

Gromada w Pannie jest jednym z najdalszych układów, których odległość wyznaczono kilkoma niezależnymi metodami. Odległości bardziej oddalonych obiektów możemy wyznaczać jedynie po dokonaniu karkołomnych założeń, np. że wszystkie galaktyki spiralne mają tę samą średnicę, lub że wszystkie galaktyki mają tę samą jasność!

Natomiast korzystając z prawa Hubble'a możemy wyznaczać odległości jeszcze dalszych obiektów (wszystkich jasnych na tyle, że możemy zmierzyć przesunięcie linii widmowych ku czerwieni) aż do momentu, kiedy krzywizna przestrzeni spowoduje, że prawo to nie będzie już liniowe. Wtedy musimy zdecydować się na określoną geometrię Wszechświata, aby dalej stosować prawo Hubble'a dostosowane do geometrii nieeuklidesowej.

Tym razem za obiekt pomiarów wybierzemy Słońce. Postaramy się wyznaczyć ilość energii emitowanej w przestrzeni oraz temperaturę powierzchniową Słońca. Nasz cel będziemy starali się osiągnąć najprostszymi metodami, stąd konieczność dokonania podczas pracy rozmaitych uproszczeń, co w efekcie obwaruje wynik pewnymi zastrzeżeniami.

Część pomiarowa sprowadza się do wyznaczenia stałej słonecznej, czyli ilości energii, jaką otrzymuje jednostka powierzchni (prostopadła do padających promieni) w średniej odległości Ziemi od Słońca, poza atmosferą, w jednostce czasu.

Pomiar polega na porównaniu promieniowania Słońca z promieniowaniem żarówki (np. 200-watowej) o bańce ze szkła przezroczystego.

Jako fotometru użyj zamkniętych oczu. W słoneczny dzień zapal żarówkę, odczekaj aż się nagrzej, a następnie zamknij oczy i zbliż do niej twarz (nie oparz nosa). Twoje oczy dostrzegą czerwień, oraz odczujesz ciepło (promieniowanie podczerwone). Nie otwierając oczu obróć twarz do Słońca, doznasz podobnych wrażeń. Postaraj się teraz umieścić twarz w takiej odległości od żarówki, by odcień czerwonego światła, widziany przez powieki, był taki sam, jak w przypadku „patrzenia” na Słońce. Zgodność odcieni będzie oznaczała równość natężenia promieniowania Słońca i żarówki. Równość ta dotyczy oczywiście zakresu światła widzialnego i częściowo podczerwieni przy dodatkowym założeniu, że widmo światła żarówki jest zbliżone do słonecznego i że rozkład tego promieniowania jest, podobnie jak w przypadku Słońca, równomierny we wszystkich kierunkach.

Pomiar odległości powiek od żarówki (d), przy której stwierdzisz zgodność natężeń promieniowania, kończy część doświadczalną.

Przystępujemy do obliczeń

a) Stała słoneczna (S)

Znając moc żarówki (P) i wyznaczoną odległość (d) możesz obliczyć ilość energii (E)

wydzieloną przez żarówkę na jednostkę czasu (t) i powierzchni (u) w pobliżu powiek $\frac{E}{t \cdot u} = \frac{P}{4\pi d^2}$.

Wielkość ta, po uwzględnieniu podanych powyżej zastrzeżeń, będzie poszukiwaną stałą słoneczną (S) = $\frac{P}{4\pi d^2} \left[\frac{W}{m^2} \right]$. Wynik porównaj z danymi tablicowymi. Najczęściej jest on

$$\text{podany w } \text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}, \quad 1 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}} = \frac{4,18\text{J}}{10^{-4}\text{m}^2 \cdot 60\text{s}} = 696,67 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

Uwaga: bardziej poprawny wynik otrzymasz po uwzględnieniu faktu, że około 23% strumienia energii jest pochłaniane przez ziemską atmosferę i nie dociera do powierzchni Ziemi.

b) Energia

Znając stałą słoneczną w prosty sposób obliczysz ilość energii wypromieniowywanej przez Słońce z jednostki powierzchni w jednostce czasu.

Stosunek R/r (rysunek) ma wartość 215, więc stosunek powierzchni kul o promieniu R i r wynosi $215^2 = 46\,225$. Jeżeli 1 cm^2 kuli o promieniu równym średniej odległości Ziemia-Słońce

otrzymuje $1,99 \frac{\text{cal}}{\text{min}}$, to każdy cm^2 powierzchni Słońca wysyła w ciągu minuty 46 225 razy

więcej energii.

Mnożąc stałą słoneczną przez powierzchnię kuli o promieniu R otrzymasz ilość energii emitowanej przez Słońce w ciągu minuty ($R = 149,5 \text{ mln km}$).

c) Temperatura

W celu obliczenia temperatury powierzchniowej Słońca możesz zastosować prawo Stefana-Boltzmann'a: $E = \sigma T^4$,

gdzie E — moc promieniowania z jednostki powierzchni Słońca $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

$$\sigma \text{ — stała Stefana, w układzie SI } \sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

T — temperatura w kelwinach.

(Wiadomości na temat tego prawa zaczerpniesz z podręcznika fizyki dla szkoły średniej.)

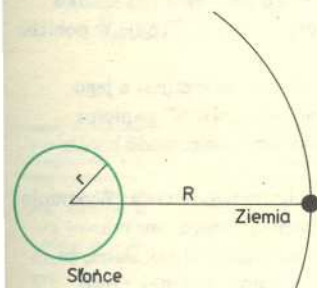
Jeżeli zechcesz pogłębić swe wiadomości z astronomii, polecam książkę P. G. Kulikowskiego „Poradnik miłośnika astronomii”, PWN, Warszawa 1976.

Laboratorium w domu

Mgr Janusz GASIŃSKI

Przy pomiarach natężeń źródła światła posługujemy się metodą porównawczą. Najprostszym przyrządem jest fotometr Bunsena, w postaci kartki z tłustą plamką. Przy równym oświetleniu plamka znika.

Wynik tablicowy: $S = 1,99 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$.



W każdej minucie Słońce traci wskutek promieniowania około 255 mln ton masy.

Pomiar, który można (a nawet należy) wykonać z zamkniętymi oczami