

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б. І. ВЕРКІНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. Директора
ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна
НАН України



М. І. Глушук

« 7 » листопада 2020 р.

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

Актуальні проблеми сучасної фізики конденсованого стану

(назва навчальної дисципліни)

з галузі знань «10 Природничі науки»
за спеціальністю «104 Фізика та астрономія»

РОЗРОБНИК/-И:

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу теплових властивостей і структури твердих тіл та наносистем ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України Долбин Олександр Вітольдович

підпис

доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу теплових властивостей і структури твердих тіл та наносистем ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України Кривчіков Олександр Іванович

підпис

Погоджено Науковою радою з проблеми «Молекулярна фізика, фізика кріогенних рідин та кристалів»
ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України 11 серпня 2020 р., протокол № 481

Голова Ради

/ С. С. Соколов /

Вчений секретар Ради

/ В. Л. Вакула /

Затверджено Вченою радою Фізико–технічного інституту низьких температур
ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України, 07.07. 2020 р., протокол № 5.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР ім. Б.І. ВЕРКІНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

СИЛЛАБУС
навчальної дисципліни
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ
2020-2021 навчальний рік

<i>Назва n/n</i>	<i>Коротка інформація</i>
Назва	АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ
Адреса викладання	м. Харків, пр. Науки, 47
Рівень вищої освіти	Третій освітньо-науковий рівень
Галузі знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Викладач /-чі/	д.ф.-м.н., проф. Долбин О.В., д.ф.-м.н., проф. Кривчіков О.І.
Контактна інформація викладача (-ів)	dolbin@ilt.kharkov.ua krivchikov@ilt.kharkov.ua
Графік занять	За розкладом
Консультації по курсу відбуваються	П'ятниця 16.00-17.00. пр. Науки, 47, лаб.корпус, к. 222; он-лайн консультації через Skype або Wiber (для узгодження часу писати на електронну пошту dolbin@ilt.kharkov.ua , krivchikov@ilt.kharkov.ua)
Сторінка курсу	https://

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>
Інформація про навчальну дисципліну	Дисципліна «Актуальні проблеми фізики конденсованого стану» є нормативною навчальною дисципліною, яка входить до циклу загальної підготовки за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» на третьому /освітньо-науковому/ рівні підготовки доктора філософії з фізики. Дана дисципліна викладається у 3-4 семестрах підготовки в обсязі 2 кредита за Європейською кредитно-трансферною системою /ECTS/.
Анотація	Курс “ Актуальні проблеми фізики конденсованого стану ” відноситься до дисциплін, що підсумовують основні профільюючі курси базової фізичної освіти, яку отримали аспіранти під час навчання у вищих навчальних закладах. У ньому містяться розділи, присвячені найголовнішим питанням фізики конденсованого стану. Розглядаються: квантові рідини, тверді тіла, а також ефекти, які спостерігаються в цих речовинах. Причому класичні знання поєднуються з викладом найновіших теоретичних та експериментальних даних, опублікованих у періодичних наукових виданнях та монографіях. Для успішного засвоєння даного курсу необхідними є знання з курсів загальної фізики, термодинаміки, фізики твердого тіла, фізики неупорядкованих систем, фізики кластерів та наносистем, а також статистичної фізики та кристалографії, що дасть змогу поєднати теоретичні та експериментальні дані та побачити перспективи подальших наукових досліджень у цій галузі.
Мета та цілі	Метою курсу є формування у майбутнього доктора філософії системи знань з фізики конденсованого стану і розуміння закономірностей утворення структури та її взаємозв'язку з фізичними властивостями. Це передбачає виклад основних розділів фізики конденсованого стану, з яких можна отримати решту навчального матеріалу. Головна увага звертається на розуміння ролі міжчастинкової взаємодії при формуванні конденсованих систем.
Загальний обсяг у кредитах Європейської кредитно-трансферної системи /ECTS/	2 кредити
Загальна кількість годин	60 годин
Структура	42 години аудиторних: з них 16 годин лекцій, 4 годин семінарських занять, 40 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	У результаті вивчення курсу аспірант повинен знати: <ul style="list-style-type: none"> • термінологію в галузі фізики конденсованого стану; • основні явища, що відбуваються у рідинах різного типу (молекулярних та квантових рідинах, зріджених інертних газах);

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • теоретичні методи опису структури та властивостей конденсованих речовин і квантових рідин та їх термодинамічні характеристики; • явища та процеси, які протікають у твердих кристалічних та аморфних речовинах та роль електронної структури і фононних коливань в цих явищах; • моделі фазових переходів та інших перетворень у конденсованих системах; • методику вибору потенціалу міжчастинкової взаємодії для розрахунку структури та термодинамічних характеристик конденсованих речовин. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проводити розрахунки властивостей рідин та твердих розчинів на основі сучасних теоретичних методів з використанням потенціалів міжчастинкової взаємодії; • застосовувати методи комп'ютерного моделювання для оцінки фізичних характеристик конденсованих речовин; • використовувати довідкову і навчальну літературу в галузі фізики конденсованого стану, знаходити інші необхідні джерела інформації і працювати з ними; • пояснювати основні фізичні принципи та використовувати вивчені експериментальні методи у самостійній науковій роботі. <p>Інтегральний результат навчання полягає у тому, що аспірант повинен</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вміти застосовувати фундаментальні знання з фізики конденсованого стану для аналізу явищ та процесів, які відбуваються в твердих тілах та рідинах; • обґрунтовано вирішувати фізичні задачі в рамках своєї спеціальності, використовуючи різнобічні міждисциплінарні знання з фізики конденсованого стану; • Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та діяти відповідно норм академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень та у науково-педагогічній діяльності. • Працювати над власним розвитком та вдосконалюванням, виявляти прагнення до підвищення професійної кваліфікації та критично оцінювати власні здобутки, бачити обмеження та вміти визначати перспективи подальшого професійного вдосконалення.
Ключові слова	Конденсований стан, квантова рідина, теплові властивості, теплоємність, теплопровідність
Програма навчальної дисципліни	<p>Тема 1. Теплові властивості кристалів і аморфних твердих тіл</p> <p>Тема 2. Класичні та нові моделі опису теплових властивостей конденсованих речовин</p> <p>Тема 3. Молекулярні і складні кристали та їх властивості</p> <p>Тема 4. Нові підходи до опису теплопровідності</p> <p>Тема 5. Теплові властивості аморфних речовин</p>

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>
	<p>Тема 6. Особливості теплового розширення і сорбційних властивостей наноструктур і систем зі зниженою розмірністю</p> <p>Тема 7. Квантові рідини та квантові кристали – нові системи та підходи до вивчення</p>
<p>Короткий опис змісту тем</p>	<p>Тема 1. Теплові властивості кристалів і аморфних твердих тіл</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вступна частина. Короткий виклад тематики курсу. Деякі важливі експериментальні факти і фізичні ідеї для теплофізики молекулярних твердих тіл. Поняття про теплоємності. Закон де- Лонга і Пті. Експериментальні факти для простих і складних кристалів, аморфних твердих тіл і розупорядкованих кристалів. <p>Тема 2. Класичні та нові моделі опису теплових властивостей конденсованих речовин.</p> <p>Модель Дебая. Теорія динаміки кристалічної решітки. Роль трансляційної симетрії. Поняття про колективні коливання (фонони). Закон дисперсії. Щільність енергетичних станів. • Модель Шредінгера для щільності станів кристала. Ізоенергетичні поверхні відкритого і закритого типу. Сингулярності ван-Хова. Особливості температурної залежності теплоємності атомарного кристала. Дисперсійний максимум в наведеній теплоємності. Експериментальні факти для криокристалів.</p> <p>Тема 3. Молекулярні і складні кристали та їх властивості</p> <ul style="list-style-type: none"> • Кристали зі складною структурою. Оптичні фонони. Модель Ейнштейна. Закон дисперсії. Теплоємність. Експериментальні дані для простих молекулярних кристалів. Теплоємність аморфних тіл і glassy-crystals. Низькотемпературні аномалії. Бозон максимум. Теоретичний опис. Порівняльний аналіз між кристалічними і аморфними тілами. Low and ultra low thermal conductivity complex crystal. <p>Тема 4. Нові підходи до опису теплопровідності</p> <ul style="list-style-type: none"> • Теплопровідність молекулярних кристалів. Процеси фонон-фононного розсіювання. Закон Ейкена і його порушення. Складні молекулярні кристали. Термоелектричні матеріали і ін. Функціональні матеріали. Ефект тунелювання. Сучасна точка зору.

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>
	<p>Тема 5. Теплові властивості аморфних речовин</p> <p>Теплопровідність аморфних речовин і її універсальна поведінка. Вплив тиску, опромінення, пористості і ін. Склоподібна поведінка теплопровідності кристалів різних типів. Теоретичний опис теплопровідності аморфних речовин. Модель дворівневих станів. Модель м'яких потенціалів. Модель Олена-Фельдмана. Мінімальна теплопровідність. Сучасний опис теплопровідності і теплоємності в рамках взаємодії акустичних і оптичних збуджень твердого тіла. Гібридизація. Універсальна поведінка. Основні особливості та закономірності. Висновки і перспективи в контексті досліджень теплових властивостей нових речовин.</p> <p>Тема 6. Особливості теплового розширення і сорбційних властивостей наноструктур і систем зі зниженою розмірністю</p> <p>Природа теплового розширення твердих тіл. Особливості будови наноструктур та їх вплив на теплове розширення. Квантові та вимірні ефекти у тепловому розширенні та сорбційних властивостях наноструктур. Теплове розширення аерогелів.</p> <p>Тема 7. Квантові рідини та квантові кристали – нові системи та підходи до вивчення.</p> <p>Поняття квантової турбулентності. Твердий гелій як квантовий кристал. Інтенсивність нульових коливань та параметр Де-Бура. Основи квантової теорії А. Андрєєва та І.Лифшиця.</p>
Теми лекційних занять	<ul style="list-style-type: none"> - Теплові властивості кристалів і аморфних твердих тіл - Класичні та нові моделі опису теплових властивостей конденсованих речовин - Молекулярні і складні кристали та їх властивості - Нові підходи до опису теплопровідності - Теплові властивості аморфних речовин - Особливості теплового розширення і сорбційних властивостей наноструктур і систем зі зниженою розмірністю - Квантові рідини та квантові кристали – нові системи та підходи до вивчення
Теми семінарських занять	<ul style="list-style-type: none"> - Взаємозв'язок між силами міжчастинкової взаємодії та структурою конденсованих систем. Потенціали парної взаємодії та розрахунок на їх основі фізичних властивостей. - Опис теплопровідності з точки зору квантової механіки. Внесок квазічасток і квазі-хвиль в теплопровідність.

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>													
Теми для самостійної роботи	<ul style="list-style-type: none"> - Основні закономірності теплопереносу у твердих тілах. Граткова та електронна теплопровідність. Механізми теплопередачі в металах і твердих тілах. Роль фононів у процесах передачі теплоти. - Структурні фазові переходи. Міжфазні границі в багатокомпонентних системах - Критичні явища і конфігураційна теплоємність - Феномелогічна теорія Ландау для фазових переходів - Роль фононів у структурних фазових переходах - Теплове розширення твердих тіл і рідин. Ангармонізм атомних коливань. Від'ємний коефіцієнт термічного розширення. - Атомна динаміка у твердих тілах і рідинах. Колективні явища. Фонони та ротони у квантових рідинах 													
Підсумковий контроль, форма	Залік													
Пререквізити	Вивчення дисципліни передбачає володіння базовими знаннями та навиками з курсів загальної фізики, термодинаміки, фізики твердого тіла, фізики неупорядкованих систем, фізики кластерів та наносистем, а також статистичної фізики та кристалографії, отриманих під час здобуття ступеня магістра.													
Постреквізити	Основні положення навчальної дисципліни повинні допомогти аспірантам поєднати сучасні теоретичні та експериментальні методики та концепції, побачити перспективи подальших наукових досліджень у галузі фізики конденсованого стану.													
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	В процесі навчання використовуються лекції, презентації, методичні матеріали та спеціальна література.													
Необхідне обладнання	Технічні засоби, необхідні для демонстрації презентацій, загально вживані програми і операційні системи.													
Шкала оцінювання	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">СУМА БАЛІВ</th> <th rowspan="2">ОЦІНКА ЄКТС</th> <th colspan="2">ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ</th> </tr> <tr> <th>екзамен</th> <th>залік</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90-100</td> <td>A</td> <td>відмінно</td> <td rowspan="2">зараховано</td> </tr> <tr> <td>82-89</td> <td>B</td> <td>добре</td> </tr> </tbody> </table>	СУМА БАЛІВ	ОЦІНКА ЄКТС	ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ		екзамен	залік	90-100	A	відмінно	зараховано	82-89	B	добре
СУМА БАЛІВ	ОЦІНКА ЄКТС			ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ										
		екзамен	залік											
90-100	A	відмінно	зараховано											
82-89	B	добре												

Назва п/п	Коротка інформація			
	75-81	C	задовільно	
64-74	D			
60-63	E			
35-59	FX	незадовільно	не зараховано	
1-34	F			
Критерії оцінювання	<p>Кількість балів</p> <p>Критерії оцінювання</p> <p>90-100 У відповіді повністю розкрито зміст питання. Матеріал викладено логічно, аргументовано, мова є грамотною, науковий стиль викладення матеріалу, вільне володіння термінологічним апаратом дисципліни. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що входить до навчальної програми, та продемонстровано високі практичні навички.</p> <p>75-89 Відповідь досить повно розкриває зміст питання або розкриває основні (найважливіші) аспекти у запитанні, слухач володіє термінологічним апаратом дисципліни. У викладеному матеріалі слухач має помилки із аргументацією відповіді, недостатня логічність та послідовність викладення матеріалу. У відповіді продемонстровано високий рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, та середній рівень володіння практичним матеріалом.</p> <p>60-74 Відповідь на контрольне питання є неповною, розкриває тільки деякі аспекти навчального матеріалу. Слухач припускається помилок у використанні термінології навчальної дисципліни. Рівень володіння матеріалом, що було викладено на лекціях, додатковим та практичним матеріалом є середнім.</p> <p>35-59 У відповіді допущено суттєві помилки, які свідчать про незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; слухач слабо володіє термінологією дисципліни.</p> <p>1-34 Відповідь практично відсутня, слухач демонструє незнання лекційного матеріалу або обов'язкової літератури; не володіє термінологією</p>			
Питання до іспиту/заліку	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назовіть ступені свободи молекул, які утворюють кристал. 2. Опишіть характер низькотемпературної залежності теплоємності. За яким законом її можливо описати? 3. Назовіть особливості низькотемпературного коливального спектру твердих тіл. 4. Яка фізична природа максимуму C / T^3 твердих тіл? Чи є вона однаковою як для кристалів, так і для аморфних твердих тіл або склоподібних речовин? 			

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>
	<ol style="list-style-type: none"> 5. Які збудження визначають низькотемпературну теплоємність кристала? 6. Який взаємозв'язок існує між температурою максимуму C / T^3 та першою особливістю ван Хоува? 7. Вкажіть особливості теплових властивостей молекулярних твердих тіл. 8. Які фактори впливають на теплопровідність молекулярного кристалу? 9. Назовіть основні ознаки склоподібної поведінки теплопровідності кристалів різних типів. 10. Сформулюйте основні принципи сучасного опису теплопровідності і теплоємності в рамках взаємодії акустичних і оптичних збуджень твердого тіла. 11. Опишіть основні принципи побудови моделей теплопровідності аморфних речовин. 12. Сформулюйте можливі причини від'ємного коефіцієнту термічного розширення. 13. Які принципи побудови систем зі зниженою розмірністю? 14. Охарактеризуйте температурну залежність фононного і ротонного вкладів в теплоємність квантових рідин.
Література для вивчення дисципліни:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quasiparticles: Ideas and principles of solid state quantum physics Paperback – 1979 2. Kittel Quantum theory of solids, 1967 3. Kosevich A.M. The crystal lattice (2ed., Wiley, 2005) 4. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику, М, Наука, 1988, 328 с. 5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., Фейнмановские лекции по физике, Квантовая механика, ч.8-9, М, Мир, 1978, 526 с. 6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч.1, М, Наука, 1995, 608 с. 7. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах, М, Мир, 1971, 470 с. 8. Киттель Ч., Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978, 792 с. 9. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А., Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2007 г., 632 с. 10. Нокс Р., Голд А., Симметрия в твердом теле, М.: Наука, 1970 г., 424 с. 11. С.Лавси, Т.Шрингер. Динамические свойства твердых тел и жидкостей. Мир. Москва. 1990, 487с. 12. Н.Марч, М.Паринелло. Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях. Москва, Мир. 1986, 319с. 13. А.Брус, Р.Каули. Структурные фазовые переходы. Москва, Мир, 1984, 408с.
Додаткова література	<ol style="list-style-type: none"> 1. http://www.nanoforum.org — Європейський нанотехнологічний портал 2. http://www.nanovip.com — Міжнародний каталог, який присвячений бізнесу в сфері нанотехнологій 3. http://www.nsti.org — Інститут нано науки і технологій NSTI 4. http://www.nanowerk.com — Інформаційний портал Nanowerk 5. http://www.nsf.gov — National Science Foundation (NSF) — національний науковий фонд США

<i>Назва п/п</i>	<i>Коротка інформація</i>
	6. http://www1.nas.gov.ua/svit/Article/Pages/10_4546_03.aspx – видавництво «Світ» МОН і НАН України.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.