



DLF

**DYDAKTYCZNE
LABORATORIUM
FIZYCZNE**

Ćwiczenie 8

Badanie własności wodorowych ogniw paliwowych (PEM)

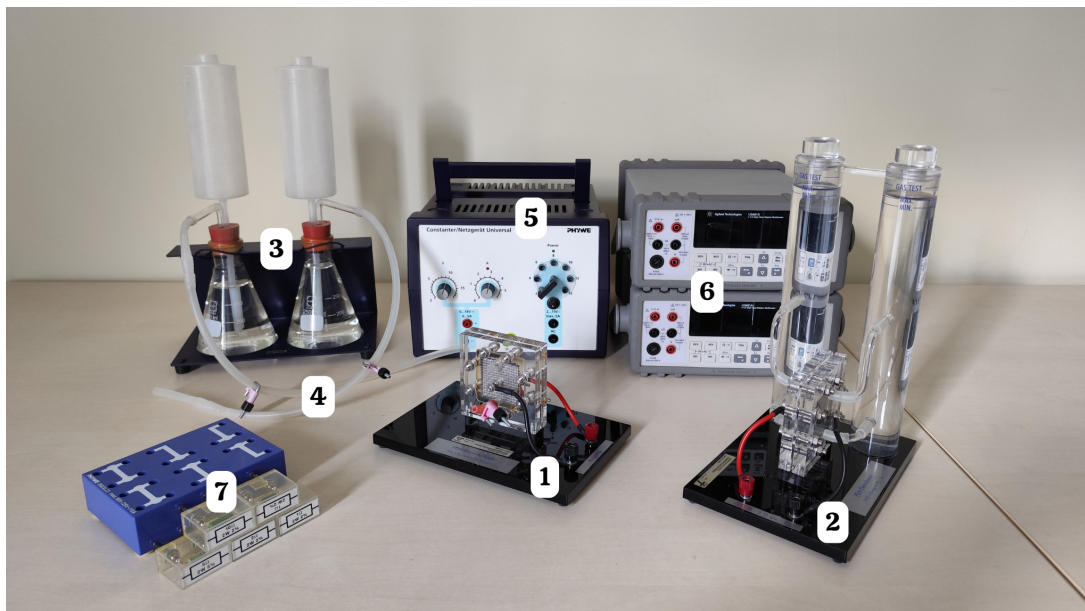


I Zagadnienia do opracowania

1. Typy ogniw paliwowych.
2. Komórki paliwowe PEM (Proton Exchange Membrane):
 - budowa i zasada działania;
 - sprawność energetyczna komórek PEM;
 - charakterystyka prądowo–napięciowa ogniwa PEM;
 - zastosowanie komórek PEM;
 - warunki pracy ogniw PEM;
 - wady i zalety ogniw PEM.
3. Proces elektrolizy:
 - prawa Faradaya;
 - elektrolityczny rozkład wody.
4. Elektrolizer PEM:
 - budowa elektrolizera;
 - charakterystyka prądowo–napięciowa elektrolizera;
 - sprawność elektrolizera.
5. Elektroujemność.
6. Nowoczesne membrany polimerowe dla ogniw PEM.
7. Elektrody i katalizatory elektrolizy w ogniwach PEM.
8. Metody wytwarzania wodoru. Magazynowanie wodoru.

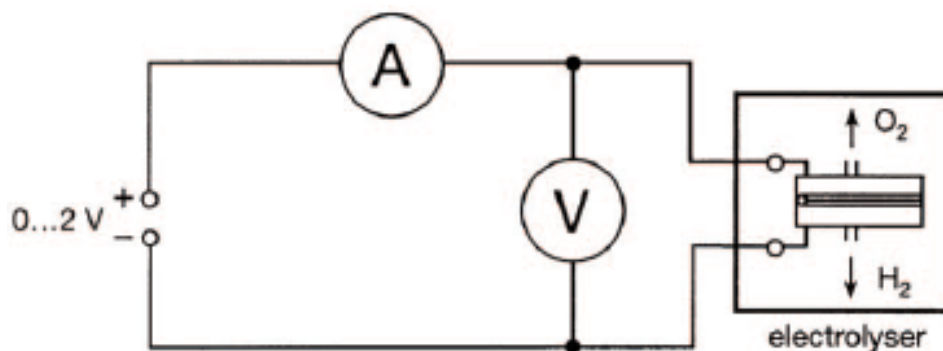
II Zadania doświadczalne

1. Zapoznać się z układem pomiarowym widocznym na rys. 1.

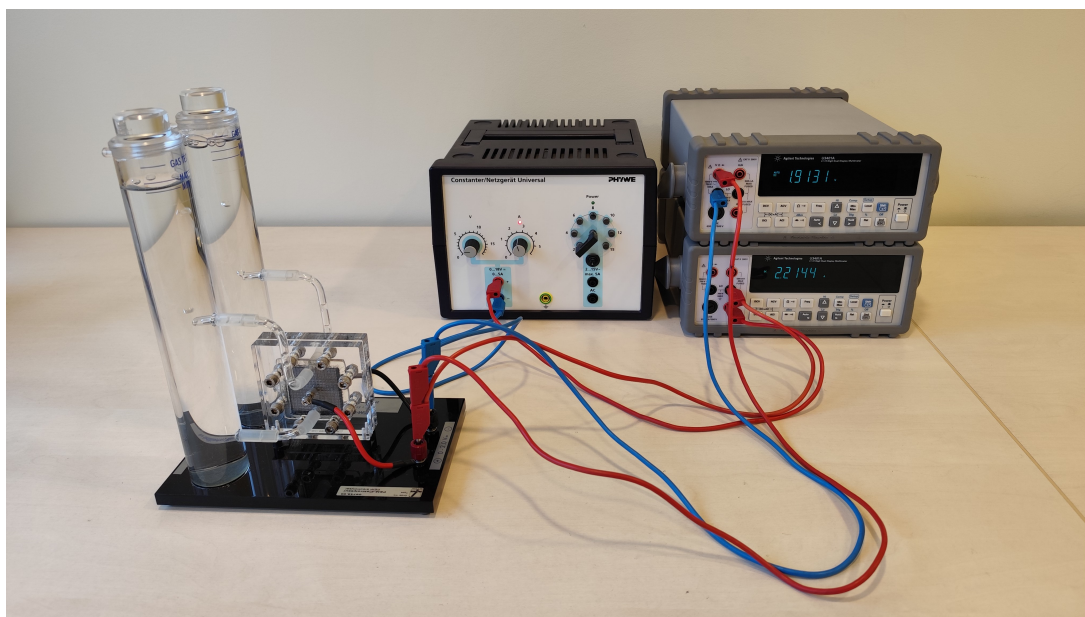


Rys. 1: Układ do badania własności ogniw paliwowych: 1 - ogniwko paliwowe PEM, 2 - elektrolizer PEM, 3 - gazometr, 4 - wężyki z zaciskami, 5 - zasilacz, 6 - mierniki uniwersalne, 7 - rezystory z płytką montażową.

2. Wyznaczyć charakterystykę prądowo-napięciową elektrolizera.
 - (a) Zestawić układ pomiarowy jak na rys. 3 i połączyć jego elementy według schematu na rys. 2.
 - (b) Jeden miernik uniwersalny podłączyć szeregowo pomiędzy elektrolizerem a generatorem jako amperomierz (nacisnąć przycisk "DCI" a następnie wybrać zakres A naciskając przycisk Δ), a drugi podłączyć równolegle jako woltomierz (ustawić zakres V).



Rys. 2: Schemat układu pomiarowego (źródło: Phywe).



Rys. 3: Układ do wyznaczania charakterystyki prądowo-napięciowej elektrolizera.

- (c) Nalać wodę destylowaną do obu zbiorników elektrolizera (2 na rys. 1) do poziomu pomiędzy znacznikami Min i Max.
- (d) Ustawić na generatorze maksymalne napięcie 2 V a nastawy ogranicznika prądu generatora regulować tak, aby wartości prądu w układzie nie przekroczyły odpowiednio 2 V i 3 A.
- (e) Zmniejszać stopniowo napięcie panujące w układzie od 2 V do 1,4 V co 0,05 V notując wartości napięcia U i natężenia prądu I wskazywane przez mierniki uniwersalne.
- (f) Wykreślić charakterystykę prądowo – napięciową $I = f(U)$ elektrolizera.
- (g) Wyznaczyć napięcie rozkładu U_z (potencjał elektrod, gdy elektroliza następuje samoistnie).

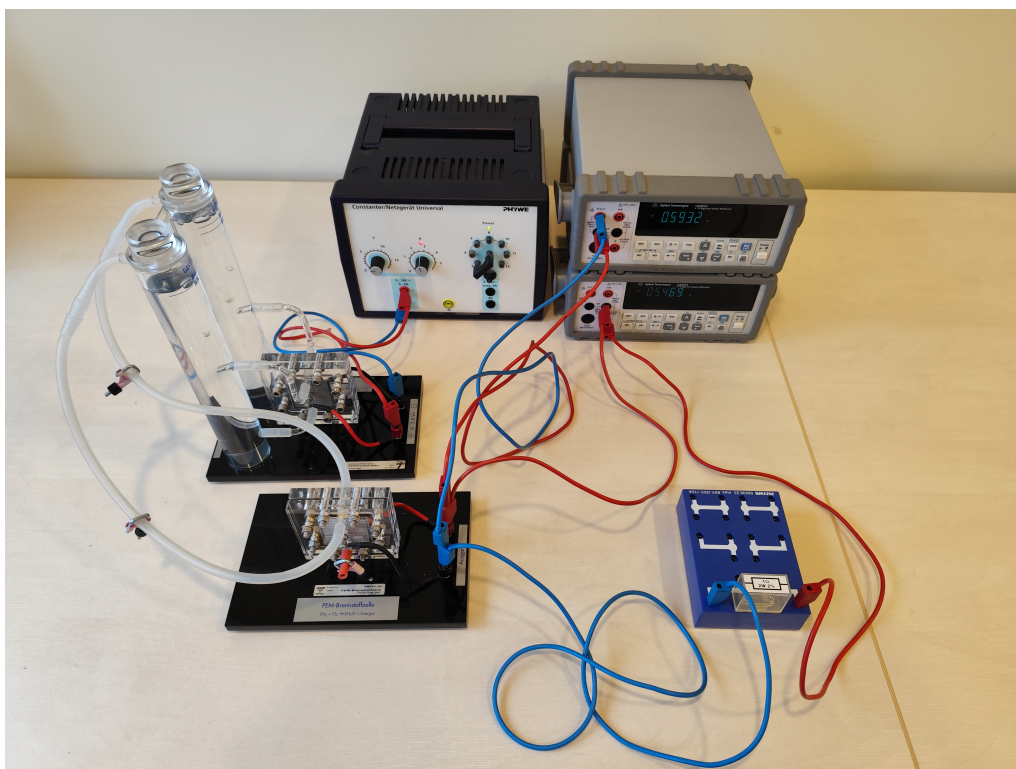


Wskazówka

Do zmiany napięcia wygodnie jest wykorzystać pokrętko "A" zasilacza.

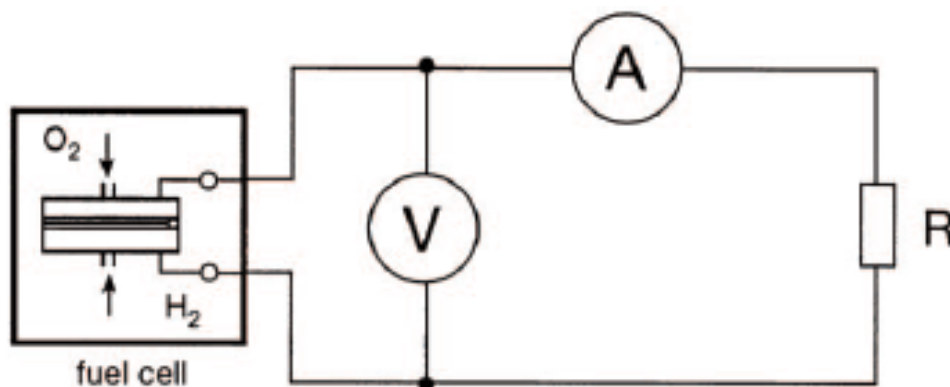
3. Wyznaczyć charakterystykę prądowo - napięciową ogniwa paliwowego.

- (a) Upewnić się, że natężenie prądu płynącego przez elektrolizer nie przekracza dozwolonych wartości (2 V i 3 A).
- (b) Wypełnić wodą destylowaną oba zbiorniki elektrolizera do znacznika "Gas Test" i zakręcić je nakrętkami, a następnie połączyć wężykiem górne wyjścia zbiorników elektrolizera z górnymi wejściami ogniwa paliwowego.



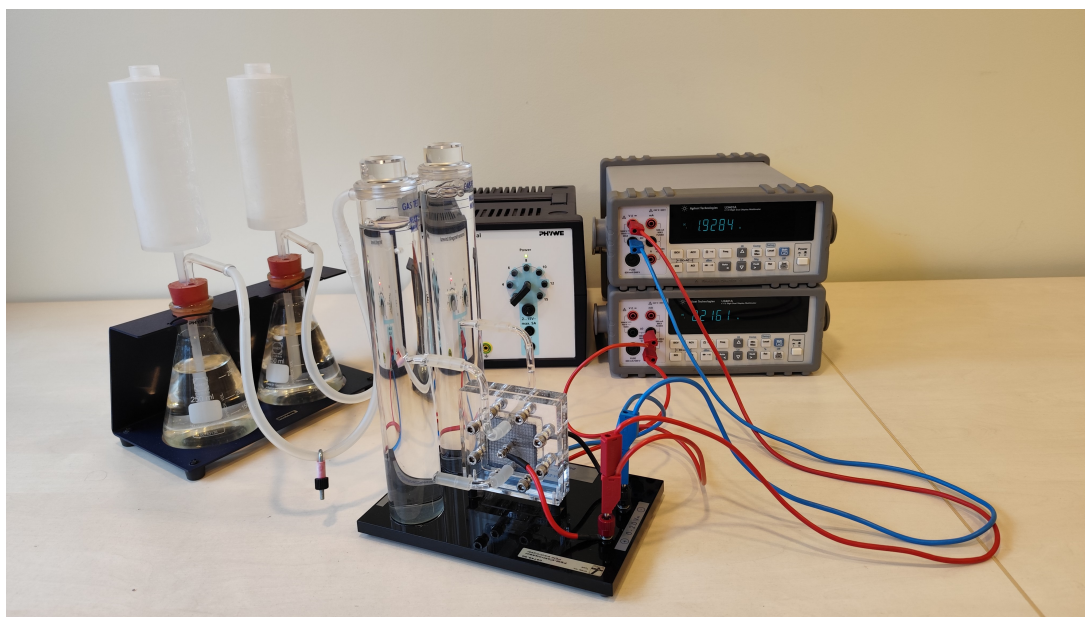
Rys. 4: Układ do wyznaczania charakterystyki prądowo-napięciowej ogniwa paliwowego.

(c) Zestawić układ pomiarowy zgodnie z rys. 4 i schematem przedstawionym na rys. 5.



Rys. 5: Schemat układu pomiarowego (za Phywe).

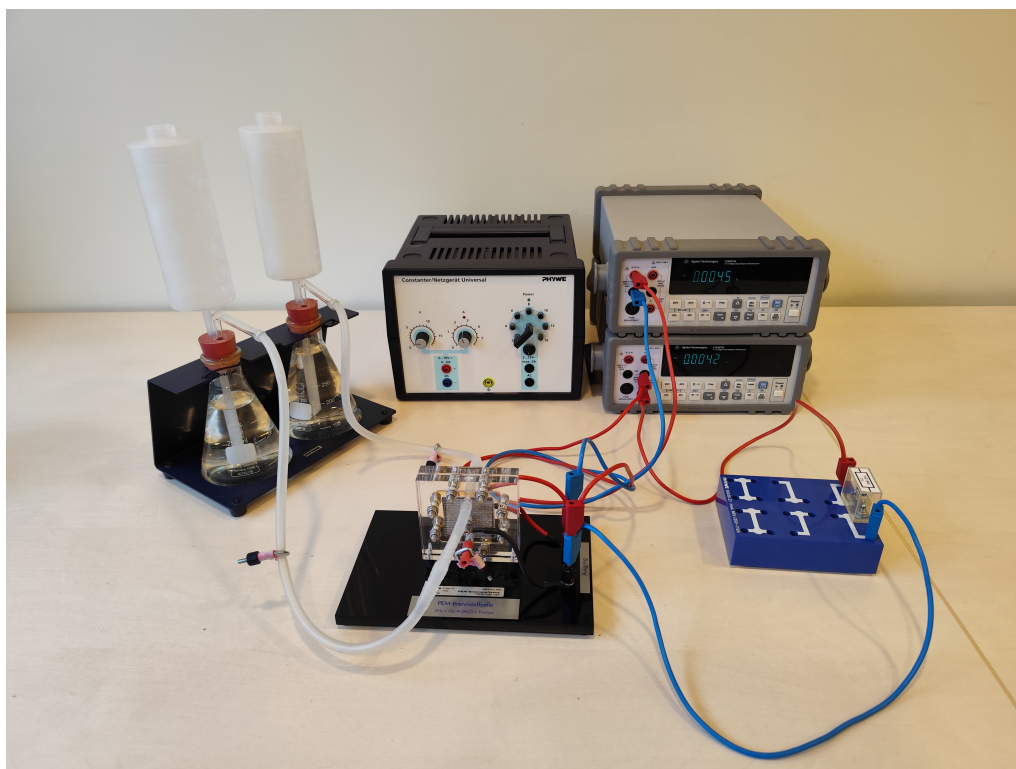
- (d) Notować wartości napięcia U_{PEM} i natężenia prądu I_{PEM} przepływającego przez układ przy jego różnych obciążeniach R .
- (e) Wykreślić charakterystykę prądowo - napięciową $I_{PEM} = f(U_{PEM})$ wodorowej komórki paliwowej.
- (f) Oszacować z wykresu wartość napięcia progowego.



Rys. 6: Układ do wyznaczania sprawności elektrolizera.

4. Wyznaczyć sprawność elektrolizera.

- (a) Połączyć układ pomiarowy widoczny na rys. 6 według schematu na rys. 2.
- (b) Nalać wodę destylowaną do zbiorników elektrolizera (do znacznika Gas Test) i do obu kolb Erlenmeyera w gazometrze.
Zamknąć zbiorniki elektrolizera nakrętkami i połączyć wężykami (z założonymi zaciskami) górne wyjścia zbiorników elektrolizera z końcówkami kolb gazometru.
- (c) Włączyć generator, ustawić na nim maksymalną wartość napięcia równą 2 V, po czym zwiększać dopuszczalne wartości natężenia prądu tak, aby wartości napięcia i natężenia prądu w układzie nie przekroczyły odpowiednio 2 V i 3 A.
- (d) Notować wartości rosnącej objętości V wody w górnych butlach gazometru w zależności od czasu.
Pomiar czasu rozpocząć, gdy poziom wody przekroczy dolny znacznik.
Notować czas dla każdej objętości oznaczonej na górnych butlach gazometru (znaczniki są rozmieszczone co 25 ml).
- (e) Wykreślić zależność objętości wodoru H_2 wydzielanego w trakcie elektrolizy w funkcji czasu.
- (f) Obliczyć sprawność elektrolizera.



Rys. 7: Układ do wyznaczania sprawności ogniwa paliwowego.

5. Wyznaczyć sprawność ogniwa paliwowego PEM.

(a) Napełnić ponownie zbiorniki elektrolizera wodą destylowaną (do znacznika Gas Test) i zakręcić nakrętkami.

Zebrać zapas gazów w gazometrach (poprzedni punkt), po czym podłączyć je do ogniwa PEM zgodnie z rys. 7 i schematem z rys. 5.

(b) Przepuścić ok. 50 ml H_2 i 25 ml O_2 (zwalniając dolne zawory, po czym ponownie je zaciskając), aby wyrównać poziomy do wybranego znacznika i wypełnić układ tylko pożądanymi gazami (pomimo zaciśniętych dolnych zaworów, poziom wody w wyniku reakcji będzie się obniżał).

(c) Mierzyć czas, po jakim poziom wody w gazometrze spadnie o 25 ml. Jednocześnie notować wartości napięcia U i natężenia prądu I .

(d) Wyniki ująć w tabeli, wzorując się na Tabeli 1.

Przykładowa tabela do wykonania obliczeń w punkcie II.18.

lp.	t [s]	V [ml]	I [A]	U [V]

(e) Obliczyć sprawność ogniwa paliwowego.

6. Przeprowadzić dyskusję błędów dla wszystkich wielkości obliczanych w ćwiczeniu.

III Zestaw przyrządów

- Wodorowe ogniwo paliwowe PEM.
- Elektrolizer PEM.
- Zasilacz.
- 2 mierniki uniwersalne.
- Płytko do montażu rezystorów.
- Komplet rezystorów.
- Gazometr.
- Stoper.

IV Literatura

1. W. M. Lewandowski – „Proekologiczne źródła energii odnawialnej”, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 2002.
2. A. Małek, M. Wendeker – „Ogniwa paliwowe typu PEM teoria i praktyka”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2010.
3. J. Cieśliński, J. Mikielawicz – „Niekonwencjonalne źródła energii”, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1996.
4. E. E. Klugmann – „Ogniwa i moduły fotowoltaiczne”, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2005.
5. L. Redey – „Ogniwa paliwowe”, WNT, Warszawa 1973.
6. A. Feldzensztajn, L. Pacuła, J. Pusz – „Wodór „paliwem” przyszłości”, Instytut Wdrożeń Technicznych, Gdańsk, 2003.
7. J. Młochowski – „Podstawy chemii”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1999.
8. „Encyklopedia Techniki. Chemia” – praca zbiorowa, WNT, Warszawa 1993.
9. C. Voigt, S. Höller, U. Küter – “Brennstoffzellen im Unterricht”, HYDROGEIT, Lübeck 2007.
10. J. Laminie, A. Dicks – “Fuel Cell Systems Explained”, Wiley, 2003.
11. J. W. Twidell, A. D. Weir – “Renewable Energy Sources”, Chapman and Hall, London 1990.

12. "Renewable Energy – Sources for Fuels and Electricity", Island Press, Washington 1993.
13. K. Joon – "Fuel Cells – a 21st Century Power System", "Journal of Power Sources", 1998, 71.
14. J. Laramine, A. Dicks – "Fuel Cell Systems Explained", Oxford Brookes University, UK, 2003.
15. Phywe Handbook "Laboratory Experiments Physics", 4.1.11-00, 2010, www.phywe.com.
16. D. A. Rand – "Clean Energy", Springer, 2005.