

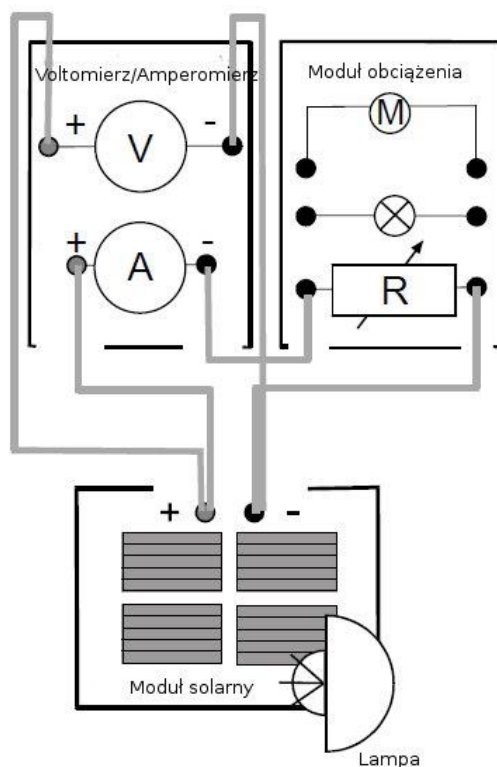
Pracownia z Elektrochemii dla II cyklu kierunków chemicznych UŁ

Ćwiczenie 8 – Badanie charakterystyki i właściwości ogniwa paliwowego.

Celem ćwiczenia jest wykonanie charakterystyki układu zawierającego ogniwo paliwowe zasilane wodorem i tlenem, generowanymi w elektrolizerze zasilanym ogniwem fotowoltaicznym. Ćwiczenie składa się z czterech następujących etapów:

- Charakterystyka prądowo-napięciowa dla oświetlonego modułu solarnego
- Charakterystyka elektrolizera
- Charakterystyki ogniw paliwowych połączonych równolegle i szeregowo
- Wydajność Faradaya i wydajność energetyczna ogniwa paliwowego

Charakterystyka prądowo-napięciowa oświetlonego modułu solarnego



Rys. 3.9.1 Schemat aparatury dla pomiarów charakterystyki prądowo-napięciowej oświetlonego modułu solarnego.

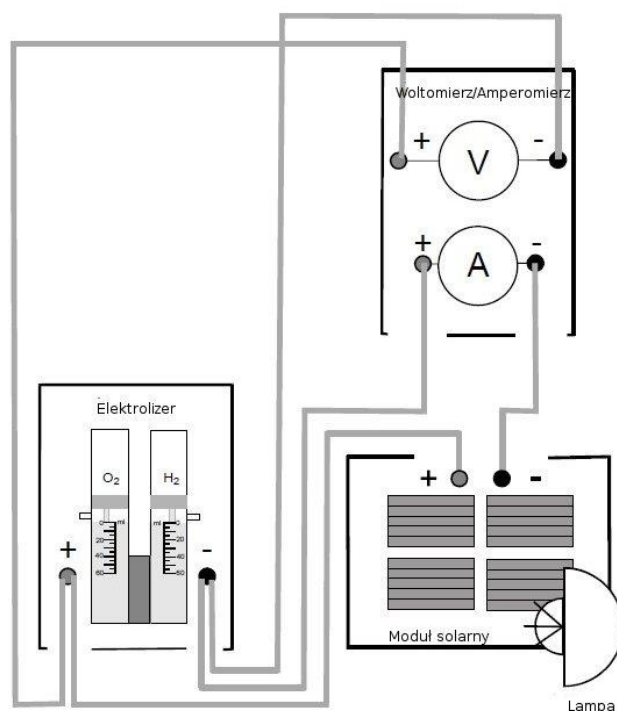
1. Zbuduj układ z rys. 3.9.1.
2. Oświetl dobrze moduł solarny przy pomocy lampy (odległość pomiędzy lampą i modułem solarnym powinna wynosić ok. 30 cm, prąd zwarcia powinien wynosić ok. 700 mA).

3. Poczekaj ok. 5 minut, dopóki moduł solarny nie nagrzej się i charakterystyka będzie mogła być wyznaczona dla stałej wartości temperatury.
4. Rozpocznij pomiar prądu zwarcia (przy pominiętej rezystancji). Następnie zmierz napięcie i natężenie prądu dla różnych wartości rezystancji (0.3, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 Ω). Ostatni pomiar należy wykonać dla pozycji „OPEN”.

Analiza wyników:

1. Narysuj wykres IU (charakterystyka IU oświetlonego modułu solarnego).
2. Zinterpretuj tę charakterystykę.
3. Wyznacz punkt mocy maksymalnej (PMM) przez narysowanie wykresu mocy ($P = U \times I$) w funkcji napięcia.

Charakterystyka elektrolizera



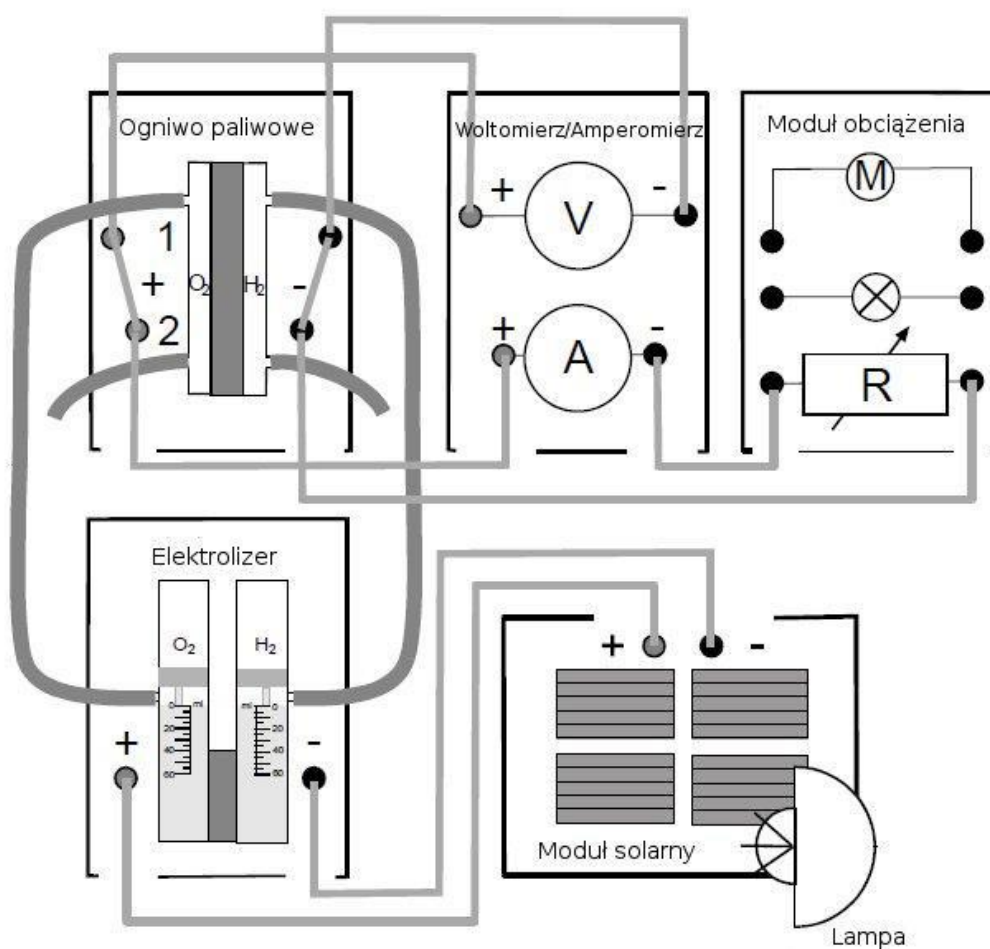
Rys. 3.9.2 Schemat aparatury dla pomiarów charakterystyki elektrolizera.

1. Zbuduj układ wg rys. 3.9.2. **Po ustawieniu lampy w odpowiedniej odległości przez cały pomiar nie można zmieniać jej położenia.**
2. Zmieniaj natężenie oświetlenia dla ustawienia prądu modułu solarnego poprzez obracanie modułu solarnego pod różnymi kątami w stosunku do promieniowania

świetlnego. Kąt padania promieni świetlnych może być regulowany przez obrót modułu solarnego mierzonego za pomocą kątomierza. Należy zachować ostrożność przy dotykaniu modułu solarnego, ponieważ może być bardzo gorący! Należy wykonać pomiar natężenia prądu (prąd zwarcia) dla różnych kątów padania światła (w 10° krokach, między 0° i 90°). Wartości prądów dla różnych ustawień modułu solarnego powinny wynosić od około 30 mA do około 800 mA. Dokonaj pomiarów napięcia elektrolizera. Należy wykonać przynajmniej 8 pomiarów natężenia prądu i napięcia elektrolizera i wyniki zapisać w tabeli.

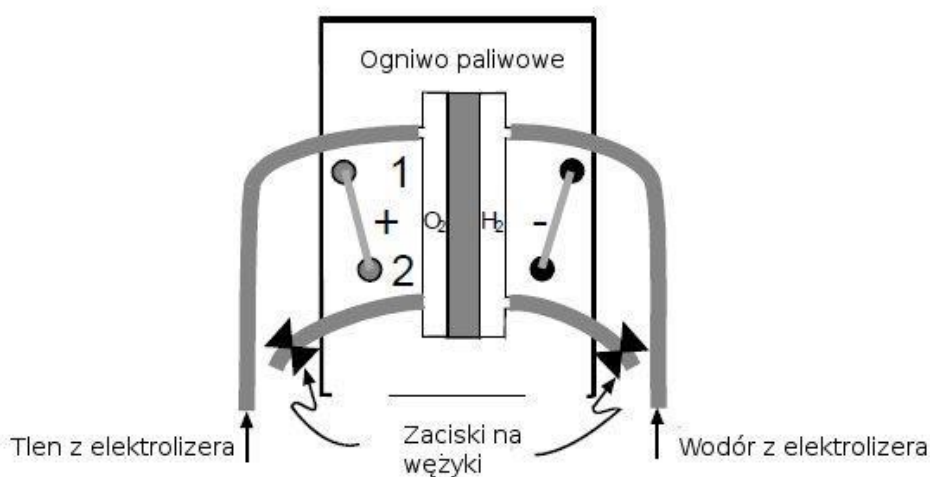
Charakterystyki ogniw paliwowych połączonych równoległe i szeregowo

Połączenie równoległe ogniw paliwowych



Rys. 3.9.3 Schemat aparatury dla pomiaru charakterystyki równoległe połączonych ogniw paliwowych w trybie „Czyszczenie”.

1. Zbuduj układ dla równoległe połączonych ogniw paliwowych wg rys. 3.9.3. **Po ustawieniu lampy w odpowiedniej odległości przez cały pomiar nie można zmieniać jej położenia.**
2. Sprawdź, czy wężyki na gaz pomiędzy elektrolizerem i ogniwem paliwowym są podłączone poprawnie. Ustaw pokrętko na module obciążenia na „OPEN”.
3. Upewnij się, że oba pojemniki do przechowywania gazu wypełnione są wodą destylowaną do poziomu 0 ml. Użyj oświetlonego modułu solarnego w celu dostarczenia stałego prądu do elektrolizera (pomiędzy 700 a 900 mA). Moduł solarny powinien być ustawiony do źródła światła w taki sposób, aby można było obserwować produkcję gazu.
4. Oczyszczyć cały system (elektrolizer, ogniwo paliwowe, wężyki) powstałym gazem przez 5 minut. Następnie ustaw pokrętko na module obciążenia na $2\ \Omega$ na 3 minuty. Amperomierz powinien wtedy wskazywać natężenie prądu około 400 mA, a woltomierz powinien wskazywać napięcie około 0,75 V. Teraz ustaw pokrętko z powrotem na pozycję „OPEN”.



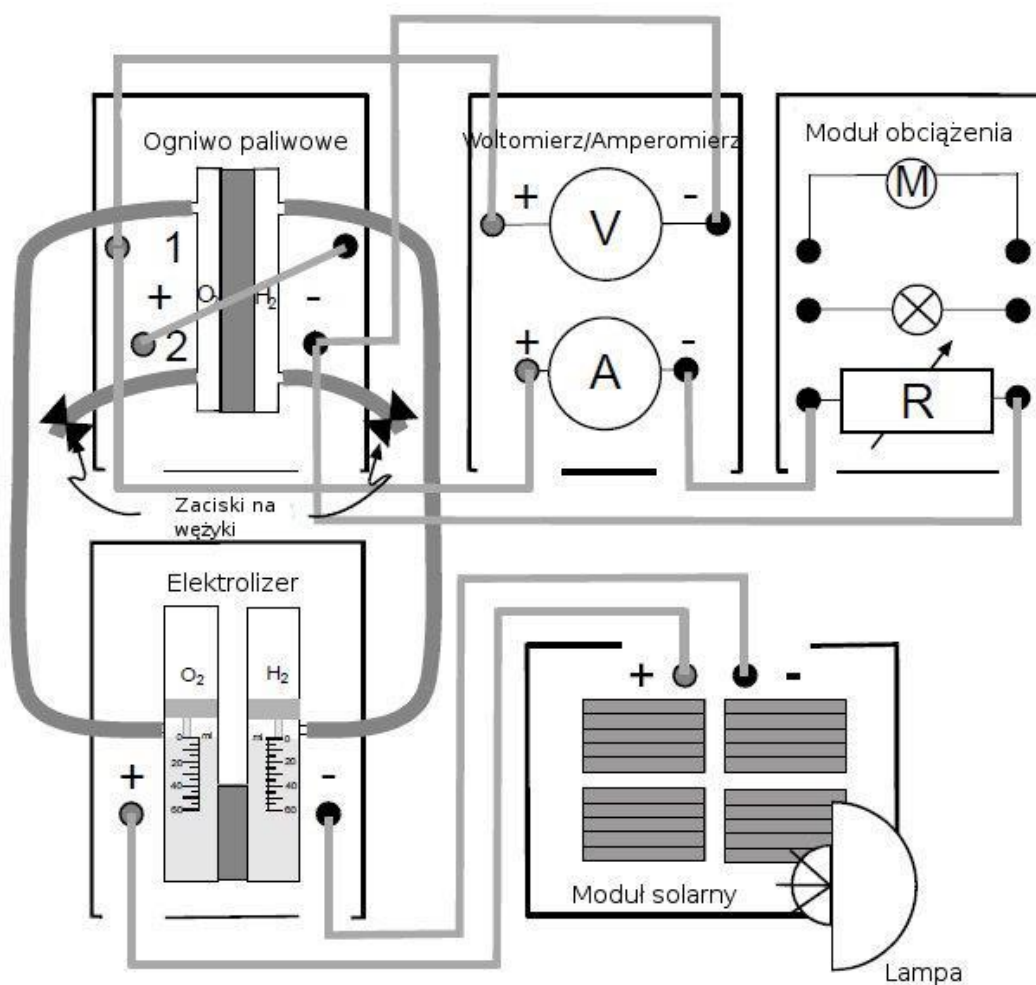
Rys. 3.9.4 Ustawienie zacisków na wężykach wylotowych w ogniwie paliwowym w trybie „magazynowanie gazów”

5. Użyj zacisków aby zamknąć dwa wężyki u wylotu gazu w ogniwie paliwowym. (Zobacz rys. 3.9.4).
6. Rozłącz połączenie pomiędzy modułem solarnym a elektrolizerem jeśli wskaźnik ilości wodoru w elektrolizerze osiągnął 60 ml.
7. Przystąp do pomiaru charakterystyki ogniwa paliwowego dokonując zmian wartości rezystancji (pokrętko na module obciążenia). Zaczynij od pozycji „OPEN” (obwód otwarty),

następnie stopniowo zmniejszaj opór poruszając pokrętką w prawą stronę. Przed zapisaniem wyniku pomiaru za każdym razem poczekaj 30 sekund. Wprowadź dane do tabeli wyników pomiarów.

- Po zakończeniu wykonywania pomiarów, ustaw pokrętkę na module obciążenia na pozycję „OPEN” oraz usuń zaciski z wężyków ogniwa paliwowego.

Połączenie szeregowe ogniw paliwowych



Rys. 3.9.5 Schemat aparatury dla pomiaru charakterystyki szeregowo połączonych ogniw paliwowych w trybie „Magazynowanie gazów”.

- Zbuduj układ dla szeregowo połączonych ogniw paliwowych wg rys 3.9.5

2. Sprawdź, czy wężyki na gaz pomiędzy elektrolizerem i ogniwnem paliwowym są podłączone poprawnie. Zaciski na wężykach ogniwa paliwowego mają pozostać **otwarte**. Ustaw pokrętko na module obciążenia na „OPEN”.
3. Upewnij się, że oba pojemniki do przechowywania gazu wypełnione są wodą destylowaną do poziomu 0 ml. Użyj oświetlonego modułu solarnego w celu dostarczenia stałego prądu do elektrolizera (pomiędzy 700 a 900 mA). Moduł solarny powinien być ustawiony do źródła światła w taki sposób, aby można było obserwować produkcję gazu.
4. Oczyszczyć cały system (elektrolizer, ogniwo paliwowe, wężyki) powstałym gazem przez 5 minut. Następnie ustawić pokrętko na module obciążenia na $2\ \Omega$ na 3 minuty. Amperomierz powinien wtedy wskazywać natężenie prądu około 400 mA, a woltomierz powinien wskazywać napięcie około 0,75 V. Teraz ustawić pokrętko z powrotem na pozycję „OPEN”.
5. Użyć zacisków aby zamknąć dwa wężyki u wylotu gazu w ogniwie paliwowym. (Zobacz rys. 3.9.4).
6. Rozłączyć połączenie pomiędzy modułem solarnym a elektrolizerem jeśli wskaźnik ilości wodoru w elektrolizerze osiągnął 60 ml.
7. Przystąpić do pomiaru charakterystyki ogniwa paliwowego dokonując zmian wartości rezystancji (pokrętko na module obciążenia). Zaczynając od pozycji „OPEN” (obwód otwarty), następnie stopniowo zmniejszając opór poruszając pokrętkiem w prawą stronę. Przed zapisaniem wyniku pomiaru za każdym razem poczekać 30 sekund. Wprowadzić dane do tabeli wyników pomiarów.
8. Po zakończeniu wykonywania pomiarów, ustawić pokrętko na module obciążenia na pozycję „OPEN” oraz usunąć zaciski z wężyków ogniwa paliwowego.

Analiza wyników:

1. Wykreślić charakterystykę UI dla ogniw paliwowych połączonych równolegle.
2. Zinterpretować tę charakterystykę.
3. Nanieść na charakterystykę napięcie i natężenie prądu lampy.
4. Wykreślić charakterystyki dla ogniw paliwowych połączonych szeregowo i równolegle i porównać je.
5. Narysować wykresy $P=f(I)$ dla ogniw paliwowych połączonych szeregowo i równolegle. Obliczyć moc zużytą przez lampę i nanieść tę wartość na wykresy.

6. Nanieś kilka pomiarów rezystancji na wykres napięcie / prąd, aby uzyskać prostoliniżną charakterystykę wyrażającą prawo Ohma (rys. 4). Jaką wartość musiałaby mieć rezystancja podłączona do równolegle połączonych ogniów paliwowych aby uzyskać taki sam pobór mocy jak przy podłączeniu rezystancji o wartości 1Ω do ogniów połączonych szeregowo?

Wydajność Faradaya i wydajność energetyczna ogniwa paliwowego

1. Zbuduj układ wg rys. 3.9.3
2. Sprawdź, czy wężyki na gaz pomiędzy elektrolizerem i ogniwem paliwowym są podłączone poprawnie. Ustaw pokrętko na module obciążenia na „OPEN”.
3. Upewnij się, że oba pojemniki do przechowywania gazu wypełnione są wodą destylowaną do poziomu 0 ml. Użyj oświetlonego modułu solarnego w celu dostarczenia stałego prądu do elektrolizera (pomiędzy 700 a 900 mA). Moduł solarny powinien być ustawiony do źródła światła w taki sposób, aby można było obserwować produkcję gazu (zobacz Eksperyment e1).
4. Oczyszczyć cały system (elektrolizer, ogniwo paliwowe, wężyki) powstałym gazem przez 5 minut. Następnie ustawić pokrętko na module obciążenia na 2Ω na 3 minuty. Amperomierz powinien wtedy wskazywać natężenie prądu około 400 mA, a woltomierz powinien wskazywać napięcie około 0,75 V. Teraz ustawić pokrętko z powrotem na pozycję „OPEN”.
5. Użyć zacisków aby zamknąć dwa wężyki u wylotu gazu w ogniwie paliwowym. (Zobacz Rys. 3.9.4).
6. Rozłączyć połączenie pomiędzy modułem solarnym a elektrolizerem jeśli wskaźnik ilości wodoru w elektrolizerze osiągnął 60 ml.
7. W związku z tym, że w systemie używane są wężyki oraz uszczelki i może pojawić się wyciek, dlatego najpierw należy wykonać pomiar próbny wyznaczający stratność. Zmierzyć straty wodoru z pojemnika na wodór bez włączania modułu obciążenia (pozycja „OPEN”) przez okres 3 minut i określić wielkość wycieku w ml na minutę.
8. Ponownie podłączyć elektrolizer do modułu solarnego oraz napełnić pojemnik na wodór do wysokości 60 ml. Następnie ponownie rozłączyć połączenie między źródłem prądu a elektrolizerem.

9. Ustaw rezystancję na $0,3 \Omega$. Zanotuj ilość wodoru zużytego przez ogniwo paliwowe w ciągu 180 sekund. Zmierz też i zanotuj wartość napięcia i natężenia prądu w ogniwie paliwowym. Po 180 sekundach przekręć pokrętkę na pozycję „OPEN”.
10. Powtórz krok 8 i 9 dwukrotnie i skalkuluj średnie wartości wodoru zużytego przez ogniwo paliwowe. Po wykonaniu pomiarów, ponownie obróć pokrętkę na pozycję „OPEN” i usuń wężyków z rurek przytwierdzonych do ogniwa paliwowego.

Analiza wyników:

- Obliczyć odpowiednie objętości wodoru

t=3min	Ilość wodoru wyciekająca ze zbiornika	ml
	Współczynnik wycieku	$\Delta V =$ ml/min

R=0.3Ω	Czas = s	V ₁ = ml	V _{średnie} = ml
	Napięcie = V	V ₂ = ml	V _{H2 rzecz} = ml
	Prąd = A	V ₃ = ml	

$$V_{H2\text{ rzecz}} = V_{\text{średnie}} - \Delta V t$$

Podać wydajność ogniwa jako ilość zużytego wodoru w określonym czasie przy określonej wartości wytworzonego prądu.

- Obliczyć wydajności Faradaya dla ogniwa paliwowego

Wydajność Faradaya W_F jest to stosunek pomiędzy teoretyczną objętością wodoru zużytego w ogniwie paliwowym, przy określonym natężeniu prądu ogniwa a eksperymentalnie ustalonym zużyciem wodoru.

$$W_F = \frac{V_{H2\text{ teoret}}}{V_{H2\text{ rzecz}}}$$

Wydajność Faradaya powinna wynosić, jeśli to możliwe, 1 (100%). 2 prawo Faradaya pozwala na wyliczenie teoretycznie spodziewanej ilości wodoru (V_{mol} jest stężeniem molowym gazu).

$$it = nzF$$

gdzie: $n = \frac{V}{V_{mol}}$ w tym przypadku $V = V_{H_2\ teoret}$, otrzymano:

$$V_{H_2\ teoret} = \frac{itV_{mol}}{zF}$$

Wydajność Faradaya dla ogniwa paliwowego może być mniejsza od jedności z poniższych powodów:

Wycieki w systemie

Reakcje chemiczne pomiędzy wodorem i tlenem w katalizatorze (katalityczne utlenianie/spalanie) oraz

Równoległe reakcje elektrochemiczne (więcej niepożądanych reakcji w ogniwie).

- Obliczyć wydajności energetycznej ogniwa paliwowego

Wydajność energetyczna W_E jest to stosunek pomiędzy wygenerowaną elektrycznością (E_{elektr}) a teoretyczną ilością energii zużytego wodoru (E_{H_2}).

$$W_E = \frac{E_{elektr}}{E_{H_2}}$$

$$E_{elektr} = Uit$$

Wartość kaloryczna H jest ilością ciepła uwolnioną podczas spalania określonej ilości gazu (np. 1 m³). Wartość kaloryczna brutto H_0 jest podawana jeśli woda otrzymana w wyniku spalania znajduje się formie ciekłej. Wartość kaloryczna brutto wodoru H_{0H_2} w temperaturze 20° C wynosi 11,920 kJ/m³, stąd:

$$E_{H_2} = H_{0H_2}V_{H_2\ rzecz}$$

I ostateczne wyrażenie na wydajność energetyczną:

$$W_E = \frac{Uit}{H_{0H_2}V_{H_2\ rzecz}}$$

Jednostki: $1\text{J} = 1\text{ VAs}$, $1\text{m}^3 = 10^6\text{ ml}$

BHP – Zagrożenia

Gazowy wodór i gazowy tlen możliwe zagrożenie wybuchem i pożarem

Gorące elementy – lampa , rozgrzane ogniwo fotowoltaiczne

Środki ochrony

Nie używać otwartego ognia w pobliżu miejsca wykonywania eksperymentu

Należy używać okularów ochronnych