

**Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії

Руслан БІЛОСКУРСЬКИЙ



12 липня 2024 р.

**Програма додаткового вступного випробування
для вступників на освітній рівень**

доктор філософії

спеціальність 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Чернівці - 2024

ПРОГРАМА
вступного іспиту до аспірантури
для здобуття наукового ступеня доктора філософії
зі спеціальності 105 - Прикладна фізика та наноматеріали
Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра термоелектрики та медичної фізики

ВСТУП

Предмет і напрямки розвитку сучасної прикладної фізики та наноматеріалів. Роль термоелектрики у розв'язанні центральних задач людства, у тому числі генерації енергії та енергозбереження, медицині. Сучасний стан термоелектрики, її елементну базу, практичне використання та перспективи розв'язанні проблем науково-технічного процесу.

Метою вступного іспиту є визначення рівня теоретичної та практичної підготовки вступників, визначення відповідності знань, умінь і навичок вимогам навчання в аспірантурі за обраним напрямом підготовки, їх готовності освоїти вибрану програму підготовки, виявити наукові інтереси і потенційні можливості у сфері науково-дослідної роботи. Завдання програми — дати уявлення вступникам до аспірантури про необхідний об'єм і зміст розділів і тем, які необхідні для вивчення і підготовки.

1. Прикладна фізика твердих тіл.

Кристалічні та аморфні тіла. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Ґратки Браве. Обернена ґратка. Зони Бріллюена.

Дефекти в кристалах. Крайові та гвинтові дислокації. Типи хімічного зв'язку. Структурні і фізичні особливості іонних, ковалентних, металічних і молекулярних кристалів.

Опис енергетичного стану кристалу за допомогою газу квазічастинок. Приклади квазічастинок. Електрони в металах як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Взаємодія квазічастинок.

Коливання ґратки - фонони. Акустична та оптична вітки коливань. Теплоємність ґратки. Дебаєвська частота. Ангармонізм та теплове розширення.

Електронні стани в кристалах. Одноелектронна модель. Наближення сильного і слабого зв'язку. Зонна модель і типи твердих тіл. Вироджений електронний газ. Електронна теплоємність, поверхня Фермі. Тензор ефективних мас. Електрони і дірки. Циклотронна маса. Положення Фермі-рівня в невироджених напівпровідниках.

Кінетичне рівняння. Електро- і теплопровідність. Часи релаксації. Механізми розсіювання електронів. Розсіювання на домішках та дефектах. Електрон-фононні зіткнення. Нормальні процеси, процеси перекиду. Магнітоопір та ефект Холла.

Напівпровідники. Електронна структура типових напівпровідників. Германій. Кремній. Вузькозонні напівпровідники. Домішкові рівні. Донори та

акцептори. Температурна залежність провідності. *p-n* переходи. Фотопровідність. Рекомбінація і релаксація нерівноважних носіїв. Гарячі носії. Ефект Ганна.

2. Прикладне матеріалознавство.

Дефекти кристалічної будови металів. Основні механічні властивості матеріалів та їх характеристики. Основи теорії сплавів. Основні види діаграм стану двокомпонентних сплавів. Діаграми стану сплавів з утворенням хімічних сполук. Термічна обробка матеріалів, її основні параметри. Класифікація видів термічної обробки.

Механізм та основні закономірності процесу кристалізації. Вирощування кристалічних структур з розплаву. Спрямована кристалізація. Кристалізація з газової фази. Синтез і очистка матеріалів. SPS матеріали та методи їх одержання. Термоелектрична ефективність. Способи підвищення термоелектричної ефективності матеріалів. Низькотемпературні термоелектричні матеріали. Середньотемпературні термоелектричні матеріали. Високотемпературні термоелектричні матеріали.

3. Вимірювання параметрів функціональних матеріалів.

Двохзондовий метод вимірювання електропровідності. Чотирьохзондовий метод вимірювання електропровідності. Метод Ван-дер-Пау. Безелектродні методи вимірювання електропровідності. Вимірювання анізотропії електропровідності.

Стаціонарні методи вимірювання коефіцієнту термо-ЕРС. Нестационарні методи вимірювання коефіцієнту термоЕРС.

Методи вимірювання теплопровідності. Нестационарний метод. Порівняльний метод вимірювання теплопровідності. Абсолютний метод вимірювання теплопровідності. Метод Хармана.

Метод гарячого зонду для вимірювання коефіцієнту термоЕРС. Похибки зондових методів вимірювання електропровідності. Вимірювання анізотропії термоЕРС. Вимірювання анізотропії електропровідності. Обладнання для дослідження розподілів властивостей термоелектричних матеріалів по зразках. Визначення типу провідності напівпровідникових матеріалів. Обладнання для комплексного вимірювання температурних залежностей параметрів термоелектричних матеріалів. Джерела похибок при вимірюванні перепаду температури термопарами. Методи визначення добротності термоелектричних матеріалів. Вимірювання гальвано- та термомагнітних ефектів.

Основні положення інформаційно-енергетичної теорії в застосуванні до термоелектричних вимірювальних приладів і систем. Будову, принцип роботи, основні параметри і характеристики термоелектричних вимірювальних перетворювачів, приймачів інфрачервоного і лазерного випромінювання, тепломірів, мікрокалориметрів та інших приладів. Фізичні моделі та теплові процеси в термоелектричних вимірювальних приладах. Класифікацію термоелектричних вимірювальних приладів. Особливості застосування термоелектричних вимірювальних приладів та специфіку виконання вимірювань.

4. Комп'ютерне проектування в термоелектриці.

Роль чисельних методів і чисельного моделювання в дослідженні властивостей та оптимізації термоелектричних матеріалів. Сучасні інформаційні системи для розв'язку чисельних завдань. Процедурно-орієнтований підхід (ПОП) програмування. Недоліки та переваги. Введення абстрактних типів даних – крок до об'єктивно-орієнтованого підходу (ООП) програмування. Побудова класів для розв'язку задач термоелектрики. Чисельні методи оптимізації в термоелектриці.

Сучасні комп'ютерні методи та засоби (ComsolMultiphysic, Mathcad, Maple, Matlab) моделювання та розрахунку теплових, температурних, електричних й інших полів. Розробка узагальнених комп'ютерних моделей функціональних матеріалів для енергетики, знаходження оптимумів фізичних параметрів матеріалів в широких діапазонах узагальнених координат фізичних, технологічних, економічних та надійності факторів. Комп'ютерні методи розробки термоелектричних матеріалів з екстремальними значеннями узагальнених критеріїв термоелектричної ефективності. Методи теорії оптимального керування в термоелектриці. Методи проектування функціонально-градієнтних термоелектричних матеріалів. Комп'ютерне проектування термоелектричних охолоджувачів, нагрівачів та генераторів. Комп'ютерні методи оптимізації термоелектричних сенсорів та мікрокалориметрів. Комп'ютерні методи та засоби проектування і оптимізації термоелектричних вимірювальних приладів.

5. Термоелектричні системи охолодження, генерування та заощадження електричної енергії.

Основні фізичні явища, що відбуваються у термоелектричних системах охолодження, їх основні характеристики, сфери використання та можливості вдосконалення. Інші способи охолодження та галузі їх раціонального використання. Класифікацію термоелектричних систем охолодження. Властивості термоелектричних матеріалів для систем охолодження. Конструктивні схеми термоелектричних систем охолодження. Основні методи інтенсифікації теплообміну в системах теплообміну для термоелектрики. Комп'ютерні методи та засоби проектування і оптимізації термоелектричних систем охолодження.

Класифікацію термоелектричних генераторів. Властивості термоелектричних матеріалів для генераторних модулів. Конструктивні схеми термоелектричних генераторів. Основні типи і параметри джерел тепла для термоелектричних генераторів. Принципи будови фізичних моделей термоелектричних генераторів.

Фізичні процеси, явища, на основі яких створені накопичувачі енергії та розуміння закономірностей їх протікання. Фізичні процеси, що лежать в основі теплових, електрохімічних, індуктивних, ємнісних, механічних та інших накопичувачів енергії. Їх класифікацію та типи.

6. Перспективи використання термоелектрики в медицині.

Варіанти застосування термоелектрики у медицині з напрямку використання тепла людини як теплової енергії для роботи термоелектричних джерел електрики, якими забезпечується автономна робота різноманітної медичної апаратури. Сучасний стан та перспективи використання термоелектричних сенсорів у якості джерел інформації для діагностичної апаратури та перспективні напрями використання таких сенсорів у майбутніх діагностичних приладах. Сучасний стан у використанні термоелектричного охолодження для використання у кріохірургії та кріотерапії. Існуючі методи та обладнання по використанню термоелектрики для циклічних температурних дій на організм з метою лікування, прилади на їх основі та перспективи створення нової апаратури на цьому принципі.

Методи та апаратура для лікування холодом. Суть фізичних процесів, які протікають у приладах для лікування холодом; основні фізичні моделі термоелектричних приладів для лікування холодом. Будову та конструктивні схеми термоелектричних приладів для лікування холодом; основні типи і параметри існуючих приладів для лікування холодом та їх класифікацію. Особливості термоелектричних матеріалів та модулів, які використовуються при виготовленні приладів для лікування холодом. Принцип дії термоелектричних приладів для лікування холодом. Температурні режими роботи приладів для лікування холодом. Техніко-економічні аспекти використання апаратури для лікування холодом. Переваги і недоліки приладів для лікування холодом. Перспективи широкого практичного використання термоелектричних приладів для лікування холодом.

Діагностична термоелектрична апаратура. Природа та суть фізичних явищ, які лежать в основі роботи діагностичної термоелектричної апаратури. Класифікацію за функціональним призначенням існуючих термоелектричних приладів для діагностики стану здоров'я людини. Принцип роботи, особливості конструкції та технічні характеристики термоелектричних медичних приладів для діагностики. Методику використання таких приладів для діагностики різноманітних захворювань організму людини. Сфери використання та перспективи вдосконалення діагностичної термоелектричної апаратури.

7. Узагальнена теорія термоелектричного перетворення енергії.

Елементна база термоелектрики

Проблеми розвитку термоелектрики. Перший та другий етапи розвитку термоелектрики. Основні механізми покращення добротності матеріалів та їх реалізація. Термоелектричні матеріали. Практичне застосування термоелектрики.

Узагальнена модель термоелектричного перетворення енергії. Узагальнення закону Фарадея. Закон термоелектричної індукції. Про кореляцію термоелектрики та електротехніки. Таблиця термоелектричних перетворень. Стан та перспективи потенційних можливостей термоелектричного перетворення енергії. Обернені задачі термоелектрики. Методика винайдення нових типів термоелементів. Модель узагальненого термоелектричного перетворювача енергії. Вихрові струми та методи їх керуванням. Друге винайдення термопари.

Термопари. Основні співвідношення. Термопари з активними вітками. Термопари з пасивною віткою. Складова термопари. Функціонально-градієнтні

термопари. Термопари з боковим теплообміном. Проникні термопари. Анізотропні термоелементи. Основні співвідношення. Анізотропний термоелемент продольного типу. Анізотропний термоелемент поперечного типу. Штучно-анізотропні термоелементи. Косослоїстий термоелемент. Евтектичні термоелементи.

Короткозамкнені термоелементи. Основні співвідношення. Короткозамкнений анізотропний термоелемент. Термоелемент з косим замиканням. Подвійний анізотропний короткозамкнений термоелемент. Двуслойний анізотропний короткозамкнений термоелемент.

Термоелементи в магнітному полі. Основні співвідношення. Прямокутний термоелемент Нернста-Еттінсгаузена. Прямокутний термоелемент Еттінсгаузена. Спіральний термоелемент Нернста-Еттінсгаузена з радіальними тепловим потоком. Термоелемент Еттінсгаузена оптимальної форми. Спіральний гальваномагнітний охолоджуючий термоелемент з радіальним тепловим потоком. Спіральний гальваномагнітний охолоджуючий термоелемент з радіальним магнітним потоком. Рулонний охолоджуючий гальваномагнітний термоелемент з радіальним магнітним потоком. Спіральні гальваномагнітні охолоджуючі термоелементи з живленням змінним струмом. Коротко замкнуті термоелементи в магнітному полі. Евтектичні термоелементи в магнітному полі. Магнітотермоелектричні термоелементи. Термопарні термоелементи в магнітному полі.

Термоелементи з великим градієнтом температури. Основні співвідношення. Термоелемент з великим градієнтом температури в прямокутній пластині. Термоелемент з пластини з вістрям. Лінійний термоелемент. Спіральний термоелемент з великим градієнтом температури.

П'єзотермоелементи. Основні співвідношення. Термопарний п'єзотермоелемент. Анізотропний п'єзотермоелемент. Спіральний анізотропний п'єзотермоелемент.

Функціонально-градієнтні матеріали - як третій етап розвитку термоелектрики. Функціонально-градієнтні матеріали. Генератори та холодильники з функціонально-градієнтних матеріалів. Функціонально-градієнтні матеріали у магнітному полі. Основні закономірності та величини зростання ефективності. Технологічні проблеми та їх розв'язок.

Наноструктури у термоелектриці. Моделі, фізичні ефекти, методи досягнення екстремальної добротності. Матеріали з квантовими ямами. Ниткові матеріали. Багатошарові плівки. Бар'єрні ефекти. Ефекти вакуумної емісії.

Перспективи практичних застосувань термоелектрики. Комбіновані теплові машини з низькотемпературним термоелектричним каскадом. Використання низько потенційного тепла. Відновлювальна енергетика майбутнього. Медико-біологічна термоелектрика. Комбінована термо- та оптоелектроніка. Комбінована термо- та мікроелектроніка. Інформаційна термоелектрика.

Основна література

1. Anatyshuk L.I. Physics of thermoelectricity, Institute of Thermoelectricity, Kyiv, Chernivtsi, 1998, P.288-292.
2. Вакарчук І.О. Квантова механіка. – Львів: Вид. Львів. держ. ун-ту, 1998. – 616 с.
3. Anatyshuk L.I. Physics of Thermoelectricity. – Kyiv, Chernivtsi. – 2001. – Vol. 2. - 370 p.
4. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. – Львів: Афіша, 2002.
5. Гапчин Б.М., Дутчак Я.Й., Френчко В.С. Молекулярна фізика. Лабораторний практикум. – Львів: Світ, 1990.
6. Смакула О. Монокристали. – Київ: Рада, 2000.
7. Макаров В.Л., Гаврилюк І.П. Методи обчислень. Київ, Вища школа, 1995.
8. Кухарський, В. М. (2008). Комп'ютерне моделювання засобами FEMLAB. Навчальний посібник (Українська). Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. с. 144.
9. Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Загальна хімія. – К.: Вища школа. – 1991. – 360 с.
10. Поп С.С., Шароді І.С. Фізична електроніка. – Львів: Євросвіт, 2001. – 250с.
11. Електроніка та мікросхемо-техніка.: навчальний посібник для вищих учбових закладів. Андронік Буняк,- Київ - Тернопіль: 2001. – 382с.
12. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для вищ. навч. закл. освіти: У4-хт. / В.І. Сенько, М.В. Панасенко, Є.В. Сенько та ін.; Під ред.. В.І. Сенька. – К.: ТВО Видавництво “Обереги”, 2000. – т.1. Елементна база електронних пристроїв. – 300с.
13. Лисенко М.Г. Основи сучасної електроніки. Електронний посібник, НТУУ – КПІ, 2013.
14. Піх С.С., Попель О.М., Ровенчак А.А., Тальянський І.І. Методи математичної фізики. – Львів, ЛНУ імені Івана Франкаю – 2011.
15. Патентознавство: навчальний посібник/ [укл.: Л.Г. Ніколайчук, Л.Б. Демидчук]. - Львів: Видавництво ЛІКА, 2015. - 172 с.
16. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача. Навч.посібник. – Рівне: НУВГП, 2008. – 250 с.
17. Баскаков О.П. Основи теплотехніки: Підручник. - Київ: Вища школа, - 1995. - 463 с.
18. Теплотехніка: підручник для студ. вищих техн. навч. закл. / Б. Х. Драганов [та ін.]; За ред. Б. Х. Драганова. — К. : ІНКОС, 2005. — 504 с.
19. Anatyshuk L.I., Lysko V.V. Thermoelectricity: Vol. 5. Metrology of Thermoelectric Materials – Chernivtsi: Bukrek, 2019. – 172 p.
20. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів. – Львів: Афіша, 2002.
21. Афтанділянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г. Матеріалознавство: Підручник. К.: Вища освіта. – 2012. – с 548.
22. Матеріалознавство та технологія матеріалів. Конспект лекцій /Уклад. Т.М. Курська, Г.О. Чернобай, С.Б. Єрмоменко. – Х.: УЦЗУ, 2008. – 136 с.

23. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії Навчальний посібник / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен та інш.; За заг. ред. О. І. Солов'я - Черкаси: ЧДТУ, 2007. - 490 с.
24. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами і графіками) Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна. 2003р - 52с.
25. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії - Київ, 2009. 201 с.
26. Комп'ютерне матеріалознавство. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2022. – 120 с.
27. Комп'ютерне проектування термоелектричних перетворювачів енергії. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г., Дудаль В.О. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2019. – 56 с.
28. Комп'ютерне матеріалознавство. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2022. – 120 с.
29. Прикладна електрофізика: методичні рекомендації до лабораторних робіт / укл. : Л. І. Анатичук, А. В. Білий, І. А. Константинович, Р. Г. Черкез – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2013. – 65 с.
30. Перетворення енергії. Двигуни внутрішнього згоряння.: метод. реком. до спецкурсу – У 2ч. – Ч.1. / укл.: Л. І. Анатичук, І. А. Константинович, Р. Г. Черкез – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2013. – 56 с.
31. Науково-технічна база Інституту термоелектрики.

Додаткова література

1. Кузь Р.В., Струтинський М.М. Комп'ютерне моделювання термоелектричного однокаскадного генераторного модуля // Термоелектрика, №3. - 2010. -С. 21-27.
2. Anatyshuk L.I., Luste O.J., Kuz R.V. Theoretical and experimental studies of thermoelectric generator for vehicles // Journal of Electronic Materials, Vol. 40, Issue 5, 2011.
3. L.I. Anatyshuk and R.V. Kuz, Computer designing and test results of automotive thermoelectric generator. Thermoelectrics goes automotive. (Berlin: Expert Verlag, 2011).
4. Kelvin, Thermodynamic sand the Natural World». William Thomson (Lord Kelvin) and Thermoelectricity. - Wit Press - 2016. - С. 337-360.
5. Обухов Є.В. Використання відновлювальних джерел енергії. Одеса. "ТЕС" 1999, 254с.
6. Зелена енергетика, "Екоінформ" №1,2,3, 2005 р.
7. Комп'ютерне матеріалознавство/ Методичні рекомендації. Укл.: Анатичук Л.І, Вихор Л.М., Черкез Р.Г. – Чернівці: Рута, 2007. – 36с.
8. Величко, Сергій Анатолійович. Альтернативна енергетика України [Текст] : матеріали до уроків, факультативів, МАН / Сергій Величко, Олександр Третьяков. - Харків : Основа, 2010. – 126с.

9. Дев'яткіна, Світлана Сергіївна. Альтернативні джерела енергії: Навчальний посібник / Світлана Дев'яткіна, Тетяна Шкварницька ; М-во освіти і науки України, Нац. авіаційний ун-т. - К.: НАУ, 2006. – 89 с.
10. Дудюк, Дмитро Лук'янович. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч. посібник / Дмитро Дудюк, Святослав Мазепа, Ярослав Гнатишин. - Львів : Магнолія 2006, 2009. - 187 с.
11. Thermoelectric materials – New Directions and Approaches // MRS, Pittsburgh, 1998.- V.478.- 348 p.
12. Електрика і магнетизм : методичні рекомендації до лабораторних робіт / укл. : Анатичук Л. І., Мазурова Е. А., Черкез Р. Г., Білий А. В. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2014. – 152 с.
13. Черкез Р.Г., Семешкін В.С. Співвідношення нерівноважної термодинаміки у неоднорідних проникних термоелементах. Science, technology and innovation in the modern world. (<https://doi.org/10.30525/978-9934-26-364-4-1>).
14. Анатичук Л.І., Кобылянський Р.Р., Константинович І.А., Кузь Р.В., Маник О.М., Ніцович О.В., Черкез Р.Г. Технологія виготовлення термоелектричних мікробатарей // Термоелектрика. – № 6. – 2016. – С. 66-71.
15. Cherkez R.G. Energy Characteristics of Permeable Thermoelements // Journal of Electronic Materials, Volume 42, Number 7, 2013, Pages 1558-1563.
16. Anatychuk L.I., Kobylanskyi R.R., Cherkez R.G., Konstantynovych I.A., Hoshovskyi V.I., Tiumentsev V.A. Thermoelectric device with electronic control unit for diagnostics of inflammatory processes in the human organism // Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoi apparature, 2017, № 6, pp. 44-48.
17. Gorskyi P. V. Chapter 3. Some Thermoelectric Capabilities of Superlattices and Nanopowders // Nanoobjects & Nanostructuring. Volume I. / Edited by Lidiya M.Boichyshyn and Oleksandr. V. Reshetnyak. – Mississauga, Ontario, Canada: Nova Printing Inc., 2022. P. 45-56.
18. Yuryk O., Anatychuk L., Kobylanskyi R., Yuryk N. Chapter 2. Measurement of heat flux density as a new method of diagnosing neurological // Modern methods of diagnosing disaeses. Kharkiv: PC Technology Center. 2023. P. 31–68.
19. Чисельні методи у прикладній фізиці: Збірник задач. Видання II (доповнене) / укл. Маник О.М.– Чернівці: Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. – 112 с.
20. Мікроскопічна теорія явищ перетворення енергії: лабораторний практикум / укл. Маник О.М.– Чернівці: Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. – 95 с.
21. Математичні моделі у прикладній фізиці: лабораторний практикум / укл. Маник О.М.– Чернівці: Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. – 136 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
2. <http://booklib.in.ua/category/biblioteka-knig/>
3. https://stud.com.ua/166288/tehnika/elektronika_chastina_1_vakuumna_ta_plazmova_elektronika
4. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30092>
5. https://stud.com.ua/166298/tehnika/vakuumna_elektronik
6. Патентознавство та захист інтелектуальної власності. Електронний варіант навчально-методичного комплексу. (<http://e-learning.chnu.edu.ua>).
7. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31664> 3.<http://web.kpi.kharkov.ua/pgs/wp-content/uploads/sites/83/2019/02/2018-DOVIDNIK-z-patento>
8. Наукова бібліотека НУВГП. URL: <http://lib.nuwm.edu.ua>
9. Бібліотека теплотехніка. URL: <http://www.teplota.org.ua>
10. <http://www.fas.sfu.ca/cs/library/> – бібліотека комп'ютерних технологій.
11. <https://webbook.nist.gov> 4.<http://posibnyky.vntu.edu.ua/tep/2.ht>
12. <http://www.comsol.com>.
13. Сайти журналів ФТТ, ФТП, Термоелектрика, Journal of electronic materials, Materials today, Materials today : Proceedings, Journal of applied physics, Energy conversion and management, Journal of thermophysics та інші.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Вступне фахове випробування проводиться в тестовій формі за наступним порядком: до кожного завдання пропонується 4 варіанти відповідей (дистрактори), з яких лише один правильний. Завдання вважається виконаним неправильно, якщо: а) позначено неправильну відповідь (дистрактор); б) позначено два або більше варіантів відповіді (дистрактори), навіть якщо серед них є правильна відповідь (дистрактор); в) відповідь не позначено взагалі.

Екзаменаційне тестування передбачає 40 питань. Оцінювання відповіді вступника на кожне з питань здійснюється за урахуванням таких норм та критеріїв:

- перший рівень 25 тестових завдань, кожне з яких оцінюється по 2 бала;
- другий рівень 10 тестових завдань, кожне з яких оцінюється по 4 бала;
- третій рівень 5 тестових завдань, кожне з яких оцінюється по 6 балів;

Загальна оцінка за тестування підраховується як сума балів набраних абітурієнтом за трьома рівнями за шкалою оцінювання 80-200 балів.

Максимальна кількість балів на вступному іспиті – 200 балів. Обрахування здійснюється автоматично системою.

Вступний іспит вважається складеним за умови отримання абітурієнтом не менше 100 балів, що відповідає нижній межі оцінки задовільного рівня.

Рішення про зарахування вступника на навчання приймається Приймальною комісією Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича відповідно до встановленої університету ліцензії за набраним конкурсним балом згідно з Правилами прийому до аспірантури Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича на здобуття вищої освіти ступеня доктора філософії у 2024 році, затвердженого Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича 28 червня 2024 року, протокол № 10.