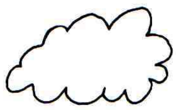
Jak daleko od nas znajdują się chmury?

Krzysztof TATARKIEWICZ



1. Wstęp

Przed rokiem w *Delcie* (nr 9/2003, str. 8) ukazał się artykuł Leszka Sidza *Jak wysoko płyną nad nami obłoki?* Wyjaśnia on, jak – mając dwa aparaty fotograficzne – możemy obliczyć wysokość położenia jakiegoś obłoku.

Tutaj zajmiemy się sposobem wyznaczania, bez żadnych przyrządów, odległości od chmur. Ale coś za coś: wprawdzie nie potrzebujemy aparatów fotograficznych, musimy jednak znać wysokość położenia nad Ziemią tego typu chmur, których odległość chcemy poznać... Dlatego musimy wiedzieć, że dla chmur nadających się do wyznaczania odległości mamy wysokości w kilometrach: cumulusy 1–2, cumulo-nimbusy lato – podstawa 1, góra 4–6, ich kowadła 5–7 (w zimie są mniej więcej o 1/3 niżej), alto-cumulusy 3–6, cirro-cumulusy 6–8, cirrusy 6–9.

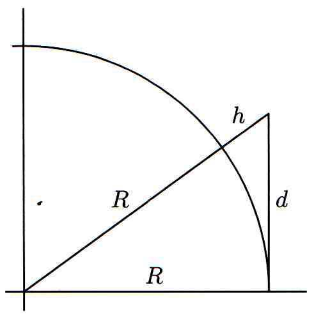
2. Rozstępowość

Przy spodziewanej dokładności najłatwiej wyznaczyć pozorną wysokość chmury nad horyzontem, trzymając w wyciągniętej ręce centymetrową miarkę. A jeśli jej się nie ma, to wystarczy raz sprawdzić w domu, jakiej grubości ma się palec, jaka jest jego długość itd., by zapamiętawszy te dane, już bez żadnych przyrządów, mierzyć tę wielkość. Przy większych kątach można ją wyznaczyć rozstawionymi palcami. Można by nazwać tę wielkość (niezbyt zresztą zręcznie) *rozstępowością* (*ręczną*).

W dalszym ciągu będę zakładał, że ręka ma 60 cm długości. Podzieliwszy ową rozstępowość przez 60, otrzymamy tangens kąta, pod którym widzimy chmurę. Przy występujących tutaj na ogół małych kątach możemy je (mierzone w radianach) utożsamiać z tymi tangensami.

Gdyby Ziemia była płaska, to na to, by znaleźć odległość d obserwowanej na wysokości c chmury, wystarczyłoby zastosować twierdzenie Talesa. Ale Ziemia nie jest płaska...

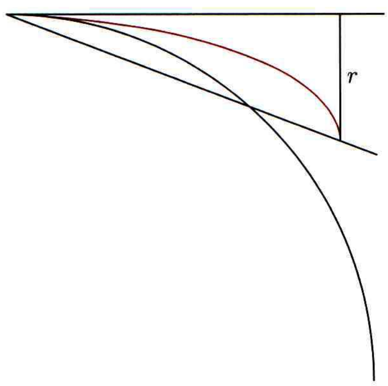
3. Zakrzywienie powierzchni



Rys. 1

Wyznaczmy teraz wysokość h znajdującego się w odległości d ciała, o ile widzimy je na widnokręgu. Sytuację tę przedstawia rysunek 1, gdzie R oznacza promień Ziemi, który możemy uważać za stały. Przyjmijmy $2R = 12\,730$ km. Korzystając z twierdzenia Pitagorasa, po odrzuceniu bardzo małego wyrazu h^2, otrzymujemy wzór $h = d^2/2R$. Wysokość h będziemy nazywać poprawką, gdyż jest to ta część wysokości obserwowanego ponad horyzontem obłoku, której nie widzimy ze względu na krzywiznę Ziemi.

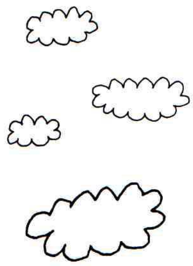
4. Refrakcja



Rys. 2

Ale przy badaniu bardziej odległych chmur musimy uwzględniać nie tylko zakrzywienie powierzchni Ziemi, lecz też krzywoliniowy bieg promieni światła biegnących od nich ukośnie w stosunku do powierzchni stałej gęstości powietrza. Astronomiczna refrakcja horyzontalna (to jest refrakcja światła promieni biegnących od ciał niebieskich obserwowanych na horyzoncie) była już znana w starożytności i średnio wynosi około $35'$, ale bardzo zależy od aktualnie panującej temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza (patrz rys. 2).

Na ten temat jest olbrzymia literatura (głównie geodezyjna). Dla obiektów ziemskich refrakcja jest mniejsza i w przybliżeniu można przyjąć, że przy odległości ponad 350 km poprawka na refrakcję wynosi około $25'$, przy odległościach mniejszych niż 50 km w ogóle należy ją pominąć, a przy pośrednich odległościach przyjmuje ona pośrednie wielkości. Tę poprawkę na refrakcję, wyrażoną nie w minutach, ale w metrach, oznaczymy r (poprawka ta zależy wtedy od odległości d). Ma ona przeciwny znak niż poprawka h na zakrzywienie powierzchni Ziemi.



Daje to tabelę zsumowanych przybliżonych poprawek.

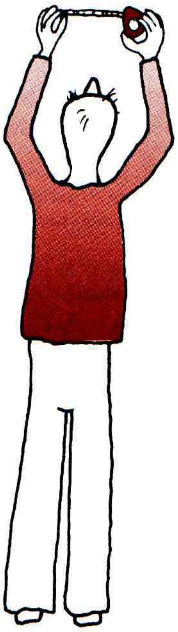
d [km]	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	720
$h - r$ [m]	50	200	390	630	1400	2500	3800	5250	7250	9600	33500

Teraz, dla danej wysokości chmur c, można utworzyć tabelkę przypisującą danej odległość d obserwowaną rozstępowość b. Przykładowa tabelka dla wysokości chmur $c = 4$ km jest podana poniżej.

d [km]	25	50	75	100	150	200	250
b [cm]	9,5	4,6	2,9	2,1	1,1	0,5	0,07

5. Praktyczne rady

Raczej nie zachęcam do uczenia się danych z tego typu tabel na pamięć. Wygodniej jest w każdym przypadku przeprowadzać w pamięci konieczne rachunki.



6. Przykłady

Przyjrzawszy się zamieszczonej tu przykładowej tabeli widzimy, że – przynajmniej w Polsce – nie zdarza się, by nawet w najlepszych warunkach na nizinie widzieć zwykłe chmury bardziej odległe niż o 400 km.

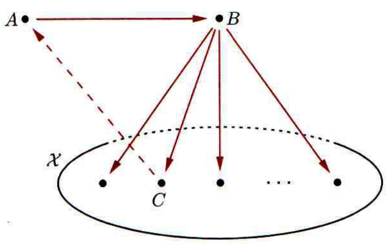
Znacznie kłopotliwsze jest określenie zasięgu naszego wzroku, gdy znajdujemy się nie na podstawowej płaszczyźnie, na przykład wykazanie, że z pierwszych wyższych szczytów Beskidów można zobaczyć pioruny bijące na Kielecczyźnie (a nawet na Mazowszu).

Natomiast tak zwane „srebrzyste obłoki" występujące czasem przed świtem na wysokości około 70 km mogą, oczywiście, znajdować się dalej. Obserwowałem w Lublinie takie obłoki leżące na północ w odległości około 700 km – to jest na półwyspie Kolka na Łotwie, półwyspie, który był przez dwa wieki najbardziej na północ wysuniętym punktem w bezpośrednim władaniu Polski przedrozbiorowej.

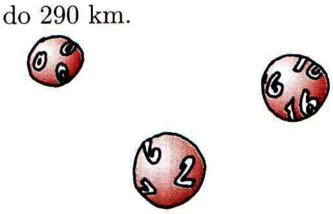
7. Zadanie

W momencie gdy Słońce dotyka horyzontu nad morzem obserwujemy w połowie jego tarczy średnie chmury (a więc leżące na wysokości 4 do 6 km). Jak są one odległe? Zakładamy, że tarcza Słońca nie jest zdeformowana (co często zdarza się przy jego zachodzie) i przyjmijmy, że ma ona w tym momencie średnicę równą $32'$, a refrakcja wynosi $10'$ do $20'$. Czytelnik sam zechce sprawdzić, że w zależności od przyjętej wysokości chmur i przyjętej refrakcji, odległość obserwowanych chmur może wynosić od 210 do 290 km.

Rozwiązanie zadania M 1072. Niech A i B będą drużynami, które wygrały tyle samo meczów. Bez straty ogólności przyjmijmy, że drużyna A wygrała z drużyną B.



Niech $\mathcal{X}$ będzie zbiorem wszystkich drużyn, które przegrały z drużyną B. Gdyby każda drużyna ze zbioru $\mathcal{X}$ przegrała z drużyną A, to drużyna A wygrałaby o jeden mecz więcej niż drużyna B, a to przeczy założeniom. Zatem istnieje w zbiorze $\mathcal{X}$ drużyna C, która wygrała z drużyną A. W ten sposób drużyna A wygrała z B, B wygrała z C oraz C wygrała z A.



Jak wygrać w Lotto?

Gracze Dużego Lotka, wypełniając blankiet do zawierania zakładów, kierują się często dość irracjonalnymi przekonaniami. Niewielu graczy skreśla kolejne liczby (np. $2, 3, 4, 5, 6, 7$) lub liczby sąsiadujące na blankiecie (np. $22, 23, 31, 32, 40, 41$). Takie układy wydają im się „mniej prawdopodobne". Oczywiście nie jest to prawda i gracz, który z powodu swoich uprzedzeń pomija np. liczby z brzegu planszy i wybiera tylko te ze środka (6 z 23), automatycznie pomija 99 procent możliwych układów. Czy można na tej niewiedzy graczy zarobić? Owszem. Jak zauważył Hugo Steinhaus, jeśli już w ogóle przyjdzie nam ochota grać w toto-lotka, należy obstawiać takie układy, które rzadko są wybierane z powodu rozmaitych fobii. Wtedy – jeśli jakimś trafem wygramy (szansa nie jest duża: 1/13983816) – to przynajmniej z dużym prawdopodobieństwem nie będziemy się musieli z nikim dzielić nagrodą. Powodzenia!

Wojciech KRZEMIŃSKI