

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та  
фундаментальних дисциплін**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

**з навчальної дисципліни «Фізика»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**173 Авіоніка  
Авіоніка**

**за темою - Властивості твердих тіл. Деформації. Теплове розширення тіл**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.02.2024 №2

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 17.01.2024 №6

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з гуманітарних та соціально-  
економічних дисциплін  
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 №14

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, Пузир М.С.*

**Рецензенти:**

*1.Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук, доцент Черниш А.А.*

*2.Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.*

## План лекції

1. Будова твердих тіл
2. Анізотропія

### Рекомендована література:

#### Основна

1. Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К.: Техніка, 2008. – 608 с.

#### Додаткова

2. Курс фізики : навчальний посібник / [Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М.]. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2002. – 376 с.

3. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.

4. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.

5. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / [Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Середа В. М., Крушельницька Т. Д., Українець Н. А.]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 124с.

### Текст лекції

#### 1. Будова твердих тіл

Твердими називають такі тіла, які зберігають об'єм і форму навіть під час дії на них інших тіл (сил). Причиною такої стійкості є характер руху і взаємодії молекул: вони не можуть змінювати положення своєї рівноваги, здійснюючи малі коливання і обертаючись навколо нього. Енергія і амплітуда коливань тим більша, чим вища температура тіла.

За впорядкованістю положення рівноваги тверді тіла поділяють на кристали і аморфні тіла.

**Кристали** - це тверді тіла, в яких атоми або молекули розміщені впорядковано і утворюють періодично повторювану внутрішню структуру. Можна виділити маленький об'єм (елементарну комірку), завдяки якій можна побудувати весь кристал, як будинок із цегли. Елементарна комірка може мати форму куба, паралелепіпеда, призми тощо. Правильна геометрична форма є істотною зовнішньою ознакою будь-якого кристала в природних умовах (візерунки на вікнах під час морозу, правильні форми сніжинок, кристалів кухонної солі, гірського кришталю тощо).

Кристали однієї і тієї самої речовини можуть мати різну форму, яка залежить від

умов їх утворення; вони можуть відрізнятися і кольором. Іноді весь шматок твердої речовини може становити один кристал. Такими є, наприклад, шматочки цукру в цукровому піску, шматочки солі, гірського кришталю тощо. Усе це окремі кристали, їх називають монокристалами.

Тіло, яке складається з безлічі неупорядковано розміщених кристалів, називають полікристалічними або полікристалом ("морозні візерунки" на вікнах, цукор рафінад, метали тощо). Полікристалічні тіла, як і аморфні, є ізотропними, тобто їх фізичні властивості в усіх напрямках однакові.

Умовно можна назвати чотири типи зв'язків між частинками в кристалах - іонний, атомний, металічний, молекулярний - і відповідно поділити тверді тіла на чотири типи кристалів.

У вузлах ґратки іонних кристалів містяться додатно і від'ємно заряджені іони. Сили взаємодії між ними переважно електростатичні. До таких кристалів належать кристали кухонної солі, польового шпату,  $MgO$  тощо.

Класичним прикладом атомного кристалу є кристал алмазу, який складається з нейтральних атомів вуглецю. Атомні кристали утворюються тоді, коли між атомами кристала виникають ковалентні зв'язки. Ковалентні сили забезпечують найміцніший зв'язок атомів у єдині кристалічні ґратки, тому атомні кристали характеризуються високими значеннями твердості, температури плавлення і теплоти випаровування.

У вузлах кристалічних ґраток молекулярних кристалів містяться молекули речовини, зв'язок між якими забезпечується силами молекулярної взаємодії. Оскільки ці сили слабкіші від сил іонного і ковалентного зв'язків, молекулярні кристали є менш міцними, плавляться за дуже низької температури (тверді гелій, водень, кисень, "сухий лід", нафталін, кристали бром, льоду, більшість кристалів органічних речовин).

Кристалічні ґратки металів утворюються додатними іонами металу, які містяться в її вузлах. Електрони і додатні іони металу взаємно зв'язуються. Електрони не можуть покинути метал через притягання до додатно заряджених іонів металу, а кристалічні ґратки, утворені з цих атомів, не розпадаються завдяки цементуючій дії електронного газу.

У вченні про будову твердих тіл важливу роль відіграє поняття про їх симетрію. Під симетрією кристалів розуміють закономірність, яка спостерігається у положенні їх частин на площині та в просторі. Кристалічні ґратки здебільшого мають одночасно кілька видів симетрії.

Проте не кожне поєднання елементів симетрії виявляється можливим. Існує обмежена кількість, а саме: 32 можливих комбінації площин та осей симетрії і відповідно 32 класи симетрії кристалів.

## 2. Анізотропія

Особливостями кристалів є їх **анізотропність, тобто неоднаковість фізичних властивостей у різних напрямках**. Анізотропія механічних, теплових, електромагнітних і оптичних властивостей кристалів пояснюється тим, що за упорядкованого розміщення атомів, молекул або іонів сили взаємодії між ними і

міжатомні відстані виявилися неоднаковими в різних напрямках.

Кристали утворюються в природних умовах і штучно. За припущеннями вчених в природних умовах багато кристалів утворилось внаслідок охолодження рідкої речовини земної кори - магми, що є розплавом різних речовин. Багато мінералів виникли з перенасичених водних розчинів. Першим серед них слід назвати кам'яну сіль  $\text{NaCl}$ . Товщина пластів кам'яної солі, що утворилися під час випаровування води солоних озер, досягає в деяких родовищах кількох сотень метрів.

Штучні кристали можна здобути із розплаву шляхом кристалізації з розчину і газу. Останнім часом швидкими темпами розвивається технологія вирощування монокристалів всіма відомими способами на космічних орбітальних станціях. Невагомість і космічний вакуум дають можливість вирощувати монокристали небачених раніше розмірів і хімічної чистоти.

Монокристали знайшли широке застосування в сучасній фізиці і техніці. Всі напівпровідникові прилади (діоди, транзистори) є кристалами із спеціально введеними домішками. Виникла нова галузь електроніки - молекулярна електроніка. Монокристали є основною деталлю багатьох типів сучасних приладів, які дістали назву квантових підсилювачів і генераторів (мазерів і лазерів).

**Аморфні тіла** - це тіла, фізичні властивості яких однакові у всіх напрямках. Прикладами аморфних тіл є шматки затверділої смоли, янтар, вироби із скла. Аморфні тіла ізотропні. За своєю будовою аморфні тіла нагадують дуже густі рідини. Унаслідок підвищення температури час осілого життя молекул зменшується, через що аморфне тіло поступово м'якне. Аморфні тіла не мають температури плавлення і питомої теплоти плавлення. Вони на відміну від кристалів з підвищенням температури неперервно перетворюються в рідину.

Друга особливість аморфних тіл - це їх **пластичність**, тобто вони не мають межі пружності. Аморфний стан нестійкий: через деякий час аморфна речовина переходить в кристалічний стан. Але часто цей час буває дуже тривалим (роки і десятиріччя). До таких тіл належить скло. Будучи спочатку прозорим, протягом багатьох років воно мутніє: у ньому утворюються дрібні кристалики силікатів.

У практичній діяльності людини великого значення набули аморфні речовини, які називають **полімерами**. Це високомолекулярні сполуки. Відносна молекулярна маса полімерів може змінюватися від декількох тисяч до мільйонів. Молекули полімеру складаються із величезної кількості однакових ланок - мономерів, об'єднаних у довгі ланцюги міцними хімічними зв'язками. До них належать такі природні речовини, як бавовна, шерсть, дерево, шкіра, натуральний шовк, каучук, ебоніт тощо. Величезну кількість полімерних матеріалів видобувають штучно: віскозний шовк, синтетичний каучук, целофан, органічне скло, поліетилен, пластичні маси, штучні волокна, епоксидні смоли та ін. До природних полімерів належать і біополімери: білки, нуклеїнові кислоти. Із біополімерів побудовано клітини всіх живих організмів.

Полімери - основа гуми, лаків, фарб, клеїв, іонітів тощо. Завдяки введенню до полімерів домішок, можна створювати речовини з дуже цінними якостями: високою твердістю, легкістю, вогнестійкістю та ін.