

# **Поняття про мультифункціональний матеріал**

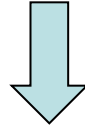
Що таке матеріал? В чому відмінність між матеріалом і речовиною, сполукою або їх сумішшю?

Матеріал – це сполука, речовина, суміш речовин, композит, **які знайшли практичне використання.**

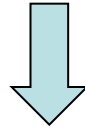
**Приклад:**  $\text{CaCO}_3$  – карбонат кальцію, хімічна речовина  
крейда – будівельний матеріал

Карбонат кальцію, синтетично отриманий в лабораторії, може розглядатися як основа для створення будівельного матеріалу, але ще не є будівельним матеріалом

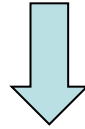
За що цінують матеріали? Відповідь - за їх цінні властивості.



Створення нових матеріалів потребує створення речовин, що мають потрібні (задані) властивості



Створення речовин з заданими властивостями потребує знань про залежність властивостей від складу і будови речовини



Отримання знань про залежність властивостей від складу і будови речовини потребує дослідження масиву речовин різного складу і будови

Кожна речовина, кожен матеріал має багато властивостей (усі, без виключення, мають густину, колір, смак, електричний опір тощо). Більшість таких властивостей не має застосування.

Не має сенсу характеризувати речовину або матеріал тими властивостями, які не можуть бути застосовані. Надалі розглядатимемо лише ті властивості, що можуть бути застосовані.

Функціональний матеріал – матеріал, що має певну властивість (функцію), яка потрібна для певного застосування.

Про що ми будемо говорити?

**МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИЙ  
МАТЕРІАЛ -  
ЦЕ МАТЕРІАЛ, ЩО ПОЄДНУЄ  
ДЕКІЛЬКА "КОРИСНИХ"  
ВЛАСТИВОСТЕЙ**  
(властивостей, потрібних для  
практичного застосування)

## Можливі 2 варіанти:

# 1. Співіснування (одночасне існування) двох різних властивостей

Приклади:

- провідний магнітний матеріал (залізо)

- пористий магнітний сорбент

(властивості: здатність до сорбції + здатність до руху в магнітному полі)

- каталізатор з пористою структурою (властивості: здатність до селективної сорбції + каталітична активність)

Строго кажучи, у випадку співіснування властивостей, матеріал можна вважати мультифункціональним, якщо кожна з "корисних" властивостей є незалежною характеристикою (кожна існує незалежно від іншої)

Приклад:

- пористий каталізатор, в строгому розумінні, не є мультифункціональним матеріалом, оскільки пористість є складовою "особливих каталітичних властивостей". Це – каталізатор з особливими каталітичними властивостями, що досягається завдяки поєднанню пористості і каталітичної активності

**Можливі 2 варіанти:**

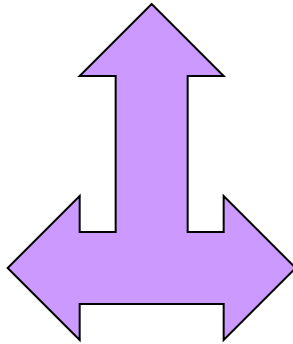
**2. Посилення або послаблення певної характеристики при дії на зразок, яка напряду з такою характеристикою не пов'язана**

**Приклади:**

- зміна забарвлення при зміні рН**
- перехід антиферомагнетика в феромагнетик при адсорбції субстрату**

**Таким чином,  
наявність однієї з властивостей має**

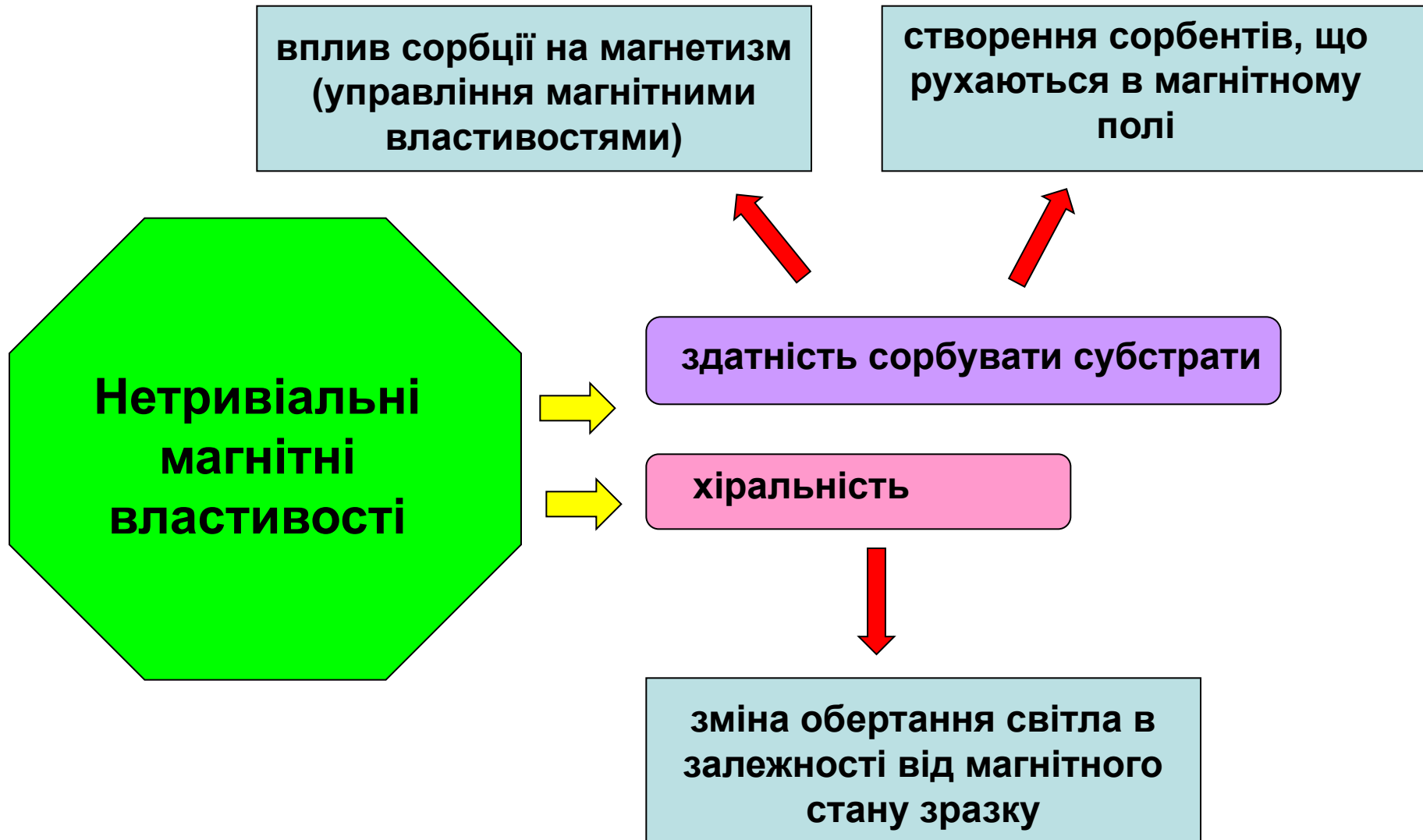
**- спрощувати  
застосування, пов'  
язане з іншою  
властивістю**



**- надавати можливість  
впливати на іншу  
властивість  
(посилювати або  
послабляти певну  
характеристику)**



# ВИПАДКИ ПОЄДНАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ЯКІ БУДУТЬ РОЗГЛЯДАТИСЯ



# ЩО ТАКЕ “НЕТРИВІАЛЬНІ МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ” ?

- Явище “молекула-магніт”. Окрема молекула є магнітним доменом.
- Колективне впорядкування спінів: феромагнітне впорядкування, ферімагнітне впорядкування, антиферомагнітне впорядкування
- Обмінні взаємодії між парамагнітними центрами.
- Явище “спін-кросоверу”. Суттєва зміна магнітної сприйнятливості (іноді – перехід з діамагнітного в парамагнітний стан) при зміні температури

# ЯКИМ ЧИНОМ МОЖНА НАДАТИ РЕЧОВИНІ АБО КОМПОЗИТУ БАЖАНІ МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ?

## **Спосіб 1.**

Створити “магнітний центр” з заданими властивостями в складі самої речовини.

Найбільш доцільний шлях, якщо є задача взаємного впливу однієї властивості на іншу, тому що досягається найбільш близьке розташування центрів, які відповідають за певні різні властивості.

Спосіб – зборка речовини з “будівельних блоків” з заданими властивостями. Утворюється нова хімічна сполука.

# ЯКИМ ЧИНОМ МОЖНА НАДАТИ РЕЧОВИНІ АБО КОМПОЗИТУ БАЖАНІ МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ?

## **Спосіб 2.**

**Ввести окремий “магнітний центр” з заданими властивостями в склад композиту, без зміни будови речовини.**

**Найбільш доцільний шлях, якщо є задача досягти співіснування ряду властивостей без їх взаємного впливу. Компоненти, що відповідають за різні властивості, як правило, добре відокремлені одна від одної.**

**Спосіб – інкорпорування магнітних частинок (наночастинок) в іншу речовину. Утворюється композит різних хімічних сполук.**

# **ЩО ТАКЕ “ЗДАТНІСТЬ СОРБУВАТИ СУБСТРАТИ” ?**

**Фактори, що дозволяють регулювати здатність речовин або матеріалів сорбувати певні молекули:**

- хімічна природа центрів адсорбції (центрів зв'язування)**
- питома площа поверхні (пропорційна кількості центрів адсорбції на грам сорбенту)**
- наявність пор (що обумовлює просторові обмеження для молекул субстратів і більшу енергію зв'язування у порівнянні з плоскою поверхнею)**

# ТИПИ СОРБЕНТІВ, НА ОСНОВІ ЯКИХ МОЖУТЬ БУТИ СТВОРЕНІ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

**Активоване вугілля**

**Кремнеземні сорбенти**

**Цеоліти, алюмосилікати**

**Пористі фосфати**

**Пористі координаційні полімери**

**Діамагнітні сорбенти**

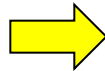
Можливість інкорпорування другої складової з заданими властивостями (наприклад, магнітних або люмінесцентних наночастинок)

**Парамагнітні сорбенти**

Можливість створення заданих магнітних, люмінесцентних або каталітичних центрів в структурі самого сорбенту

# ВИПАДКИ ПОЄДНАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ЯКІ БУДУТЬ РОЗГЛЯДАТИСЯ

**Нетривіальні  
магнітні  
властивості**



**електропровідність (нові  
молекулярні матеріали,  
пошук можливості впливу  
магнітного стану на  
провідність)**

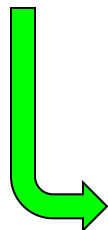
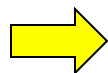


**зміна електропровідності в  
залежності від магнітного  
стану зразку**

# ВИПАДКИ ПОЄДНАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ЯКІ БУДУТЬ РОЗГЛЯДАТИСЯ

вплив взаємодії з  
субстратом на спектральні  
властивості  
(управління спектральними  
властивостями)

детектування субстратів



здатність сорбувати субстрати

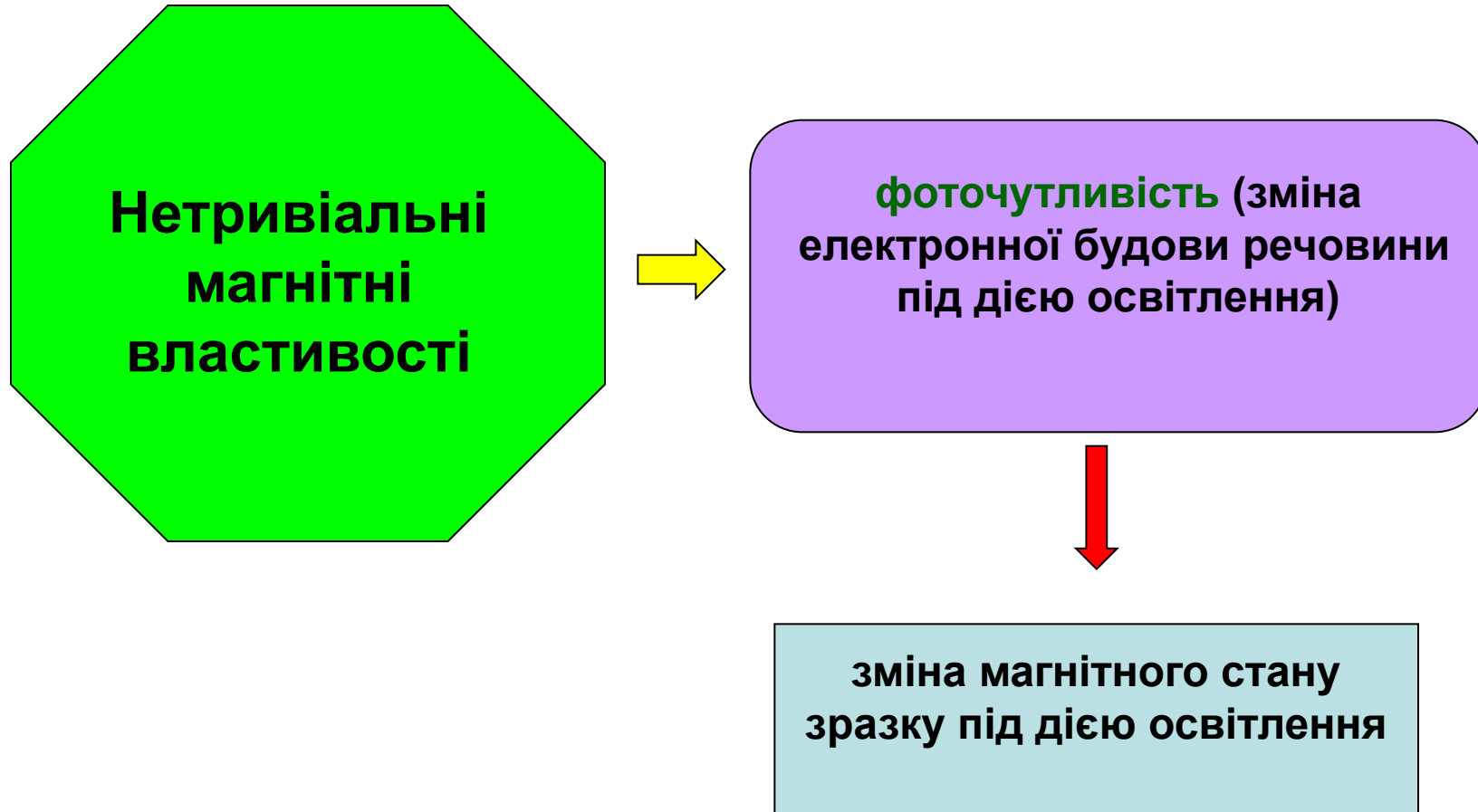
здатність до селективної  
взаємодії з субстратами

термохромізм



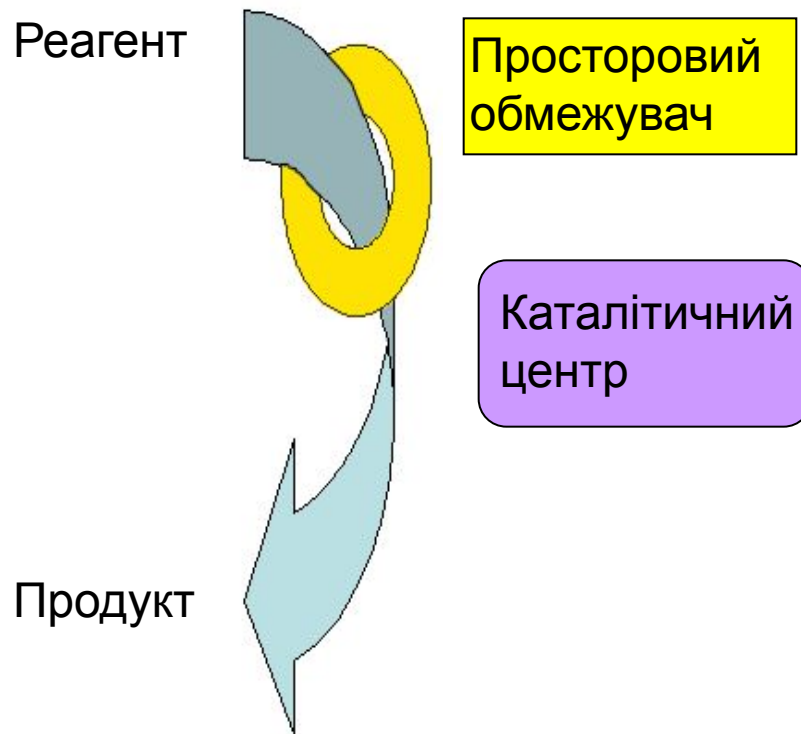
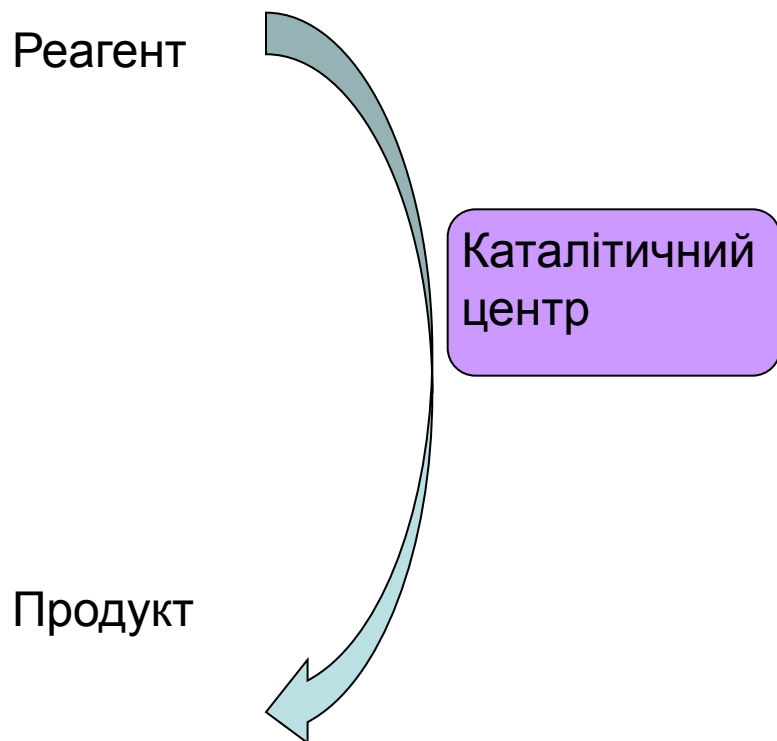


# ВИПАДКИ ПОЄДНАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ЯКІ БУДУТЬ РОЗГЛЯДАТИСЯ



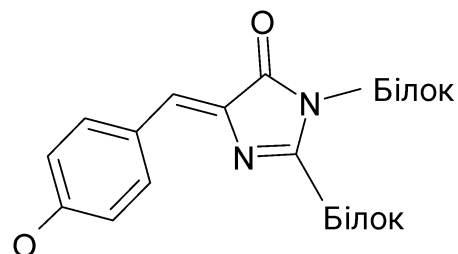
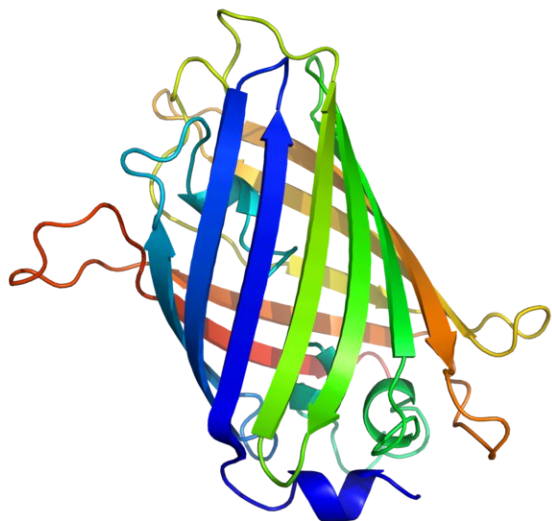
# БІФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ В КАТАЛІЗІ

Поєднання каталітичної активності центрів з просторовим обмежувачем (створення каталітичних центрів в пористій структурі), що дозволяє “відсіювати” молекули реагентів за розміром



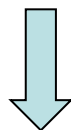
# БІФУНКЦІОНАЛЬНІ БІОМОЛЕКУЛИ

Зелений флуоресцентний білок, виділено з медузи *Aequorea victoria*  
Флуоресцує в зеленому діапазоні при освітленні синім світлом



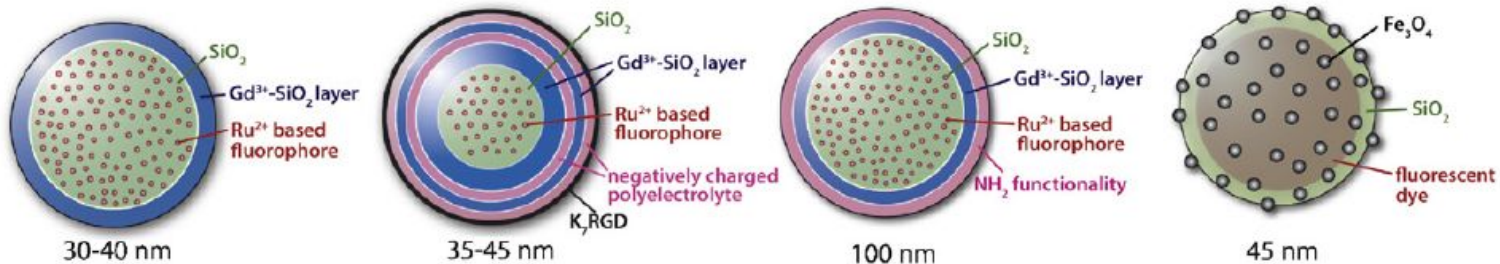
Хромофор зеленого  
флуоресцентного білку

M. Ormö, A.B. Cubitt, K. Kallio, L.A. Gross, R.Y. Tsien, S.J. Remington *Science*  
1996, 273, 1392.

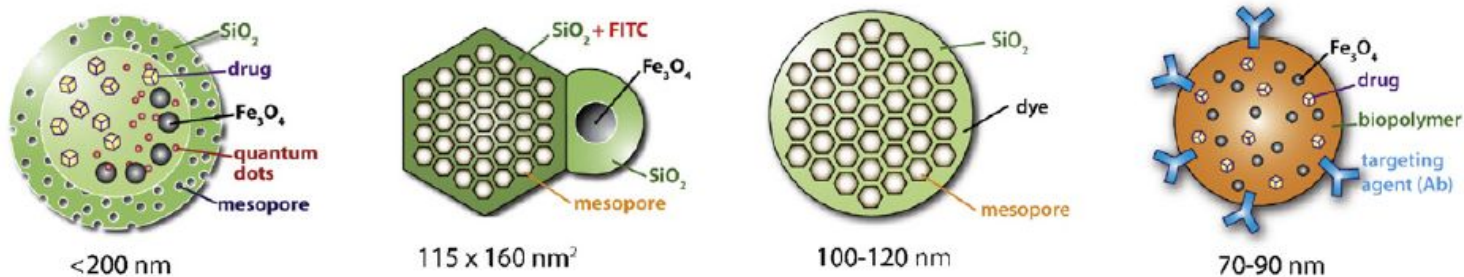


Мутантні флуоресцентні білки (жовтий, синій)

# БІФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОЧАСТИНКИ

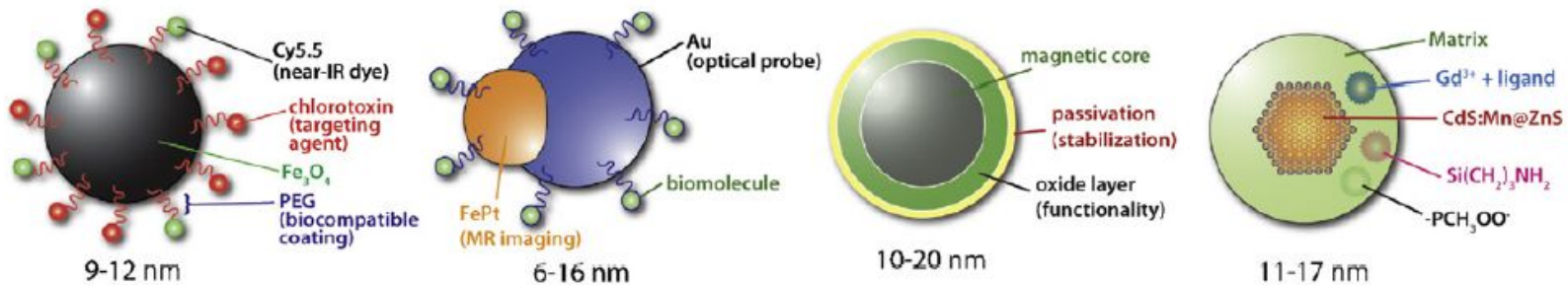


Непористі сферичні частинки SiO<sub>2</sub> розміром до 100 нм з двома або більшою кількістю компонентів

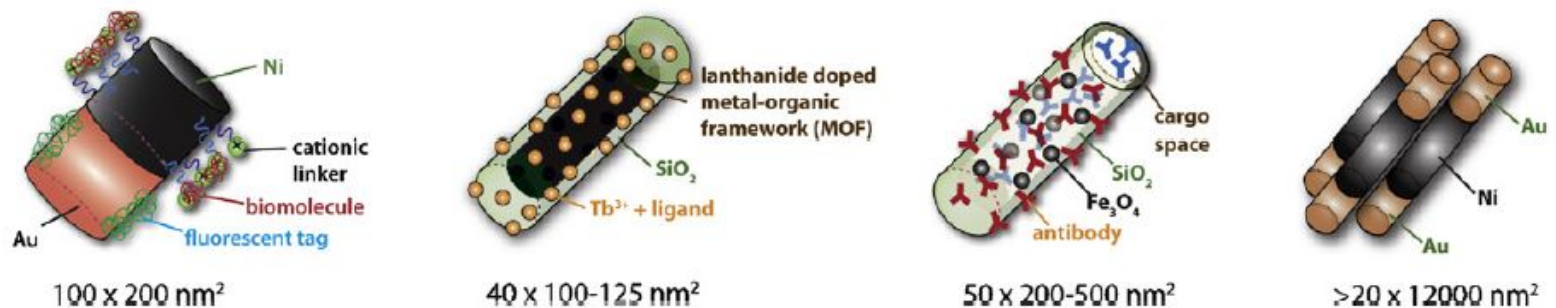


Сферичні частинки розміром до 200 нм, пористі або ні, які можуть захоплювати та “віддавати” малі молекули, наприклад, лікарські препарати

# БІФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОЧАСТИНКИ

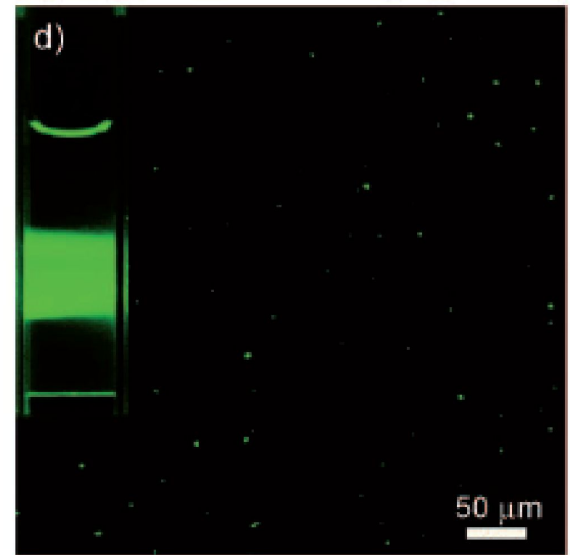
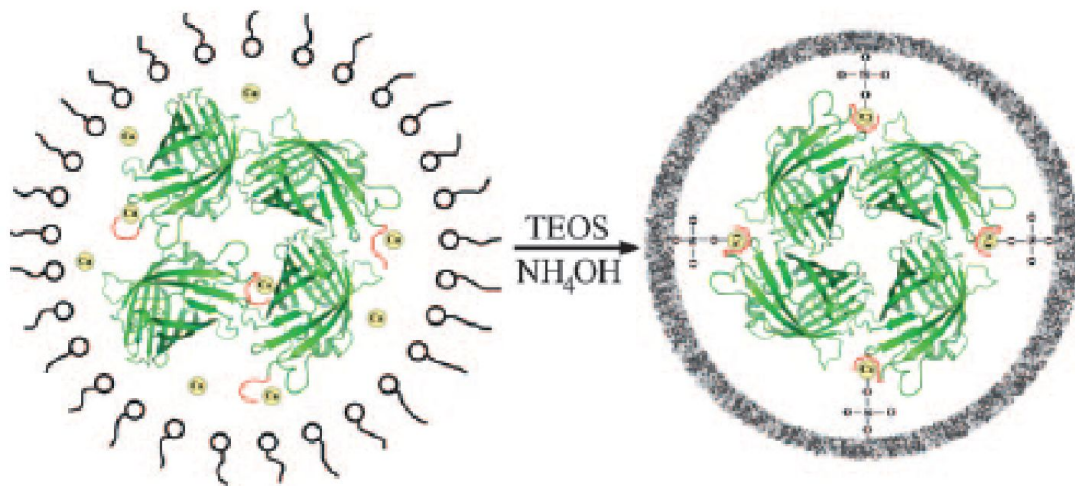


Частинки розміром до 20 нм з функціоналізованими лігандами або іммобілізованими біомолекулами



Несферичні частинки, що містять багато компонентів (флуоресцентні мітки, біомолекули, антитіла тощо)

# БІФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОЧАСТИНКИ



A. Cao, Z. Ye, Z. Cai, E. Dong, X. Yang, G. Liu, X. Deng, Y. Wang, S.-T. Yang, H. Wang, M. Wu, Y. Liu  
*Angew. Chem. Int. Ed.* 2010, 49, 3022