



СУЧАСНІ ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ У ФІЗИЦІ ТВЕРДОГО ТІЛА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

- Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова (Цикл професійної підготовки)</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4-й курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кр/120год Лекцій: 28 год Практичні: 18 год Самостійна робота студентів : 74год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, Модульна контрольна робота (МКР), Домашня контрольна робота (ДКР)</i>
Розклад занять	<i>http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: канд. фіз.-мат. наук, Кривенко-Еметов Я.Д.Б, krivemet@ukr.net Практичні: канд. фіз.-мат. наук, Кривенко-Еметов Я.Д.Б, krivemet@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

- Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» належить до циклу дисциплін природничо-наукової підготовки і забезпечує підготовку студентів в галузі загальних знань з питань фізики твердого тіла. На дисципліні «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» базуються інші спецкурси, що розглядають питання близькі по тематиці до питань спецкурсу з фізики твердого тіла.

Основною метою навчальної дисципліни «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» є формування у студентів системи знань з загальних питань: методами знаходження поверхні фермі різних металів, напівметалів, сплавів, уявлень та часткових розв'язків рівнянь Больцмана та Ландау-Власова, теорії Хартрі-Фока, екранування, інтегралів за траєкторіями, теорії Гутцвіллера та найпростіших моделей – квантових точок, металевих кластерів.

Також метою кредитного модуля є:

- отримання у студентів систематичних знань щодо головних положень теорії твердого тіла та знайомство з деякими сучасними моделями у теорії твердого тіла;

- оволодіння студентами основними методами розв'язку задач з курсу «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» по розрахунку поверхні Фермі, функцій розподілу, густини рівнів та оболонкової поправки у найпростіших системах – квантових точках та металевих кластерах;

- надання студентам необхідного базового матеріалу для підготовки магістерських робіт по темі теорія твердого тіла та близьких до цього тем, а також для подальшої наукової роботи у цьому напрямку.

Силабус навчальної дисципліни «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» розроблений на основі принципу конструктивного вирівнювання (constructive alignment), що дозволяє передбачити необхідні навчальні завдання та активності, які потрібні студентам для досягнення очікуваних результатів навчання, а потім спроектувати навчальний досвід таким чином, щоб максимально збільшити можливості студентів досягти бажаних результатів.

Силабус побудований таким чином, що для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому. Фінальним є екзамен, для здачі якого студенти використовують теоретичні знання та застосовують практичні навички, отримані під час виконання всіх видів завдань (практичних занять) та активної участі на лекційних заняттях (виконання поточних завдань та активностей). Особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності з яким студенти мають працювати над практичними тематичними завданнями, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання.

Навчання під час практичних занять здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок.

Під час практичних занять застосовуються:

стратегії активного і колективного навчання;

особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), парна робота (think-pair-share), метод мозкового штурму, дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати тощо);

метод проблемно-орієнтованого навчання.

Для більш ефективного розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу дистанційно використовується сервіси «Електронний кампус», Zoom та e-mail спілкування, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

Під час очного навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань, а також обладнання (проектор та електронні презентації для лекційних та семінарських занять).

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін прикладної фізики.

ОПИС КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Галузь знань, напрям	Загальні показники	Характеристики кредитного
----------------------	--------------------	---------------------------

підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень		модуля																		
Галузь знань 0402 «Фізико-математичні науки»	Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла»	Форма навчання <u>денна</u>																		
(шифр і назва)																				
Напрямок підготовки 6.040204 «Прикладна фізика»	Кількість кредитів ECTS – 3	Статус кредитного модуля <u>нормативна</u>																		
(шифр і назва)																				
Спеціальність: 6.04020401 – Прикладна фізика	Змістових модулів - <u>4</u>	Цикл, до якого належить кредитний модуль. <u>Цикл професійної та практичної підготовки</u>																		
(шифр і назва)																				
(назва)	(вид)	Семестр: <u>6-й....</u>																		
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Загальна кількість 120 год.																			
	Тижневих годин: аудиторних - 45 СРС - <u>36</u>	<table border="1"> <tr> <td>Лекцій</td> <td>28</td> <td>год.</td> </tr> <tr> <td>Практичні (семінарські)</td> <td>18</td> <td>год.</td> </tr> <tr> <td>Лабораторні (комп'ютерний практикум)</td> <td></td> <td>год.</td> </tr> <tr> <td>Самостійна робота (у тому числі на виконання індивідуального завдання)</td> <td>36</td> <td>год.</td> </tr> <tr> <td>Вид та форма семестрового контролю: <u>екзамен</u></td> <td>10</td> <td>год.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">(екзамен, залік/диф., залік, усна, письмова, тестування тощо)</td> </tr> </table>	Лекцій	28	год.	Практичні (семінарські)	18	год.	Лабораторні (комп'ютерний практикум)		год.	Самостійна робота (у тому числі на виконання індивідуального завдання)	36	год.	Вид та форма семестрового контролю: <u>екзамен</u>	10	год.	(екзамен, залік/диф., залік, усна, письмова, тестування тощо)		
Лекцій	28	год.																		
Практичні (семінарські)	18	год.																		
Лабораторні (комп'ютерний практикум)		год.																		
Самостійна робота (у тому числі на виконання індивідуального завдання)	36	год.																		
Вид та форма семестрового контролю: <u>екзамен</u>	10	год.																		
(екзамен, залік/диф., залік, усна, письмова, тестування тощо)																				
	Тижневих годин: аудиторних - 72 СРС - <u>36</u>																			

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати на вчання:

знання:

основних понять теорії твердого тіла; основних підходів та теоретичних методів опису твердого тіла, основних понять теорії фермі-рідини й теорії періодичних орбіт Гуцвіллера для оболонкових поправок у твердому тілі;

уміння:

вільно володіти основними поняттями теорії твердого тіла, опису властивостей твердого тіла взагалі та конкретно до різних часткових випадків (лужні метали, напівметали, перехідні метали та ін.), опис спектрів та переходів, знаходити функції розподілу квазічастинок у теорії Фермі-рідини й оболонкові поправки до густини рівнів та енергії у теорії Гуцвіллера;

досвід:

вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні в основних фізичних явищах, пов'язаних з сучасним станом в галузі досліджень твердого тіла та нові методи опису.

Загальні компетентності СВО

ЗК 1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК 2: Здатність до навчання та самоаналізу (пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел).

К 6: Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності СВО

ФК 5: Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК 6: Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

ФК 7: Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

Програмні результати навчання

ПРН 1: Знання сучасної фізики на рівні, достатньому для розв'язання практичних проблем прикладної фізики.

ПРН 14: Обирати та використовувати методи та засоби дослідження структури, складу та властивостей речовин і матеріалів.

ПРН 17: Знання основ професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності, зокрема хімії, ядерної фізики, статистичної радіофізики та оптики, електродинаміки суцільних середовищ для розв'язання практичних проблем прикладної фізики, в т.ч. високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Ця програма охоплює один з розділів курсу теоретичної фізики – теорію фізики твердого тіла. Програма орієнтована на студентів, які навчаються за напрямом підготовки — «Прикладна фізика». Прослухавши цей курс студенти можуть отримати систематичні знання щодо головних положень теорії твердого тіла, основних методів теорії твердого тіла та розв'язку деяких задач теорії твердого тіла за допомогою цих методів.

Для засвоєння матеріалу курсу «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» студенти повинні засвоїти термінологію та поняття курсів:

1. Атомна фізика;

2. Електродинаміка суцільних середовищ;
3. Квантова механіка.
4. Фізика твердого тіла

Також, студенти повинні вміти програмувати, використовувати математичний апарат: операції з матрицями, диференціювати, інтегрувати, розв'язувати диференціальні рівняння.

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла» можна використовувати в подальшому в навчальних дисциплінах, пов'язаних з теоретичними та практичними аспектами прикладної фізики та матеріалознавства.

3. Зміст навчальної дисципліни

СТРУКТУРА КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

<i>Назви змістових модулів і тем</i>	<i>Кількість годин</i>				
	<i>Всього</i>	<i>у тому числі</i>			
		<i>Лекцій</i>	<i>Практичних (семінарських) занять</i>	<i>Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум)</i>	<i>СРС</i>
1	2	3	4	5	6
1.Визначення поверхні Фермі	2	1			1
2.Ефект де Гааза - ван Альфена	2	1	1		
3.Вільні електрони в постійному магнітному полі	2	1			1
3.Рівні блохівське електронів в постійному магнітному полі					
походження осциляцій	3	1	1		1
	9	4	2		3
4.Вплив спина електрона на осциляції	1				1
5.Інші методи дослідження поверхні Фермі	1				1
6.Зонна структура окремих металів	1	1			

7. моновалентні метали	1		1		
8. двовалентні метали	1	1			
9. тривалентні метали	1				1
10. чотирьохвалентного метали	1	1			
11. напівметали	2	1	1		
12. перехідні метали	9	4	2		3
13. рідкоземельні метали	2	1			1
15. сплави	2	1			1
16. За межами тау-наближення	3	1	1		1
17.Механізми розсіювання електронів	1	1			
18. Імовірність розсіювання і час релаксації	1		1		
19.Швидкість зміни функції розподілу за рахунок зіткнень	9	4	2		3
20.Знаходження функції розподілу. Рівняння Больцмана	3	1	2		
21.Розсіювання на домішках					
22.Закон Видемана - Франца	3	1			2
23.правило Матіссена	2	1			1
24.Розсіювання в ізотропних матеріалах	1	1			
25. За межами наближення незалежних електронів	9	4	2		3
26.Обмін. Наближення Хартрі - Фока	3	1	1		1
27.Теорія Хартрі - Фока для вільних електронів					
28.Екранування (загальна теорія)	3	1	1		1
29.Теорія екранування Томаса - Фермі	2	1	1		
30.Теорія екранування Ліндхарда	1				1
31.Ліндхардовское екранування, залежне від частоти	9	4	2		3
32.Наближення Хартрі - Фока з урахуванням екранування					
33.Теорія фермі-рідини	3		1		2
34.Теорія фермі-рідини. Роль принципу Паулі при електрон-електронному розсіянні поблизу енергії Фермі.	3	2			1
35.Теорія фермі-рідини. квазічастинки	9	4	2		3
36.Теорія фермі-рідини: f-функція	2	1	1		
37.Теорія фермі-рідини: основні теоретичні засади					
38.Кінетичне Рівняння для квазічастинок у фермі-рідині.	2	1	1		
39. Розсіяння на домішках.	2				2
40. Електрон-фононне та фонон-електронне розсіяння.	2	1			1
41.Фейнманівське формулювання квантової механіки. Інтеграл за траєкторіями.	1	1			
42. Квантовий пропагатор. Теорія Гуцвіллера.	9	4	2		3
43. Найпростіші системи. Квантові точки. Металеві кластери.	2		2		

Екзамен	6		2		34
Всього годин	105	28	18		74

4. Навчальні матеріали та ресурси

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Ашкрофт Н, Мермин Н. Физика твёрдого тела. Т. 1 и 2. М., 1979
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978
3. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел. М.: Наука, 1967
4. Займан Дж. Электроны и фононы. Теория явлений переноса в твердых телах. М.: ИЛ, 1962
5. Дж. Займан "Принципы теории твердого тела", М., 1966
6. В.И. Зиненко, Б.П. Сорокин, П.П. Турчин. "Основы физики твердого тела". 2001, Издательство Физико-математической литературы.
7. А. С. Давыдов. Теория твердого тела. Наука, 1976
8. Маделунг О. Теория твердого тела. М.: Наука, 1980
9. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников М.: Наука, 1978
10. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. Наука, 1979.
11. Ю.М.Поплаво. Физика твердого тіла T1, T2.- Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017.
12. Курс теоретичної фізики Том ІХ. Статистична фізика. Частина 2. (Автори: Е. М. Ліфшиц, Л. П. Пітаєвський)
13. Р. Фейнман, А. Хибс. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И ИНТЕГРАЛЫ ПО ТРАЕКТОРИЯМ.
14. Semiclassical Physics M.Brack and R.K. Bhaduri 1997 Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York

Допоміжна

15. Г.Бейтмен и А.Эрдейи, Высшие трансцендентные функции. Т. 1 и 2, М.: «Наука», 1973.
16. Я.Д.Кривенко-Еметов Збірник задач з фізики твердого тіла (на основі задач з книги Ашкрофт Н, Мермин Н. Физика твёрдого тела. Т. 1 и 2. М., 1979).
17. Д.Філін Збірник задач з фізики твердого тіла. К 2016
18. Semiclassical treatment of symmetry breaking and bifurcations in a non-integrable potential Koliesnik, M.V., Krivenko-Emetov, Y.D., Magner, A.G., Arita, K., Brack, M. Physica Scripta, 2015, 90(11), 114011.

https://do.ipk.kpi.ua/pluginfile.php/142848/mod_resource/content/1/%D1%84%D1%82%D1%82_%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8_2020.pdf

https://web.telegram.org/#/im?p=@ipt_solid_state_physics

- Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми лекцій та перелік основних питань (перелік дидактичного
-------	--

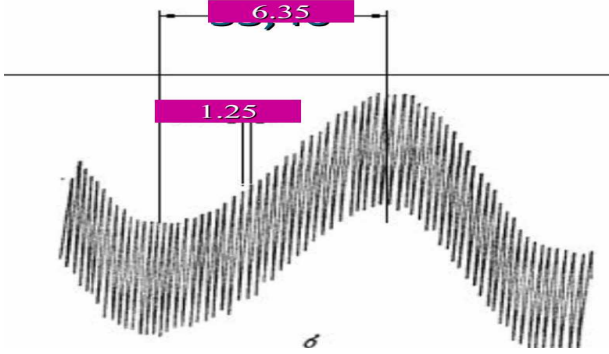
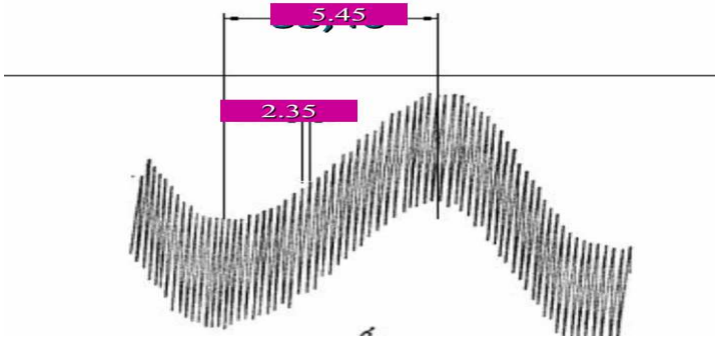
<i>забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>	
1	Визначення поверхні Фермі. Ефект де Гааза - ван Альфена
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	
2	Вільні електрони в постійному магнітному полі. Рівні блохівське електронів в постійному магнітному полі.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
3	Походження осциляцій. Вплив спина електрона на осциляції . Інші методи дослідження поверхні Фермі.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
4	Зонна структура окремих металів. Моновалентні метали. Двовалентні метали.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
5	Тривалентні метали. Чотирьохвалентні метали. Напівметали. Перехідні метали. Рідкоземельні метали. Сплави.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
6	За межами тау-наближення. Механізми розсіювання електронів
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
7	Імовірність розсіювання і час релаксації. Швидкість зміни функції розподілу за рахунок зіткнень. Знаходження функції розподілу. Рівняння Больцмана.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
8	Розсіювання на домішках. Закон Видемана – Франца. Правило Матіссена
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
9	Розсіювання в ізотропних матеріалах. За межами наближення незалежних електронів. Обмін. Наближення Хартрі – Фока.

Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
10	Теорія Хартрі - Фока для вільних електронів. Екранування (загальна теорія).
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
11	Теорія екранування Томаса – Фермі. Теорія екранування Ліндхарда. Ліндхардовское екранування, залежне від частоти.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
12	Наближення Хартрі - Фока з урахуванням екранування. Теорія фермі-рідини.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
13	Теорія фермі-рідини. Роль принципу Паулі при електрон-електронному розсіянні поблизу енергії Фермі. Теорія фермі-рідини. Квазічастинки.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
14	Теорія фермі-рідини: f-функція Теорія фермі-рідини: основні теоретичні засади. Кінетичне Рівняння для квазічастінок у фермі-рідині.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
15	Розсіяння на домішках. Електрон-фононне та фонон-електронне розсіяння.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
16	Фейманівське формулювання квантової механіки. Інтеграл за траєкторіями. Квантовий пропагатор.
Література:	[1,16,17]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
17	Теорія Гуцвіллера.
Література:	[1,16,13,17,18]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.

на СРС:	
18	Найпростіші системи. Квантові точки. Металеві кластери.
Література:	[1,16,17,13,18]
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
19	Додаткові глави ФТТ. Висновки.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Основні завдання циклу практичних занять: надання знань по розв'язку задач з ФТТ.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1-2	<p>1. Використовуючи фундаментальне співвідношення $\Delta\left(\frac{1}{H}\right) = \frac{(2\pi e)}{\hbar c} \frac{1}{A_e}$ визначте відношення площ двох екстремальних орбіт, що обумовлюють зображені на фігурі осциляції.</p>  <p>2. Використовуючи фундаментальне співвідношення $\Delta\left(\frac{1}{H}\right) = \frac{(2\pi e)}{\hbar c} \frac{1}{A_e}$ визначте відношення площ двох екстремальних орбіт, що обумовлюють зображені на фігурі осциляції.</p>  <p>осциляції.</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
3-4	3. Вивести формулу:

	$\mathcal{E}(\mathbf{k}) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} - \frac{1}{V} \sum_{\mathbf{k}' < k_F} \frac{4\pi e^2}{ \mathbf{k} - \mathbf{k}' ^2} =$ $= \frac{\hbar^2 k^2}{2m} - \int_{\mathbf{k}' < k_F} \frac{d\mathbf{k}'}{(2\pi)^3} \frac{4\pi e^2}{ \mathbf{k} - \mathbf{k}' ^2} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} - \frac{2e^2}{\pi} k_F F\left(\frac{k}{k_F}\right)$ <p>и</p> $F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1-x^2}{4x} \ln \left \frac{1+x}{1-x} \right .$ <p>4. Вивести формулу (17.22):</p> $E = 2 \sum_{\mathbf{k} < k_F} \frac{\hbar^2 k^2}{2m} - \frac{e^2 k_F}{\pi} \sum_{\mathbf{k} < k_F} \left[1 + \frac{k_F^2 - k^2}{2k k_F} \ln \left \frac{k_F + k}{k_F - k} \right \right]. \quad (17.21)$ <p>Первое слагаемое уже вычислялось нами в гл. 2 [формула (2.31)]. Если представить второе слагаемое в виде интеграла, его вычисление дает</p> $E = N \left[\frac{3}{5} \mathcal{E}_F - \frac{3}{4} \frac{e^2 k_F}{\pi} \right]. \quad (17.22)$
Література:	
Завдання на СРС:	
5	<p>Використовуючи рівняння Больцмана в наближенні часу релаксації без релаксаційних процесів ($\partial f / \partial t = 0$) визначити електропровідність електронного газу (металів), в якому магнітне поле і градієнт температури відсутні, а напруженість електричного поля має єдину відмінну від нуля компоненту в напрямку осі Ox</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
6-7	<p>Використовуючи наближення часу релаксації визначити електропровідність електронного газу (металів), в якому магнітне поле і градієнт температури відсутні, а напруженість електричного поля має єдину відмінну від нуля компоненту в напрямку осі Oy.</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
8-9	<p>Довести, що в слабонеідеальному газі швидкість нульового звуку Ландау перевищує швидкість звуку у $\sqrt{3}$ разів,</p> <p>якщо $u^2 = \frac{p_f^2}{3m^2} \left(1 + \frac{m p_f}{(2\pi\hbar)^3} \int f(\vartheta) (1 - \cos\vartheta) d\Omega \right)$.</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
10-11	<p>Довести, що в слабонеідеальному газі швидкість нульового звуку Ландау перевищує швидкість звуку у $\sqrt{3}$ разів, якщо</p>

	$u^2 = \frac{P_f^2}{3mm^*} (1 + \overline{F(9)}) \cdot \overline{F(9)}$ <p>- усереднений безрозмірний множник незалежної від спінів функції взаємодії квазічастинок (на фермі-поверхні).</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
12	<p>Двохатомна лінійний ланцюжок. Розглянемо лінійну ланцюжок, в якій чергуються іони з масою m_1 і m_2, причому істотно лише взаємодія між найближчими сусідами. А) Покажіть, що закон дисперсії для нормальних мод має вигляд $\omega^2 = \omega_1^2 \omega_2^2 (\omega_1^2 + \omega_2^2) \pm \omega_1^2 \omega_2^2 + 2\omega_1 \omega_2 \cos(2ka)$ 7 Б) Обговоріть форму закону дисперсії і характер нормальних мод в разі $m_2 \gg m_1$. в) Порівняйте знайдений закон дисперсії в разі $m_1 \approx m_2$ з законом дисперсії для моноатомної лінійного ланцюжка.</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
13-14	<p>Б) Покажіть, що, коли вектор k лежить в напрямку, $1 \ 0 \ 0$-, одна нормальна мода строго поздовжньо і має частоту $\omega = 8A + 4B \sin^2 ka$, а дві інші строго поперечно, виродилися і володіють частотою $\omega = 8A + 2B \sin^2 ka$. В) Які частоти і поляризації нормальних мод, коли вектор k паралельний напрямку, $1 \ 1 \ 1$.</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
15-16	<p>А) Покажіть, що вираз (23.36) для щільності нормальних мод в дебаєвського наближенні збігається з першим членом розкладання точного (в гармонійному наближенні) вираження для $g(\omega)$, якщо швидкість v обрана відповідно до формули (23.18). □ Б) Покажіть, що в d-вимірному гармонійному кристалі щільність нормальних мод на низьких частотах поводить як $\omega^d - 1$. В) Виведіть звідси, що низькотемпературна питома теплоємність гармонійного кристала в разі d вимірювань пропорційна T^d. Г) Покажіть, що якщо ω частоти нормальних мод прагнули до нуля не пропорційно k, а як k^v, то низькотемпературна питома теплоємність в разі d вимірювань була б пропорційна T^d / v.</p>
Література:	
Завдання на СРС:	
17-18	<p>У лінійної гармонійної ланцюжку з взаємодією лише між найближчими сусідами закон дисперсії нормальних мод має вигляд (див. (22.29)) $\omega(k) = \omega_0 \sin(ka/2)$ де константа ω_0 представляє максимальну частоту (що досягається, коли k лежить на кордоні зони). Покажіть, що в цьому випадку щільність нормальних мод дається</p>

	виразом $g(\omega) = 2\pi \int \omega^2 - \omega^2$. Особливість при $\omega = \omega_0$ є особливість ван Хова.
Література:	
Завдання на СРС:	

6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу передбачено 74 год. Самостійна робота передбачає вивчення теоретичного матеріалу, виконання розрахункової роботи (РР), підготовку до аудиторних занять, розв'язок задач, підготовка до контрольної роботи та до екзамену.

Розрахункова робота оформлюється в окремому зошиті і здається в термін, встановлений викладачем на початку семестру.

- Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали	
Критерій	Бал
Активність на лекційних заняттях.	10 балів
Активність на практичних заняттях.	10 балів
Наявність рукописного конспекту лекцій.	10 балів
Порушення термінів виконання завдань	-5 балів
Призове місце у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	До 10 балів

Відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання поточного завдання, практичних задач та тематичних завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, не оцінюється.

Залік є підсумком всієї роботи студента в семестрі і враховує всі види робіт, які студенти зобов'язані виконати протягом семестру згідно рейтинговій системі оцінювання.

Протягом семестру регулярно проводяться індивідуальні консультації за окремим графіком та поточні консультації за розкладом. На індивідуальних консультаціях викладач консультує по завданнях самостійної роботи, проводить поетапний та кінцевий прийом завдань з курсу. Присутність студента на індивідуальній консультації в аудиторії або в черзі до викладача не повинна перевищувати 1 пару на 2 тижні. Забороняється затримувати студентів після 20 години. Поточні консультації проводить лектор з ключових питань курсу за розкладом.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами ¹.

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації ²	8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови атестації: поточний рейтинг ³	≥ 10 балів	≥ 20 балів

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре

¹ Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

² Там само.

³ Там само.

84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Співбесіда

На останньому за розкладом занятті викладач проводить семестрову атестацію у вигляді співбесіди зі студентами, які не змогли отримати за рейтингом позитивну оцінку, але були допущені до семестрової атестації, а також з тими, хто бажає підвищити свою позитивну оцінку.

Студенти, які набрали протягом семестру менше ніж 60 балів ($RD < 30$), зобов'язані проходити співбесіду. Студенти, які протягом семестру отримали більш ніж 30 балів, можуть пройти співбесіду з метою підвищення оцінки. Якщо результати співбесіди є позитивними, студент отримує оцінку за результатами співбесіди. Якщо результати співбесіди є негативними або нижчими за бажаний рівень знань для оцінки, на яку студент претендує, студент отримує оцінку згідно зі своїм рейтингом.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Фізика твердого тіла – сучасні теоретичні моделі» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англomовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): «Сучасні теоретичні методи у фізиці твердого тіла»

Складено доцентом кафедри прикладної фізики, кандидатом фіз.-мат.наук, Кривенко-Еметовим Я.Д.

Ухвалено кафедрою прикладної фізики (протокол № 2/2020-2021 від 04.09.2020)

Затверджено Вченою Радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07.09.2020)