

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkozenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Reaktywne formy tlenu katalizowane niecyklicznymi związkami żelaza

### Streszczenie

Utlenianie związków organicznych, w wyniku reakcji następczych procesów (reakcji) Fentona, Habera-Wissa przez wiele lat nie było jasne. Badania nad utlenieniem węglowodorów nasyconych reaktywnymi formami tlenu wskazują, na tworzenie się dodatkowego indywiduum kationorodnika ferrylowego. Generowanie tego rodnika w reakcjach utlenienia węglowodorów nasyconych, zostało wykorzystane w metodzie Gif Chemistry (i jej modyfikacjach), co pozwoliła zoptymalizować proces utlenienia węglowodorów nasyconych. Proces ten może być wykorzystywany w utylizacji odpadów organicznych.

## Skróty

Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - odczynnik Fentona

[Fe<sup>4+</sup>O]<sub>2</sub><sup>+</sup> - kationorodnik ferrylowy

[Fe<sup>5+</sup>O]<sub>3</sub><sup>+</sup> - kationorodnik nadferrylowy

Gif Chemistry - utlenianie węglowodorów nasyconych

Gif Chemistry GO - utlenianie węglowodorów nasyconych opracowane w Orsay (Gif-sur-Orsay)

Gif Chemistry GoAgg - utlenianie węglowodorów nasyconych opracowane w Aggieland (Gif-sur-Aggieland)

MLCT - przejścia elektronowe z kationu metalu na ligand (ang. Metal ligand charge transfer)

P - pierścień porfiryrowy

## Wprowadzenie

Najczęściej przyjmowana datą początku badań rodnikowych przyjęto odkrycie reakcji Fentona. Nazwa reakcji pochodzi od nazwiska jej odkrywcy - Henryka Johna Hortsmana Fentona. Opisał on spontaniczną reakcję utleniania kwasów organicznych (winnego, jabłkowego) pod wpływem wody utlenionej w obecności jonów żelaza(II). Z biegiem lat mieszanina żelaza(II) z wodą utlenioną (Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) została nazwana odczynnikiem Fentona. Odczynnik ten jest wydajnym lecz nieselektywnym utleniaczem dla większości związków organicznych. Sam mechanizm reakcji Fentona został odkryty znacznie później (prawie pół wieku temu). Stwierdzono mianowicie, iż utleniaczem w reakcji związku organicznego z odczynnikiem Fentona jest rodnik wodorotlenowy, powstający w wyniku reakcji nadtlenu wodoru z żelazem(II). Źródłem rodnika wodorotlenowego jest także redukcja nadtlenu wodoru (Reakcja Habera-Weissa).

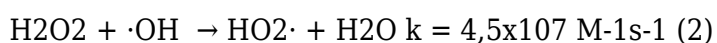
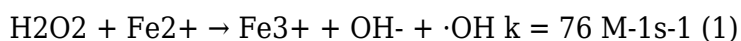
## Krótką biografia H.J.H. Fenton

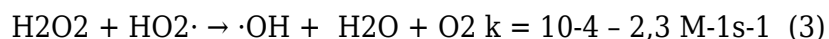
Henry John Horstman Fenton urodził się 18 lutego 1854 w Ealing (Londyn). Edukacja jego przebiegała szybko, ale burzliwie. Często popadał w konflikty z władzami Uniwersyteckimi. W roku 1881 otrzymał tytuł magistra, a 25 lat później tytuł doktora nauk chemicznych. W pracy uczelnianej znacząco wyróżniał się nie tylko wiedzą, ale także starannością i dokładnością w wykonywaniu doświadczeń. Wykłady prowadzone przez Fentona prowadzone były w formie debat, budowało to w studentach zainteresowanie i chęci badawcze. Najcenniejsza praca Fentona opisuje reakcje nadtlenu wodoru z żelazem(II), za nią także został przyznany tytuł doktorski. Umarł mając 74 lata w klinice w Londynie.

Prace dotyczące utleniania węglowodorów, kwasu winnego i innych związków w mieszaninie nadtlenu wodoru i żelaza(II) znane są na całym świecie. A mieszanina powodująca utlenienie została nazwana odczynnikiem Fentona. Odczynnik Fentona jest jednym z najefektywniejsze metody utleniania związków organicznych. Wydajność tej reakcji zależy głównie od stężenia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, stosunku molowego żelaza(II):H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a także środowiska (pH roztworu, temperatury).

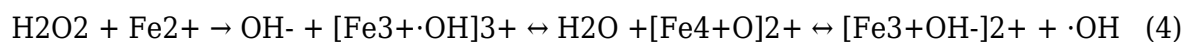
## Reakcje generujące reaktywne formy tlenu

W wyniku reakcji żelaza(II) z nadtlakiem wodoru powstaje silnie utleniający rodnik wodorotlenowy E°·OH/OH<sup>-</sup> = 2,31 V oraz rodnik ponadtlenu wodoru.





Jednak od wielu lat rozważany jest inny mechanizm reakcji (alternatywna do (1)), w której produktem pośrednim jest kationorodnik ferrylowy  $[\text{Fe}^{4+}\text{O}]^{2+}$ .

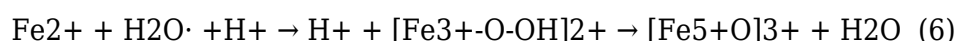


Kationorodnik ferrylowy jest w równowadze kinetycznej z rodnikiem wodorotlenowym.

### Utlenianie nasyconych węglowodorów

Najważniejszym badaczem utlenienia nasyconych węglowodorów do ketonów lub alkoholi był profesor Barton (laureat nagrody Nobla w 1969). Ten typ reakcji nazwano Gif Chemistry, a jej modyfikacje to: GO - opracowana w Orsay (Gif-sur-Orsay) i GoAgg - opracowana w Aggieland (Gif-sur-Aggieland). Gif Chemistry polega na utlenianiu związków organicznych tlenem atmosferycznym w obecności żelaza(II) oraz kwasu octowego w pirydynie. W GoAgg tlen zastąpiono nadtlakiem wodoru (dla jonów żelaza(III)) lub ponadtlakiem potasu (dla jonów żelaza(II)). Wersja GO jest reakcją przeprowadzaną elektrochemicznie. W GO produkty utleniania węglowodorów pozostają w roztworze, zaś na elektrodach generowane są rodniki oraz ich produkty reakcji następczych np. reakcji dysproporcjonowania.

Szybkość reakcji Gif jest warunkowana kationorodnikiem nadferrylowym (związek żelaza +5 stopniu utlenienia) - reakcja (5). Metoda Gif Chemistry potwierdza, że utlenianie węglowodorów do ich form ketonowych jest selektywne i zachodzi z kationorodnikiem nadferrylowym, jako reagentem. Dodatkowym potwierdzeniem wytworzenia kationorodnika ponadferrylowego jest fakt, iż gdyby generowane były w tej reakcji rodniki wodorotlenowe, reakcja ta byłaby nie specyficzna i powstawały by także produkty całkowitej mineralizacji: dwutlenek węgla i woda. Piryna zapobiega powstawaniu rodników wodorotlenowy. Formą utleniającą jest  $[\text{Fe}^{5+}\text{O}]^{3+}$

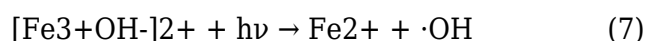


### Cytochrom P-450

Związek  $[\text{Fe}^{5+}\text{O}]^{3+}$  stosowany w metodzie Gif jest odpowiednikiem naturalnego cytochromu P-450. Porfirynowy pierścień w P-450 stabilizuje formę kationorodnika ponadferrylowego, przekształcając go do formy  $[\text{Fe}^{5+}\text{OP}]^{3+}$ , gdzie P jest pierścieniem porfirynowym P-450. Powstanie produktu  $[\text{Fe}^{5+}\text{OP}]^{3+}$  jest spowodowane przesunięciem dodatniego elementarnego ładunku na pierścień porfirynowy, co w ostateczności prowadzi do przekształcenia  $[\text{Fe}^{5+}\text{OP}]^{3+}$  w jeszcze stabilniejszą formę  $[\text{Fe}^{4+}\text{O}(\text{P}^+)]^{3+}$ .

### Zastosowanie reakcji $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$

Odczynnik Fentona można zastosować do oczyszczania wody. Produkty organiczne degradują i ulegają mineralizacji pod wpływem rodnika wodorotlenowego. Stwierdzono również, że proces ten zachodzi dużo szybciej i prawie 100% wydajnością w wyniku traktowania reagentów promieniowaniem UV-Vis.



W wyniku oddziaływania fotonów następują przejścia elektronowe MLCT (przejścia elektronowe z kationu metalu na ligand). Reakcja ta jest wspomagana przez powstające kationy żelaza(II), które reagują z wodą utlenioną w reakcji następczej produkującej także rodnik wodorotlenowy i przyspieszają tym samym degradację zanieczyszczeń wód ściekowych.

Odczynnik Fenton może odegrać ogromną rolę w ochronie środowiska i technologiach tam stosowanych. Odczynnik ten w wyniku utlenienia związków organicznych powoduje ich degradację, oczyszczając tym samym z substancji zanieczyszczających. Odczynnikiem tym można degradować komponenty zawierające aromatyczne aminy, barwniki, pestycydy, środki powierzchniowo czynne, a nawet materiały wybuchowe.

Reakcja odkryta przez Fentona ma zastosowanie w przemyśle tekstylnym, chemicznym (produkcja związków), rafineryjnym i in.. Reakcję tą wykorzystuje się także w biologii np. etiologia chorób. Powstający w reakcji Fentona rodnik hydroksylowy, uszkadza DNA, białka, oraz lipidy. Dlatego też reakcja ta odgrywa ważną rolę w procesie starzenia.

## **Podsumowanie**

Reakcja Fentona znana i stosowana na szeroką skalę. Jednak mechanizm reakcji nie jest do końca poznany, jedynie jej produkty końcowe. Możliwości jej zastosowania także, są liczne, ale czy zbadane są już wszystkie?

*Autor: Karolina Wójciuk*

<https://laboratoria.net/artukul/16093.html>

**Informacje dnia:** [Nośniki eków po 14 miesiącach na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej Flexicon FPC50 w dydaktyce pracy laboratoryjnej Blisko 2,8 mln zł na badania nad terapią Studenci AGH zaprezentowali swój najnowszy bolid elektryczny](#) [Naukowcy sprawdzili, czy protony są wieczne](#) [Polska wśród krajów z najniższym poziomem stresu psychicznego](#) [Nośniki eków po 14 miesiącach na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej Flexicon FPC50 w dydaktyce pracy laboratoryjnej Blisko 2,8 mln zł na badania nad terapią Studenci AGH zaprezentowali swój najnowszy bolid elektryczny](#) [Naukowcy sprawdzili, czy protony są wieczne](#) [Polska wśród krajów z najniższym poziomem stresu psychicznego](#)

## **Partnerzy**