**Одеський національний університет імені І. І. Мечникова**

**Факультет математики, фізики та інформаційних технологій  
Кафедра фізики та астрономії**

**Силабус курсу**

**Фізика м’якої речовини**

|  |  |
| --- | --- |
| Обсяг | 4 кредити, 120год. |
| Семестр, рік навчання | 1 семестр, 1-й рік навчання |
| Дні, час, місце | П’ятниця 13.00, ауд.16, Пастера 42 |
| Викладач (-і) | проф. Маломуж М.П. |
| Контактний телефон |  |
| Е-mail | mnp@onu.edu.ua |
| Робоче місце | ауд.16, Пастера 42 |
| Консультації | Очні консультації: П’ятниця 15.00, ауд.16, Пастера 42 |

**КОМУНІКАЦІЯ**

Комунікація зі студентами: E-mail mnp@onu.edu.ua; очні зустрічі.

**АНОТАЦІЯ КУРСУ**

**Предметом вивчення** навчальної дисципліни є основні термодинамічні та кінетичні властивості води.

Вивченню дисципліни «Фізика м’якої речовини» передують розділи курсу «Статистична фізика та термодинаміка», «Методи математичної фізики», «Фазові переходи та фазові рівноваги». Знання курсу «Фізика м’якої речовини» закладає основи для подальшого вивчення дисциплін професійної підготовки та дисциплін за вибором студента.

Метою курсу є підготовка фахівців, спроможних аналізувати властивості рідинних систем подібних до гелія-4, які можуть переходити до надплинного стану, типу гліцерину, які можуть перебувати у звичайному та сильно-в’язкому станах, а також у склоподібному стані, типу рідких кристалів, які природно поєднують властивості рідин та кристалів з анізотропними молекулами, типу кулонівського газу, здатного перебувати в газоподібному та рідкому станах, переходити зі стану діелектрика до стану провідника.

Мета дисципліни “Фізика м’якої речовини” спрямована на те, щоб *сформувати у студентів навички якісного і кількісного* аналізу властивостей описанних систем методами сучасної фізики.

**Завданням дисципліни** є ознайомилення студентів з основними підходами до опису властивостей м’якої речовини, принципами побудови параметрів порядку та рівняння стану речовини та опису її калоричних властивостей, статичної та в’язко-пружної поведінки, статичних та динамічних діелектричних властивостей, опису фазового переходу діелектрик-провідник та властивостей надплинного стену гклія-4; розгляд найбільш важливих проблем Фізики м’якої речовини (ФМР): особливості фазових діаграм, в першу чергу, положення границь між стабільними та метастабільними станами, метастабільними та абсолютно нестабільними станами, властивості речовини поблизу границь, розповсюдження акустичних та електромагнітних збуджень, особливості релаксаційних явищ, поведінку зсувної в’язкості та коефіцієнтів самодифузії, формування навички побудови гідродинамічних рівнянь для різних систем, опису частотної залежності кінетичних коефіцієнтів, встановлення їх тензорної природи, особливо в зовнішніх електричних та магнітних полях, аналізу спектрів молекулярного розсіювання світла тощо. Розвинення навички моделювання складних явищ за допомогою відносно простих прикладів.

**Результати навчання** **забезпечують можливості:**

Знати: принципи побудови рівнянь гідродинаміки в залежності від типу її параметра порядку; як визначати швидкість розповсюдження і коефіцієнт поглинання акустичних хвиль в залежності від їх частоти; як знаходити поперечний переріз розсіяння молекулярного розсіяння світла в залежності від характеру поляризації падаючого і розсіяного світла та частоти розсіяння; як обчислювати температуру переходу системи до стану, в якому її властивості визначаються квантовими закономірностями; особливості фазової діаграми надплинного гелію-4; особливості гідродинаміки надплинного гелію; причини кореневої частотної дисперсії зсувної в’язкості у сильно-в’язких рідинах; методи опису фазового переходу типу діелектрик-провідник на прикладі двовимірного кулонівського газу.

Вміти: визначати тип параметру порядку в залежності від структури молекул та особливостей міжмолекулярної взаємодії; користуватись законами збереження імпульсу та енергії, а також виробництвом ентропії, для побудови рівнянь гідродинаміки; будувати кореляційні функції на основі гідродинамічної теорії теплових флуктуацій; розраховувати потенціали взаємодії між кластерами різного порядку в в системах, подібних до двовимірного кулонівського газу та водно-спиртових розчинів, будувати усереднені потенціали взаємодії між молекулами в таких системах; знаходити швидкість розповсюдження акустичних хвиль та їх поглинання у мікро-неоднорідних середовищах, які є спорідненими сильновязким рідинам; описувати діелектричні властивості мікронеоднорідних систем в їх об’ємі та поблизу поверхні; обчислювати діелектричну проникність та коефіцієнт електро-провідності в кулонівському газі, а також знаходити області існування та границю між ними, що розділяє стани діелектрика та провідника; якісно і кількісно описувати флуктуаційні явища в рідких кристалах, кулонівських системах та сильнов’язких рідинах.

**ОПИС КУРСУ**

***Форми і методи навчання***

Курс буде викладений у формі лекцій (20год.) та практичних занять (20год.), організації самостійної роботи студентів (80 год.).

Під час викладання дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, або евристичний метод.

***Зміст навчальної дисципліни***

**Змістовий модуль 1. Основні термодинамічні та кінетичні властивості води. Частина 1.**

**Тема 1.** Конденсовані стани речовини:

Рідкі і тверді стани, особливості фазових діаграм різних речовин, метастабільні та абсолютно нестійкі стани, явища надплинності та надпровідності;

**Тема 2.** Функції розподілу, як структурні характеристики конденсованих фаз:

Одночастинкова та бінарна функції розподілу, структурні фактори , структурний фактор твердих сфер;

**Тема 3.** Особливості теплового руху молекул в різних твердих та рідких фазах:

Об’ємні поздовжні та трансверсальні моди, поверхневі теплові збудження, вихрові збудження у надплинному гелії, процеси самодифузії;

**Тема 4.** Перехід діелектрик-провідник на прикладі двовимірного кулонівського газу:

Кластери та їх взаємодія, діелектрична проникність, перехід газ-рідина,

перехід діелектрик-провідник;

**Змістовий модуль 2. Основні термодинамічні та кінетичні властивості води. Частина 2.**

**Тема 1**. НЖК – найпростіша рідкокристалічна система:

Мезофази, вільна енергія, теплові збудження, флуктуації скалярного і тензорного параметрів порядку в НЖК;

**Тема 2.** Властивості сильно в’язких та склоподібних станів:

Специфіка поведінки термодинамічних величин та кінетичних коефіцієнтів,

мікронеоднорідна структура, метастабільні та абсолютно нестійкі стани речовини як основа формування сильно в’язких та склоподібних станів,

**Тема 3.** Водно-спиртові розчини:

Надзвичайні властивості розчинів, особливості структури і теплового руху молекул, особливі точки;

**Тема 4.** Дисперсні системи:

суспензії та емульсії, стабільність дисперсних систем, діелектричні властивості дисперсних систем, кінетичні процеси в дисперсних системах.

**Тема 5.** Кров людини як складна рідинна система:

еритроцити та інші формені утворення в плазмі крові, властивості плазми крові та її роль в організмі, оптимальна температура існування людини.

**14. Рекомендована література**

**Основна література**

1. Маломуж М.П. Електронний курс лекцій зі с/к Фізика м’якої речовини:
2. Л.А.Булавин, В.Я.Гоцульский, Н.П.Маломуж, В.Е.Чечко. Релаксационные и равновесные свойства разбавленных водных растворов спиртов// Известия РАН (серия Химическая) - №4 (2016) 851-876.
3. L.A.Bulavin, T.V.Lokotosh, N.P.Malomuzh. Role of the collective self-
4. diffusion in water and other liquids// J.Mol.Liq. (Review) - 137 (2008) 1-24.
5. Н.П.Маломуж, К.С.Шакун. Коллективные составляющие процесса

самодиффузии в жидкостях // **УФН - 191**, №2 (2021) 163 – 181. ,

<https://doi.org/10.3367/UFNr.2020.05.038759> ,

<https://doi.org/10.3367/UFNe.2020.05.038759>

1. L.A.Bulavin, N. P. Malomuzh, K.S. Shakun. Current problems in the quasi-

elastic incoherent neutron scattering and the collective drift of molecules // In

book “Selected problems in physics of liquids”, Springer – **223**, 41-72 (2019).

**Додаткова література**

1. V. Blazhnov, N. P. Malomuzh, S. V. Lishchuk. Temperature dependence of density, thermal expansion coefficient and shear viscosity of supercooled glycerol as a reflection of its structure// J. Chem. Phys. - 2004, v. 121, № 13, pp. 6435-6441
2. Н.П.Маломуж, Е.В.Орлов. Новая версия ячеечного метода определения вязкости взвесей// Колл.ж.– 2002, т.64, № 6, с.802 – 810.
3. Oleksii V. Khorolskyi, Nikolay P.Malomuzh. Macromolecular Sizes of Serum Albumins in its Aqueous Solutions - **AIMS Biophysics**, **7** (4), 2020, 219 - 235.
4. А.А.Гуслістий, М.П.Маломуж, А.І.Фісенко. Оптимальна температура життєвої активності людини // УФЖ – **63**,.№9 (2018) 809 – 815.

**15. Електронні інформаційні ресурси**

1. Офіційний сайт кафедри теоретичної фізики: <http://theorphys.onu.edu.ua/ru/main.php>.
2. Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/>

**ОЦІНЮВАННЯ**

Навчальна дисципліна «Фізика м’якої речовини» оцінюється за 100-бальною шкалою.

**Методи поточного контролю**: Поточний контроль здійснюється за результатами виконання контрольної роботи за тематикою змістовних модулів. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, написання самостійних робот.

**Форми і методи підсумкового контролю**: Підсумковий семестровий контроль - залік. Складається з поточного контролю та залікової контрольної роботи.

Поточний контроль складається з урахування активності студента в процесі занять (глибини відповідей на питання, що підводять підсумок попередних лекцій і передують викладенню нового матеріалу на поточній лекції, вміння зробити необхідні оцінки порядків величин.

Контрольна робота складається:

1. з 2-х якісних питань стосовно властивостей води,
2. з 2-х задач, де треба оцінити порядок величини чи порівняти внески різної фізичної природи.

Одне з якісних питань є простим, друге – суттєво складнішим. Такі ж самі є і задачі.

При виставлені балів за відповідь особлива увага звертається на

- повноту і чіткість відповіді;

- знання смислу слів і понять;

- ступінь довершеності української мови при викладенні відповідей.

**Загальна схема нарахування балів**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Форма поточного контролю | | | | Екзаменаційна робота | Сума |
| Практичні заняття | Лекції\* | | Разом |
| Поточний контроль (усний) | КР\_1 | КР\_1 |
| 20 | 40 | 40 | 100 | - | 100 |

**Самостійна робота студентів**. Результати виконання самостійної роботи з підготовки теоретичного матеріалу оцінюються за якістю виконання поточних контрольних робіт.

Результати підготовки теоретичного матеріалу до практичних занять оцінюються за усним опитуванням та за якістю виконання поточних контрольних робіт.

Результати виконання СРС представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів). Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Строки здачі/виконання завдань самостійної роботи визначаються викладачем.

**ПОЛІТИКА КУРСУ**

Визначається нормативними документами: Положеннями, які є чинними в ОНУ імені І.І.Мечникова (<https://onu.edu.ua/uk/geninfo/official-documents>).

Дедлайн виконання завдань з курсу визначає викладач. В разі поважних причин, перенесення терміну виконання завдань дозволяється викладачем. Перескладання заборгованостей – з дозволу деканату.

Кожен студент повинен пам’ятати про академічну доброчесність що забезпечується самостійним виконанням навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю, належним посиланням на джерела інформації у разі виконання творчих робіт, дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права, наданням достовірної інформації про результати власної наукової діяльності.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнуті до академічної відповідальності згідно Положенню про академічну доброчесність в ОНУ імені І.І.Мечникова. <https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/acad-dobrochesnost.pdf>.

Відвідування занять для студента є обов’язковим, як і своєчасний прихід на заняття. Мобільні пристрої під час навчання повинні бути заблоковані.