

Kosinus kąta mrówczą pracą wyznaczany Grzegorz DERFEL*

* Politechnika Łódzka



Słońce jest pierwotnym źródłem energii dla naszej planety. Znakomita jej większość, bo ponad 99%, zawarta jest w promieniowaniu elektromagnetycznym. Widmo tego promieniowania, z maksimum w paśmie widzialnym, rozciąga się od nadfioletu do podczerwieni. Obejmuje fale o długościach z zakresu od 100 do 4000 nm. Jest zbliżone do widma ciała doskonale czarnego o temperaturze około 6000 K, zwłaszcza w części długofalowej. Dzięki tej energii średnia temperatura powierzchni Ziemi wynosi około 15°C. Wielkość tej energii określa się ilościowo tzw. stałą słoneczną. Jest to energia docierająca od Słońca do górnej granicy atmosfery ziemskiej przypadająca na jednostkę czasu i jednostkę powierzchni ustawionej prostopadle do kierunku promieni. Wbrew nazwie jej wartość nie jest stała, zmienia się bowiem w ciągu roku w granicach $\pm 4\%$ z powodu zmieniającej się odległości od Słońca. Jej średnia wartość wynosi 1381,6 W/m².

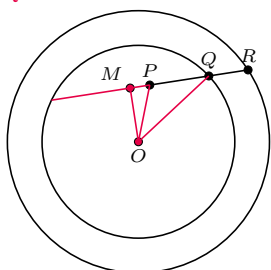
Z praktycznego punktu widzenia istotna jest ilość energii docierająca do powierzchni Ziemi. Na tę ilość mają wpływ zjawiska zachodzące w atmosferze, tj. pochłanianie i rozpraszanie energii. Uczestniczą w nich cząsteczki gazów atmosferycznych i cząstki zawieszonych w atmosferze pyłów i kropelek wody. Energię dostarczaną przez sumaryczne promieniowanie nazywa się nasłonecznieniem lub *insolacją*. To od niej zależy temperatura, do jakiej nagrzewa się powierzchnia Ziemi, choć skutek odbicia nie cała energia zostaje pochłonięta i zamieniona na ciepło.

Insolacja zależy od wielu czynników, między innymi od położenia Słońca na niebie, przezroczystości atmosfery, zachmurzenia, wysokości nad poziomem morza i ukształtowania powierzchni. Ilość energii pochłoniętej zależy od rodzaju nasłonecznianej powierzchni i jej nachylenia względem kierunku promieni padających. Niech I oznacza energię niesioną przez wiązkę o prostopadłym przekroju S . Na jednostkę takiej prostopadłej powierzchni przypada wtedy energia I/S . Jeśli ta sama wiązka pada na powierzchnię nachyloną tak, że normalna do niej tworzy z kierunkiem promieni kąt α , to energia rozkłada się na obszar $S/\cos \alpha$ i w konsekwencji na jednostkę powierzchni przypada $I \cos \alpha$. Ta prosta prawidłowość ma znaczące konsekwencje. W skali globalnej zachodząca w ciągu roku zmienność kąta padania promieni słonecznych jest przyczyną zmian pór roku. W mniejszej skali czynnik $\cos \alpha$ decyduje o mikroklimacie, np. wpływając w terenie pofałdowanym na jakość upraw winorośli. Przykładu o jeszcze mniejszej skali dostarcza opisana poniżej obserwacja mrowiska.

Pospolite mrówki z gatunku *Formica rufa* budują gniazda w postaci kopców z zeschniętego igliwia i drobnych szczątków roślinnych. W słoneczny letni dzień, gdy słońce oświetla kopiec, można zauważyć, że mrówki przebywają tylko na części jego oświetlonej powierzchni. Można wyróżnić ściśle ograniczony obszar, którego mrówki zdecydowanie unikają, pracując tylko na pozostałej części. Zachowanie takie wynika z ograniczonej odporności mrówek na wysoką temperaturę. Badania wykazały, że maksymalna temperatura tolerowana przez mrówki sięga prawie 43°C. (Co ciekawe, jest ona o dwa stopnie wyższa niż stwierdzona doświadczalnie temperatura, która może być dla mrówek zabójcza. Robotnice ryzykują więc, poświęcając się pracy dla kolonii.) Temperatura, w jakiej pracują mrówki na powierzchni kopca, zależy od energii zaabsorbowanej przez tę powierzchnię, a ta, będąc zależną w znacznym stopniu od kosinusa kąta padania promieni słonecznych, wzrasta, gdy kąt ten maleje. W upalny dzień temperatura obszarów oświetlonych prostopadle przewyższa 60°C. Graniczna temperatura 43°C ustala się na łuku pewnej krzywej, będącej szczególnym przykładem izotermy. Z dobrym przybliżeniem można uznać ją za miejsce geometryczne punktów, w których kosinus kąta padania przyjmuje określoną krytyczną wartość. Łuk ten oddziela obszar pełnej aktywności mrówek od obszaru całkowicie opustoszałego, bo zbyt rozgrzanego. Krzątania mrówek ograniczona tylko do wyodrębnionej części powierzchni mrowiska uwiadcza w osobliwy sposób rolę kosinusa kąta padania promieni słonecznych oświetlających powierzchnię.



Rozwiązanie zadania M 1652.



Niech O będzie środkiem okręgów ω i σ . Zauważmy, że długość odcinka QR jest malejącą funkcją kąta $\sphericalangle OQR$, czyli rosnącą funkcją kąta $\sphericalangle OQP$, więc również rosnącą funkcją odległości punktu O od prostej PR . Ta odległość jest nie większa od długości odcinka OP i jest równa OP tylko wtedy, gdy $\sphericalangle OPR = 90^\circ$. Ta ostatnia równość definiuje nam poszukiwany punkt R .