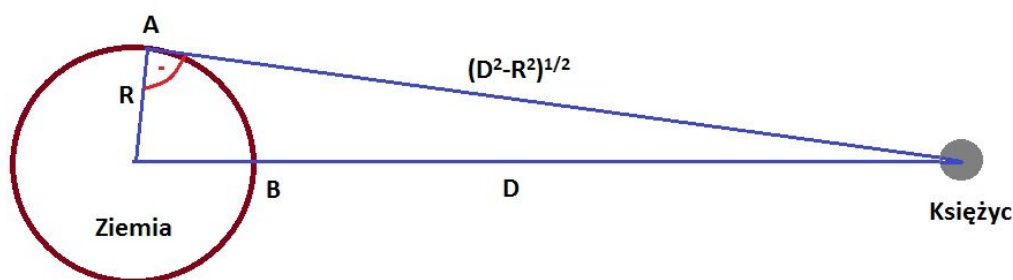


## Prosta metoda szacowania odległości do Księżyca

Dzięki możliwości fotografowania Księżyca niemal każdy może w bardzo łatwy sposób wyznaczyć - lub przynajmniej oszacować - odległość do niego. Trzeba tylko wykonać dwa zdjęcia Księżyca: podczas jego wschodu lub zachodu i górowania. Główną ideę pomiaru wyjaśnia rysunek nr 1.



- A - punkt, z którego obserwujemy wschód lub zachód Księżyca
- B - punkt, z którego obserwujemy górowanie Księżyca  
(czyli jest on najwyżej nad horyzontem)
- D - odległość (środką) Księżyca od (środką) Ziemi

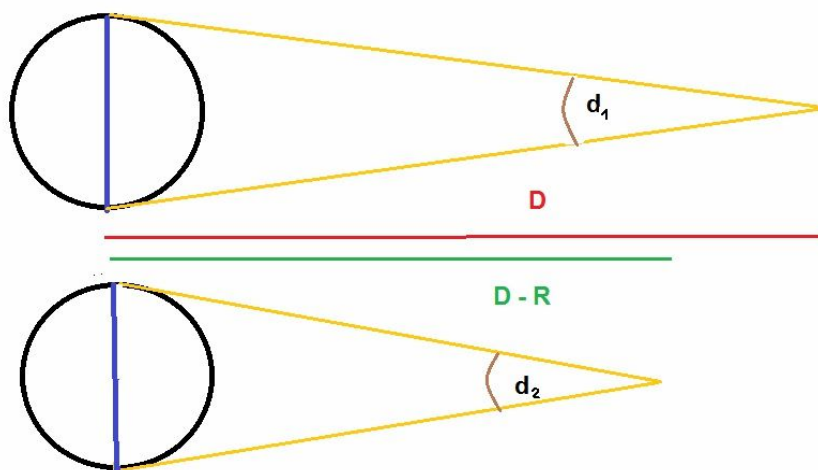
Rysunek 1

Zauważamy, że górowanie Księżyca obserwujemy z mniejszej odległości niż jego wschód (lub zachód). Wobec tego tarcza Księżyca na zdjęciu wykonanym w sytuacji B powinna być **większa** niż w sytuacji A.

Nie chcemy zepsuć prostoty pomysłu skomplikowaniem dalszych wywodów. Inaczej mówiąc będziemy dążyli do jak najprostszego sposobu wyciągnięcia wniosków. Przede wszystkim zauważmy, że **D** jest dużo większe od **R** czyli promienia Ziemi, co zresztą później możemy obserwacyjnie potwierdzić. Wobec tego możemy przyjąć, że:

$$(D-R)^{1/2} \approx R \quad (1)$$

Przyjmijmy zatem, że w punkcie A robimy zdjęcia Księżyca z odległości **D**, a z punktu B z odległości **D-R**.



Rysunek 2

Ta sama średnica Księżyca (niebieska na rysunku 2) jest widziana z punktu **A** pod kątem  $d_1$ , a z punktu **B** pod kątem  $d_2$ . Dla uproszczenia kąt możemy mierzyć w .. pikselach. Zatem:

$$d_2 \cdot (D - R) = d_1 \cdot D$$

Po prostych przekształceniach:

$$\frac{D}{R} = \frac{d_2}{d_2 - d_1} \quad (2)$$

Powyższy wzór daje niezwykle prosty sposób wyznaczania odległości do Księżyca. Wystarczy na obu wykonanych zdjęciach zmierzyć średnicę Księżyca np. w pikselach lub w centymetrach i wstawić wyniki do wzoru (2).

Przedyskutujmy jeszcze warunki i sensowność tej metody. Przede wszystkim, jaka musi być minimalna rozdzielczość, by otrzymać sensowny wynik? Otóż **każde** zdjęcie da ważny wynik. Jeśli rozdzielczość jest zbyt mała, by zmierzyć różnicę widomych średnic, to dostajemy dolne oszacowanie odległości. Przypuśćmy, że na obu zdjęciach średnica Księżyca rozciąga się na 50 pikseli. Zatem  $d_2 \approx d_1$  i możemy przyjąć, że  $d_2 - d_1 < 1$ . Wtedy ze wzoru (2) otrzymujemy:

$$\frac{D}{R} \geq 50$$

To bardzo ważny wynik potwierdzający słuszność założenia (1).

Jak najlepiej zastosować opisaną metodę? Rzecz jasna najprościej wykonać zdjęcia w czasie pełni. Czy wszystko jedno, w jakim kierunku mierzymy średnicę obrazu Księżyca? Otóż nie! Wskutek refrakcji atmosferycznej obraz wschodzącego (zachodzącego) Księżyca będzie spłaszczony - średnica zmierzona w pionie będzie wyraźnie mniejsza od tej zmierzonej w poziomie. Efekt ten jest widoczny gołym

okiem, jeśli tylko uważnie się przyjrzeć. Wobec tego należy mierzyć średnicę w kierunku **poziomym**.

Czy zdjęcia muszą być wykonane tego samego dnia? Niekoniecznie, choć to najbardziej wskazane. Ponieważ nasz naturalny satelita obiega Ziemię po elipsie - jego widoma wielkość zmienia się w ciągu miesiąca i to znacznie bardziej niż w opisany tu sposób! Wykonując wiele zdjęć w ciągu miesiąca można łatwo to sprawdzić. Jest to piękny prosty sposób potwierdzenia cyklicznych zmian odległości do Księżyca.

Czy rzeczywiście można przyjąć w naszej metodzie, że **R** to promień Ziemi? Mówiąc ściśle nie można. Jednak mówiąc ściśle: w ogóle nie można **mówić ściśle!** Astronomia (i cała nauka) rozwija się od przyjęcia założeń najprostszych i budowania na ich podstawie modeli czy teorii, które dopiero później są uściślane i poprawiane. Pozwólmy uczniom i miłośnikom astronomii na to samo, co w dziejach robili najwybitniejsi uczeni!

Podsumowując krótko chciałbym polecić ten opisany sposób wszystkim, którzy interesują się astronomią nie tylko teoretycznie. Wystarczy aparat z zoomem, choć najlepsze rezultaty można osiągnąć posługując się niewielkim teleskopem. Stosując tę metodę można samodzielnie oszacować nie tylko odległość do Księżyca lecz również sprawdzić realność refrakcji. Przede wszystkim przekonać się niezbicie, że ogrom księżycowej wschodzącej tarczy to zwykłe złudzenie. Właściwie **niezwykle** jak i pozostałe złudzenia, ale to już zupełnie inny temat.

*Ludwik Lehman*