

## Optymalizacja architektury i składu chemicznego nanokryształów konwertujących energię w górę współdomieszkowanych jonami lantanowców pod kątem transferu energii do barwników organicznych.

### Cel projektu

Głównym celem projektu jest synteza zaawansowanych nanokryształów zawierających jony lantanowców, przyłączenie do nich barwników organicznych i zbadanie rezonansowego transferu energii Förstera (FRET) zachodzącego pomiędzy tymi cząsteczkami. Szczegółowym celem projektu jest sprawdzenie, jaka ilość jonów domieszki zapewni najbardziej wydajny FRET, jak różne odległości między cząsteczkami donora (D) i akceptora (A), a także rodzaj i ilość barwnika organicznego wpływają na wydajność FRET.

### Opis badań

Rozwój nanotechnologii niesie ze sobą szereg innowacyjnych zastosowań, które pozwalają na lepsze zrozumienie procesów i zjawisk zachodzących w przyrodzie. Jednym z procesów, który znacząco się do tego przyczynia jest FRET. Dzięki temu zjawisku możliwe stało się badanie hybrydyzacji DNA, reakcji wiązania przeciwciał z antygenami czy zmian konformacyjnych białek. Żeby wyjaśnić mechanizm FRET, warto odnieść się do częstotliwości drgań kamertonu. Jeśli dwa kamertony znajdują się wystarczająco blisko siebie, a ich częstotliwości są takie same, to uderzenie jednego z nich spowoduje wibrację drugiego. W przeciwnym razie, gdy odległości są zbyt duże lub częstotliwości kamertonów są różne, wówczas transfer energii nie będzie miał miejsca. Analogicznie do przypadku kamertonu, transfer energii FRET między dwiema cząsteczkami, tj. z D do A na zasadzie bezpromienistego transferu energii jest możliwy, gdy energia wzbudzonego D jest równa energii, która może zostać zaabsorbowana przez A (Fig. 1). Co więcej, te dwie cząsteczki muszą znajdować się wystarczająco blisko siebie. Odległość między D i A nie powinna przekraczać 10 nm. Nanokryształy domieszkowane jonami lantanowców  $\text{Ln}^{3+}$  wykazujące konwersję energii w górę (UC) okazały się odpowiednie jako D we FRET ze względu na wąskie pasma absorpcji i emisji, wysoką fotostabilność i długie czasy zaniku luminescencji, co sprawia, że pomiary tych materiałów są wygodne. Co więcej, możliwość wzbudzenia  $\text{Ln}^{3+}$  w zakresie NIR jest korzystna z punktu widzenia aplikacji biologicznych, ponieważ mieści się w tzw. oknie biologicznym tkanek, czyli obszarze wykazującym niższy współczynnik absorpcji i jednocześnie większą głębokość penetracji światła. Niniejszy projekt ma na celu zbadanie nanokryształów  $\text{NaYF}_4$  zawierających jony  $\text{Yb}^{3+}$  i  $\text{Tm}^{3+}$  w odniesieniu do FRET. Cząstki zostaną zsyntetyzowane w architekturze rdzeń i rdzeń-otoczka w celu umieszczenia optycznie aktywnych jonów lantanowców w różnych odległościach od cząsteczek A. Nanokryształy będą syntetyzowane metodą rozkładu termicznego, która wymaga wysokiej temperatury  $300^\circ\text{C}$ . Czystość zsyntetyzowanych nanocząstek zostanie potwierdzona za pomocą pomiarów dyfrakcji proszkowej promieniowania rentgenowskiego (XRD). Następnie, kształt i rozmiar nanokryształów zostaną zidentyfikowane przy użyciu zaawansowanej mikroskopii. Odpowiednie barwniki, które będą w stanie absorbować energię z cząsteczek D, zostaną dołączone w różnych ilościach do nanokryształów jako A. Intensywność luminescencji, jak również czasy życia luminescencji D zmniejszają się w obecności A. Te dwa czynniki umożliwiają oszacowanie wydajności FRET. W związku z tym, oprócz podstawowych badań spektroskopowych, takich jak pomiary widm absorpcji mające na celu potwierdzenie, że zsyntetyzowane materiały absorbują światło o oczekiwanej długości fali, zmierzone zostaną widma emisji, a także czasy życia luminescencji wzbudzonych poziomów energetycznych cząsteczek D, zarówno w obecności, jak i nieobecności cząsteczek A. Pomiary te pozwolą na obliczenie wydajności FRET.

### Opis powodów, dla których podjęta została ta tematyka badawcza

Do tej pory materiały domieszkowane jonami  $\text{Yb}^{3+}$  i  $\text{Er}^{3+}$  były systematycznie badane pod kątem FRET. Jednak również inne jony, takie jak pary  $\text{Yb}^{3+}$  i  $\text{Tm}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$  i  $\text{Ho}^{3+}$  oraz  $\text{Yb}^{3+}$  i  $\text{Pr}^{3+}$ , wykazują wydajną UC i mogą być stosowane jako donory w FRET, podczas gdy istnieje niewiele lub nie ma żadnych doniesień literaturowych opisujących badania takich materiałów, zwłaszcza systematyczne badania, pod kątem zjawiska FRET. Dlatego badania przeprowadzone w ramach niniejszego projektu wniosą nową wiedzę do opisywanej dyscypliny naukowej, co zapewni lepsze zrozumienie zjawiska i przyczyni się do poszerzenia zastosowań FRET.

### Najważniejsze spodziewane efekty

Wydajność FRET zależy od stężenia domieszek jonów lantanowców. Architektura nanokryształów wpływa zarówno na UC, jak i na wydajność FRET. Poprawa wydajności luminescencji UC nie oznacza poprawy wydajności FRET.

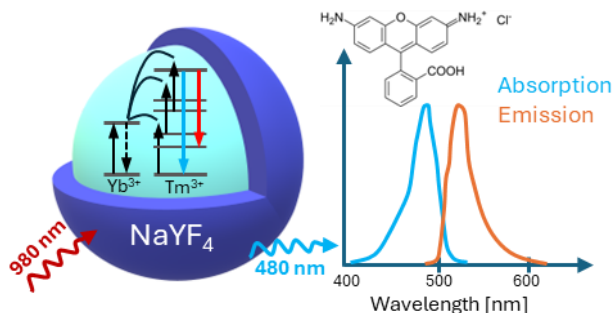


Figura.1: Schematyczna ilustracja procesu FRET zachodzącego pomiędzy nanokryształami współdomieszkowanymi jonami  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Tm}^{3+}$  a barwnikiem organicznym.