



СПЕКТРОМЕТР ЯМР, ЙОГО  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЕХНІЧНІ ДЕТАЛІ З'ЙОМКИ  
СПЕКТРІВ ЯМР



## Так виглядає сучасний прилад ЯМР



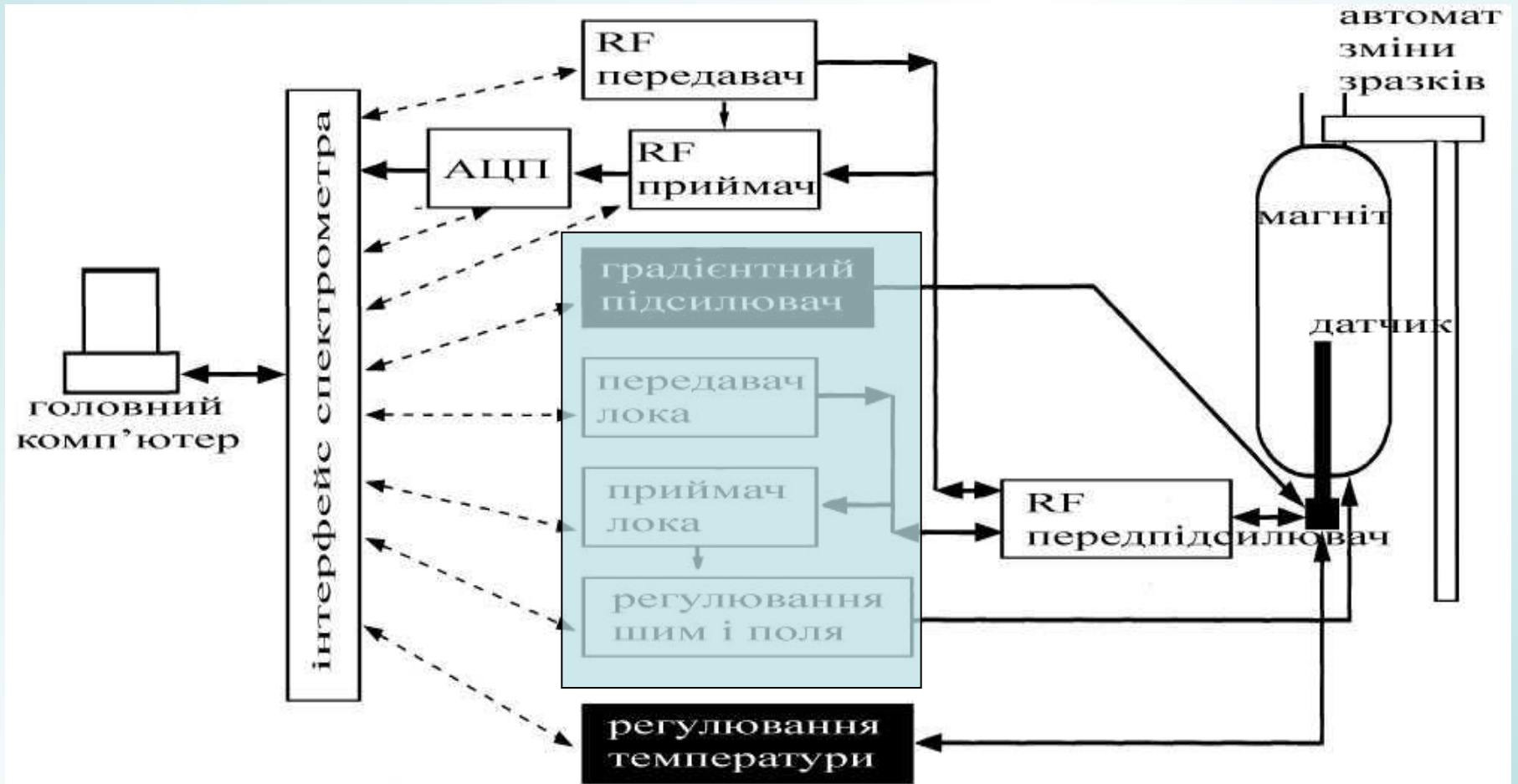


## Так виглядає сучасний прилад ЯМР



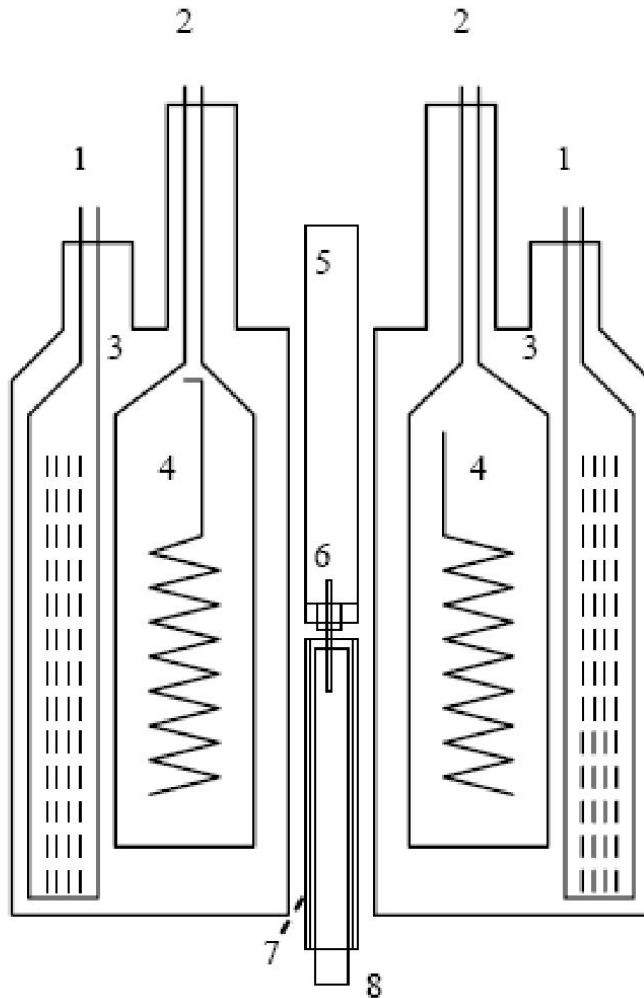


## Блок-схема спектрометра ЯМР





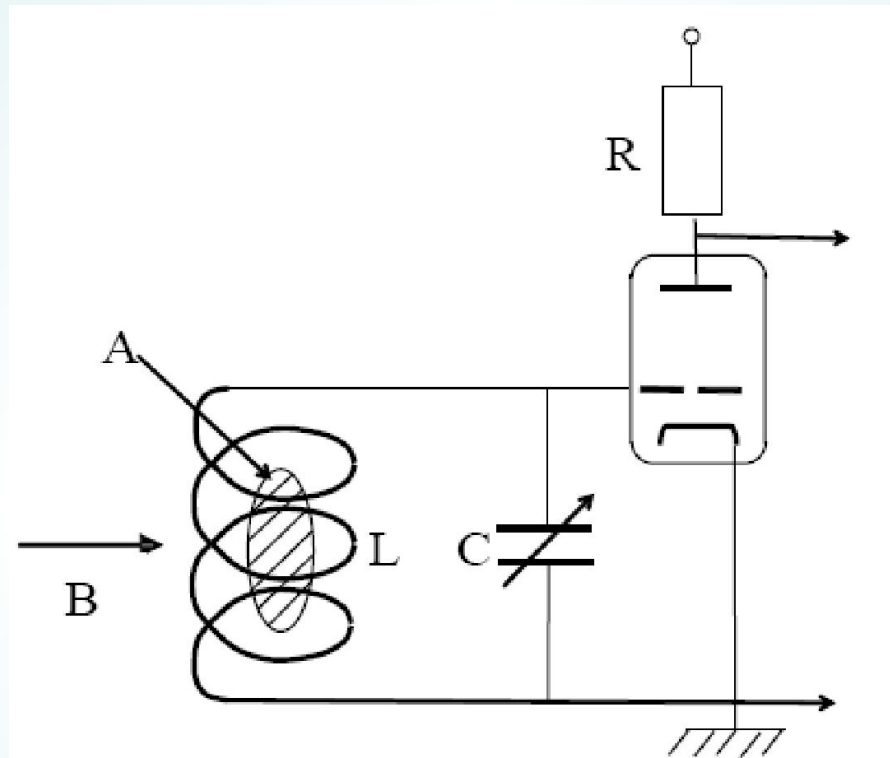
## Схема магніту



1. Резервуар для рідкого азоту
2. Резервуар для рідкого гелію
3. Ізоляція/високий вакуум
4. Котушка соленоїду
5. Пристрій для опускання/піднімання зразка
6. Зразок
7. Шими
8. Датчик



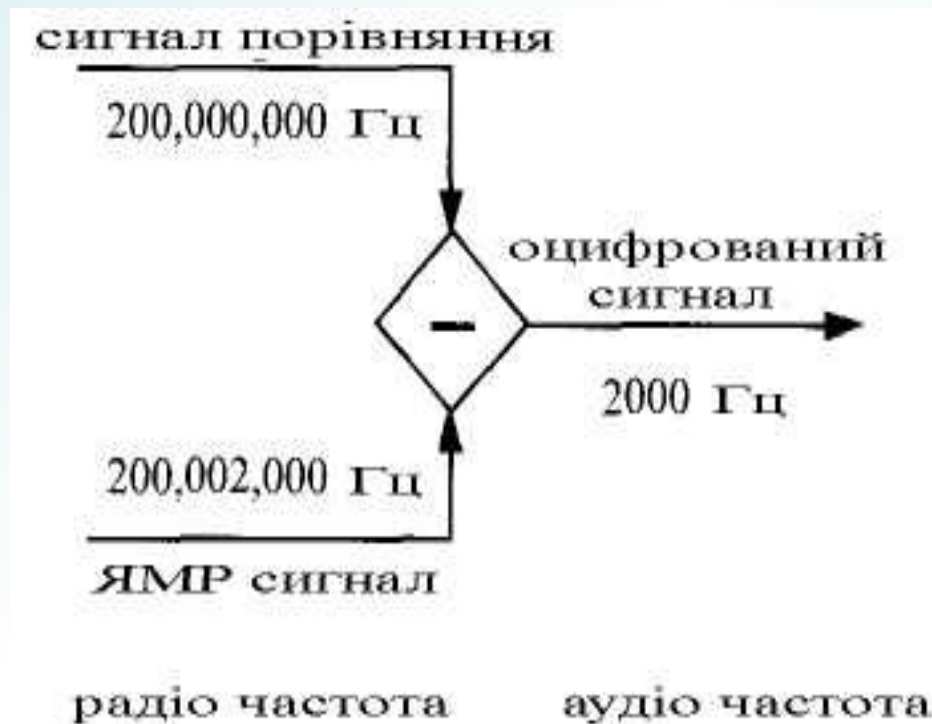
## Датчик ЯМР



А – зразок; В – котушка; С – конденсатор; R – опір;

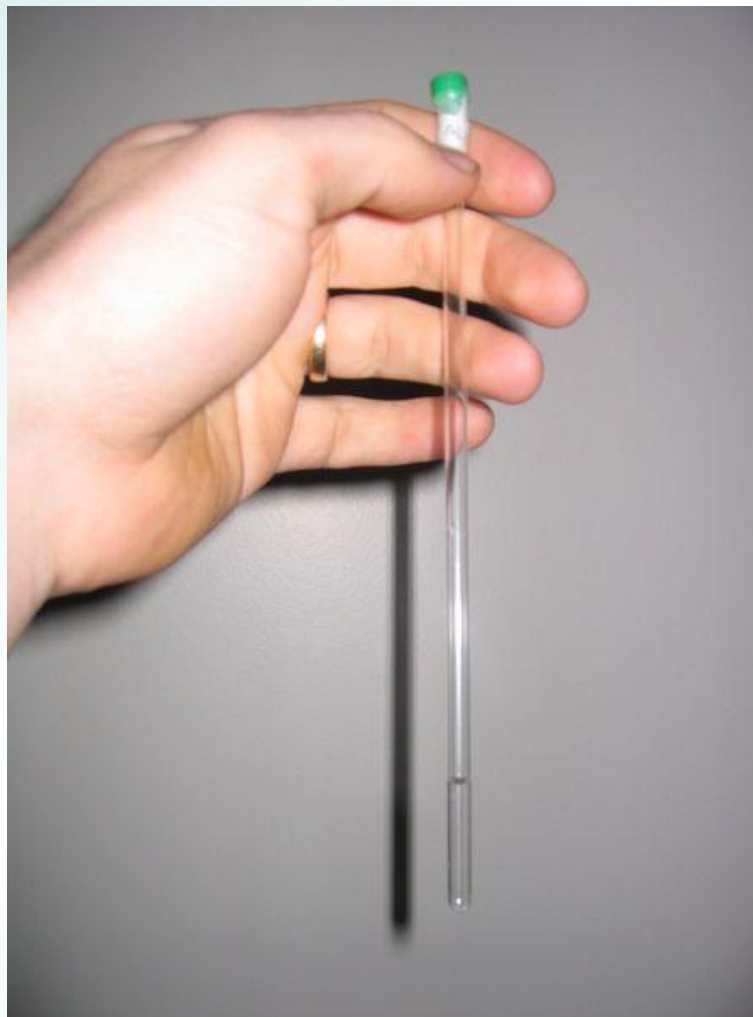


Сигнал з датчика ЯМР оцифровується, але перед цим він накладається на опорний сигнал, що створюється коливальни контуром





## Зразок в амулі ЯМР







## Розчинники, що найчастіше використовуються в спектроскопії ЯМР

**хлороформ-D**



**диметилсульфоксид-D<sub>6</sub>**



**оксид дейтерію**



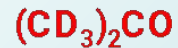
**метанол-D<sub>4</sub>**



**трифтороцтова кислота-D**

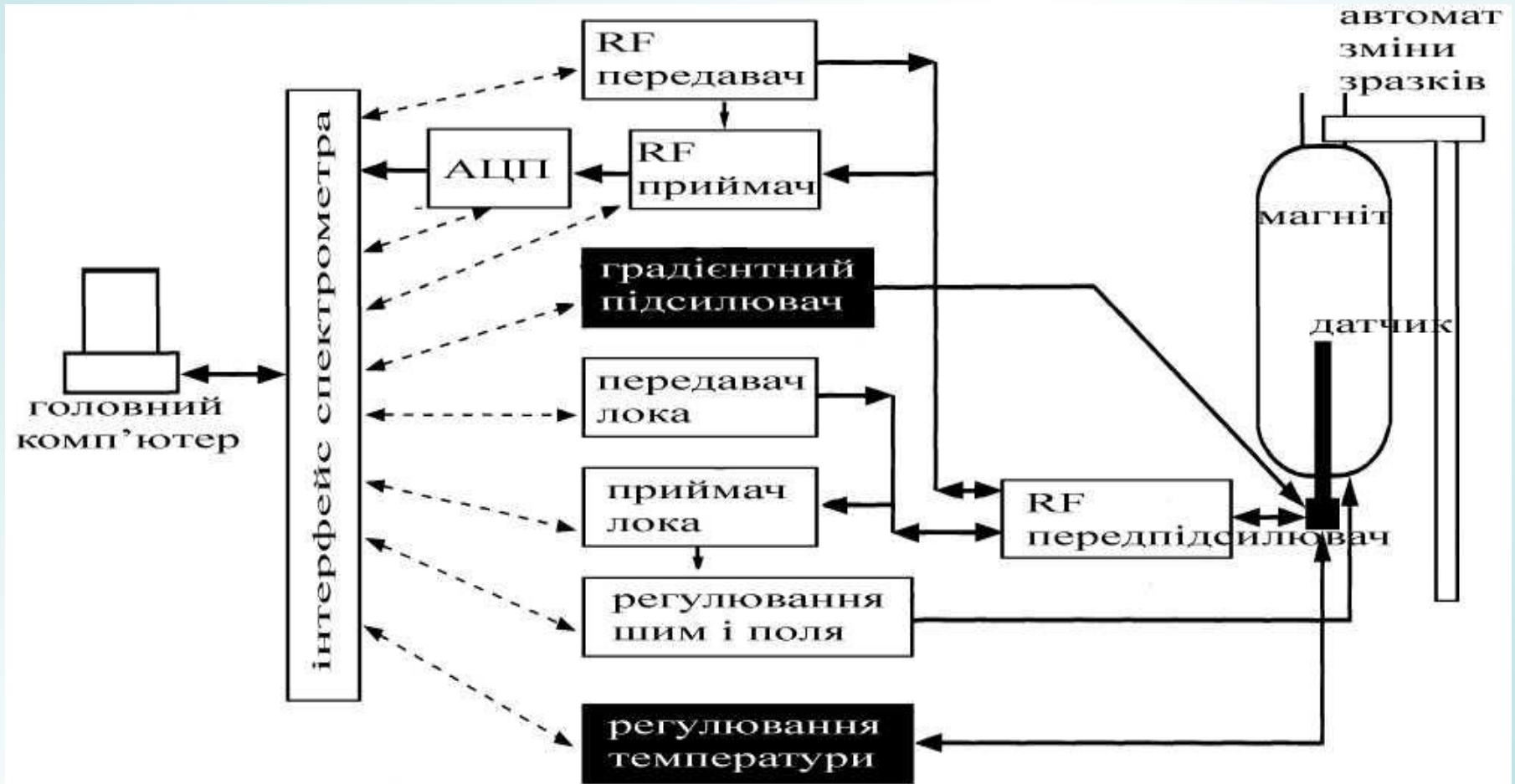


**ацетон-D<sub>6</sub>**



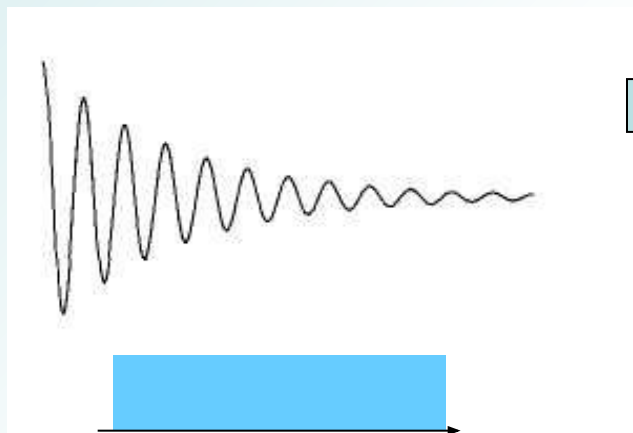
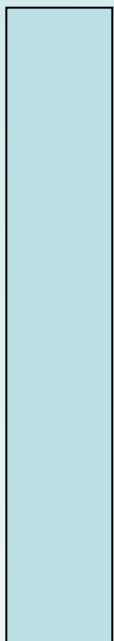


## Блок-схема спектрометра ЯМР

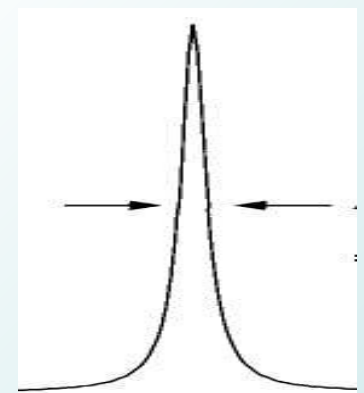
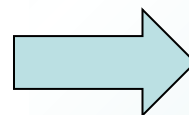




## Найпростіший експеримент у Фур'є ЯМР-спектроскопії



час



частота

іпульсне збуд-  
ження зразка

Детекція кривої  
СВІ

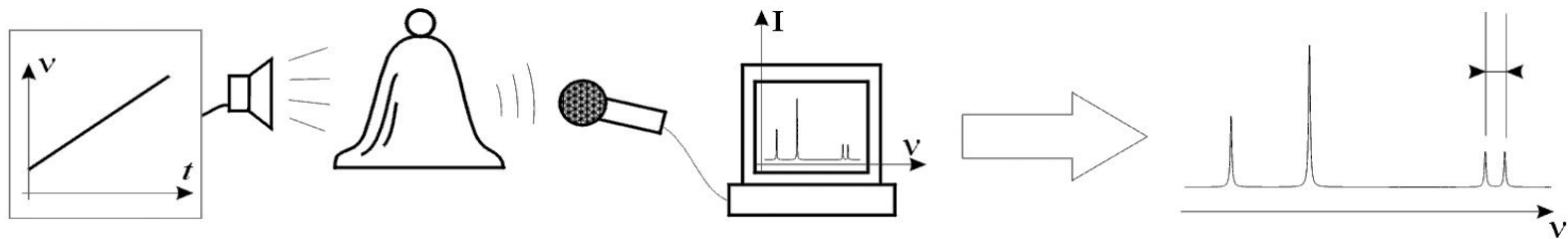
Фур'є  
перетворення

Спектр!

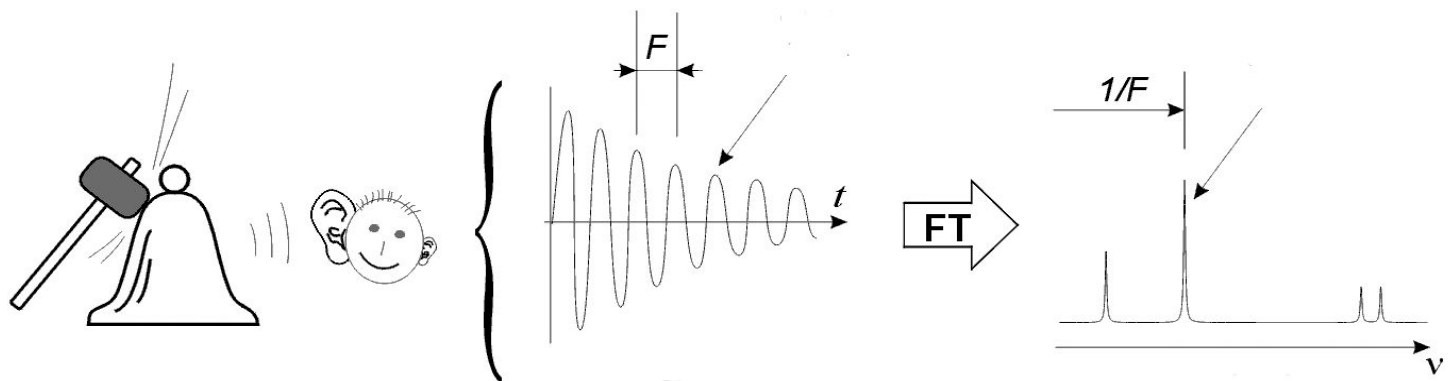


# Класичний та імпульсний (Фур'є) ЯМР

## безперервна розгортка

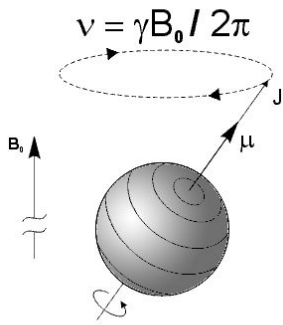


## імпульс

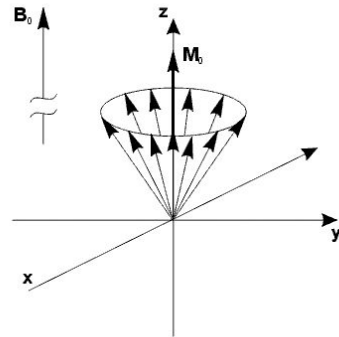




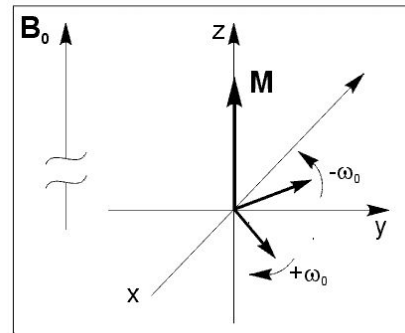
# Імпульсний (Фур'є) ЯМР



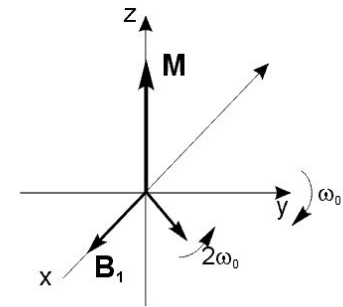
**Векторна модель ядра**



**Модель ансамблю ядер**

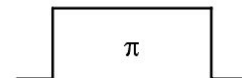
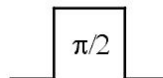
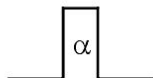
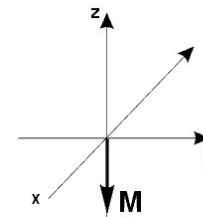
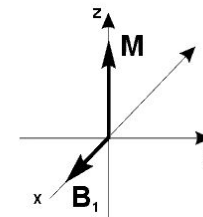
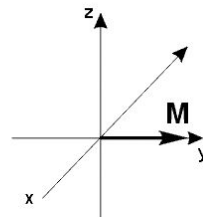
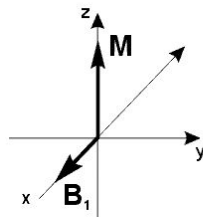
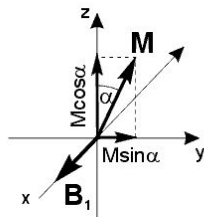
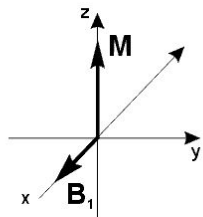


**Лабораторна система координат**



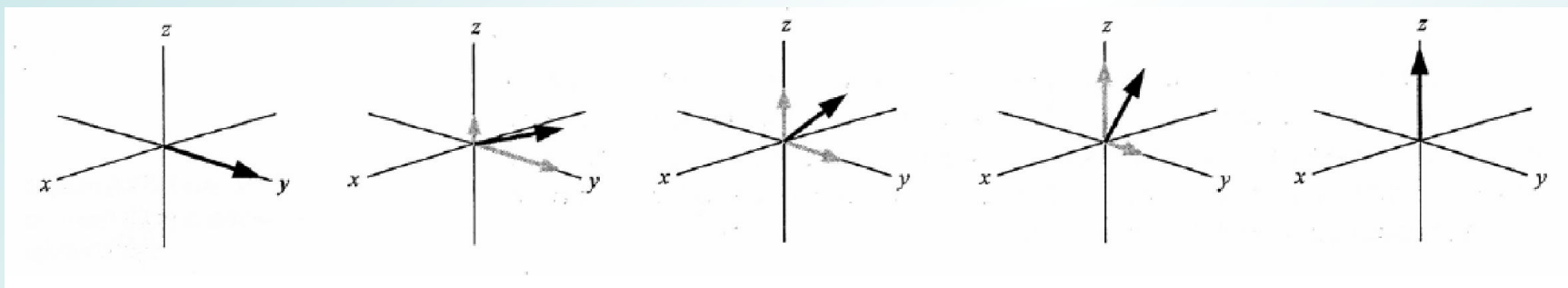
**система координат, що обертається**

## Дія імпульсів на макроскопічну ядерну намагніченість в системі координат, що обертається





## Поведінка макроскопічної ядерної намагніченості після $90^\circ$ імпульсу (в системі координат, що обертається)



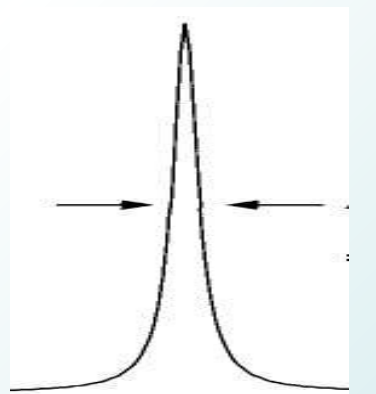
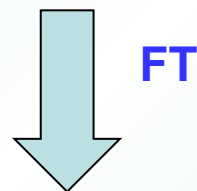
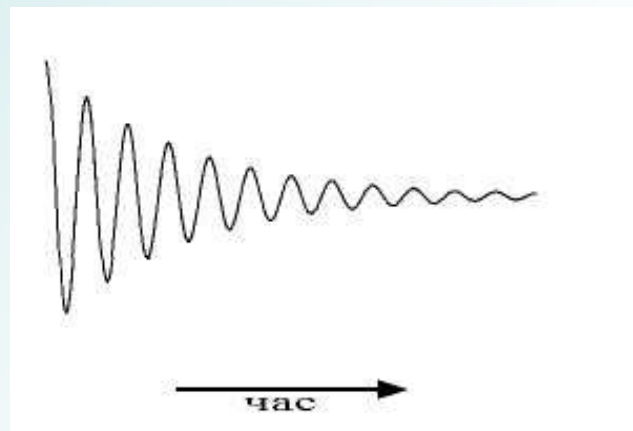
Процес відновлення рівноважної макроскопічної ядерної намагніченості - ядерна релаксація – відбувається за експоненціальними законами

$$M_z(t) = M_0 (1 - e^{-t/T_1})$$

$$M_y(t) = M_0 e^{-t/T_2}$$



## Проекція $M(t)$ на вісь $x$ (або $y$ ):

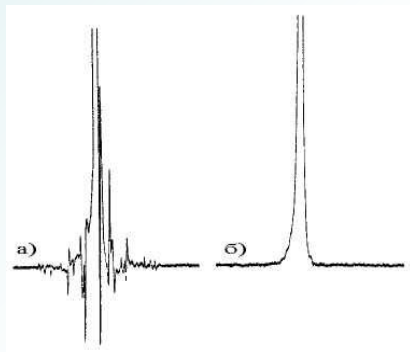


частота

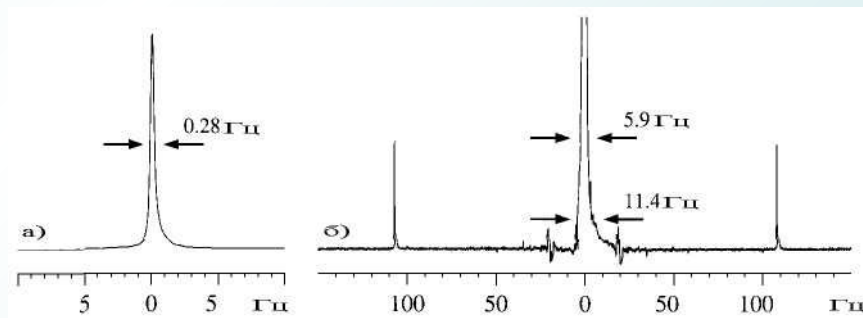


## ВАЖЛИВІ ПАРАМЕТРИ СПЕКТРОМЕТРІВ ЯМР: ЧУТЛИВІСТЬ І РОЗДІЛЬНА ЗДАТНІСТЬ

**ЧУТЛИВІСТЬ** – визначається відношенням інтенсивності сигналів і шуму для стандартних зразків



**РОЗДІЛЬНА ЗДАТНІСТЬ** – визначається шириною сигналів стандартних зразків

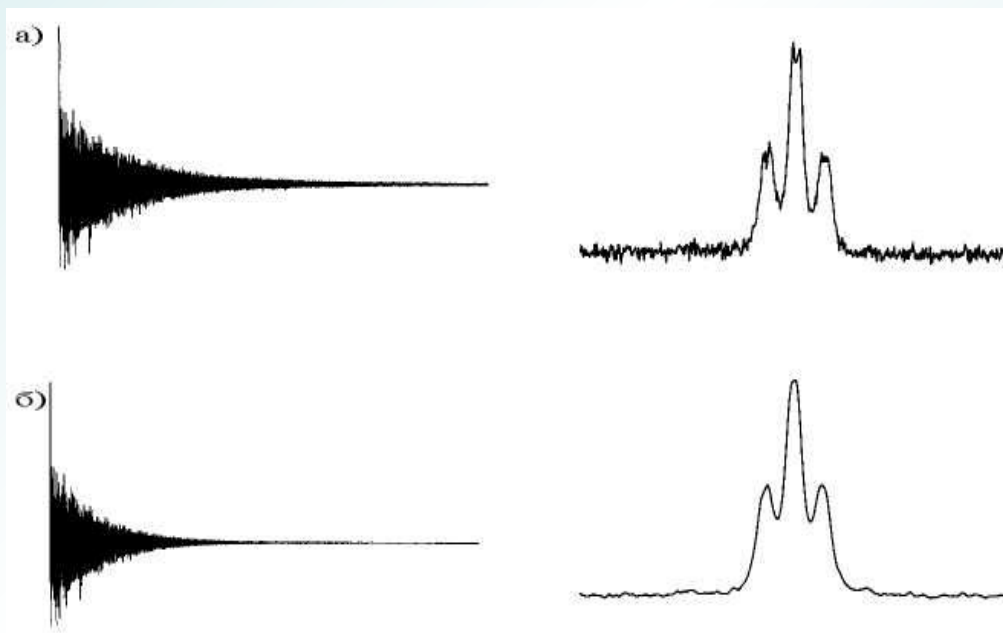






## ЧУТЛИВІСТЬ ПІДВИЩУЄТЬСЯ:

- Збільшенням напруженості зовнішнього магнітного поля
- Накопиченням сигналу в пам'яті комп'ютера
- Домноженням кривої СВІ на експоненційну функцію



-В загальному випадку, ЯМР на ядрах з більшим гіромагнітним відношенням є більш чутливим

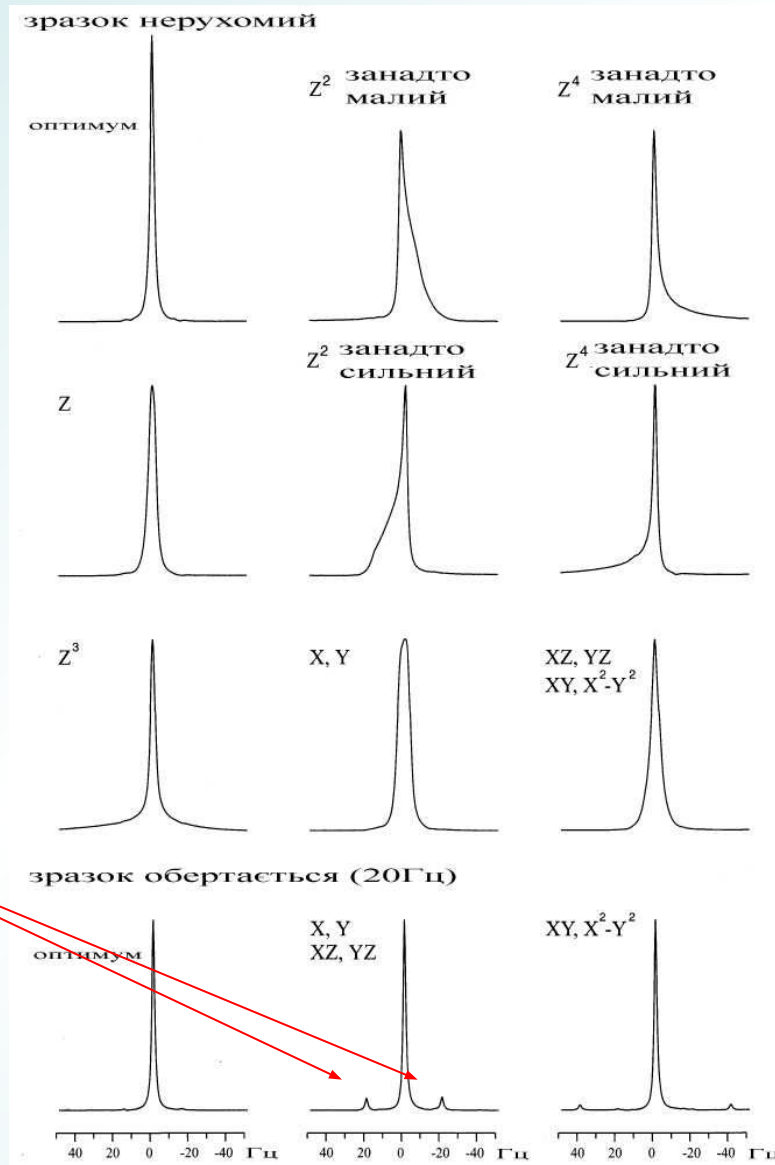


## **РОЗДІЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ПІДВИЩУЄТЬСЯ:**

- Збільшенням однорідності магнітного поля**
- Збільшенням стабільності магнітного поля**
- Обертанням зразка**



# ШИМУВАННЯ І ОБЕРТАННЯ ЗРАЗКА:



- Обертальні сателіти



# НАРЕШТІ, ЯКІСНИЙ СПЕКТР! ( $^1\text{H}$ -ЯМР)

