

## § 34. БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ. АНІЗОТРОПІЯ КРИСТАЛІВ. РІДКІ КРИСТАЛИ



Більшість речовин на поверхні Землі перебувають у твердому стані. Парта, за якою ви працюєте, олівець, що тримаєте в руці, кістки вашої руки тощо — це все тверді тіла. Розмову про те, як розташовані молекули у твердих тілах і які властивості мають тверді тіла внаслідок такого розташування, продовжимо в цьому параграфі.

### 1 Аморфні — тож не мають форми? Чи так це?

Ви вже знаєте, що за структурою аморфні тіла дуже близькі до рідин. Молекули, атоми, йони аморфних тіл взагалі розташовані хаотично, і тільки всередині невеликих локальних груп, які містять усього кілька частинок, вони розташовані в певному порядку (*ближній порядок*). Фізичні властивості аморфних тіл (теплопровідність, електропровідність, міцність, оптичні властивості тощо) однакові в усіх напрямках — *аморфні тіла ізотропні*.

**Ізотропія** (від грец. *isos* — рівний і *tropos* — напрямок, властивість) — незалежність фізичних властивостей від напрямку, обраного в тілі.

Прикладами аморфних тіл можуть бути скло, різні затверділі смоли (янтар), пластики тощо. Аморфні тіла певний час зберігають свою форму, однак унаслідок тривалого впливу вони течуть. Якщо аморфне тіло нагрівати, то воно м'якшає поступово і його перехід у рідкий стан займає значний інтервал температур.

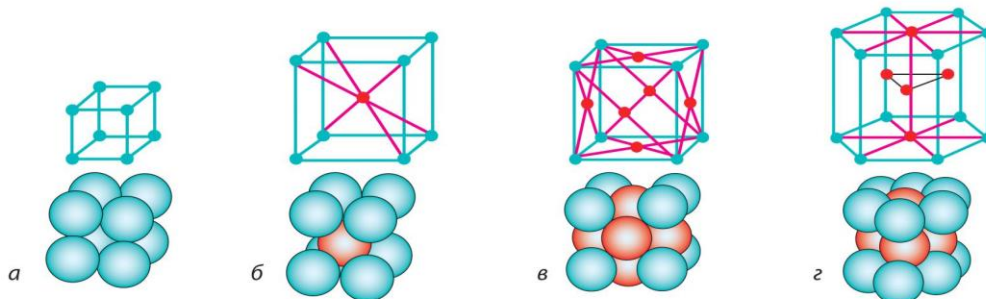


Рис. 34.1. Деякі види кристалічних ґраток: а — проста кубічна; б — об'ємноцентрована кубічна; в — гранецентрована кубічна; г — гексагональна

### 2 Що таке поліморфізм

У кристалічних тілах частинки речовини (атоми, молекули, йони) розташовані в чітко визначеному порядку. Якщо з'єднати центри положень рівноваги частинок кристалічного тіла, то вийде правильна просторова ґратка, яку називають *кристалічною*. Доведено, що існує 230 типів кристалічних ґраток.

Наприклад, у кристалі полонію йони Полонію розташовані у вершинах куба, утворюючи *просту кубічну ґратку* (рис. 34.1, а).

Йони чистого Феруму за кімнатної температури теж розміщені у вершинах куба, крім того, один йон розташований у центрі куба — це *об'ємноцентрована кубічна ґратка* (рис. 34.1, б).

Якщо нагріти залізо до 906 °С, то розташування йонів Феруму раптом зміниться — ґратка перебудується. Центральні йони змістяться, а в середині кожної грані куба з'явиться додатковий йон, — це *гранецентрована кубічна ґратка* (рис. 34.1, в). У такій ґратці частинки впаковані щільніше, ніж в об'ємноцентрованій кубічній. Щільне пакування спостерігається також у *гексагональній кристалічній ґратці* (рис. 34.1, г).

*Зверніть увагу!* Частинки в кристалах щільно впаковані, відстані між їх центрами приблизно дорівнюють розміру частинок (електронні хмари частинок торкаються одна одної), а от у зображенні кристалічних ґраток часто показують тільки положення рівноваги частинок.

Багато кристалічних речовин мають однаковий хімічний склад, однак через різну структуру кристалічних ґраток відрізняються своїми фізичними властивостями (рис. 34.2). Таке явище називають **поліморфізмом**, а перехід із однієї кристалічної структури в іншу — **поліморфним переходом**.

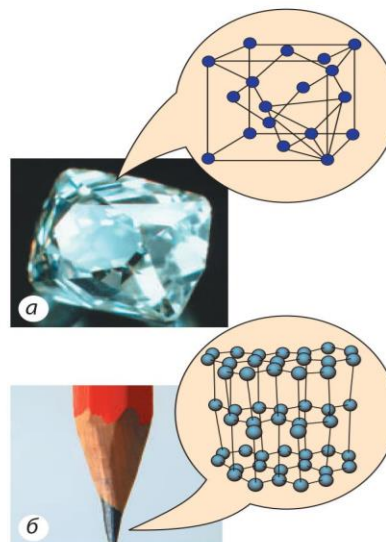
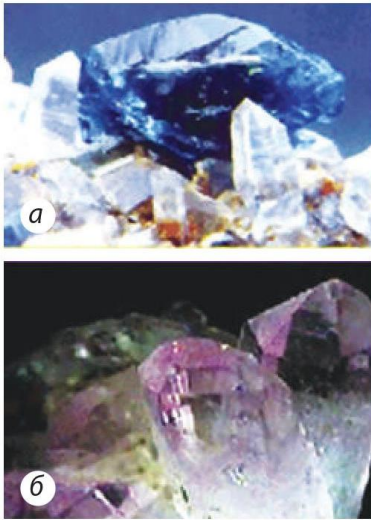
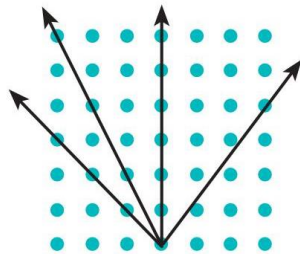


Рис. 34.2. Різні кристалічні стани вуглецю: а — алмаз; б — графіт



**Рис. 34.3.** Природні кристали: а — лазурит; б — кварц



**Рис. 34.4.** Унаслідок упорядкованої будови кристала відстані між його частинками в різних напрямках різні

Від напрямку, обраного в кристалі, залежать його теплопровідність, електропровідність, заломлення, прозорість, лінійне розширення та багато інших фізичних властивостей. Анізотропія кристалів зумовлена їх кристалічними ґратками: в різних напрямках відстані між частинками, що утворюють кристалічну ґратку, різні (рис. 34.4).

**?** У якому напрямку механічна міцність графіту є найменшою (див. рис. 34.2, б)?

Великі монокристали рідко зустрічаються в природі. Найчастіше кристалічні тверді тіла, в тому числі отримані штучно, є *полікристалами*.

**Полікристали** — тверді тіла, які складаються з багатьох хаотично орієнтованих маленьких кристаликів, що зрослися між собою (кристалітів).

На відміну від монокристалів *полікристалічні тіла ізотропні*, тобто їх властивості однакові в усіх напрямках. Полікристалічну будову твердого тіла можна виявити за допомогою мікроскопа, а іноді її видно й неозброєним оком (чавун). Більшість металів, які використовує людина, є полікристалами.

Наприклад, у виробництві штучних алмазів використовують поліморфний перехід графіту в алмаз. Цей перехід відбувається за тисків 60 тис. — 100 тис. атмосфер і за температур 1800–2300 °С. І навпаки: у результаті нагрівання у вакуумі до температури близько 1500 °С алмаз перетворюється на графіт.

### 3 Чому монокристали є анізотропними

Кристалічні тіла можуть бути *монокристалами* і *полікристалами*.

**Монокристал** — тверде тіло, частинки якого утворюють єдину кристалічну ґратку.

Упорядковане розташування частинок у монокристалі є причиною того, що монокристали мають плоскі грані та незмінні кути між гранями (рис. 34.3); *фізичні властивості монокристалів залежать від обраного в них напрямку*.

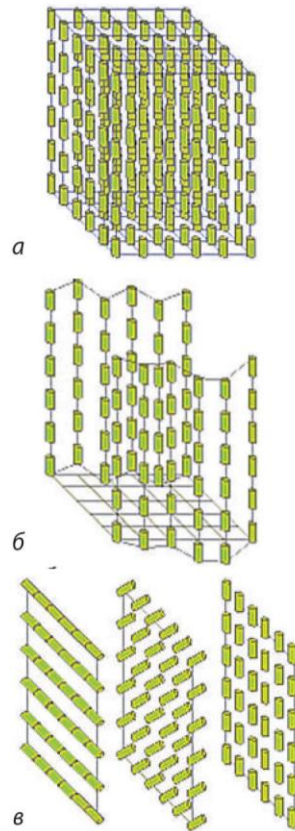
Залежність фізичних властивостей кристала від обраного в ньому напрямку називають **анізотропією** (від грец. *anisos* — нерівний і *tropos* — напрямок, властивість).

Так, механічна міцність багатьох кристалів різна в різних напрямках: шматок слюди легко розшаровується на тонкі пластинки в одному напрямку, але його набагато складніше розламати перпендикулярно до пластинок.

**Рідкий кристал** — стан речовини, який поєднує плинність рідини й анізотропію кристалів.

У рідині частинки в цілому розташовані хаотично та можуть вільно обертатись і переміщуватись у будь-яких напрямках; у кристалічному твердому тілі існує тривимірний далекий порядок і частинки можуть лише коливатися біля положень рівноваги. У рідкому кристалі є певний ступінь упорядкованості в розташуванні молекул (рис. 34.5), але й допускається деяка свобода їх переміщення. Найчастіше рідкокристалічний стан спостерігається в органічних речовин, молекули яких мають видовжену або дископодібну форму.

Залежність оптичних властивостей рідких кристалів від температури та електричного поля забезпечила їх широке застосування в дисплеях годинників і калькуляторів, у персональних комп'ютерах, плоских телевізійних екранах; їх використовують у медицині (наприклад, як індикатори температури) тощо. Так, кут повороту осей молекул у кожному шарі холестеричного рідкого кристала залежить від температури, а від кута повороту залежить забарвлення кристала, тому якщо тонку полімерну плівку з мікропорознинами, заповненими холестериком, накласти на тіло, то вийде кольорове відображення розподілу температури.



**Рис. 34.5.** Деякі типи рідких кристалів: а — смектичні (молекули орієнтовані паралельно одна одній і утворюють тонкі шари); б — нематичні (нитковидні молекули напрямлені паралельно одна одній, але можуть ковзати вгору та вниз); в — холестеричні (плоскі довгі молекули зібрані в шари, повернуті один відносно одного)



### Контрольні запитання

1. Чому аморфні тіла ізотропні? 2. Які властивості є характерними для монокристалів? 3. Що таке анізотропія? Наведіть приклади прояву анізотропії кристалів. 4. Чи всі кристалічні тіла анізотропні? Наведіть приклади, які підтверджують вашу відповідь. 5. Що таке поліморфізм? Наведіть приклади. 6. У чому особливості будови і властивостей рідких кристалів? Де їх застосовують?



### Вправа № 34

- Кварцова кулька після нагрівання набула форми еліпсоїда. Чому?
- Кожну з двох тонких пластин, виготовлених із різних речовин, зверху покрили шаром воску. Знизу до кожної пластини притиснули вістря віск розпеченої голки (рис. 1, а) — на невеликій ділянці навколо вістря віск розтанув. За формою ділянок (рис. 1, б, в) визначте, яка пластина виготовлена з полікристалічної речовини, а яка є монокристалом. Відповідь обґрунтуйте.
- У сучасних смартфонах використовують два типи LCD (liquid crystal display) — рідкокристалічних дисплеїв (рис. 2). Смартфони з дисплеєм TFT LCD коштують менше, проте споживачі часто віддають перевагу смартфонам із дисплеєм IPS LCD. Скориставшись додатковими джерелами інформації, спробуйте пояснити, чому.

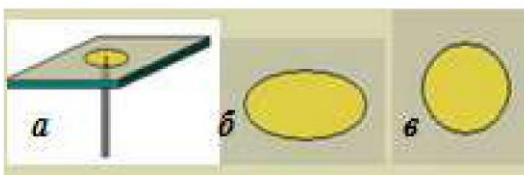


Рис. 1



Рис. 2

- «Полімери — матеріали майбутнього». Підготуйте коротке повідомлення про структуру полімерів та їх застосування в одній із галузей: промисловість, сільське господарство, медицина, побут тощо. Які природні матеріали зберігають, замінюючи їх полімерами?