкнутій системі, закон зростання ентропії.
- 2.9 Внутрішня енергія ідеального газу. Кількість теплоти і його механічний еквівалент. Перший закон термодинаміки.
- 2.10 Теплоємність ідеальних газів (c_v , c_p). Закон рівнорозподілу. Теплоємність одно-, дво- і триатомних газів.
- 2.11 Взаємні перетворення механічної і теплової енергії при циклічному процесі. Коефіцієнт корисної дії теплової машини.
- 2.12 Другий закон термодинаміки. Цикл Карно. ККД цього циклу.
- 2.13 Холодильна машина. Перша теорема Карно (ККД необоротного циклу менше ККД циклу Карно). Друга теорема Карно (ККД машини Карно не залежить від роду робочого тіла).
- 2.14 Фізичний зміст ентропії, ентропія и ймовірність. Ентропія і безлад. Третій закон термодинаміки.
- 2.15 Осмотичний тиск, закон Вант-Гофа (роль осмосу в живих організмах і рослинах).
- 2.16 Адіабатний процес, рівняння стану.
- 2.17 Рідини – поверхневі сили, умова рівноваги на межі розділу двох середовищ, крайовий кут.
- 2.18 Явища переносу- середнє число зіткнень в одиницю часу і довжина вільного пробігу молекули. Поняття ефективного перерізу частинки.

2.19 Стаціонарна дифузія в газах, обчислення коефіцієнту дифузії.

3. Електрика та магнетизм.

- 3.1 Принцип суперпозиції для електричного поля.
- 3.2 Потенціал, напруженість електричного поля, одиниці вимірювання напруженості електричного поля.
- 3.3 Теорема Гауса для електричного поля в вакуумі (інтегральна і диференціальна форми).
- 3.4 Потенціал і різниця потенціалів. Потенціальний характер електричного поля.
- 3.5 Зв'язок потенціалу електричного поля φ з напруженістю електричного поля $\vec{E}$.
- 3.6 Закон Кулона.
- 3.7 Провідники в електричному полі. Ємність провідника. Граничні умови на поверхні провідника.
- 3.8 Електрорушійна сила (ЕРС). Одиниці вимірювання ЕРС.
- 3.9 Постійний струм. Сила і густина струму. Закон збереження заряду і рівняння неперервності.
- 3.10 Правила Кірхгофа.
- 3.11 Закон Біо-Савара-Лапласа.
- 3.12 Теорема про циркуляцію магнітного поля (інтегральна і диференціальна форми).
- 3.13 Лінійні магнітні середовища (діа- та парамагнетики). Магнітна сприйнятливість χ і магнітна проникність μ .
- 3.14 Момент сил $\vec{M}$, що діють на контур із струмом в магнітному полі індукцією $\vec{B}$.
- 3.15 Магнітний потік. Коефіцієнти самоіндукції і взаємоіндукції. Індуктивність тороїдальної котушки.
- 3.16 Електромагнітна індукція. Правило Ленца для напрямку індукційного струму.
- 3.17 Граничні умови для електростатичного поля на межі двох діелектриків. Матеріальні рівняння.
- 3.18 Система рівнянь Максвелла в інтегральній та диференціальній формі. Фізичний зміст рівнянь Максвелла.
- 3.19 Хвильове рівняння. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному середовищі. Швидкість розповсюдження.

3.20 Енергія електромагнітного поля. Потік енергії. Вектор Пойнтінга. Тиск випромінювання. Імпульс електромагнітного поля.

4. Оптика.

- 4.1 Хвильова природа світла. Рівняння електромагнітної хвилі. Властивості та параметри електромагнітної хвилі. Інтенсивність світла.
- 4.2 Монохроматичні хвилі. Енергія, що переноситься електромагнітною хвилею.
- 4.3 Фотометрія. Основні поняття та одиниці вимірювання (потік променевої енергії, сила світла, освітленість, яскравість та світимість джерела) . Ламбертові джерела.
- 4.4 Поняття про когерентність. Фронт хвилі. Інтерференція електромагнітних хвиль. Рівняння для інтенсивності та умови мінімумів і максимумів інтерференційної картини.
- 4.5 Ширина інтерференційної смуги. Класичні інтерференційні схеми (дослід Юнга, дзеркало Ллойда, біпризма Френеля, білінза Бійє, інтерферометр Майкельсона, інтерферометр Фабрі-Перо).
- 4.6 Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Зонна пластинка.
- 4.7 Дифракція електромагнітних хвиль. Види дифракції. Дифракція Фраунгофера від щілини. Дифракційна картина. Умови мінімумів та максимумів.
- 4.8 Інтенсивність світла у дифракційній картині від щілини.
- 4.9 Дифракційна ґратка. Інтенсивність світла у дифракційній картині від ґратки. Вид дифракційної картини. Умови мінімумів та максимумів.
- 4.10 Поняття про голографію. Голографія плоскої хвилі. Голограми Френеля.
- 4.11 Поляризація світла. Ступінь поляризації. Природне світло. Види поляризації.
- 4.12 Відбиття та заломлення на межі двох діелектриків. Формули Френеля.
- 4.13 Наслідки з формул Френеля. Кут Брюстера. Закон Малюса.
- 4.14 Обертання площини поляризації. Природне обертання. Ефект Фарадея. Теорія обертання.

- 4.15 Явище подвійного променезаломлення. Звичайні та незвичайні хвилі. Поляризація при подвійному променезаломленні. Дихроїзм.
- 4.16 Дисперсія світла.
- 4.17 Зв'язок між фазовою та груповою швидкостями. Поглинання світла. Закон Бугера.

5. Фізика атома.

- 5.1 Теплове випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Рівняння Кірхгофа. Формула Планка для випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла. Гіпотеза Планка для теплового випромінювання.
- 5.2 Корпускулярна природа світла. Зовнішній фотоефект. Рівняння Ейнштейна. Червона границя фотоефекту. Гальмівне рентгенівське випромінювання.
- 5.3 Корпускулярна природа світла. Ефект Комптона. Досліди та отримання рівняння.
- 5.4 Ядерна модель атому (атом Резерфорда). Досліди Резерфорда. Переріз розсіювання.
- 5.5 Спектр атома водню. Спектральні серії. Узагальнена формула Бальмера. Постулати Бора.
- 5.6 Теорія Бора для атома водню.
- 5.7 Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля. Досліди для підтвердження хвильових властивостей елементарних частинок. Статистична інтерпретація хвилі де Бройля.
- 5.8 Хвильові властивості частинок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга (координата-імпульс, енергія-час). Їх експериментальне підтвердження.
- 5.9 Стаціонарне та часове рівняння Шрьодінгера.
- 5.10 Наслідки з розв'язків рівняння Шрьодінгера для атома водню. Квантування моменту імпульсу. Орбітальне та магнітне квантові числа. Виродження енергетичних рівнів атома .
- 5.11 Магнетизм атомів. Експериментальне визначення магнітного та орбітального моментів атому.
- 5.12 Спін електрона. Досліди Штерна-Герлаха. Магніто-механічні ефекти.
- 5.13 Принцип тотожності однакових частинок. Принцип Паулі.
- 5.14 Спін-орбітальна взаємодія. Тонка структура спектральних термів.

5.15 Рассел-саундерівський зв'язок. Правила Хунда. Періодична система хімічних елементів.

6. Фізика ядра та елементарних частинок.

- 6.1 Склад атомних ядер, стабільні та нестабільні атомні ядра. Ізотопи, ізобари та ізотони. Діаграма Сегре.
- 6.2 Радіус атомного ядра та експерименти по дослідженню радіуса атомного ядра.
- 6.3 Енергія зв'язку атомного ядра, дефект маси ядра, надлишок (декримент) маси ядра.
- 6.4 Спін атомних ядер. Ядерний магнетон. Магнітні моменти атомних ядер в залежності від кількості нуклонів в ядрі, гіпотеза Шмідта.
- 6.5 Закон радіоактивного розпаду. Стала радіоактивного розпаду. Види радіоактивного розпаду, закони збереження при радіоактивному розпаді.
- 6.6 Середня тривалість життя радіоактивного ядра. Період напіврозпаду.
- 6.7 Альфа-розпад та умови його протікання як наслідок законів збереження енергії та імпульсу.
- 6.8 Бета-розпад, види бета-розпаду. Застосування формули Вейцеккера для пояснення ліній стабільності.
- 6.9 Гамма-розпад та внутрішня конверсія електронів, особливості переходу атомного ядра із збудженого стану в основний.
- 6.10 Види ядерних реакцій, їх характеристики: ефективний переріз реакції, густина потоку, ймовірність реакції, вихід реакції.
- 6.11 Енергія ядерної реакції, екзотермічна та ендотермічна реакція.
- 6.12 Ядерна реакція з утворенням складеного ядра. Енергетичний поріг реакції, схема реакції.
- 6.13 Термоядерні реакції, проблема керованого термоядерного синтезу.
- 6.14 Особливості ядерних сил. Найпростіше атомне ядро – дейтрон.
- 6.15 Структура нуклона: модель протона та нейтрона, їх магнітні моменти.
- 6.16 Стабільні та нестабільні елементарні частинки. Характеристики елементарних частинок, класифікація частинок.
- 6.17 Види кварків, кваркова модель адрону.

III. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Допоміжні матеріали.

На екзамені не допускається користування додатковою літературою.

2. Критерії оцінювання.

Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань з фізики. Відповідь вступника оцінюється за 100-бальною шкалою. При визначенні загального рейтингу вступника початковий рейтинг за екзамен перераховується у 200-бальну шкалу.

Кожне з перших двох питань оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 27-30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 23-26 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 18-22 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Третє питання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 36-40 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (припустимі незначні неточності) – 30-35 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації (відповідь містить певні недоліки) – 24-29 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Після цього здійснюється перерахування цих балів у екзаменаційну оцінку згідно з таблицею:

Сума набраних балів	Оцінка
60...100	Зараховано
Менше 60	Не зараховано

Сума балів за відповіді на екзамені переводиться до 200- бальної шкали згідно з таблицею:

Таблиця відповідності оцінок рейтингової системи оцінювання (PCO, 60...100) балам 200-бальної шкали (100...200)

Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200	Оцінка PCO	Бали 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

IV. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Освітній ступінь третій (освітньо-науковий)
 Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Навчальна дисципліна Додаткове вступне випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 20

1. Потенціал і різниця потенціалів. Потенціальний характер електричного поля.
2. Поняття про когерентність. Фронт хвилі. Інтерференція електромагнітних хвиль. Рівняння для інтенсивності та умови мінімумів і максимумів інтерференційної картини.
3. Види ядерних реакцій, їх характеристики: ефективний переріз реакції, густина потоку, ймовірність реакції, вихід реакції.

Затверджено на засіданні Вченої ради фізико-математичного факультету.
Протокол № 2 від « 22 » лютого 2021 р.

Гарант освітньої програми

Сергій РЕШЕТНЯК

Київ 2021

V. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

1. Барьяхтар В.Г, Барьяхтар И.В., Гермаш Л.П., Довгий С.А. Механика. – К.:Институт магнетизма НАН и МОН України, 2004.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. - М.: Наука, 1979.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. - К.: Техніка, 1999.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1989.
5. Ландсберг Г.С. Электричество.-М., Высшая школа, 1987.

РОЗРОБНИК:

Решетняк Сергій Олександрович, д.ф.-м.н., проф., професор кафедри загальної та експериментальної фізики

Програму рекомендовано

вченою радою фізико-математичного факультету

Голова вченої ради



Володимир ВАНІН

протокол № 2

від «22» 02. 2021 р.