

## 2 PRZYKŁAD ZAJĘĆ O CHARAKTERZE INTERDYSCYPLINARNYM. SEMINARIUM CHEMII BIONIEORGANICZNEJ

*Małgorzata Brindell, Wojciech Macyk, Konrad Szaciłowski*

1. **Przedmiot:** chemia nieorganiczna II.
2. **Kurs:** seminarium część chemia bionieorganiczna (1/3 kursu).
3. **Czas trwania:** 5 × 1 h.
4. **Adresaci:** studenci III roku, kierunek: chemia.
5. **Sposób organizacji:** Przedmiot chemia nieorganiczna II składa się z dwóch kursów: 45 godz. wykładów i 15 godz. seminarium. Cały kurs podzielony jest na trzy części tematyczne, z której jedna dotyczy chemii bionieorganicznej. Każdej części tematycznej poświęcone jest pięć spotkań seminaryjnych, które prowadzone są w grupach liczących ok. 25 osób, trwają 45 min. Przed cyklem seminariów studenci otrzymują materiały, które zawierają zarówno opis dyskutowanych problemów, jak i przykładowe pytania.

### 6. Cel ogólny:

Głównym celem tych zajęć jest zaprezentowanie sposobów rozwiązywania problemów z chemii bionieorganicznej, przy wykorzystaniu wiedzy przyswojonej na innych kursach podstawowych (chemia ogólna, nieorganiczna, fizyczna, organiczna itp.). Tego typu zajęcia pozwalają zweryfikować stopień trwałości i zrozumienia dotychczas zdobytej wiedzy. W czasie zajęć studenci rozwijają także różne umiejętności, takie jak: rozwiązywanie problemów (w dużym stopniu interdyscyplinarnych), krytyczne myślenie, umiejętność dyskusji i prezentowania swoich opinii.

### 7. Zastosowana metoda, wprowadzona innowacja:

Zajęcia seminaryjne z chemii bionieorganicznej opierają się na przedyskutowaniu stosunkowo złożonych problemów, których rozwiązanie wymaga przeanalizowaniu szeregu prostszych zadań. Istotną rolę odgrywa dyskusja prowadzona w trakcie seminarium. Rola nauczyciela sprowadza się do funkcji moderatora, który kieruje dyskusją w taki sposób, aby studenci sami potrafili wyciągnąć odpowiednie wnioski i sformułować ogólne prawa, reguły. Wartość merytoryczna dyskusji w dużej mierze zależy od przygotowania studentów do ćwiczeń, dlatego istotnym elementem jest wcześniejsze przekazanie studentom treści problemów omawianych w czasie zajęć. Ocena studentów zawiera dwa składniki: ich aktywność na zajęciach (praca w trakcie zajęć seminaryjnych) oraz wynik z pisemnego kolokwium (na kolokwium studenci otrzymują **zadania problemowe** – patrz poniżej).

### 8. Opis:

Poniżej podano niektóre przykłady z materiałów wstępnych dla dwóch wybranych zagadnień.

A. Fotosynteza i oddychanie komórkowe [1,2]

Przeniesienie elektronu z cząsteczki wody do cząsteczki ditlenku węgla jest skomplikowanym, wieloetapowym procesem, który wymaga ścisłego współdziałania wielu enzymów i absorpcji dwóch fotonów.

- Jaka liczba fotonów i elektronów bierze udział w syntezie jednej cząsteczki glukozy?
- Policz energię zaabsorbowanych fotonów niezbędnych do syntezy jednego mola glukozy. Porównaj energię fotonów z efektem cieplnym towarzyszącym spalaniu 1 mola glukozy (-2,865 MJ mol<sup>-1</sup>). Skomentuj uzyskany wynik.
- Do spalania 1 mola glukozy potrzebne jest 6 moli tlenu. Porównaj energię spalania 1 mola glukozy z efektem energetycznym towarzyszącym spalaniu 12 moli wodoru. Co powiesz o wodorze i glukozie jako paliwach?

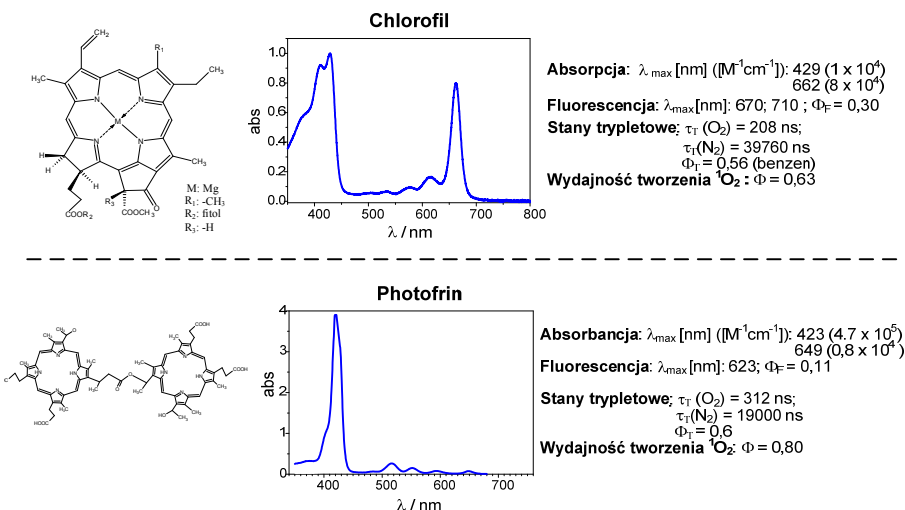
## B. Światło + fotosensybilizator – nowe podejście w terapii [3]

Terapia fotodynamiczna (ang. *photodynamic therapy*, PDT) jest jedną z najnowocześniejszych metod leczenia nowotworów. PDT wymaga trzech podstawowych elementów: fotosensybilizatora (fotouczulacza), tlenu rozpuszczonego w tkance oraz światła o odpowiedniej mocy i długości fali dopasowanej do pasm absorpcji fotosensybilizatora (maksymalna zdolność penetracji światła w tkankach ssaków obejmuje zakres 650-850 nm).

Przebieg PDT: 1) wstrzyknięcie fotosensybilizatora; 2) związanie fotosensybilizatora z białkami surowicy; 3) akumulacja fotosensybilizatora w tkankach; 4) różny stopień uwalniania się fotosensybilizatora z tkanki zdrowej i nowotworowej (kumulacja w guzie); 5) wzbudzenie fotosensybilizatora w tkance nowotworowej (naświetlanie komórek światłem o odpowiedniej długości fali); 6) generacja czynników cytotoksycznych; 7) niszczenie składników komórek (szczególnie składników błony komórkowej – peroksydacja lipidów); 8) zaburzenie czynności komórek; 9) zniszczenie nowotworu.

### Zagadnienia

- Opisz procesy biorące udział w dezaktywacji stanu wzbudzonego fotosensybilizatora.
- Jakie cechy powinien mieć fotosensybilizator, aby mógł być użyty w terapii PDT (należy zwrócić uwagę na jego własności biologiczne, chemiczne i fotochemiczne).
- Chlorofil (fotosensybilizator naturalny) a Photofrin (fotosensybilizator używany w PDT) – korzystając ze schematu 1, opisz różnice i podobieństwa obu fotosensybilizatorów.



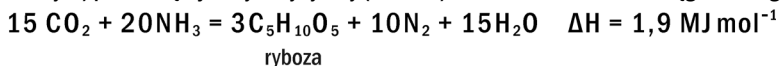
Rys. 1. Struktura, widmo absorpcyjne oraz podstawowe właściwości fotofizyczne wybranych fotosensybilizatorów

Poniżej podano przykładowe zadania związane z opisanymi powyżej zagadnieniami, jakie mogą otrzymać studenci do rozwiązania podczas kolokwium.

### Problemy do rozwiązania

#### Część A

Na skutek awarii sonda *Cassini* przesłała dane, które można zinterpretować jako dowód istnienia nieznannej dotychczas autotroficznej formy życia. Organizmy te, ze względu na zabarwienie, przez analogię do roślin zielonych nazwano *roślinami żółtymi*. Wytworzyły one alternatywny mechanizm fotosyntezy jednofotonowej (w odróżnieniu od fotosyntezy dwufotonowej biegnącej w roślinach zielonych) prowadzącej do syntezy rybozy ( $C_5H_{10}O_5$ ) z amoniaku i dwutlenku węgla według równania:

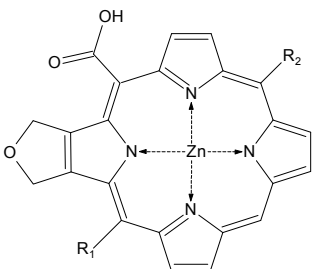


*Rośliny żółte* absorbują promieniowanie ultrafioletowe i widzialne. Określ liczbę fotonów i elektronów potrzebnych do syntezy 1 cząsteczki rybozy oraz oblicz położenie maksimum absorpcji barwnika żółtego wiedząc, że sprawność energetyczna procesu fotosyntezy wynosi 31,5%.

PS: Po analizie składu atmosfery Tytana okazało się, że nie sprzyja ona rozwojowi *roślin żółtych*. Szkoda...

#### Część B

Pewna firma farmaceutyczna otrzymała związki, które mogłyby być testowane jako potencjalne fotosensybilizatory w terapii fotodynamicznej. Strukturę i niektóre parametry przedstawia poniższa tabela.



R <sub>1</sub>	H	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>6</sub> F <sub>5</sub>
R <sub>2</sub>	H	H	CH <sub>3</sub>	H	C <sub>6</sub> F <sub>5</sub>
λ <sub>max</sub>	680	690	692	720	675
τ <sub>T</sub> (N <sub>2</sub> )/nm	1,25	2,28	1,22	3,75	5,51
Φ <sub>F</sub> (O <sub>2</sub> )	0,81	0,74	0,70	0,55	0,15
pK <sub>a</sub>	7,5	7,7	7,8	7,2	6,5

gdzie: λ<sub>max</sub> – maksimum pasma absorpcyjnego; Φ<sub>F</sub> (O<sub>2</sub>) – wydajność kwantowa fluorescencji w roztworze nasyconym tlenem; τ<sub>T</sub> (N<sub>2</sub>) – czas życia stanu trypletowego w warunkach beztlennych.

Dla którego z przedstawionych fotosensybilizatorów spodziewał(a)byś się największej wartości stosunku τ<sub>T</sub> (N<sub>2</sub>) / τ<sub>T</sub> (O<sub>2</sub>)? Uzasadnij swój wybór przy założeniu konfiguracji elektronowej jonu centralnego d<sup>10</sup>.

### 9. Wnioski z zastosowania metody/innowacji, jej zalety i wady:

Rozwijanie zdolności kojarzenia wielu faktów z różnych działów chemii (także elementów fizyki, biologii, matematyki), które mogą być przydatne w rozwiązywaniu bardziej zaawansowanych problemów jest bardzo istotne. Zdolności takie są niezwykle pomocne już na etapie przygotowywania pracy magisterskiej (ew. także doktorskiej) oraz niejednokrotnie w przyszłej pracy zawodowej.

Z naszego doświadczenia zdobytego w trakcie prowadzenia zajęć dydaktycznych ze studentami wynika, że wykorzystanie wiadomości „związanych” z różnymi dziedzinami, podczas rozwiązywania problemów o bardziej interdyscyplinarnym charakterze, sprawia studentom duże trudności. Przedstawiony w niniejszym opracowaniu sposób prowadzenia seminariów postrze-

gany jest przez większość studentów jako trudny, lecz jednocześnie innowacyjny. Opisana metodyka nauczania chemii okazuje się bardzo użyteczna w stymulowaniu kreatywnego myślenia. Dla wielu z nich seminaria te stanowią dobrą okazję do weryfikacji wiedzy, którą dotychczas przyswoili i do nauczenia się czegoś nowego.

Niemniej jednak niezbędnym warunkiem (ograniczeniem w wielu przypadkach) jej powodzenia jest przynajmniej podstawowa wiedza studentów z różnych dziedzin chemii i fizyki. Podczas przygotowywania się do seminariów student zmuszony jest do poszukiwania i kompilacji wiadomości oraz danych z różnych źródeł (wykładów, podręczników, czasopism naukowych, Internetu).

#### LITERATURA CYTOWANA

1. S.J. Lippard, J.M. Berg, *Principles of bioinorganic chemistry*, University Science Books, 1994.
2. L. Stryer, *Biochemia*, PWN, Warszawa 1997.
3. K. Szaciłowski, W. Macyk, A. Drzewiecka-Matuszek, M. Brindell, G. Stochel, *Bioinorganic Photochemistry. Frontiers and mechanisms*, „Chem. Rev.” 105 (2005) 2647.