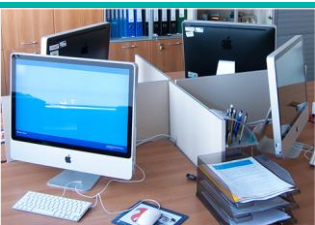




## Ćwiczenie G2

# Wyznaczanie sprawności cieplnej grzałki elektrycznej oraz pompy ciepła

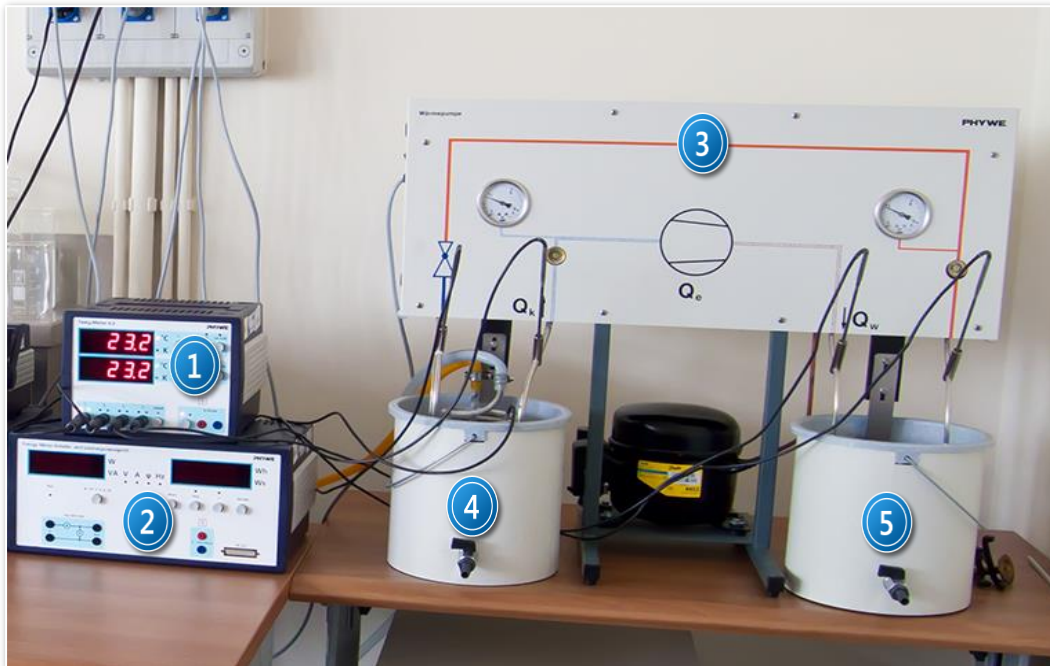


### I. Zagadnienia do opracowania.

1. Budowa i zasada działania pompy ciepła
2. Zasada zachowania energii
3. Zerowa oraz pierwsza zasada termodynamiki
4. Bilans cieplny, ciepło właściwe wody
5. Równanie stanu gazu doskonałego
6. Przemiany gazowe: izotermiczna, izobaryczna, izochoryczna, adiabatyczna
7. Cykl Carnota
8. Praca, moc, energia, natężenie oraz napięcie prądu elektrycznego

### II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z układem pomiarowym przestawionym na *Zdjęciu 1*.



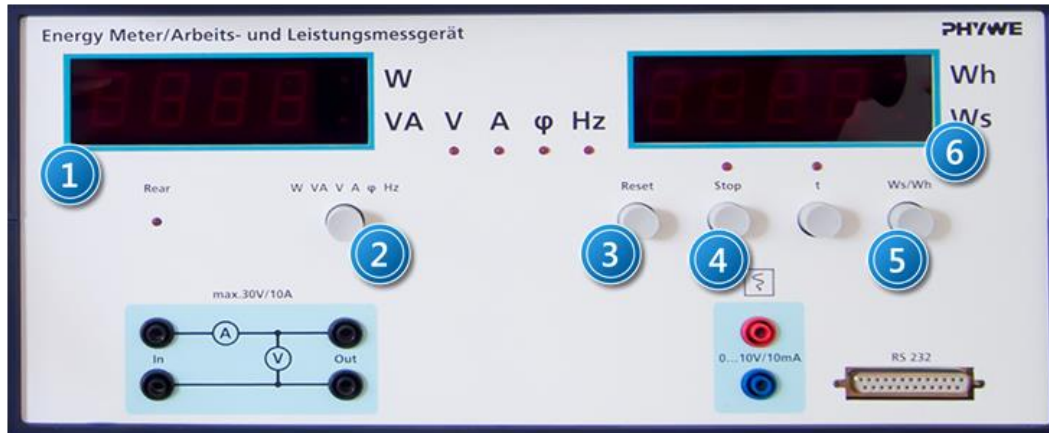
Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe do badania pompy ciepła: 1 – cyfrowy miernik temperatury; 2 – miernik mocy, czasu i energii elektrycznej; 3 – pompa ciepła; 4 – rezerwuuar z parownikiem; 5 – rezerwuuar ze skraplaczem.

## UWAGA!

**Grzałka silnie się nagrzewa! Zabrania się dotykania jej oraz wyjmowania z wody. Grzałkę należy wyłączyć niezwłocznie po wykonaniu pomiarów.**

### Przebieg ćwiczenia z grzałką

1. Napełnić rezerwuar z grzałką elektryczną (4 na *Zdjęciu 1*) zimną wodą (około 10 °C) do poziomu zaznaczonego na ściankach zbiornika (masa wody  $m_w$  powinna wynosić 4 kg), tak aby spirale wymiennika ciepła oraz grzałka były całkowicie zanurzone.
2. Wymieszać wodę w rezerwarze.



3. Włączyć cyfrowy miernik temperatury (oznaczony numerem 1 na *Zdjęciu 1*) i umieścić dwa *Zdjęcie 2*. Miernik mocy, czasu i energii elektrycznej: 1 – wyświetlacz wartości mocy; 2 – przycisk wyboru funkcji woltomierza; 3 – przycisk „RESET”; 4 – przycisk „STOP”; 5 – przycisk wyboru jednostek energii; 6 – wyświetlacz energii elektrycznej zużytej przez pompę.

czujniki temperatury w rezerwarze z grzałką elektryczną.

4. Odczytać na termometrach początkową temperaturę wody  $T_0$  w zbiorniku z grzałką.
5. Włączyć stoper oraz jednocześnie miernik energii (*Zdjęcie 2*) i podgrzewać wodę grzałką do temperatury ok. 50°C.
6. Podczas ogrzewania **co 1 minutę** dokonywać odczytu temperatury wody  $T$  oraz zużytej energii elektrycznej  $E$  z licznika energii w  $Wh$  (wato godzinach).  
**!!Zawsze około 10 s przed odczytem temperatury należy wymieszać wodę w zbiorniku!!**  
(pomiar powinien trwać około 15 min)
7. Pomiaru notować w tabeli pomiarowej.

### Opracowanie wyników

1. Sporządzić wykres zależności temperatury wody  $T$  w funkcji czasu  $t$  ( $T = f(t)$ ).
2. Z tabeli pomiarowej wybrać punkt początkowy ( $T_p$  około 20°C) oraz końcowy ( $T_k$  około 50°C).

Dla wybranych temperatur ( $T_p$  oraz  $T_k$ ) odczytać wartości energii ( $W_p$  oraz  $W_k$ )

Korzystając z zależności (1) obliczyć energię cieplną  $Q$  zgromadzoną w wodzie:

$$Q = c_w \cdot m_w \cdot (T_k - T_p) \quad (1)$$

gdzie:

$c_w$  – ciepło właściwe wody,  $c_w = 4182 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ;

$m_w$  – masa wody w zbiorniku

3. Obliczyć wartość energii pobranej przez grzałkę elektryczną  $E_g$ :

$$E_g = 3600 \cdot (W_k - W_p) \quad (2)$$

Wartości energii ( $W_p$  oraz  $W_k$ ) odczytane dla wybranych wcześniej temperatur ( $T_p$  oraz  $T_k$ )

Jeżeli wartości energii z tabeli podano w Wh należy zamienić je na Js, stąd we wzorze pojawia się przelicznik 3600.

4. Z otrzymanych powyżej wartości  $Q$  oraz  $E_g$  obliczyć (*minimalną*) sprawność grzałki  $\eta\%$ :

$$\eta\% = \frac{Q}{E_g} \cdot 100\% \quad (3)$$

### Przebieg ćwiczenia z pompą ciepła

1. Napełnić zbiornik skraplacza (5 na *Zdjęciu 1*) zimną wodą (około 10°C) do poziomu zaznaczonego na ścianie zbiornika (masa wody  $m_w$  powinna wynosić 4 kg), tak aby spirala wymiennika ciepła były całkowicie zanurzona.
2. Pozostawić jeden czujnik temperatury w rezerwuarze z grzałką (4 na *Zdjęciu 1*) elektryczną natomiast drugi umieścić w zbiorniku skraplacza (5 na *Zdjęciu 1*)
3. Wymieszać wodę w rezerwuarach.
4. Dokonać pomiaru temperatury ogrzanej wcześniej wody  $T_{pa}$  w zbiorniku parownika (z grzałką) oraz temperatury  $T_{sk}$  w zbiorniku skraplacza.
5. Włączyć zasilanie pompy.
6. Co 1 minutę mierzyć  $T_{sk}$ ,  $T_{pa}$  oraz wskazania miernika poboru energii elektrycznej  $E$ .



### UWAGA!

**W trakcie wykonywania pomiarów, co około 1 minutę, należy mieszać wodę w obu zbiornikach ok. 10 s przed pomiarem.**

7. Wyłączyć pompę ciepła gdy temperatura wody w zbiorniku skraplacza  $T_{sk}$  osiągnie 50°C
8. We wspólnym układzie współrzędnych sporządzić wykres temperatur  $T_{sk}$   $T_{pa}$  w funkcji czasu.
9. Z tabeli pomiarowej wybrać punkt początkowy ( $T_{psk}$  około 20°C) oraz końcowy ( $T_{ksk}$  około 50°C) dla wody w skraplaczu.

(Ponownie korzystamy z zależności opisanych wcześniej w doświadczeniu z grzałką)

Korzystając z zależności (3) obliczyć energię cieplną  $Q$  zgromadzoną w wodzie:

$$Q = c_w \cdot m_w \cdot (T_{ksk} - T_{psk}) \quad (4)$$

gdzie:

$c_w$  – ciepło właściwe wody,  $c_w = 4182 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ;

$m_w$  – masa wody w zbiorniku

10. Obliczyć wartość energii elektrycznej pobranej przez pompę ciepła  $E_p$ :

$$E_p = 3600 \cdot (W_k - W_p) \quad (5)$$

Wartości energii ( $W_p$  oraz  $W_k$ ) odczytane dla wybranych wcześniej temperatur ( $T_{psk}$  oraz  $T_{ksk}$ )

Jeżeli wartości energii z tabeli podano w Wh należy zamienić je na Js, stąd we wzorze pojawia się przelicznik 3600.

11. Z otrzymanych powyżej wartości  $Q$  oraz  $E_p$  obliczyć sprawność pompy ciepła  $\eta\%$ :

$$\eta\% = \frac{Q}{E_p} \cdot 100\% \quad (6)$$

12. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników oraz niepewności pomiarowych.

### III. Zestaw przyrządów.

1. Grzałka
2. Pompa ciepła
3. Parownik
4. Skraplacz
5. Wymiennik ciepła
6. Rezerwuar wymiennika
7. Cyfrowy miernik temperatury.
8. Miernik mocy, czasu i energii elektrycznej.
9. Sondy termoelektryczne.

### 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. H. Kaiser – „Wykorzystanie energii słonecznej”, Wydawnictwo AGH, Kraków 1995.
4. W. Lewandowski – „Proekologiczne odnawialne źródła energii”, WNT, Warszawa 2002.
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, Physics3.6.01-00, 2008.