

## Раманівська спектроскопія

## Вступ до раманівської спектроскопії

### Портативний раманівський аналізатор TruScan G3

Коли світло взаємодіє з речовиною, може відбуватися кілька процесів. Світло може відбиватися, проходити, поглинатися або розсіюватися. Часто кілька з цих процесів відбуваються одночасно. Ступінь протікання кожного процесу залежить від довжини хвилі світла і молекулярних властивостей речовини.

#### Раманівське розсіювання

Коли відбувається розсіювання світла, більша частина світла розсіюється без зміни енергії або частоти. Це називається пружним, або релеевським, розсіюванням. Однак невелика частина розсіяного світла (приблизно 1 з  $10^6$ - $10^7$  розсіяних фотонів). Ця зміна називається Раманівським (комбінаційним) розсіюванням і лежить в основі Раманівської спектроскопії, яка носить ім'я фізика, що вперше продемонстрував це явище у 1927 році. Системи раманівської спектроскопії призначені для точного вимірювання зсувів та інтенсивності розсіяної енергії, яка відповідає енергії коливань молекул, що складають речовину. В результаті отримують раманівський спектр матеріалу - карту залежності інтенсивності від зсуву раманівського випромінювання.

Приклад раманівського спектра показано на рисунку 1; інтенсивність зображено в залежності від раманівського зсуву в обернених сантиметрах ( $\text{cm}^{-1}$ ). Кожен пік у спектрі відповідає коливальному переходу в речовині. Таким чином, раманівський спектр дає таку ж інформацію як інфрачервоний спектр, також відомий як FTIR-спектр. Молекулярні



Портативний раманівський аналізатор  
TruScan G3

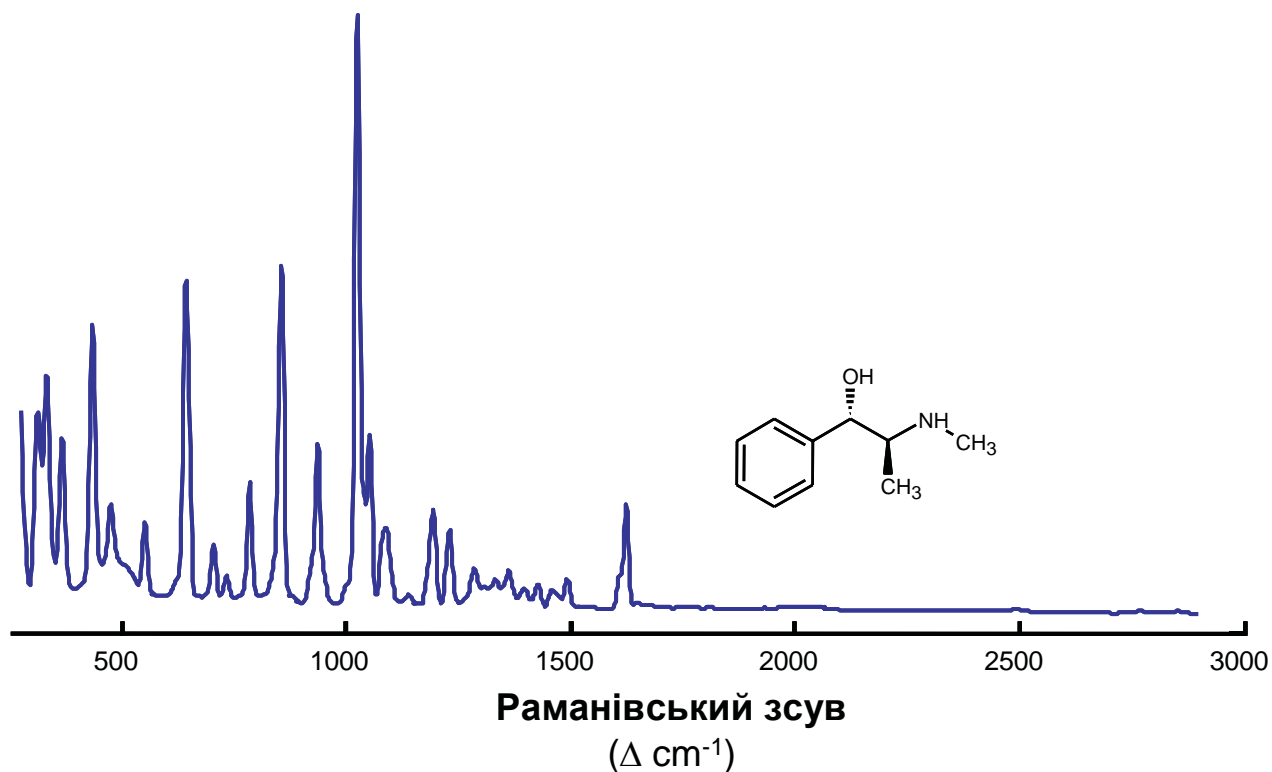


Рис 1.

частоти коливань (або енергії) для даної молекули однакові в комбінаційному та інфрачервоному спектрах. Однак інтенсивність коливальних піків відрізняється, і в деяких випадках піки, видимі в раманівському спектрі, не будуть видимі в інфрачервоному спектрі, і навпаки. Це пов'язано з тим, що ці дві методики залежать від абсолютно різних фізичних механізмів; ІЧ-спектроскопія - це метод поглинання, тоді як раманівський метод - метод розсіювання. Раманівське розсіювання також описується як відбиття через зміну молекулярної поляризованості.

### Прилади та технології

Існує два основних методи, що використовуються в приладах для раманівської спектроскопії: Фур'є-перетворення (FT) і дисперсійний метод. Фундаментальна різниця між цими двома методами полягає в способі аналізу раманівського розсіювання. У Фур'є-раманівській системі спектральний аналіз виконується за допомогою інтерферометра і перетворення Фур'є, в той час як в дисперсійних раманівських системах спектральний аналіз виконується за допомогою решітчастого спектрографа або монохроматора. Портативний раманівський аналізатор Thermo Scientific™ TruScan™ G3 використовує дисперсійний метод, застосовуючи лазер ближньої інфрачервоної області з довжиною хвилі 785 нм в поєднанні з кремнієвим CCD детектором. Така конфігурація цінується за свою чутливість, надійність та мінімальну флуоресценцію.



Аналіз blisterних упаковок дає змогу миттєво проводити дослідження в польових умовах на наявність підроблених матеріалів.



Раманівський аналіз проводиться безконтактно через поліетиленові пакети, пластик або скло і дозволяє вимірювати рідини, емульсії, гелі та тверді речовини за лічені секунди.

## Застосування

Раманівська спектроскопія використовується в багатьох сферах і галузях, включаючи полімери, низькомолекулярні фармацевтичні препарати і високомолекулярні біофармацевтичні препарати, напівпровідники, мистецтво, археологію, біотехнологію, моніторинг навколишнього середовища, криміналістику, безпеку і виявлення небезпечних матеріалів. Застосування включає контроль якості сировини, ідентифікацію підробок, класифікацію та верифікацію матеріалів, моніторинг процесів і визначення кількісних концентрацій. Раманівська спектроскопія має низку переваг як метод аналізу порівняно з методами поглинання/відбивання в інфрачервоній (FTIR) та ближній інфрачервоній (NIR) областях спектра, що базуються на перетворенні Фур'є. Однією з найважливіших переваг є здатність комбінаційного розсіювання світла аналізувати речовини крізь скло і пластик. Крім того, раманівська спектроскопія може також аналізувати матеріали у водних розчинах завдяки слабкому раманівському сигналу, який випромінює вода. Зазвичай перед проведенням раманівського аналізу, який є швидким і неруйнівним, не потрібно готувати зразок. Нарешті, кожна речовина має унікальний раманівський спектр, що робить цей метод ідеальним для цілей ідентифікації, включаючи перевірку сировини і виявлення підробок.

## Висновок

Хоча не існує єдиної технології, яка підходить для всіх застосувань, метод раманівського розсіювання набуває популярності як інструмент контролю якості завдяки економічній вигоді, швидкості та чутливості, що супроводжують сучасне електронне та лазерне виробництво. Інструменти, які колись коштували 200 000 доларів і вимагали спеціалізованих користувачів, тепер доступні менш ніж за 60 000 доларів з програмним забезпеченням, яке дозволяє нетехнічному персоналу стати кваліфікованими користувачами. Прилади, які колись займали багато місця в лабораторії, тепер можна переносити однією рукою у виробничу кімнату або приймальню зону. Здатність раманівського методу вимірювати через контейнери і не залежати від вологості навколишнього середовища робить його ідеальною технологією для порівняльних тестів на ідентичність. Раманівська технологія також ідеально підходить для боротьби з підробками і захисту брендів на всьому логістичному шляху.