

Astrolabium

Konkurs astronomiczny

Odległość kątowna



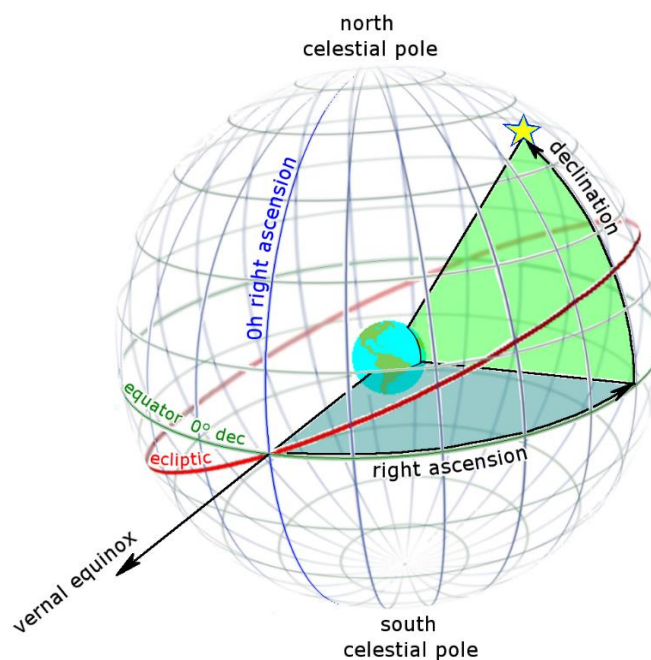
Szkoła średnia
Klasy I – IV
Doświadczenie konkursowe 5

Rok 2019

1. Wstęp teoretyczny

Patrząc na niebo po zachodzie Słońca, mamy wrażenie, że znajdujemy się pod rozgwieźdżoną kopułą. Kopuła ta stanowi połowę tzw. **sfery niebieskiej**. Jej druga połowa skrywa się pod horyzontem. Sfera niebieska to pozorna sfera, związana z naszym postrzeganiem. Nie ma ona określonego promienia, a jej środek znajduje się zawsze w miejscu, gdzie stoi obserwator i pokrywa się ze środkiem horyzontu. Wyobrażenie nieba pod postacią sfery niebieskiej ułatwia nam orientację na niebie. Na sferze tej wyróżnić można pewne punkty. Tam, gdzie oś ziemską przecina sferę niebieską, znajdują się bieguny sfery niebieskiej: północny (BN) i południowy (BS). Blisko punktu północnego bieguna niebieskiego znajduje się Gwiazda Polarna.

By jednoznacznie umiejscowić obiekt astronomiczny na niebie, należy podać jego współrzędne. Najłatwiej określać pozycję obiektu, korzystając z **układu współrzędnych równikowych równonocnych** (Rys. 1). W układzie tym występują dwie współrzędne: **rektascensja** (odpowiednik długości geograficznej) oraz **deklinacja** (odpowiednik szerokości geograficznej). Tradycyjnie rektascensję liczy się w godzinach minutach i sekundach, odpowiadających obrotowi Ziemi wokół osi, który przekłada się na pozorny obrót sfery niebieskiej wokół Ziemi w ciągu doby. W ten sposób 24h odpowiadają pełnemu obrotowi Ziemi, czyli o kąt 360° . Deklinację (DEC lub δ), czyli odpowiednik szerokości geograficznej, liczy się po prostu w stopniach od równika ku biegunom w zakresie od -90° do $+90^\circ$. Wartości dodatnie odnoszą się do obiektów znajdujących się na północnej półkuli nieba, a ujemne na południowej półkuli nieba.

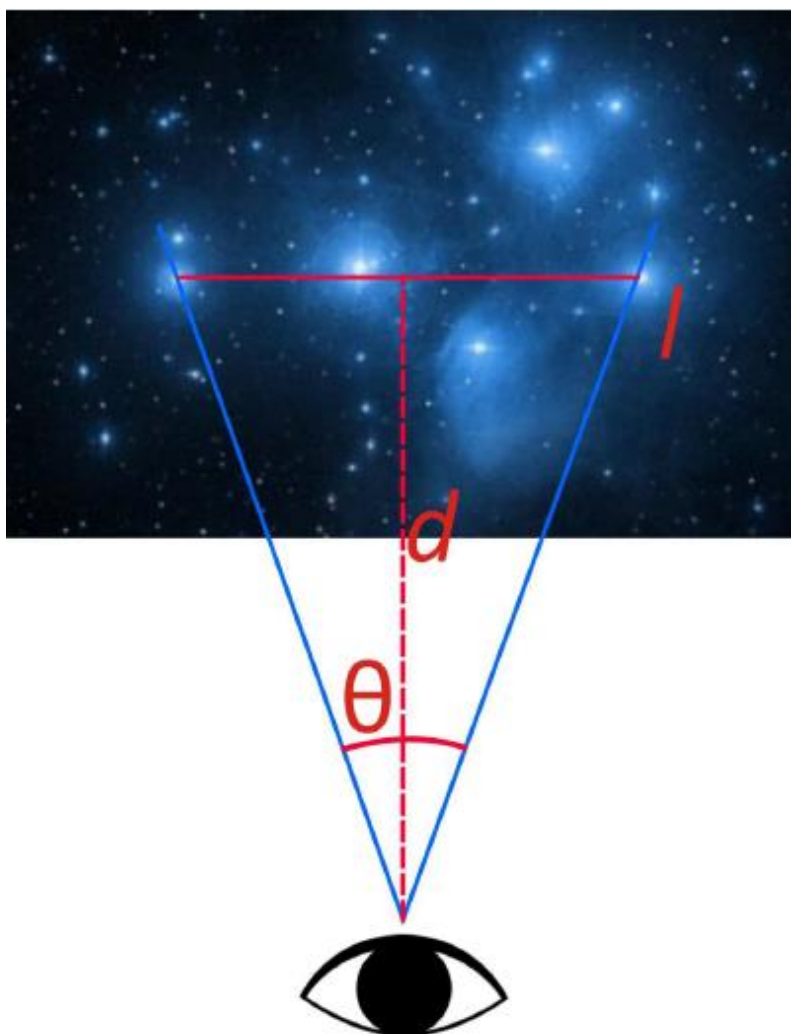


Rysunek 1. Schemat współrzędnych równikowych równonocnych służących do opisu położenia obiektów astronomicznych na niebie (sferze niebieskiej). Rektascensja (ang. right ascension) zaznaczona jest na niebiesko, a deklinacja (ang. declination) na zielono. Na rysunku zaznaczono też: równik niebieski (ang. equator), północny biegun nieba (ang. north celestial pole), południowy biegun nieba (ang. south celestial pole), ekliptykę (ang. ecliptic) oraz punkt równonocy wiosennej (ang. vernal equinox), od którego liczymy rektascensję. Źródło: Wikipedia.

Ze względu na to, że obiekty astronomiczne znajdują się na sferze, to odległości pomiędzy nimi można wygodnie opisywać za pomocą kątów. W tym celu używa się **odległości kątowej**. Odległość kątowa ϑ pomiędzy dwoma obiektami to kąt zawarty pomiędzy promieniami wychodzącymi z miejsca, gdzie znajduje się obserwator i przechodzącymi przez te obiekty (Rys.2). Odległość kątowną wyraża się w stopniach ($^{\circ}$), minutach ($'$) i sekundach ($''$) łuku. Odległość kątowną pomiędzy dwoma gwiazdami można obliczyć na podstawie następującego wzoru¹:

$$\vartheta = \arccos[\sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)]$$

gdzie: ϑ – odległość kątowna w radianach, δ_1 i δ_2 – deklinacja odpowiednio pierwszej i drugiej gwiazdy, α_1 i α_2 – rektascensja odpowiednio pierwszej i drugiej gwiazdy, przy czym gwiazdy należy ponumerować tak, by $\alpha_2 > \alpha_1$. *Arccos* jest to arcus cosinus, funkcja odwrotna do funkcji cosinus, czyli jeżeli $y = \cos(x)$ to $x = \arccos(y)$.



Rysunek 2. Zależność pomiędzy odległością kątowną a odległością liniową.

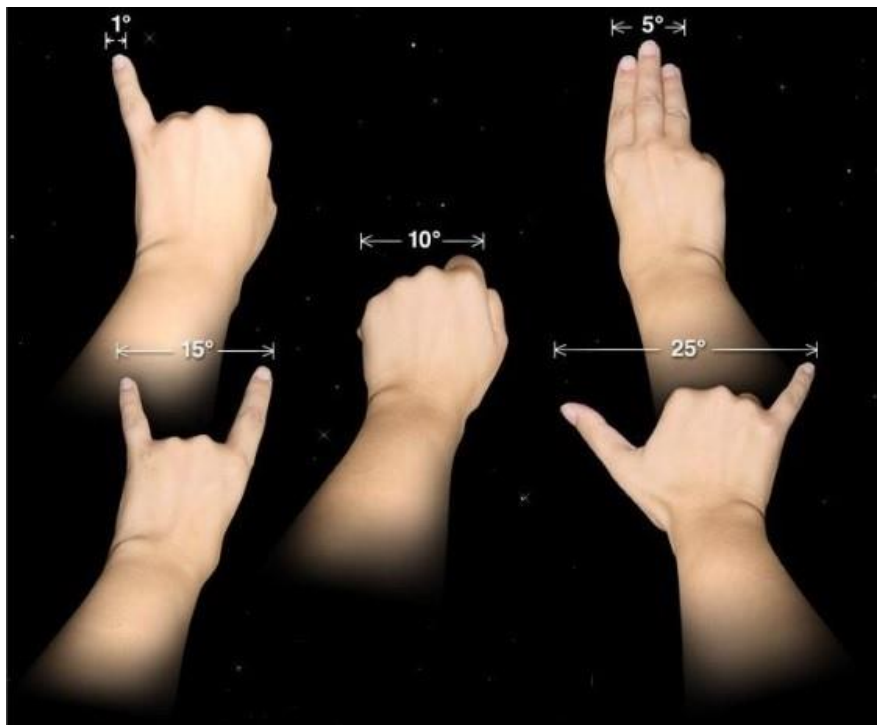
¹ wzór ten jest jednym ze wzorów trygonometrii sferycznej. Zainteresowani tym tematem mogą dowiedzieć się więcej z książki Jana Mietelskiego pt. „*Astronomia dla geografów*”

Znając dystans do obiektów d , można wyznaczyć odległości między nimi l z odległości kątownej za pomocą zależności:

$$\vartheta \cong \frac{l}{d}$$

gdzie: l i d są wyrażone w tych samych jednostkach długości (np. w kilometrach), a ϑ jest wyrażona w radianach. Powyższa zależność ma zastosowanie tylko dla małych odległości kątowych.

Jednym z najprostszych sposobów mierzenia odległości kątownej jest wykorzystanie do tego celu własnych dłoni. Aby wykonać poprawnie taki pomiar, należy skierować wyprostowaną rękę w kierunku badanego obiektu niebieskiego. Pomiedzy czubkami kciuka i małego palca maksymalnie rozpostartej dłoni zawiera się około 25° łuku. Pomiedzy palcem wskazującym, a małym palcem odmierzymy mniej więcej 15° łuku. Mniejszą odległość kątowną (ok. 10°) uzyskamy między końcami zaciśniętej pięści. Jeszcze mniejsze wielkości kątowne otrzymamy pomiedzy wyprostowanymi palcami wskazującym i serdecznym (około 5°). Sam kciuk będzie zajmował około 2° , natomiast mały palec 1° . Na rysunku (Rys.3) został przedstawiony schematyczny pomiar odległości z wykorzystaniem odpowiedniego ułożenia dłoni.



Rysunek 3. Sposób pomiaru odległości na niebie z wykorzystaniem własnej dłoni. Źródło: NASA.

2. Cel doświadczenia

Celem doświadczenia jest wyznaczenie odległości kątownej i liniowej pomiędzy gwiazdami *Atlas* i *Elektra* w gromadzie Plejad oraz wyznaczenie odległości kątownej od Plejad do Aldebarana.

3. Opis wykonania doświadczenia

Do doświadczenia potrzebny jest kalkulator lub arkusz kalkulacyjny (Excel lub bezpłatny OpenOfficeCalc).

Plejady są najbardziej znaną gromadą otwartą² na niebie. Znajdują się w gwiazdozborze Byka w odległości ok. 440 lat świetlnych³ od Ziemi i mogą być obserwowane nieuzbrojonym okiem (Rys.4). W gromadzie tej znajduje się około tysiąca gwiazd.



Rysunek 4. Plejady. Źródło: Wikipedia.

Ich nazwa wywodzi się ze starożytnej Grecji. Dziewięć najjaśniejszych nazwanych zostało imionami Siedmiu Sióstr z mitologii greckiej (Sterope, Merope, Elektra, Maja, Tajgeta, Kelajno, Alkione) wraz z rodzicami (Atlas i Plejone). Współrzędne gwiazd są podane w tabeli poniżej.

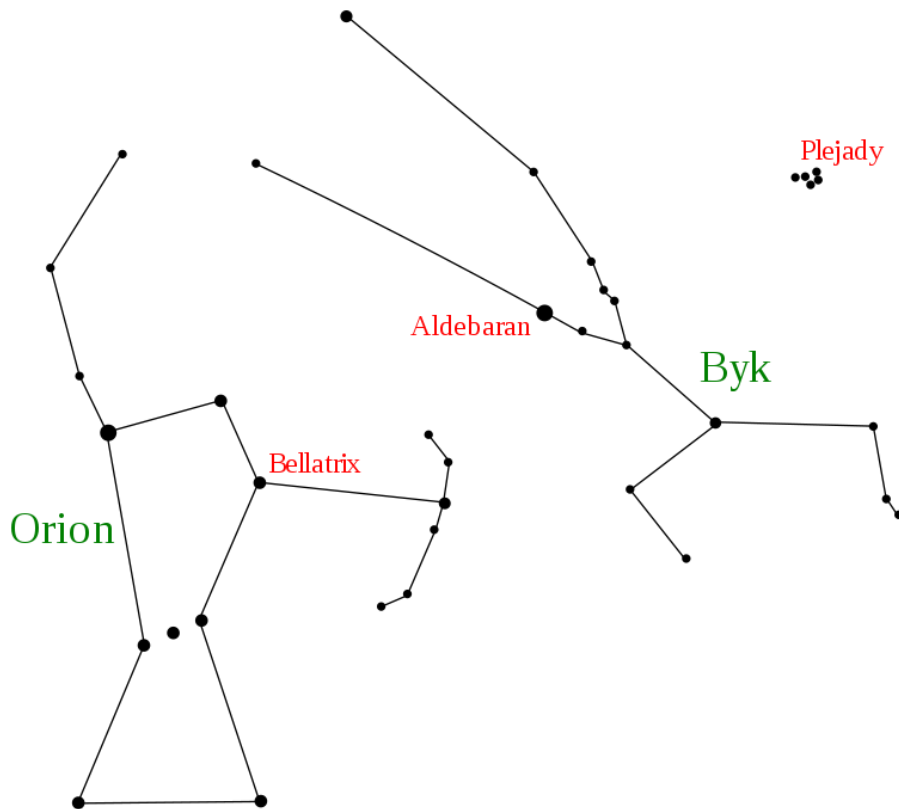
Nazwa gwiazdy	Deklinacja	Rektascensja
Elektra	+24°09'36"	03 ^h 45 ^m 47 ^s
Atlas	+24°05'55"	03 ^h 50 ^m 04 ^s

² gromada otwarta to grupa luźno związanych grawitacyjnie gwiazd, która powstała z jednego obłoku

³ rok świetlny to odległość, jaką pokonuje światło w ciągu jednego roku, czyli 9 467 000 000 000 km

Oblicz odległość kątową pomiędzy Elektrą i Atlasem. Otrzymany wynik w radianach zamień na stopnie, korzystając z zależności: $2\pi \text{ rad} = 360^\circ$. Następnie wylicz odległość liniową pomiędzy tymi gwiazdami. Wynik podaj w km.

Znajdź Plejady na niebie. Znając rozmiar kątowny tej gromady oraz podany powyżej schemat mierzenia odległości na niebie, wyznacz w przybliżeniu odległość kątową pomiędzy Plejadami a najjaśniejszą gwiazdą gwiazdozbioru Byka – *Aldebaranem*. Dla łatwiejszej orientacji na niebie na poniższym rysunku przedstawiono wzajemne położenie gwiazdozbiorów Oriona i Byka oraz gromady Plejady.



Rysunek 5. Schemat przedstawiający gwiazdozbiory Oriona i Byka wraz z zaznaczonymi Plejadami. Źródło: Wikipedia.