

ФЕП ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Викладач: кандидат фіз. - мат. наук, доцент Яновський Олександр Сергійович

Кафедра: загальної та прикладної фізики, І корпус ЗНУ, ауд. 14

Email: yanovskyas@gmail.com

Телефон: (061) 289-12-48 (кафедра), 289-12-60 (деканат)

Інші засоби зв'язку: Moodle (форум курсу, приватні повідомлення)

Освітня програма, рівень вищої освіти		Прикладна фізика; магістр				
Статус дисципліни		Вибіркова				
Кредити ECTS	4	Навч. рік	2020-2021 осін. семестр	Рік навчання - 2	Тижні	11
Кількість годин	120	Кількість змістових модулів¹	6	Лекційні заняття – 22 год Практичні заняття – 12 год Самостійна робота – 86 год		
Вид контролю	Залік					
Посилання на курс в Moodle		https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=5711				
Консультації:		щосереди, 11.05-12.55 або за домовленістю чи ел. поштою				

ОПИС КУРСУ

Навчальна дисципліна «ФЕП як перспективні альтернативні джерела енергії» належить до дисциплін самостійного вибору навчального закладу й є необхідною важливою складовою підготовки майбутнього фахівця зі спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали». Проблеми енергоспоживання та екології у сучасному світі висувують на перший план пошук альтернативних до традиційних джерел енергії. Унікальними в цьому сенсі є фотоелектричні перетворювачі, які трансформують енергію світла безпосередньо в електроенергію – найзручніший для споживання вид енергії. Взаємодія випромінювання з речовиною є фундаментальним чинником у всіх областях науки і техніки. Процеси поглинання та генерації випромінювання твердими тілами суттєво впливають на функціонування та технологію створення спеціальних приладів твердотільної електроніки та оптоелектроніки, які є матеріальною основою сучасного матеріалознавства (у тому числі аерокосмічного), приладобудування, інформаційних технологій, мікро- та наноелектроніки. Тому метою викладання навчальної дисципліни «ФЕП як перспективні альтернативні джерела енергії» є вивчення теоретичних основ спеціальних розділів фізики твердого тіла, пов'язаних з взаємодією електромагнітного випромінювання з речовиною, функціонуванням, технологією створення та конструкцією фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), які є основою сучасних сонячних елементів та батарей. Основними завданнями вивчення дисципліни «ФЕП як перспективні альтернативні джерела енергії» є засвоєння студентами принципів опису фундаментальних основ виникнення вентильної фото-ЕРС у р-п-переході, вивчення матеріалів та конструкцій ФЕП.

Курс «ФЕП як перспективні альтернативні джерела енергії» є спецкурсом, який закріплює знання та вміння, отримані при вивченні таких дисциплін, як "Квантова механіка", "Статистична фізика", "Фізика твердого тіла", "Фізика поверхні", "Кристалографія", „Електрика та магнетизм”, “Вакуумні технології в виробництві наноматеріалів” та ін.

¹ 1 змістовий модуль = 15 годин (0,5 кредита ECTS). Детальна формула розрахунку – в рекомендаціях.



ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

У разі успішного завершення курсу студент **зможє**:

- аналізувати та обраховувати спектри поглинання та відбиття світла;
- визначати коефіцієнт поглинання при різних механізмах поглинання;
- розрізняти за зовнішнім виглядом або за другими ознаками монокристалічний, мультікристалічний, полікристалічний, мікрокристалічний та аморфний кремній;
- розраховувати та аналізувати вольт-амперну характеристику фотоелектричних перетворювачів;
- визначати ефективність (ккд) сонячних елементів різного типу та конструкцій.

ОСНОВНІ НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ

Презентації лекцій, завдання для практичних занять з прикладами розв'язування задач, рекомендовані підручники розміщені на платформі Moodle:

<https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=5711>

КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ

Поточні контрольні заходи (тах 60 балів):

Поточний контроль передбачає такі **теоретичні** завдання:

- Усне опитування і обговорення пройденого лекційного матеріалу та рекомендованих літературних джерел, інформаційних ресурсів.
- Короткі тести або контрольні роботи за пройденим матеріалом.
- **Виконання тестових завдань в системі Moodle.**

Поточний контроль передбачає такі **практичні** завдання:

- Розв'язування задач по темам робочої програми на практичних заняттях.
- Контрольні роботи.

Підсумкові контрольні заходи (тах 40 балів):

Підсумковим контрольним заходом є залік.

Теоретичний підсумковий контроль – 2 теоретичних питання по 13 балів кожен.

Підсумкове практичне завдання (задача) – 14 балів.

Критерії оцінювання:

Оцінювання відповіді на **теоретичні** питання здійснюється наступним чином:

- до 26 балів– правильне, повне, глибоке та сучасне тлумачення питань з екзаменаційного білета, послідовний, логічний, обґрунтований, безпомилковий виклад необхідних математичних супроводжень, правильні відповіді на додаткові питання.
- до 20 балів– правильне та сучасне тлумачення питань екзаменаційного білета, допущення окремих несуттєвих помилок при викладі необхідних математичних супроводжень.
- до 15 балів– знання та загальне розуміння питань екзаменаційного білета, спрощений виклад необхідних математичних супроводжень, невпевнені, з помилками відповіді на додаткові питання.
- до 10 балів – поверхові знання питання, непослідовний виклад необхідних математичних супроводжень, допущення в ньому істотних помилок, неправильні відповіді на додаткові питання.

Оцінювання виконання **практичне завдання (задача)** оцінюється наступним чином:

- до 14 балів– правильне написання формул, вірний хід рішення та проміжних викладок, підстановка вихідних даних з урахуванням одиниць вимірювання, правильність проведених розрахунків до кінцевого результату, приведення одиниць вимірювання використаних величин.
- до 10 балів – труднощі в обґрунтуванні застосованих формул, правильне написання формул, вірний хід рішення з проміжними викладками, підстановка вихідних даних з урахуванням одиниць вимірювання, правильність проведених розрахунків до кінцевого результату.
- до 5 балів – написання формул з помилками, хід рішення має помилки, помилкове або відсутність числового рішення та одиниць вимірювання.



Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

Контрольний захід		Термін виконання	% від загальної оцінки
Поточний контроль (max 60%)			
Змістовий модуль 1	Вид теоретичного завдання: опитування	тиждень 1	6%
	Вид практичного завдання: розрахункове завдання	тиждень 1	4%
Змістовий модуль 2	Вид теоретичного завдання: опитування	тиждень 2, 3	6%
	Вид практичного завдання: задача	тиждень 2, 3	4%
Змістовий модуль 3	Вид теоретичного завдання: короткий тест або контрольна робота	тиждень 4, 5	6%
	Вид теоретичного завдання: контрольна робота з виконання практичних завдань (задач).	тиждень 4, 5	4%
Змістовий модуль 4	Вид теоретичного завдання: опитування	тиждень 6, 7	6%
	Вид практичного завдання: задача.	тиждень 6, 7	4%
Змістовий модуль 5	Вид теоретичного завдання: опитування	тиждень 8, 9	6%
	Вид практичного завдання: задача.	тиждень 8, 9	4%
Змістовий модуль 6	Вид теоретичного завдання: короткий тест або контрольна робота. Виконання тестових завдань в системі Moodle.	тиждень 9, 10	6%
	Вид практичного завдання: контрольна робота	тиждень 9, 10	4%
Підсумковий контроль (max 40%)			
Підсумкове теоретичне завдання		тиждень 11	26%
Підсумкове практичне завдання		тиждень 11	14%
Разом			100%



РОЗКЛАД КУРСУ ЗА ТЕМАМИ І КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Тиждень і вид заняття	Тема змістового модулю	Контрольний захід	Кількість балів
Змістовий модуль 1			
Тиждень 1 Лекція 1 Практичне заняття 1	Вступ. Основи зонної теорії. Елементи динаміки кристалічної ґратки.	Рівняння Шредінґера для кристала. Енергетичний спектр електронів в кристалі. Енергетичні зони. Локалізовані стани у твердому тілі. Загальна характеристика пружних хвиль в кристалах. Гармонічне наближення. Акустичні та оптичні вітки коливань. Фонони. Теплоємність кристалічної ґратки. (Опитування).	6
		Розв'язування задач на динаміку ґратки.	4
Змістовий модуль 2			
Тиждень 2, 3 Лекція 2 Практичне заняття 1	Взаємодія світла з речовиною. Спектри поглинання, відбиття та пропускання.	Закон Бугера-Ламберта. Коефіцієнти відбиття та поглинання світла. Спектри поглинання та відбиття. Загальний вигляд спектру поглинання. (Опитування).	6
		Розв'язування задач на закон поглинання.	4
Змістовий модуль 3			
Тиждень 4, 5 Лекція 3 Практичне заняття 2	Матеріали для виробництва фотоелектричних перетворювачів.	Основні матеріали для ФЕП: Si(всіх типів), GaAs, CdS, ZnS, органічні матеріали та ін. Загальні та оптичні властивості кремнію. Виробництво металургійного кремнію (MG-Si, UMG-Si). (Короткий тест або контрольна робота).	6
		Контрольна робота з виконання практичних завдань (задач).	4
Змістовий модуль 4			
Тиждень 6, 7 Лекція 4 Практичне заняття 3	Кремній «сонячної» якості (SoG – Si) та технології його виготовлення.	Монокристалічний кремній (sc-Si). Метод Чохральського, безтигельна зонна плавка. Мультикристалічний кремній (mc-Si). Спрямована кристалізація. Полікристалічний кремній (pc-Si). Сіменс-процес. Мікрокристалічний кремній (μc-Si). Аморфний кремній (a-Si). (Опитування).	6
		Розв'язування задач на кінетику фотопровідності.	4
Змістовий модуль 5			
Тиждень 8, 9 Лекція 5 Практичне заняття 4	Вентільна фото-ЕРС. Вольтамперна характеристика ФЕП.	Фотопровідність. Фотовольтаїчний ефект у <i>p-n</i> -переході. ВАХ ФЕП. Струм короткого замикання, напруга холостого ходу. Крива потужності. Робоча точка ФЕП. Fill-factor. (Опитування).	6
		Розв'язування задач на розрахунок ККД.	4
Змістовий модуль 6			



Тиждень 9, 10 Лекція 6 Практичне заняття 5	Основи сонячної енергетики.	Типові конструкції сонячних елементів. Технологія трафаретного друку. Об'єднання ФЕП в модулі (батареї) та матриці. Fill-factor. ККД сонячних елементів різного типу. Непереборні втрати ККД. Переваги та недоліки сонячних елементів порівняно з іншими джерелами енергії. (Короткий тест або контрольна робота. Виконання тестових завдань в системі Moodle).	6
		Контрольна робота з розв'язування задач.	4
Тиждень 11	Підсумковий контроль (залік).	2 теоретичних питання	26
		Практичне завдання (задача)	14
			100

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

Книги:

1. Перлин Е.Ю. Фізика твердого тела. Оптика напівпровідників, діелектриків, металлов. / Е.Ю.Перлин. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008.
2. Готри З.Ю. Фізичні основи електронної техніки/ З.Ю. Готри.–Львів:“Бескід”, 2005. – 680 с.
3. Костенко Є.Ю. Фізико-хімічні процеси в напівпровідниках та діелектриках: Навчальний посібник до спецкурсів для студентів фізичного факультету / Є.Ю.Костенко, О.С.Яновський – Запоріжжя: ЗДУ, 2004. – 56 с.
4. Давидюк Г.Є. Нерівноважні процеси в напівпровідниках: Навч. посіб./ Г.Є. Давидюк; Волин. держ. ун-т ім. Л.Українки. - Луцьк, 2000. - 151 с.
5. Киреев П.С. Фізика напівпровідників / С.П. Киреев. - М.: ”Высшая школа”, 1975. - 586 с.
6. Блейкмор Дж. Фізика твёрдого тела / Дж. Блейкмор. - М.: “Мир”, 1988. - 608 с.
7. Горбачёв В.В. Фізика напівпровідників и металлов / В.В. Горбачёв, Л.Г. Спицина. - М.: “Металлургия”, 1982. - 336 с.
8. Шалимова К.В. Фізика напівпровідників / К.В. Шалимова. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 345с.
9. Ашкрофт Н. Фізика твердого тела. В 2-х ч. / Н.Ашкрофт, Н.Мермин. - М.: “Мир”, 1979. – 345с.
10. Бонч-Бруевич В.Л. Фізика напівпровідників / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. - М.: “Наука”, 1990. - 688 с.
11. Сборник задач по физике напівпровідників [учеб. пособие для вузов] / В.Л. Бонч-Бруевич, И.П. Звягин, И.В. Карпенко, А.Г. Миронов. - М.: “Наука”, 1987. -144 с.
12. Задачи по физике твердого тела / под. ред. Г.Дж. Голдсмита. - М.: “Наука”, 1976. - 432 с.
13. Орешкин П.Т. Фізика напівпровідників и діелектриків / П.Т. Орешкин. - М.: “Высшая школа”, 1977. - 448 с.

Інформаційні ресурси:

1. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського: веб-сайт. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua>
2. Научная электронная библиотека: веб-сайт. URL: <http://elibrary.ru/>
3. Сайт видавництва Elsevier: веб-сайт. URL: <http://www.ees.elsevier.com>



РЕГУЛЯЦІЯ І ПОЛІТИКИ КУРСУ²

Відвідування занять. Регуляція пропусків.

Для успішного виконання навчального плану зі спеціальності та для високої ефективності навчального процесу студент зобов'язаний виконувати наступні правила:

- обов'язково відвідувати лекції та практичні заняття відповідно до розкладу;
- не запізнюватися на заняття;
- приходити на заняття підготовленим, завдання для практичної (самостійної) роботи мають бути виконанні перед заняттями;
- не пропускати заняття, пропуски допустимі лише з поважної причини (підтвердженою довідкою з деканату);
- відпрацювання пропущених занять має бути регулярним за домовленістю з викладачем у години консультацій. Відпрацювання здійснюється протягом 20 днів з дня виходу на заняття. Накопичення відпрацювань неприпустиме! За умови систематичних пропусків може бути застосована процедура повторного вивчення дисципліни (див. посилання на Положення у додатку до силабусу).

Політика академічної доброчесності

Кожний студент зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Використання будь-якої інформації (текст, фото, ілюстрації тощо) мають бути правильно процитовані з посиланням на автора! Якщо ви не впевнені, що таке плагіат, фабрикація, фальсифікація, порадьтесь з викладачем. До студентів, у роботах яких буде виявлено списування, плагіат чи інші прояви недоброчесної поведінки можуть бути застосовані різні дисциплінарні заходи (див. посилання на Кодекс академічної доброчесності ЗНУ в додатку до силабусу).

Висока академічна культура та європейські стандарти якості освіти, яких дотримуються у ЗНУ, вимагають від дослідників відповідального ставлення до вибору джерел. Посилання на такі ресурси, як Wikipedia, бази даних рефератів та письмових робіт (Studopedia.org та подібні) є неприпустимим. Рекомендовані бази даних для пошуку джерел: Електронні ресурси Національної бібліотеки ім. Вернадського: <http://www.nbu.gov.ua>

Використання комп'ютерів/телефонів на занятті

Будь ласка, вимкніть на беззвучний режим свої мобільні телефони та не користуйтеся ними під час занять. Мобільні телефони відволікають викладача та ваших колег. Під час занять заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо. Електронні пристрої можна використовувати лише за умови виробничої необхідності в них (за погодженням з викладачем).

Під час виконання заходів контролю (контрольних робіт, іспитів та ін.) використання гаджетів заборонено. У разі порушення цієї заборони роботу буде анульовано без права перескладання.

Комунікація

Базовою платформою для комунікації викладача зі студентами є Moodle.

Всі робочі оголошення можуть надсилатися через старосту, на електронну пошту та розміщуватимуться в Moodle. Будь ласка, перевіряйте повідомлення вчасно. Ел. пошта має бути підписана справжнім ім'ям і прізвищем. Адреси типу user123@gmail.com не приймаються! Якщо за технічних причин доступ до Moodle є неможливим, або ваше питання потребує термінового розгляду, направте електронного листа з позначкою «Важливо» на адресу yanovskyas@gmail.com. У листі обов'язково вкажіть ваше прізвище та ім'я, курс та шифр академічної групи.

² Тут зазначається все, що важливо для курсу: наприклад, умови допуску до лабораторій, реактивів тощо. Викладач сам вирішує, що треба знати студенту для успішного проходження курсу!

ДОДАТОК ДО СИЛАБУСУ ЗНУ – 2020-2021 рр.

ГРАФІК НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ 2020-2021 н. р. (посилання на сторінку сайту ЗНУ)

АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ. Студенти і викладачі Запорізького національного університету несуть персональну відповідальність за дотримання принципів академічної доброчесності, затверджених **Кодексом академічної доброчесності ЗНУ**: <https://tinyurl.com/ya6yk4ad>. **Декларація академічної доброчесності здобувача вищої освіти** (додається в обов'язковому порядку до письмових кваліфікаційних робіт, виконаних здобувачем, та засвідчується особистим підписом): <https://tinyurl.com/y6wzzlu3>.

НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ. Перевірка набутих студентами знань, навичок та вмій (атестації, заліки, іспити та інші форми контролю) є невід'ємною складовою системи забезпечення якості освіти і проводиться відповідно до **Положення про організацію та методу проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання студентів ЗНУ**: <https://tinyurl.com/y9tve4lk>.

ПОВТОРНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН, ВІДРАХУВАННЯ. Наявність академічної заборгованості до 6 навчальних дисциплін (в тому числі проходження практики чи виконання курсової роботи) за результатами однієї екзаменаційної сесії є підставою для надання студенту права на повторне вивчення зазначених навчальних дисциплін. Порядок повторного вивчення визначається **Положенням про порядок повторного вивчення навчальних дисциплін та повторного навчання у ЗНУ**: <https://tinyurl.com/y9pkmmp5>. Підстави та процедури відрахування студентів, у тому числі за невиконання навчального плану, регламентуються **Положенням про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів у ЗНУ**: <https://tinyurl.com/ycds57la>.

НЕФОРМАЛЬНА ОСВІТА. Порядок зарахування результатів навчання, підтверджених сертифікатами, свідоцтвами, іншими документами, здобутими поза основним місцем навчання, регулюється **Положенням про порядок визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті**: <https://tinyurl.com/y8gbt4xs>.

ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, регламентуються **Положенням про порядок і процедури вирішення конфліктних ситуацій у ЗНУ**: <https://tinyurl.com/ycyfws9v>. Конфліктні ситуації, що виникають у сфері стипендіального забезпечення здобувачів вищої освіти, вирішуються стипендіальними комісіями факультетів, коледжів та університету в межах їх повноважень, відповідно до: **Положення про порядок призначення і виплати академічних стипендій у ЗНУ**: <https://tinyurl.com/yd6bq6p9>; **Положення про призначення та виплату соціальних стипендій у ЗНУ**: <https://tinyurl.com/y9r5dpwh>.

ПСИХОЛОГІЧНА ДОПОМОГА. Телефон довіри практичного психолога (061)228-15-84 (щоденно з 9 до 21).

ЗАПОБІГАННЯ КОРУПЦІЇ. Уповноважена особа з питань запобігання та виявлення корупції (Воронков В. В., 1 корп., 29 каб., тел. +38 (061) 289-14-18).

РІВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ІНКЛЮЗИВНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. Центральні входи усіх навчальних корпусів ЗНУ обладнані пандусами для забезпечення доступу осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Допомога для здійснення входу у разі потреби надається черговими охоронцями навчальних корпусів. Якщо вам потрібна спеціалізована допомога, будь-ласка, зателефонуйте (061) 228-75-11 (начальник охорони). Порядок супроводу (надання допомоги) осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення у ЗНУ: <https://tinyurl.com/ydhcsagx>.

РЕСУРСИ ДЛЯ НАВЧАННЯ. **Наукова бібліотека**: <http://library.znu.edu.ua>. Графік роботи абонементів: понеділок – п'ятниця з 08.00 до 17.00; субота з 09.00 до 15.00.

ЕЛЕКТРОННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ (MOODLE): <https://moodle.znu.edu.ua>

Якщо забули пароль/логін, направте листа з темою «Забув пароль/логін» за адресами:

- для студентів ЗНУ - moodle.znu@gmail.com, Савченко Тетяна Володимирівна
- для студентів Інженерного інституту ЗНУ - alexvask54@gmail.com, Василенко Олексій Володимирович

У листі вкажіть: прізвище, ім'я, по-батькові українською мовою; шифр групи; електронну адресу.

Якщо ви вказували електронну адресу в профілі системи Moodle ЗНУ, то використовуйте посилання для відновлення паролю <https://moodle.znu.edu.ua/mod/page/view.php?id=133015>.

Центр інтенсивного вивчення іноземних мов: <http://sites.znu.edu.ua/child-advance/>

Центр німецької мови, партнер Гете-інституту: <https://www.znu.edu.ua/ukr/edu/ocznu/nim>

Школа Конфуція (вивчення китайської мови): <http://sites.znu.edu.ua/confucius>