

Wyznaczanie temperatury i wysokości podstawy chmur

Krzysztof Markowicz

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Czas trwania: 10 minut

Czas obserwacji: dowolny

Wymagane warunki meteorologiczne: pochmurnie lub umiarkowane zachmurzenie

Częstotliwość wykonania: 1 raz w ciągu dnia

Poziom szkoły: wszystkie

Materiały i przyrządy: pirometr

1. Wstęp

Chmury odgrywają istotną rolę w kształtowaniu pogody i klimatu. Wpływ chmur na klimat jest dość skomplikowany i zależy od wielu czynników.

W uproszczeniu jednak można stwierdzić, że chmury wysokie ogrzewają a niskie chłodzą ziemski system klimat. Z tego powodu niezmiernie ważnym jest monitoring nie tylko zachmurzenia całkowitego, ale również stopnia pokrycia chmurami z podziałem na wysokość ich występowania. Chcielibyśmy wiedzieć czy długiej perspektywie czasowej przybywa czy ubywa chmur na różnych wysokościach. Jak na razie obserwacje nie dają jednoznacznej odpowiedzi.

Wysokość chmur możemy określać wizualnie klasyfikując chmury na podstawie wyglądu i zjawisk optycznych do różnych kategorii. Chmury dzielimy ze względu na piętra występowania na wysokie (po wyżej 6 km), średnie (od 2,5 do 6 km) i niskie (od powierzchni ziemi do 2,5 km). Dodatkowo występują chmury o budowie pionowej, które mogą występować we wszystkich trzech piętrach. Chmury piętra najwyższego są najcieńsze i zawsze jest przez nie widoczne słońce. W przypadku piętra średniego słońce jest widoczne, ale jego blask jest bardzo słaby, ale na tyle silny, że w większości przypadku bez problemu potrafimy zlokalizować słońce na nieboskłonie. Chmury niskie oraz o budowie pionowej są najgrubsze, co sprawia, że bardzo rzadko może dostrzec przez nie tarczę słoneczną.

Wysokość chmur może oszacować mierząc ich temperaturę. Temperatura chmury jest niezłym wskaźnikiem jej wysokości ze względu na fakt, że temperatura powietrza na ogół systematycznie obniża się wysokością. Im niższa

temperatura chmury tym wyżej się znajduje, a tym samym silniej ogrzewa system klimatyczny. Mierzac temperaturę chmury możemy oszacować jej wysokość zakładając spadek temperatury z wysokością 6.5°C na 1 km oraz zakładając, że znamy temperaturę powietrza przy powierzchni ziemi.

Uzyskane wynik możemy porównać z prostym oszacowaniem wysokości podstawy chmury konwekcyjnych w cieplej porze roku, gdy dysponujemy pomiarami temperatury punktu rosy lub wilgotności względnej powietrza. W tym przypadku wysokość podstawy chmury dana jest wzorem

$$H = 120(t_a - t_d)[\text{m}] \quad (1)$$

gdzie t_a jest temperaturą powietrza mierzona termometrem, zaś t_d jest temperaturą punktu rosy. Jeśli dysponujemy pomiarami wilgotności względnej obliczamy temperaturę punktu rosy stosując kalkulator wilgotności [2].

Znajomość temperatury chmury pozwala nam również określić jej skład. Gdy temperatura jest dodatnia możemy mieć pewność, że chmura zawiera kropelki wody. Gdy temperatura jest niższa od -10°C chmury na ogół składają się z kryształów lodu. W przedziale od -10 do 0°C może występować zarówno lód jak i woda. Występowanie wody w postaci kropelek w temperaturze po niżej zera stopni nie jest niczym niezwykłym w chmurach a ciecz taka nosi nazwę wody przechłodzonej. Znane są przypadki badań lotniczych potwierdzające obecność niezamarzniętej wody w temperaturze ok. -40°C .

2. Przyrządy pomiarowe

Przyrządem, który będzie wykorzystany podczas obserwacji jest pirometr. Przyrząd ten służy do bezdotykowego pomiaru temperatury. Pirometr mierzą ilość (natężenie) energii emitowanej przez ciała w określonej jednostce czasu poprzez pomiar temperatury elementu, na który pada promieniowanie termiczne (termoparę). Obecnie pirometry coraz częściej stosuje się do pomiaru temperatury ciał fizycznych np. pirometr lekarski służy do pomiaru temperatury ciała człowieka czy temperatury przygotowywanych posiłków.



Rys. 1 PIR882-C Pirometr Compact

Stosowany będzie pirometr kompaktowy PIR 882C (widoczny na zdjęciu) jednak doświadczenie może być przeprowadzone dowolnym pirometrem, którego zakres temperatury jest, co najmniej w przedziale od -50 do 50 °C. Przyrząd charakteryzuje się prostym sposobem obsługi oraz nowoczesną, ergonomiczną obudową. Wyposażony jest w celownik laserowy pozwalający na precyzyjne określenie punktu pomiarowego. Posiada funkcje podświetlenia wyświetlacza oraz zatrzymania wyniku pomiaru (Data Hold).

3. Przeprowadzenie obserwacji

Pomiar przeprowadzamy jedynie, gdy chmurny znajdują się wysoko na niebie – najlepiej w okolicach zenitu. Chmury powinny też być, co najmniej tak duże jak wyciągnięta pięść na tle nieboskłonu. Przebieg procedury pomiarowej:

1. Skieruj pirometr w kierunku zenitu
2. Naciśnij czerwony przycisk
3. Sprawdź czy jednostkami temperatury są stopnie Celsiusa, jeśli nie to naciśnij przycisk °C.
4. W celu wykonania pomiaru temperatury naciśnij i trzymaj czerwony przycisk. W czasie pomiaru na wyświetlaczu pojawia się napis SCAN. Wyniki są odświeżane 2,5 razy na sekundę.
5. Przez 5 sekund obserwuj wskazania przyrządu i oszacuj wartość średnią temperatury.
6. Po zakończeniu pomiaru (zwolnieniu czerwonego przycisku) przyrząd zapamiętuje ostatnią wartość i wyświetla napis HOLD.
7. Przyrząd wyłącza się automatycznie.
8. Punkty 4-5 powtórz 3 razy.

9. Raz w miesiącu sprawdź stan baterii poprzez odłączenie baterii i podłączenie jej do miernika uniwersalnego. Jeśli napięcie jest mniejsze niż 8 V wymień baterie na nową.

Uwaga: Nigdy nie kieruj przyrządu w kierunku słońca

Dodatkowo w czasie pomiarów mierzymy temperaturę powietrza. W tym celu korzystamy z termometru zaokienego lub termometru w klatce meteorologicznej, (jeśli takową posiadamy).

4. Protokół wyników

Wypełnij tabele wpisując datę pomiaru, godzinę w czasie uniwersalnym (odjąć 2 godziny dla czasu letniego lub odjąć 1 godzinę dla czasu zimowego), temperaturę powietrza mierzona zwykłym termometrem (np. zaokienym) oraz wyniki kolejnych trzech pomiarów pirometrem. W przedostatniej kolumnie oblicz wartość średnią pomiarów pirometrem z dokładnością do jednego miejsca po przecinku. Następnie oblicz różnice temperatur pomiędzy temperaturą powietrza a temperaturą chmury. Wyznacz wysokość podstawy chmury H uwzględniając, że temperatura powietrza obniża się o 0,65° C na 100 metrów wysokości zgodnie ze wzorem

$$H = \frac{t_a - t_c}{0,65} [m] \tag{2}$$

gdzie t_c jest temperatura chmury zmierzona pirometrem, zaś t_a temperatura powietrza zmierzona termometrem. Jeśli posiadamy higrometr mierzymy wilgotność względną powietrza i przeliczamy ją na temperaturę punktu rosy używając jednego z dostępnych kalkulatorów [2]. Następnie korzystając we wzoru 1 obliczamy wysokość podstawy chmury.

Tabela 1: Wyniki pomiarów oraz analizy danych

lp.		1	2	3
data				
godzina [UTC]				
temperatura powietrza t_a [°C]				
temperatura chmury t_c [°C]	I			
	II			
	III			

	średnia			
$t_a - t_c$ [°C]				
wysokość chmury w [m] ze wzoru 2				
wilgotność względna [%]				
temperatura punktu rosy				
wysokość chmury w [m] ze wzoru 1.				

5. Analiza wyników

Na podstawie zmierzonej temperatury chmury określ czy chmura składa się w kropelki wody czy kryształów lodu. Korzystając z wyznaczonej wysokości chmury zaklasyfikuj ją do piętra wysokiego, średniego lub niskiego. Czy wyznaczone piętro chmur zgadza się z klasyfikacją danego rodzaju chmury? Przykładowo uzyskaliśmy wysokość podstawy chmury 4500 m a na nieboskłonie widzimy chmury altostratus należące do piętra średniego. Ponieważ, chmury piętra średniego znajdują się na wysokości od 2500 do 6000m otrzymaliśmy zgodność wyników. Porównaj wysokości chmur uzyskane obiema metodami. Co wpływa na błędy oszacowania wysokości chmury metodą pomiaru pirometrem? Czy można ulepszyć tą metodę?

6. Literatura

[1] Maghrabi, A.H, R. Clay, N. Wild and B. Dawson, (2009) Design and development of a simple infrared monitor for cloud detection, *Energy Conversion and Management*, 50, 2732-2737.

[2] Internetowe kalkulatory od obliczania temperatury punktu rosy:

<http://www.label.pl/po/kalkulator.html>

<http://www.odbiory.pl/index.php/poradnik-automatyki-i-bms/item/obliczenia-punktu-rosy-wilgotnoci-i-cinienia-dla-powietrza>