

Wyznaczanie stałej słonecznej i mocy promieniowania Słońca

Jak poznać Wszechświat, jeśli nie mamy bezpośredniego dostępu do każdej jego części? Ta trudność jest codziennością dla astronomii. Obiekty astronomiczne znajdują się w większości zbyt daleko by badać je bezpośrednio, w dodatku do niektórych z nich i tak nie można się bezpiecznie zbliżyć. Pozostaje zdobywanie informacji na odległość, np. poprzez badanie światła docierającego do nas od nich. Spróbujmy na przykładzie Słońca. Obserwując je z Ziemi, czyli z odległości 150 mln km możemy wyznaczyć wiele jego cech, takich jak rozmiar, masa czy moc świecenia. Tę ostatnią cechę wyznaczymy w opisanym poniżej ćwiczeniu, korzystając z prostych instrumentów pomiarowych.

instrumenty pomiarowe: ogniwo słoneczne, multimetr do pomiaru napięcia i natężenia prądu elektrycznego, gnomon (czyli ołówek, prosty patyk lub Inny podobny przedmiot), linijka (ekierka)

cel: celem eksperymentu jest wyznaczenie dwóch z podstawowych w astronomii wielkości: stałej słonecznej i mocy promieniowania Słońca

uwaga: pomiar należy przeprowadzać w około południa przy niskim lub zerowym zachmurzeniu, w chwili gdy Słońce nie jest przesłaniane przez chmury

Pomiar mocy z jaką świeci Słońce (tzw. mocy promieniowania) wymaga wykonania następujących pomiarów i obliczeń:

1. Wyznacz powierzchnię ogniwa słonecznego w metrach kwadratowych.

Lp.	bok a a (cm)	bok b b(cm)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
średnia	a = _____ cm	b = _____ cm

powierzchnia ogniwa, $S = a \cdot b =$ _____ m^2

2. Umieść ogniwo słoneczne na poziomej płaszczyźnie w miejscu, gdzie niebo nie jest przesłonięte przez pobliskie budynki, drzewa, itd. Wykonując pomiar nie przesłaniaj nieba sobą (ogniwo powinno być nie wiele niżej niż twoja głowa).

3. Podłącz do ogniwa multimetr, zmierz napięcie (**U** w voltach V) i natężenie (**I** w amperach A) prądu generowanego przez ogniwo. Pomiar wykonaj dla dwóch przypadków.

A) ogniwo oświetlane bezpośrednio światłem słonecznym

Lp.	U_A (V)	I_A (A)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
średnia	$U_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$	$I_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

B) ogniwo oświetlane tylko światłem od nieba – przestoń ogniwo trzymając rękę nad nim w odległości nie mniejszej niż 50 cm tak, aby cień ręki padał na całe ogniwo

Lp.	U_B (V)	I_B (A)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
średnia	$U_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$	$I_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

4. Ustaw gnomon w miejscu pomiarów prostopadle do ziemi (w prostopadłym ustawieniu pomoże ekerka) i zmierz jego wysokość oraz długość cienia.

Lp.	wysokość s (cm)	długość cienia d (cm)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
średnia	$s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$	$d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$

5. Wyznacz moc prądu elektrycznego prądu generowanego przez ogniwo dla obu przypadków A i B.

moc, $P_A = U_A I_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$

moc, $P_B = U_B I_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$

6. Wyznacz wysokość Słońca nad horyzontem wyrażoną w stopniach.

wysokość Słońca, $h = \arctg (s / d) = \underline{\hspace{2cm}}$ stopni

7. Ogniwa słoneczne nie zamieniają padającego na nie światła w 100% w energię elektryczną. Dla większości dostępnych ogniów wydajność tego procesu wynosi 15 – 20%. Zakładając, że wydajność wynosi $\eta = 17\%$ oblicz moc padającego na ogniwo światła.

moc padającego światła, $P_{AQ} = P_A / \eta = \underline{\hspace{2cm}}$ W

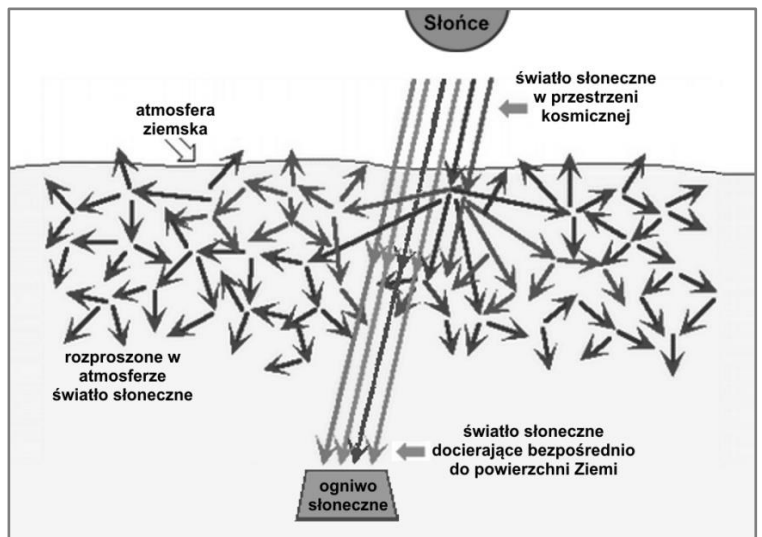
moc padającego światła, $P_{BQ} = P_B / \eta = \underline{\hspace{2cm}}$ W

8. Ogniwa słoneczne mogą mieć różny rozmiar. Im większa powierzchnia, tym więcej światła na nie pada i więcej generują prądu. Aby uniezależnić nasze wyniki od powierzchni użytego panelu, przelicz moc padającego światła na 1 m^2 , znając powierzchnię, S , tego panelu.

moc padającego światła na 1 m^2 , $E_{AQS} = P_{AQ} / S = \underline{\hspace{2cm}}$ W/m²

moc padającego światła 1 m^2 , $E_{BQS} = P_{BQ} / S = \underline{\hspace{2cm}}$ W/ m²

9. Światło słoneczne przechodząc przez atmosferę Ziemi ulega w niej rozpraszaniu i pochłanianiu (patrz rysunek obok). Do naszego ogniwa dociera więc mniej światła niż gdyby atmosfery nie było. Wykonując pomiar mocy na dwa sposoby A i B jesteśmy w stanie oszacować, ile światła atmosfera rozprasza i ile światła otrzymywałoby nasze ogniwo, gdyby umieścić je poza atmosferą. Zapiszmy, że atmosfera przepuszcza X światła słonecznego do powierzchni (X to przezroczystość atmosfery wyrażona liczbą między 0 a 1). Pozostałe $(1-X)$ ulega rozproszeniu w atmosferze. Załóżmy, że atmosfera rozprasza światło równomiernie we wszystkie strony. Zatem $\frac{1}{2}$ (50%) światła rozproszonego ucieka w przestrzeń kosmiczną, a druga $\frac{1}{2}$ pada na powierzchnię Ziemi i nasze ogniwo. Oznaczmy jeszcze przez F [wyrażone w W/m²] ilość światła docierającą do górnej granicy atmosfery ziemskiej.



W pomiarze A wyznaczamy sumę ilości światła padającego na ogniwo bezpośrednio od Słońca po przejściu przez atmosferę ($X \cdot F$) i połowy światła rozproszonego w atmosferze ($0.5 \cdot (1-X) \cdot F$):

$$E_{AQS} = X F + 0.5(1 - X) F$$

Natomiast w pomiarze B wyznaczamy tylko ile mocy daje połowa światła rozproszonego w atmosferze ($0.5 \cdot (1-X) \cdot F$):

$$E_{BQS} = 0.5(1 - X) F$$

Mamy zatem dwa równania i dwie niewiadome F i X . W tej sytuacji możemy je obie wyznaczyć. Po przekształceniach otrzymujemy (można sprawdzić poprawność wyprowadzenia):

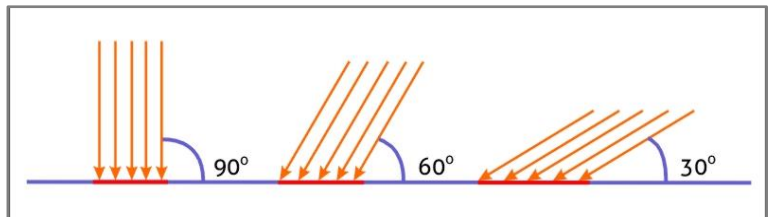
$$X = \frac{E_{AQS} - E_{BQS}}{E_{AQS} + E_{BQS}}$$

$$X = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$F = \frac{(E_{AQS} - E_{BQS})}{X}$$

$$F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W/m}^2$$

10. Ponieważ nasze ogniwo leżało poziomo, a Słońce najprawdopodobniej nie świeciło na nie dokładnie z góry, musimy jeszcze wykonać jedną poprawkę. Wyobraźmy sobie wiązkę promieni słonecznych o przekroju

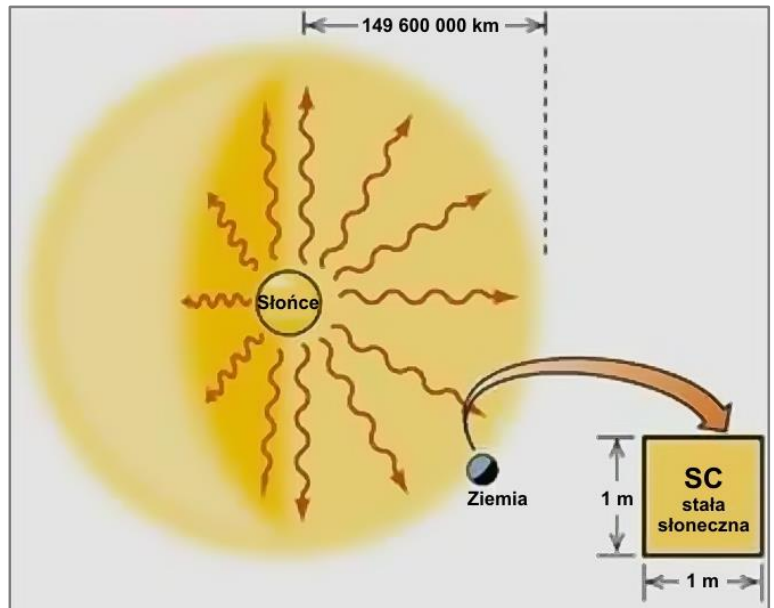


poprzecznym wynoszącym 1 m^2 . Jeśli wiązka ta padnie prostopadłe do powierzchni ziemi to całe światło w niej zawarte (i moc) zajmie 1 m^2 powierzchni. Jeżeli kąt padania będzie mniejszy od 90° to wiązka zajmie na ziemi więcej niż 1 m^2 , tym więcej i im mniejszy jest kąt padania wiązki (czyli wysokość Słońca nad horyzontem). Ilustruje to rysunek obok. Zatem na 1 m^2 ziemi przypada mniej światła (i mocy) niż przepływa przez 1 m^2 przekroju poprzecznego wiązki. My zmierzylśmy moc przypadającą na 1 m^2 powierzchni poziomej (F) a chcemy wyznaczyć, ile przypadłoby jej na 1 m^2 powierzchni ustawionej prostopadłe do promieni słonecznych (S_c). Aby to zrobić musimy wykorzystać wysokość Słońca nad horyzontem, h , wyliczoną w kroku 6. Przeliczenie wykonujemy następująco (sprawdź poprawność poniższego wzoru):

$$S_c = F / \sin(h)$$

$$S_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W/m}^2$$

11. Wielkość S_c nazywana jest stałą słoneczną (*solar constant*). Czy jest ona rzeczywiście stała w czasie? Określa ona ile mocy przechodzi przez 1m^2 powierzchni ustawionej prostopadle do promieni słonecznych tuż ponad atmosferą ziemską. Znając ją i odległość Ziemia-Słońce oraz zakładając, że Słońce wysyła światło tak samo we wszystkich kierunkach możemy wyznaczyć całkowitą moc z jaką świeci Słońce, czyli tzw. moc promieniowania Słońca. Wyobraźmy sobie sferę o promieniu R , równym odległości Ziemia-Słońce i otaczającą Słońce (patrz rysunek obok). Powierzchnia tej sfery wynosi $4\pi R^2$. Przez każdy 1m^2 tej sfery przechodzi światło słoneczne o mocy wynoszącej S_c . Mnożąc S_c przez powierzchnię tej sfery wyrażoną w metrach kwadratowych dostaniemy całkowitą moc promieniowania Słońca, L :



$$L = 4 \pi R^2 S_c$$

$$L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W}$$

12. Dokładna wartość stałej słonecznej wynosi

$$S_c = 1361 \text{ W/m}^2,$$

a mocy promieniowania Słońca

$$L = 3.84 \times 10^{26} \text{ W}.$$

Porównaj wyniki otrzymane z Twoich pomiarów z dokładnymi wartościami. Przedyskutuj przyczyny, które mogły spowodować rozbieżności między nimi.