

## Kolektor słoneczny

### I. Zagadnienia

1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego.
2. Absorpcja i emisja promieniowania. Ciało doskonale czarne.
3. II zasada termodynamiki. Sprawność urządzeń cieplnych.
4. Transport ciepła.
5. Prawo Lamberta (nie Lamberta-Beera).

### II. Literatura

1. D. Halliday, R. Resnick – Fizyka.
2. C. Bobrowski, Fizyka, krótki kurs dla inżynierów.
3. inne podręczniki kursowe

### III. Aparatura



### IV. Wykonanie ćwiczenia

1. Włącz zasilacz pompy i ustaw napięcie zasilania 4 V.
2. Przy pomocy zaworu przepływomierza ustal prędkość przepływu na  $100 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Podczas wykonywania pomiarów należy stale kontrolować prędkość przepływu.

Wariant 1 – absorpcja światła lampy halogenowej

1. Umieść wymiennik ciepła w zlewce zawierającej 5 l wody o temperaturze pokojowej.
2. Odczytaj wartości temperatury  $t_1$ ,  $t_2$  oraz  $t_3$  (patrz rys. na str.1). Temperatury te powinny być identyczne; ewentualne różnice wskazań należy uwzględnić podczas interpretacji wyników.

- Sprawdź czy lampa halogenowa znajduje się w odległości 70 cm od kolektora i czy kolektor ustawiony jest prostopadle do kierunku padającego światła a następnie włącz lampę.  
UWAGA: Obudowa lampy może mieć bardzo wysoką temperaturę.
- Po upływie 15 min (i ustaleniu się temperatur) odczytaj wartości temperatury  $t_1$ ,  $t_2$  oraz  $t_3$ .
- Zdemontuj pokrywę szklaną kolektora, i po kolejnych 15 min (i ustaleniu się temperatur) odczytaj wartości temperatury  $t_1$ ,  $t_2$  oraz  $t_3$ .
- Zdemontuj osłonę tylną kolektora, i po kolejnych 15 min (i ustaleniu się temperatur) odczytaj wartości temperatury  $t_1$ ,  $t_2$  oraz  $t_3$ .
- Zmień położenie kolektora tak aby kąt padania światła wynosił  $30^\circ$  i powtórz pomiary analogicznie jak w punktach 3–6.
- Wyznacz sprawność kolektora, korzystając ze wzoru:

$$\eta = \frac{P_{uz}}{q_{prom}}$$

$$P_{uz} = c \cdot u \cdot (t_2 - t_1)$$

gdzie

$c$  – ciepło właściwe wody  $\left(4180 \frac{J}{kg \cdot K}\right)$ ,

$u$  – prędkość przepływu (standardowo  $100 \text{ cm}^3/\text{min}$ ),

$t_1$  – temperatura wody wpływającej do kolektora,

$t_2$  – temperatura wody wypływającej z kolektora,

$q_{prom}$  – natężenie światła padającego na kolektor (przy odległości lampa–kolektor 70 cm,  $q_p = 1 \text{ kW/m}^2$ ),

$A$  – powierzchnia kolektora ( $0,12 \text{ m}^2$ ),

$\mathcal{G}$  – kąt padania światła.

## V. Analiza wyników

Przeprowadź analizę wyników określając wszystkie czynniki jakie mogą mieć wpływ na sprawność urządzenia. Zastosuj prawo Lamberta (nie Lamberta-Beera).

### Dodatek: Podstawy teoretyczne działania kolektora.

Kolektor słoneczny służy do ogrzewania wody przy wykorzystaniu energii promieniowania elektromagnetycznego. Aby możliwe było oszacowanie jego sprawności konieczna jest nie tylko znajomość jego konstrukcji ale także warunków pogodowych, ustawienia względem Słońca oraz innych parametrów pracy jak np. temperatura absorbera.

W doświadczeniu tym lampa halogenowa i strumień chłodnego powietrza symulują w sposób powtarzalny warunki pogodowe. Średnia temperatura może być określona (w przybliżeniu) przez temperaturę zasobnika ciepła.

Szklana pokrywa kolektora w niewielkim stopniu absorbuje i odbija padające promieniowanie elektromagnetyczne. Znaczna część promieniowania padającego na absorber jest zaabsorbowana.

$$q_a = \alpha \cdot \tau \cdot q_i \quad (1)$$

$q_a$  – energia promieniowania zamianiana na ciepło w jednostce czasu w jednostkowej powierzchni absorbera;

$q_i$  – natężenie światła w miejscu gdzie znajduje się kolektor;

$\alpha$  – współczynnik absorpcji absorbera.

$\tau$  – współczynnik transmisji pokrywy szklanej.

Tylko część z energii promieniowania zamienionej w energię cieplną może zostać wykorzystana. Część tej energii zostaje utracona poprzez wypromieniowanie, konwekcję lub przewodnictwo cieplne. Kolejny fragment energii może zostać zużyty na wzrost temperatury absorbera t.j. część zaabsorbowanej energii zostaje zmagazynowana w samym kolektorze. Więc energia użyteczna  $q_N$  wytwarzana w jednostce czasu przez jednostkową powierzchnię kolektora.

$$q_N = q_a - q_u - q_z \quad (2)$$

$q_u$  – energia stracona w czasie 1 s z  $1 \text{ m}^2$  absorbera;

$q_z$  – energia zmagazynowana w czasie 1 s w  $1 \text{ m}^2$  absorbera.

W warunkach tego eksperymentu

$$q_z = 0 \quad (3)$$

ponieważ różnica temperatur jest mierzona w stanie stacjonarnym przy (niemal) stałej temperaturze wejściowej.

Straty ciepła absorbera rosną ze wzrostem jego temperatury. Tylna warstwa izolacyjna określa wielkość strat wywołanych

przewodnictwem; straty z przedniej powierzchni kolektora wywołane są promieniowaniem i konwekcją. Wszystkie straty mogą być opisane zależnością:

$$q_u = k \cdot (t_{ab} - t_o) \quad (4)$$

$k$  – współczynnik przewodnictwa cieplnego;

$t_{ab}$  – temperatura absorbera;

$t_o$  – temperatura otoczenia.

Sprawność kolektora słonecznego określona jest jako stosunek energii użytecznej do energii promieniowania padającego na kolektor.

$$\eta = \frac{q_N}{q_p} = \alpha\tau - \frac{k \cdot (t_{ab} - t_o)}{q_p} \quad (5)$$

Temperatura absorbera nie jest znana; mierzona jest jedynie temperatura wlotowa i wylotowa wody. Ponadto, równanie (5) nie uwzględnia transportu ciepła z absorbera do wody, dla którego należy wprowadzić współczynnik wydajności  $f$

$$\eta = f \cdot \left( \alpha\tau - \frac{k \cdot (t_w - t_o)}{q_p} \right) \quad (6)$$

gdzie  $t_w$  jest średnią temperaturą wody.

$$t_w = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (7)$$

Energia użyteczna  $P_U$  może wyznaczona, w stanie stacjonarnym, na podstawie prędkości przepływu wody

$$u = \frac{dm}{dt} = 100 \text{ g/min}$$

oraz różnicy temperatur: wlotowej i wylotowej.

$$P_U = c \cdot u \cdot (t_2 - t_1) \quad (8)$$

$c$  – ciepło właściwe wody.

Natężenie światła padającego na kolektor wynosi

$$q_p = 750 \text{ W/m}^2$$

Powierzchnia absorbera

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

Sprawność kolektora określona jest zatem zależnością:

$$\eta = \frac{P_U}{q_p \cdot A} = \frac{c \cdot u \cdot (t_2 - t_1)}{q_p \cdot A} \quad (9)$$

Pomiary sprawności kolektora można wykonywać przy różnych temperaturach cieczy w obiegu kolektora (wariant 1:  $t \approx 20^\circ\text{C}$ ; wariant 2:  $t < 5^\circ\text{C}$ ; wariant 3:  $t > 50^\circ\text{C}$ ) oraz przy zastosowaniu różnych układów pomiarowych (wariant A: kompletny kolektor, wariant B: kolektor bez pokrywy szklanej; wariant C: kolektor bez pokrywy szklanej oraz tylnej warstwy izolacyjnej). Dodatkowo można badać wpływ wiatru na wielkość strat ciepła w kolektorze kierując na jego powierzchnię strumień chłodnego powietrza.