

**KAMIL JANIAK**

---

# **PRODUKCJA TLENU**

**Systemy podtrzymania życia w kolonii  
pozaziemskiej - kurs**  
Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika  
Wrocławska

**WROCLAW, 2024**



# Plan prezentacji

---

1. Elektroliza wody
2. Elektroliza dwutlenku węgla
3. Świece tlenowe
4. Fotosynteza

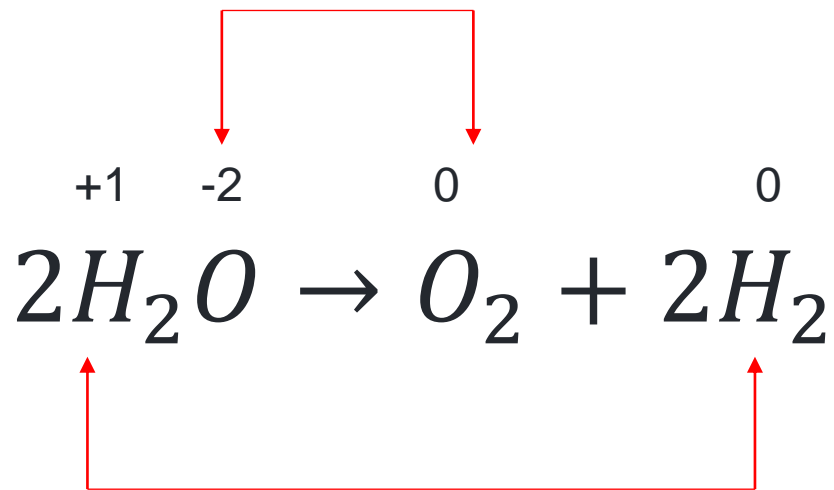
# **Elektroliza wody**

# Elektroliza wody

## Idea

---

Tlen oddaje elektrony –  
zachodzi utlenianie



Wodór przyjmuje elektron –  
zachodzi redukcja

Reakcja nie zachodzi  
samoczynnie!

Nigdy nie zobaczycie  
spontanicznego rozpadu wody  
na tlen i wodór

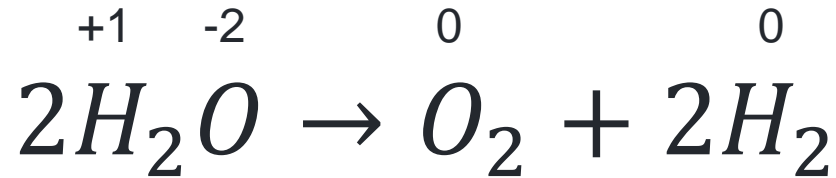
Cząsteczka wody jest stabilna i  
trzeba ją zmusić do rozpadu –  
należy dostarczyć jej energii

Energia ta może pochodzić z  
prądu elektrycznego

# Elektroliza wody

Idea

---

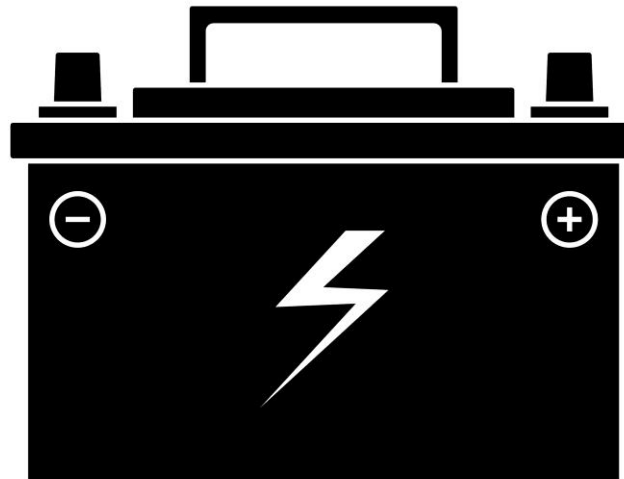


Katoda

Anoda

Minus w baterii  
odpycha elektrony

Przy katodzie  
zajdzie redukcja

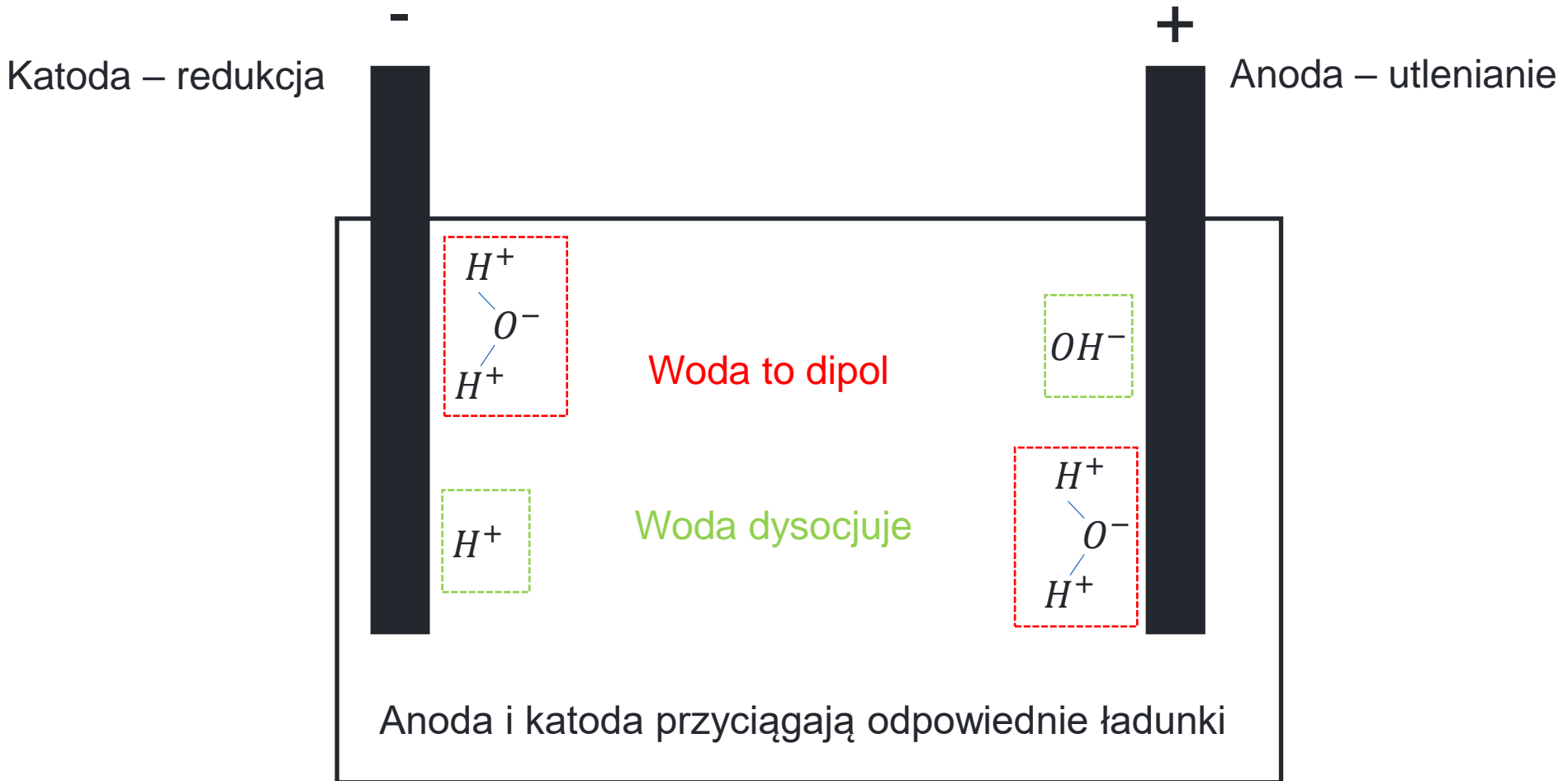


Plus w baterii przyciąga  
elektrony

Przy anodzie  
zachodzi utlenianie

# Elektroliza wody

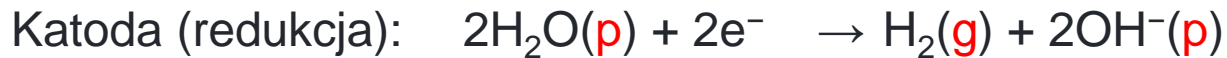
Idea



# Elektroliza wody

## Reakcje półkowe

---



# Elektroliza wody

## Różnice Ziemia vs Space

---

	Ziemia	Space
Cel	Produkcja H <sub>2</sub>	Produkcja O <sub>2</sub>
Obecność elektrolitu	Tak	Nie
Odgazowanie	Dzięki sile ciężkości	Trzeba sztucznie



# Elektroliza wody

## Rola elektrolitu i konsekwencje jego braku

---

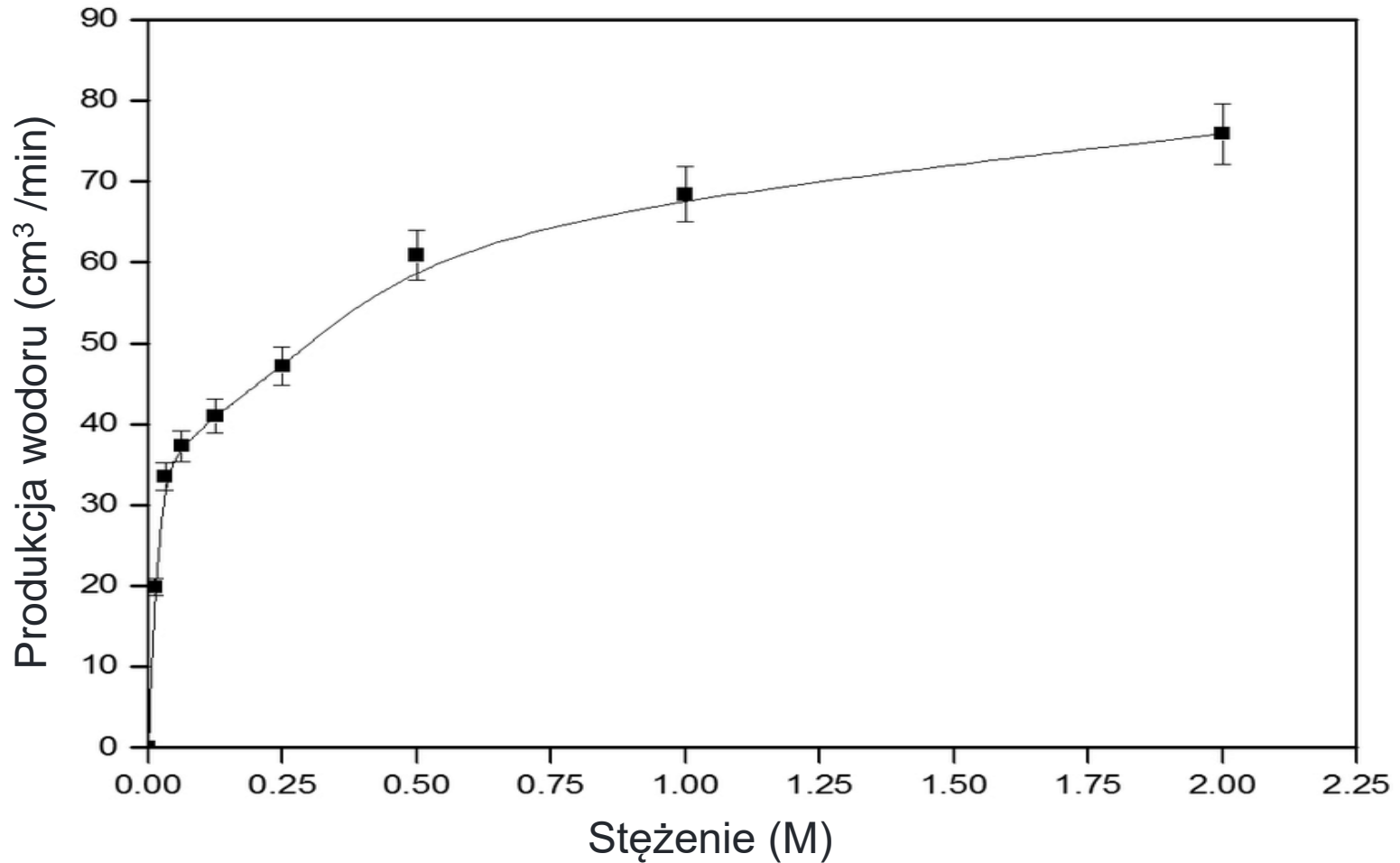
Elektrolit – substancja (np. NaCl), która po rozpuszczeniu dysocjuje i powstaje roztwór przewodzący prąd.

Dodawany do wody by zwiększyć jej przewodnictwo – woda sama z siebie zawiera bardzo niewiele jonów (w pH 7 tylko  $2 \times 10^{-7} \text{M}$ ).

Niskie przewodnictwo ogranicza skuteczność elektrolizy.

# Elektroliza wody

Rola elektrolitu i konsekwencje jego braku



# Elektroliza wody

## Rola grawitacji i konsekwencje jej braku/niższej wartości

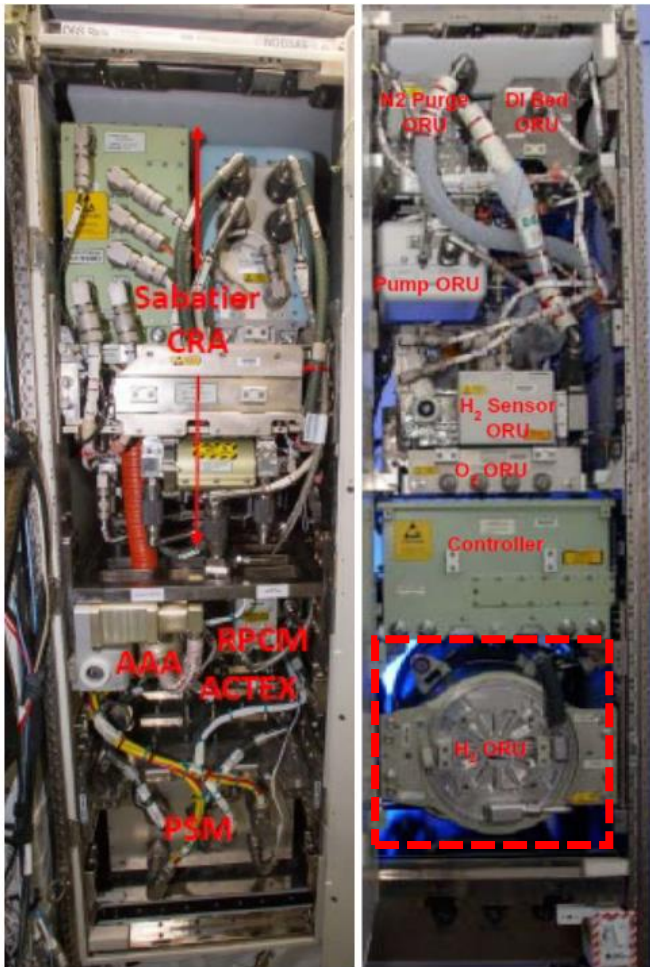
---

Usunięcie powstającego wodoru i tlenu przy obecności grawitacji następuje w wyniku działania sił wyporu.

Przy braku grawitacji powstający gaz nie wydostaje się efektywnie z ogniwa.

# Elektroliza wody

ISS - oxygen generation system



Składa się z kilku podsystemów:

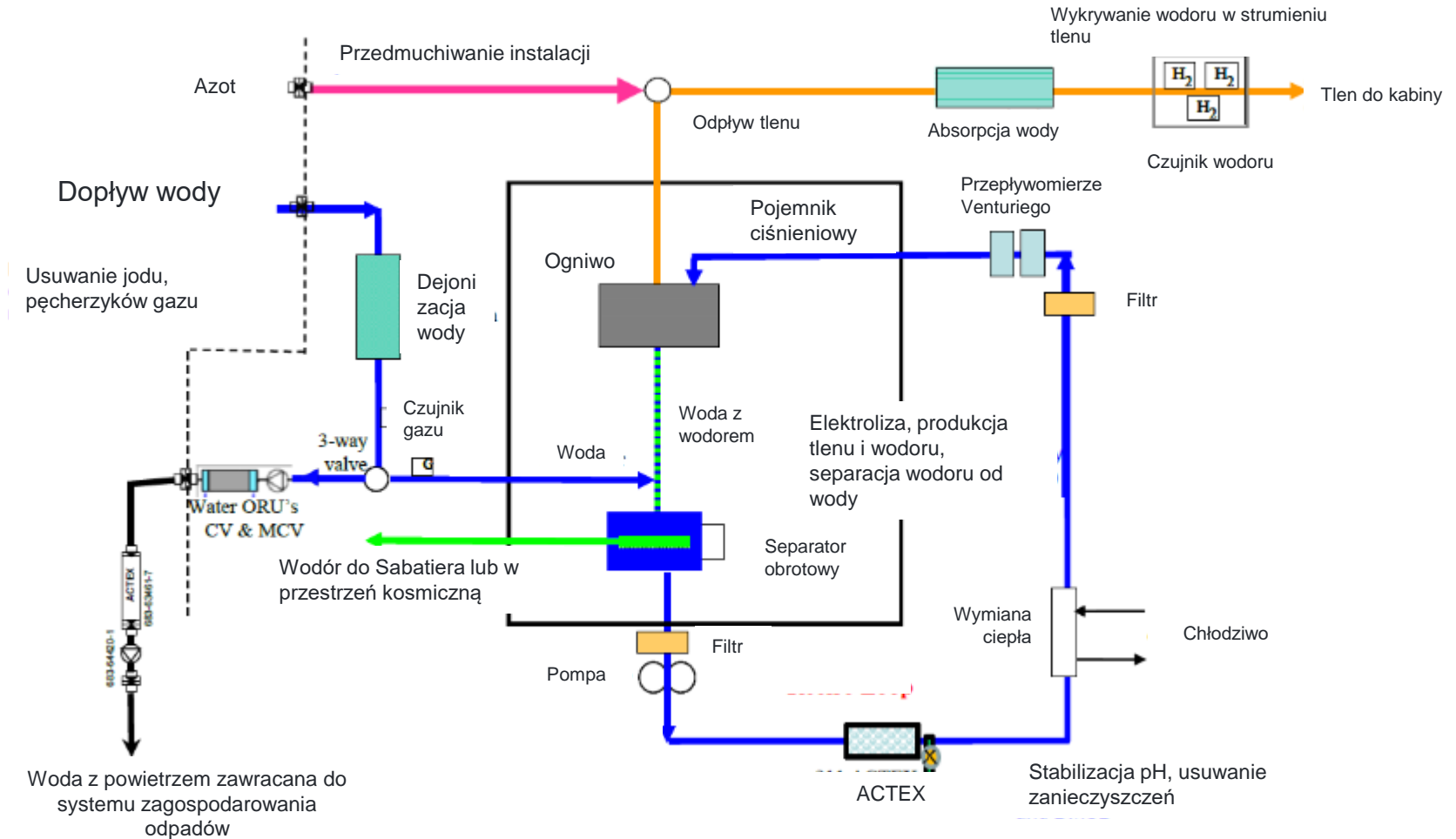
**Elektroliza wody**

**Sabatier**

Zdolność do produkcji 9.2 kgO<sub>2</sub>/d

# Elektroliza wody

## ISS - oxygen generation assembly



# Elektroliza wody

## Zużycie energii

---

OGS (a więc nie tylko elektroliza wody) może produkować do  $9.2 \text{ kgO}_2/\text{d}$  przy mocy  $3573 \text{ W}$ , co oznacza zużycie około  $9.3 \text{ kWh/kg O}_2$ .

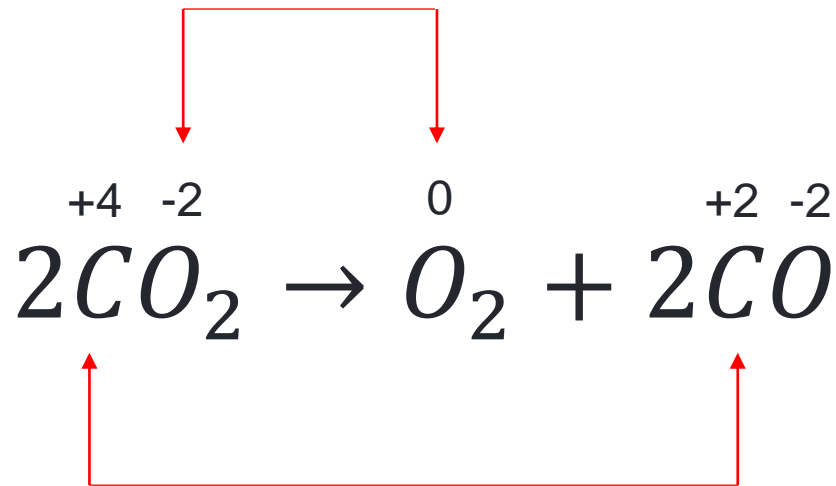
Komercyjne instalacje do elektrolizy wody wymagają zużycia około  $6.62 \text{ kWh/kgO}_2$ . Rekord to  $5.125 \text{ kWh/kgO}_2$ .

# **Elektroliza dwutlenku węglą**

# Elektroliza CO<sub>2</sub>

## Idea

Tlen oddaje elektrony –  
zachodzi utlenianie



Węgiel przyjmuje elektrony  
– zachodzi redukcja

Reakcja nie zachodzi  
samoczynnie!

Nigdy nie zobaczycie  
spontanicznego rozpadu CO<sub>2</sub> na  
tlen i tlenek węgla

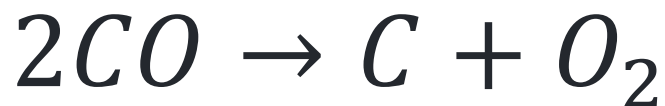
Cząsteczka CO<sub>2</sub> jest stabilna i  
trzeba ją zmusić do rozpadu –  
należy dostarczyć jej energii

Energia ta może pochodzić z  
prądu elektrycznego

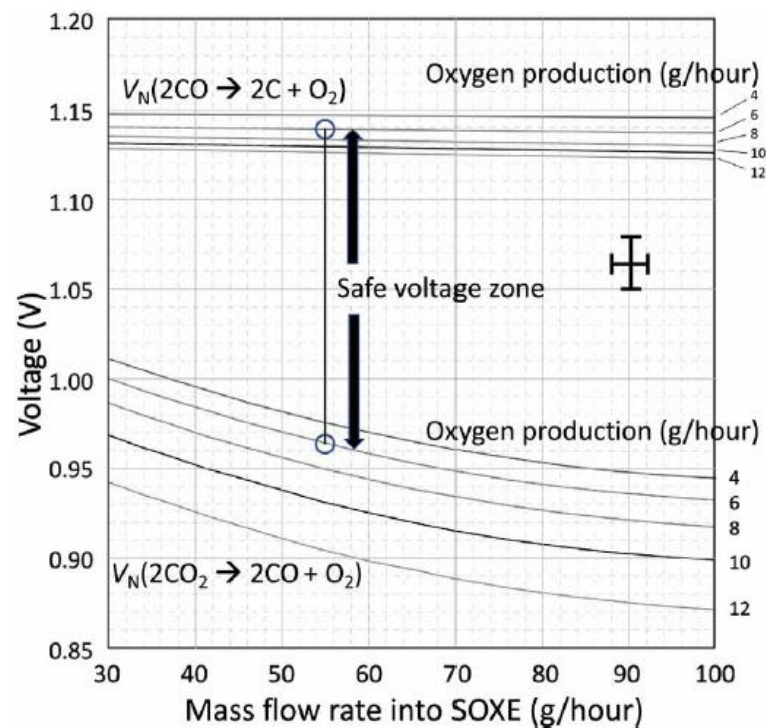


# Elektroliza CO<sub>2</sub>

Idea



Reakcja niepożądana  
Nie można do niej doprowadzić

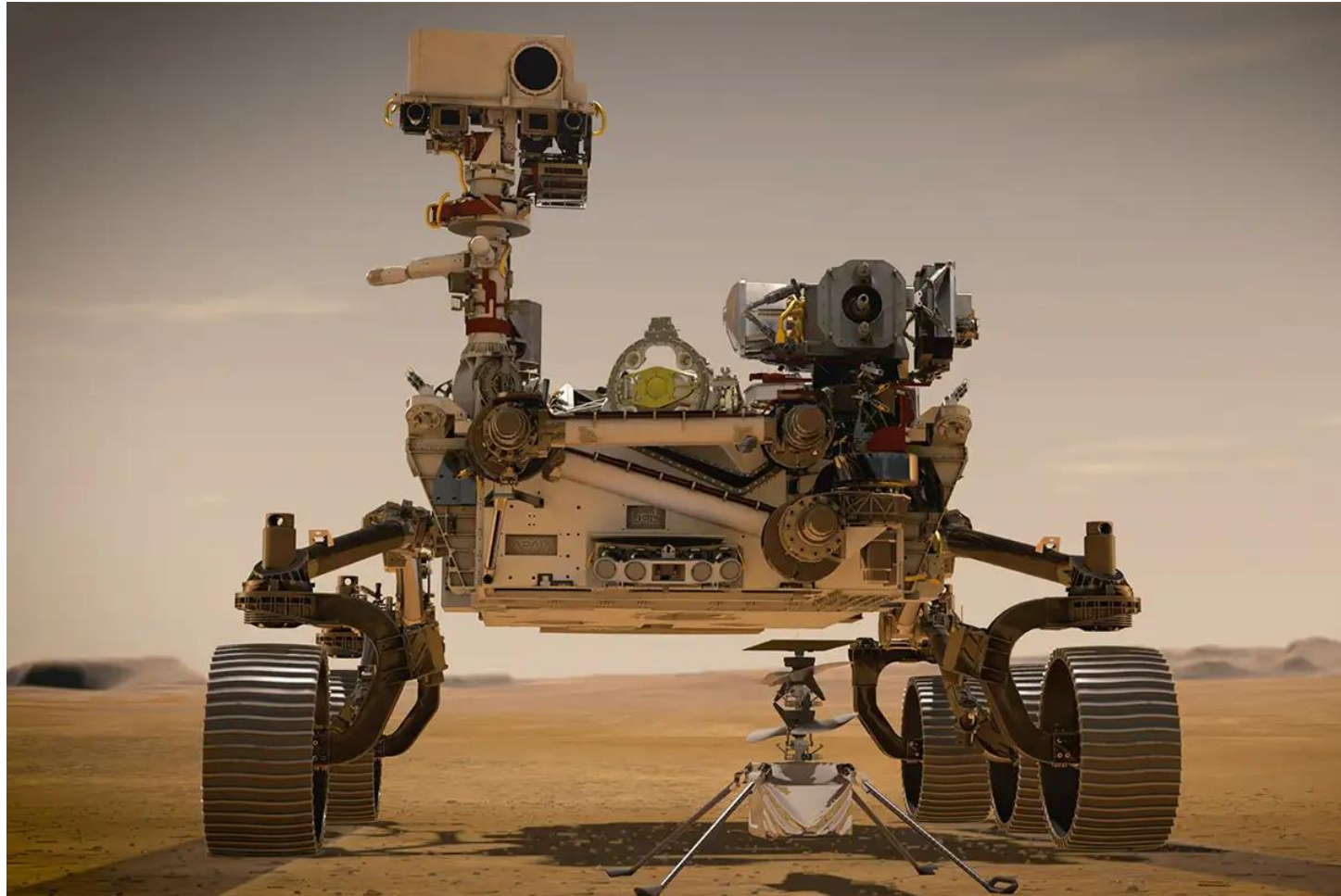


DOI: 10.1126/sciadv.abp8636

# Elektroliza CO<sub>2</sub>

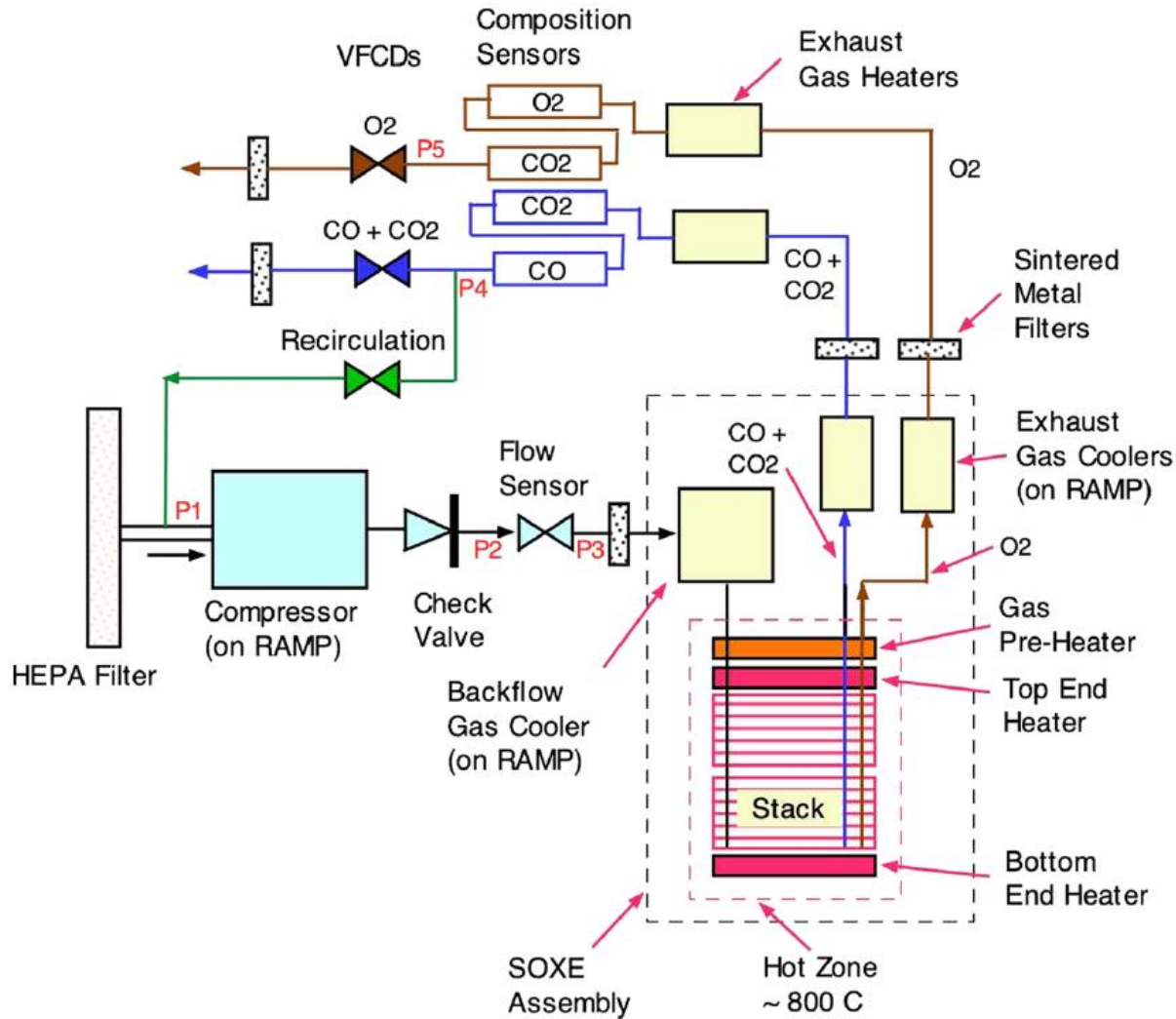
Moxie – łazik Perseverance

---



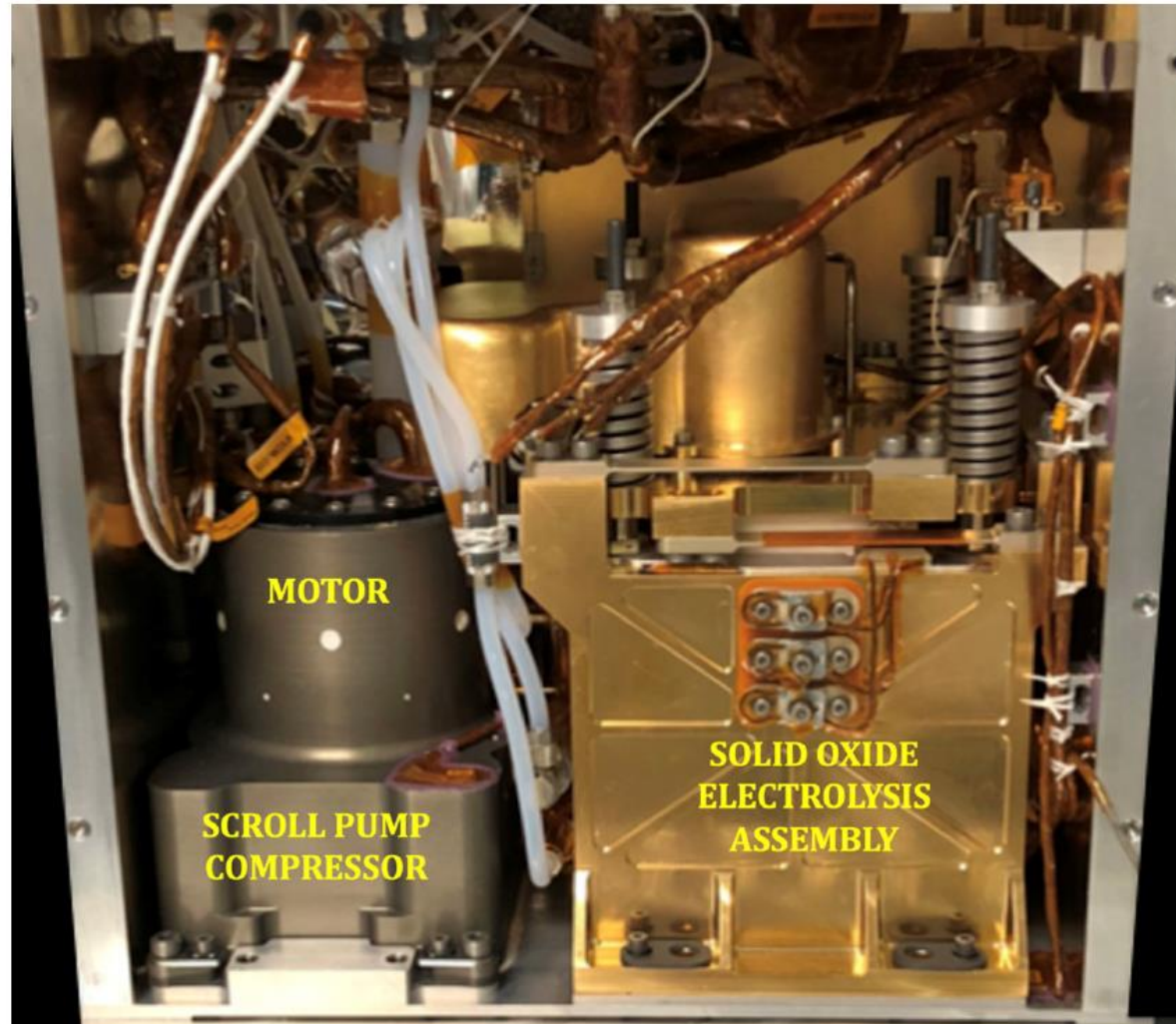
# Elektroliza CO<sub>2</sub>

Moxie



# Elektroliza CO<sub>2</sub>

Moxie



# Elektroliza CO<sub>2</sub>

## Zużycie energii

---

Moxie może produkować do 10 gO<sub>2</sub>/h przy mocy 300 W.

NASA zakłada, że możliwe jest zwiększenie rozmiaru Moxie około 200 krotnie – co zapewni produkcję 2 kgO<sub>2</sub>/h przy mocy rzędu 25-30 kW (12.5-15 kWh/kgO<sub>2</sub>).

# **Świece tlenowe**

# Świece tlenowe

Idea

---



**Awaryjne źródło tlenu**

**Substancja stała spalająca się do tlenu**

**Niebezpieczne – reakcja wysokotemperaturowa, której nie da się zatrzymać**

**Stosowane w samolotach, okrętach podwodnych, straży pożarnej, na ISS**

# Świece tlenowe

Idea

---

Spala się do tlenu



Nadchloran litu

60% masy związku

Reakcja jest egzotermiczna i przebiega w wysokiej temperaturze  
– rzędu 400-500°C



# Świece tlenowe

Wypadki – stacja MIR

---



1997

Brak ofiar

Brak ustalenia przyczyny

# Świece tlenowe

Wypadki – HMS Tireless (S88)

---



**2007 Arktyka**

**2 ofiary śmiertelne**

**Przyczyna: zanieczyszczenie  
świecy olejem hydraulicznym**

# Fotosynteza

# Fotosynteza

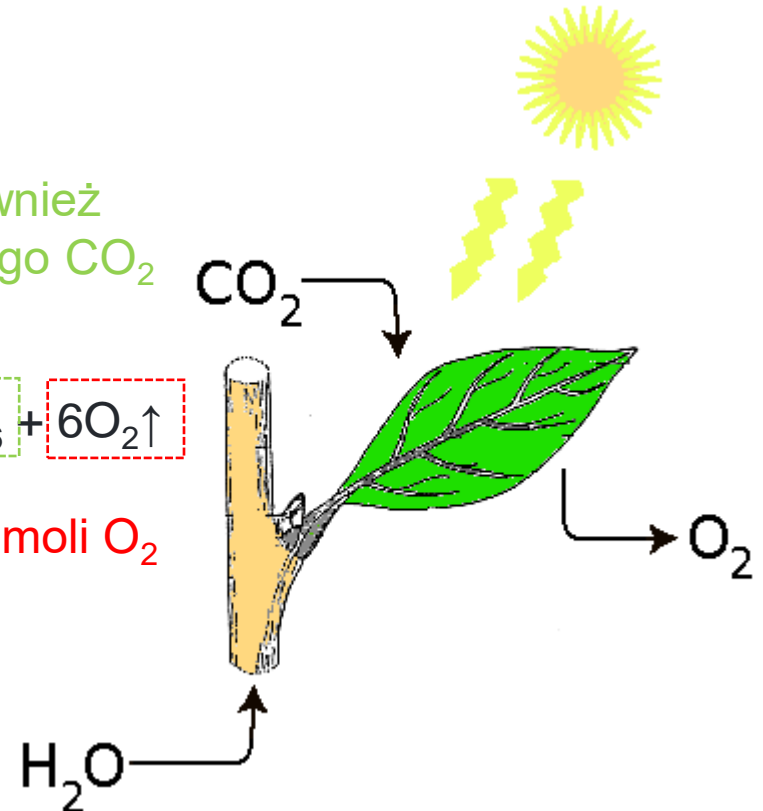
## Podstawowa reakcja

Przyrost rośliny w kcal jest również proporcjonalny do ilości wiązanego CO<sub>2</sub> i produkowanego O<sub>2</sub>



Tyle ile moli CO<sub>2</sub> jest pochłaniane, tyle powstaje moli O<sub>2</sub>

Glukoza jest następnie przekształcana w białka i inne składniki budulcowe



# Fotosynteza

## Wydajność energetyczna

---

Rośliny	Wydajność
Typowe	0.2–2%
Typowe uprawy	1–2%
Rośliny C3, maksymalnie	3.5%
Rośliny C4, maksymalnie	4.3%

Bardzo niska sprawność, większość energii jest odbijana lub emitowana jako ciepło.

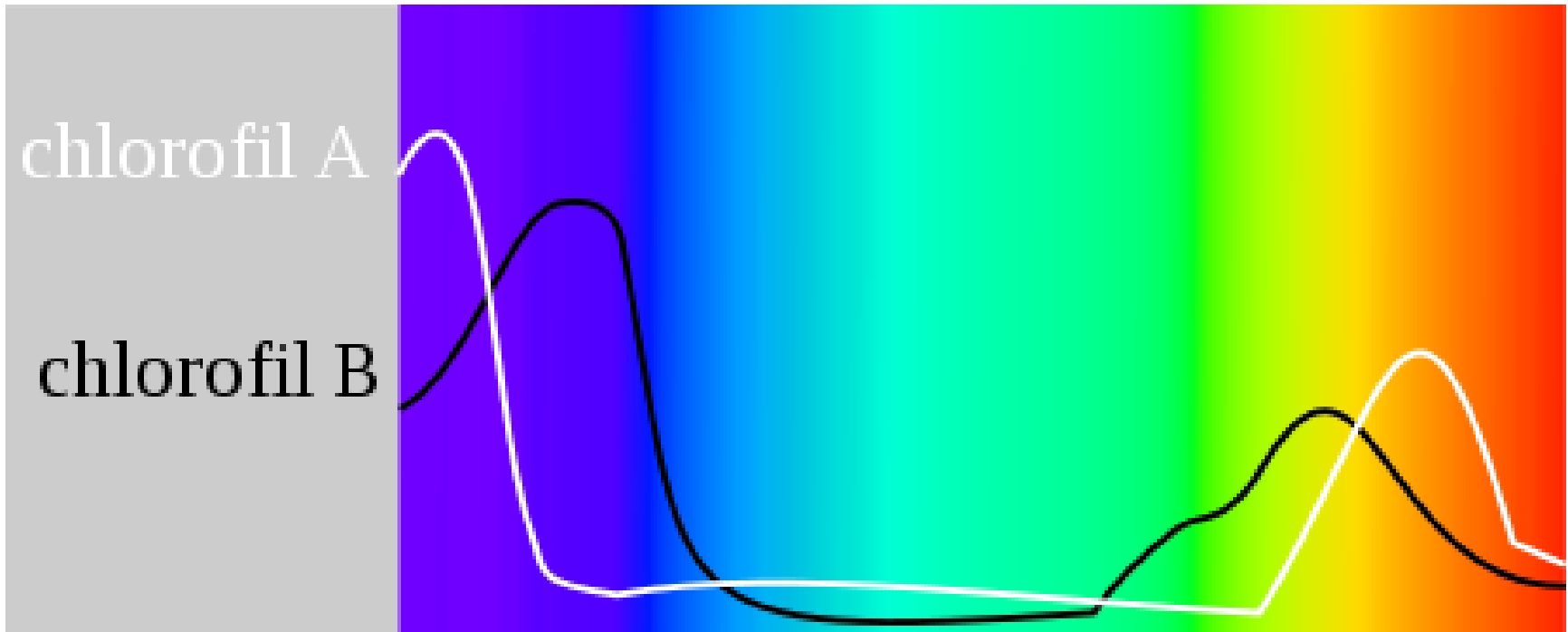
Sprawność liczona w odniesieniu do spektrum światła słonecznego.

Teoretyczna maksymalna sprawność wynosi 11%.

# Fotosynteza

## Promieniowanie czynne fotosyntetycznie

---



Tylko 45% światła słonecznego jest w spektrum aktywnym fotosyntetycznie

# Fotosynteza

## Podstawowe dane

---

100 g glukozy ma 370 kcal. Sprawność fotosyntezy wynosi 2%.  
Współczynnik plonowania wynosi 0.4.