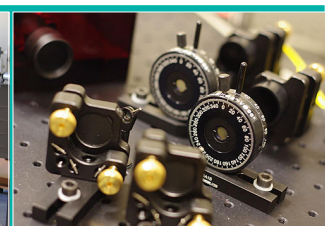
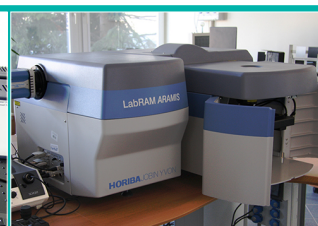


Ćwiczenie 6

Wyznaczanie współczynnika sprawności kolektora słonecznego w różnych warunkach eksploatacji



I. Zagadnienia do opracowania.

1. Procesy przenoszenia ciepła:
 - a) przewodzenie ciepła:
 - strumień energii,
 - gęstość strumienia energii,
 - współczynnik przewodnictwa cieplnego;
 - b) promieniowanie temperaturowe:
 - prawo Kirchhoffa,
 - wzór Stefana – Boltzmanna,
 - prawo przesunięć Wiena,
 - teoria Rayleigha – Jeans’a,
 - kwantowa teoria Plancka;
 - c) dyfuzja:
 - konwekcja,
 - prawo Ficka.
2. Promieniowanie elektromagnetyczne Słońca.
3. Efekt cieplarniany.
4. Kolektor słoneczny:
 - a) rodzaje kolektorów;
 - b) budowa i zasada działania kolektorów słonecznych;
 - c) sprawność kolektora.
5. Budowa stanowiska pomiarowego oraz przebieg doświadczenia.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym przestawionym na *Zdjęciu 1* oraz z opisem procedur pomiarowych zamieszczonych w *Dodatku*.



Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe do badania własności kolektora słonecznego: 1 – lampa halogenowa o mocy 1 kW; 2 – suszarka; 3 – kolektor słoneczny; 4 – sonda termoelektryczna; 5 - pompa wodna z miernikiem przepływu; 6 – zasilacz pompy wodnej; 7 – cyfrowy miernik temperatury; 8 – rezerwuuar z wymiennikiem ciepła.

2. Ustawić kolektor prostopadle do wiązki światła lampy (kąąt 0° na skali mocowania kolektora).
3. Dokonać odczytu temperatury T_{EN} w pomieszczeniu.
4. Wyznaczyć współczynnik sprawności kolektora pracującego w różnych warunkach otoczenia, symulujących zjawiska występujące w środowisku, w tym wpływ temperatury wody w rezerwarze, obudowy zewnętrznej kolektora, oświetlenia oraz wiatru (nawiewu zimnego powietrza). W tym celu przeprowadzić serie pomiarów temperatury T_{IN} na wejściu i T_{OUT} na wyjściu kolektora oraz temperatury T_R w rezerwarze dla warunków podanych w *Tabeli 1* i dla dwóch różnych prędkości przepływu wody \dot{m} postępując zgodnie ze szczegółowym opisem pomiarów w *Dodatku*.

Tabela 1. Symulowane warunki środowiska przy pomiarach.

Nr	izolacja	szyba	wiatr	oświetlenie	T_{IN} [$^{\circ}C$]	\dot{m} [cm^3/min]
1.	+	+	—	—	≈ 10	100
2.	—	—	—	—	≈ 10	100
3.	+	+	—	+	≈ 20	100
4.	—	—	—	+	≈ 20	100
5.	+	+	—	+	≈ 40	200
6.	+	+	+	+	≈ 40	200
7.	+	—	—	+	≈ 40	200
8.	+	—	+	+	≈ 40	200

5. Na podstawie otrzymanych wyników we wspólnym układzie współrzędnych sporządzić wykresy zależności temperatur T_{IN} , T_{OUT} oraz T_R w funkcji czasu.
6. Obliczyć różnice temperatur na wejściu i wyjściu kolektora.
7. Obliczyć wartość współczynnika sprawności kolektora z pomiarów bez oświetlenia ze wzoru:

$$\eta = \frac{T_{EN} - T_R}{T_{EN}} \quad , \quad (1)$$

gdzie: T_{EN} – temperatura otoczenia,

T_R – temperatura wody w rezerwarze.

8. Obliczyć wartość współczynnika sprawności kolektora dla pomiarów z oświetleniem korzystając ze wzoru:

$$\eta = \frac{c_w \dot{m} (T_{OUT} - T_{IN})}{qA} \quad , \quad (2)$$

gdzie: T_{OUT} – temperatura wody na wyjściu kolektora,

T_{IN} – temperatura wody na wejściu kolektora,

c_w – ciepło właściwe wody, $c_w = 4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$,

\dot{m} – prędkość przepływu wody; $\dot{m}_1 = 100 \text{ cm}^3/\text{min}$, $\dot{m}_2 = 200 \text{ cm}^3/\text{min}$,

A – powierzchnia czynna kolektora, $A = 0,12 \text{ m}^2$,

q – natężenie padającego światła w odległości 70 cm od kolektora, $q = 1 \text{ kW/m}^2$.

9. Obliczyć błędy współczynników sprawności kolektora wyznaczonych z równań (1) i (2).
10. Otrzymane wartości sprawności kolektora przedstawić w postaci tabeli.
11. Przeprowadzić analizę wyników, określając wszystkie czynniki, jakie mogą mieć wpływ na sprawność urządzenia.

III. Zestaw przyrządów.

1. Kolektor słoneczny.
2. Lampa halogenowa o mocy 1 kW.
3. Wymiennik ciepła.
4. Rezerwuar wymiennika.
5. Cyfrowy miernik temperatury.
6. Trzy sondy termoelektryczne.
7. Pompa wodna z zasilaczem.
8. Suszarka.
9. Grzałka.
10. Przymiar metrowy.
11. Stoper.

IV. Literatura.

1. R. Eisberg, R. Resnick – „Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych”, PWN, Warszawa 1983.
2. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – „Podstawy fizyki”, T 2., PWN, Warszawa 2003.
3. W. Lewandowski – „Proekologiczne odnawialne źródła energii”, WNT, Warszawa 2002.
4. Z. Pluta – „Słoneczne instalacje energetyczne”, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej 2007.
5. M. Zawadzki – „Kolektory słoneczne pompy ciepła na tak”, Oficyna Wydawnicza Polska Ekologia, Warszawa 2003.
6. PHYWE Systeme GmbH & Co.KG – “Solar Ray Collector”, Laboratory Experiments, Physics 3.6.01- 00, 2008.
7. L. Andr en – “Solar Installations. Practical Applications for the Built Environment”, James & James Science Publishers, London 2003.
8. R. Eisberg, R. Resnick – “Quantum Physics of Atom, Molecules, Solids, Nuclei and Particles”, John Wiley & Sons Ltd, New York 1985.
9. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – “Fundamentals of Physics”, John Wiley & Sons Ltd, New York 2001.
10. M. Fox – “Optical Properties of Solid”, Oxford University Press, Oxford 2001.

Dodatek

Pomiary temperatur T_{IN} , T_{OUT} i T_R w różnych warunkach pracy kolektora

I. Przeprowadzić pomiary przy temperaturze wody na wejściu kolektora $T_{IN} \approx 10$ °C oraz przy braku oświetlania lampą.

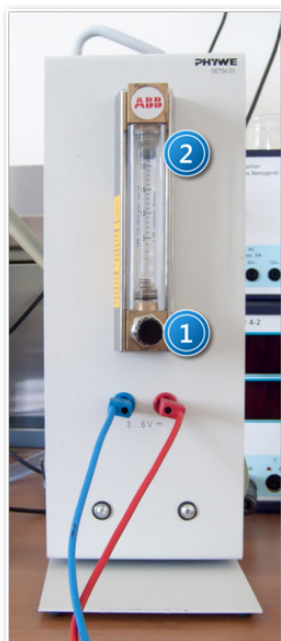
1. Obniżyć i ustabilizować temperaturę wody na wejściu kolektora do wartości $T_{IN} \approx 10$ °C. W tym celu rezerwuar z umieszczonym wymiennikiem ciepła (8 na *Zdjęciu 1*) wypełnić kostkami lodu, a następnie dolać schłodzoną wodę. Powstałą kąpiel starannie wymieszać.



UWAGA!

Zawartość rezerwuaru należy mieszać w trakcie przeprowadzania pomiarów co około 2 minuty. Utrzymywać stałą temperaturę kąpeli poprzez ewentualne dokładanie kostek lodu.

2. Włączyć zasilacz pompy wodnej (5 na *Zdjęciu 1*) i ustawić pokrętko regulacji napięcia na wartość 4 V, a pokrętko regulacji ogranicznika prądu na wartość 1 A.
3. Otworzyć maksymalnie zawór pompy cyrkulacyjnej (*Zdjęcie 2*).

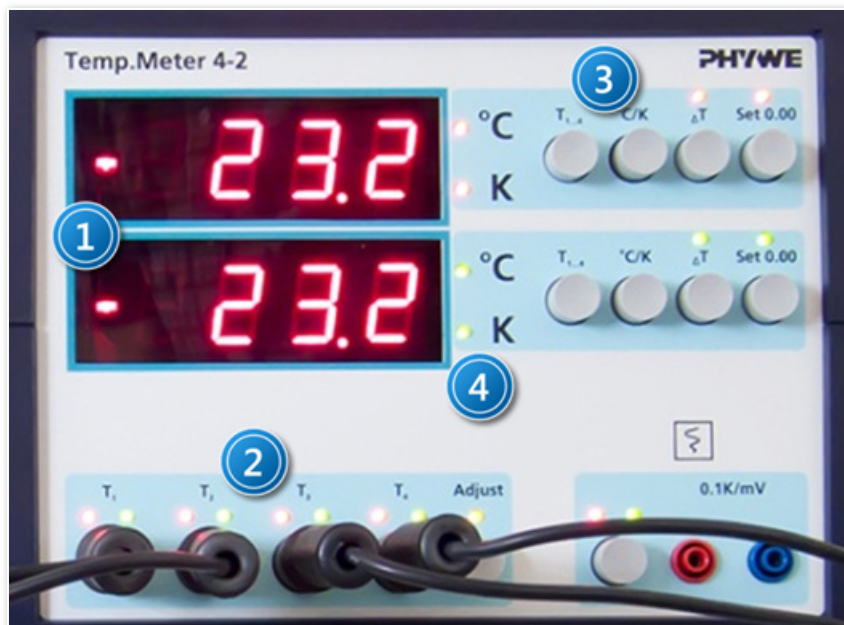


Zdjęcie 2. Pompa cyrkulacyjna: 1 – zawór regulacji szybkości przepływu; 2 – wskaźnik przepływu.

4. Przy pomocy zaworu pompy wodnej ustawić prędkość przepływu na 100 cm³/min. Podczas wykonywania pomiarów stale kontrolować szybkość przepływu wody w obiegu kolektora.

- Z cyfrowego miernika temperatury (Zdjęcie 3) notować wskazania temperatur na wejściu T_{IN} i wyjściu T_{OUT} kolektora oraz temperaturę w rezerwarze z wymiennikiem ciepła T_R przez 30 minut co 1 minutę.

Po przeprowadzeniu każdego pomiaru wymieszać wodę z kostkami lodu w rezerwarze.



Zdjęcie 3. Cyfrowy miernik temperatury: 1 – wyświetlacz, wskazujący temperaturę z wybranego kanału wejściowego; 2 – kanały wejściowe, świecenie czerwonej kontrolki – mierzona temperatura wyświetlana jest na górnym wyświetlaczu, zielonej kontrolki – na dolnym wyświetlaczu; 3 – przyciski sterujące kanałów, od lewej: zmiana kanału wejściowego, zmiana skali temperatury, zmiana trybu pracy, ustawienie zera; 4 – wskaźnik wybranej skali temperatury.

- Powtórzyć pomiary z punktu 5. części I. *Dodatku* dla kolektora bez szyby i tylnej płyty.

II. Wykonać pomiary temperatur przy temperaturze wody na wejściu kolektora $T_{IN} \approx 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz przy oświetlaniu kolektora lampą.

- Umieścić grzałkę w rezerwarze z wymiennikiem ciepła (8 na Zdjęciu 1).
Mieszając, podgrzać wodę do temperatury około $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, po czym wyłączyć zasilanie grzałki.



UWAGA!

W trakcie trwania kolejnych etapów doświadczenia należy regularnie mieszać wodę w rezerwarze i utrzymywać możliwie stałą temperaturę wody na wejściu kolektora.

2. Ustawić lampę halogenową w odległości 70 cm od kolektora, a kolektor prostopadle do kierunku padającego światła.
Włączyć lampę.



UWAGA!

Obudowa lampy silnie się nagrzewa! Zabrania się dotykania jej oraz zasłaniania otworów wentylacyjnych.

Lampę należy wyłączyć niezwłocznie po wykonaniu pomiarów.

3. Wykonać pomiary jak w punktach 4. - 6. części I. *Dodatku* oraz obliczenia według punktów II.8. i II.9. z *Zadań doświadczalnych*.
4. Powtórzyć pomiary jak w punkcie 3. części II. *Dodatku* dla kolektora bez szyby i tylnej płyty.

III. Przeprowadzić pomiary temperatur przy temperaturze wody na wejściu kolektora $T_{IN} \approx 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz przy oświetleniu kolektora lampą.

1. Włączyć lampę.
2. Zwiększyć prędkość przepływu na mierniku do $200 \text{ cm}^3/\text{min}$.
3. W pojemniku z wodą umieścić grzałkę i podgrzać wodę do temperatury około $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kontrolować temperaturę w czasie pomiaru.
Przeprowadzić serię pomiarów – jak w punkcie 3. części II. *Dodatku*.
4. Powtórzyć czynności z punktu 3. części II. *Dodatku* dla kolektora bez szyby.
5. W odległości 30 cm od szyby kolektora umieścić suszarkę. Nastawić ją na zimny nawiew. Wykonać czynności z punktu 3. części II. *Dodatku*.
6. Wyłączyć lampę oraz suszarkę.
7. Skręcić do minimum pokrętko regulacji napięcia zasilacza pompy, a następnie wyłączyć pompę wodną.
8. Opróżnić zbiornik wody przy pomocy kranu spustowego.