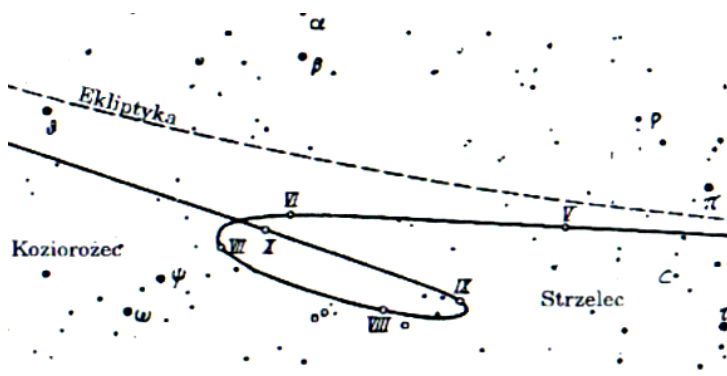


## 6. Elementy astronomii

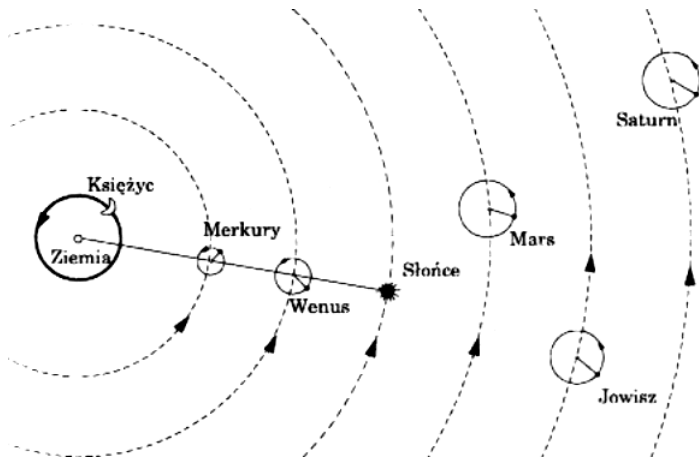
### 6.1. Rozwój poglądów na budowę Wszechświata

*Astronomia należy do najstarszych nauk przyrodniczych. Już w starożytnej Grecji filozofowie tworzyli pierwsze teorie budowy świata. Tales z Miletu, żyjący w latach ok. 620 – 540 p.n.e. sądził, że Ziemia jest spłaszczonym dyskiem pływającym po ogromnym oceanie a wokół niej krążą Księżyc, Słońce i planety.*

Jedną z najważniejszych teorii budowy świata stworzył Ptolemeusz, żyjący w latach 100 – 178 n.e. Jest ona nazywana teorią geocentryczną (z greckiego: *geos* znaczy Ziemia), gdyż według niej Ziemia znajduje się w centrum Wszechświata. Nieruchomą, kulistą Ziemię obiegają Słońce i Księżyc po okręgach nazywanych deferentami.



W starożytności znano już pięć planet, obserwując te planety z Ziemi, zauważono, że przesuwają się one na tle gwiazd, zakreślając charakterystyczne pętle. Rysunek obok przedstawia pętlę zakreślaną przez planetę Mars. Ekliptyka to płaszczyzna, na której leży orbita Ziemi.



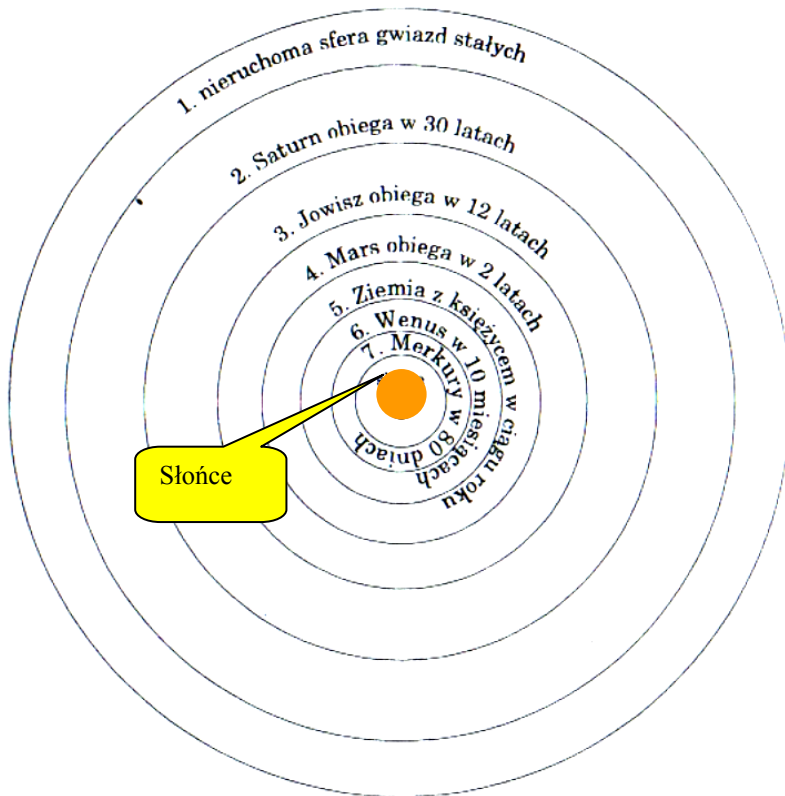
Aby wyjaśnić występowanie tych pętli Ptolemeusz przyjął, że planety krążą wokół Ziemi nie po deferentach, lecz po mniejszych okręgach nazywanych epicyklami, a dopiero epicykle wędrują wokół Ziemi po deferentach. Dobierając odpowiednio promienie deferentów i epicykli oraz okresy obiegu planet i epicykli można było dokładnie wykreślić tory planet, tak aby zgadzały się one z obserwacjami. Można było również przewidywać położenie planet w przyszłości.

25

Epokowym momentem w rozwoju poglądów na budowę Wszechświata było stworzenie przez Mikołaja Kopernika (1473 – 1543r.) teorii heliocentrycznej (z greckiego: *helios* znaczy Słońce). Według niej Słońce jest centralnym ciałem układu planetarnego, natomiast Ziemia i inne planety obiegają Słońce po okręgach. Pozorny ruch dzienny Słońca na niebie wynika z ruchu obrotowego Ziemi wokół własnej osi. W ten sposób powstał bardzo prosty opis ruchu planet.

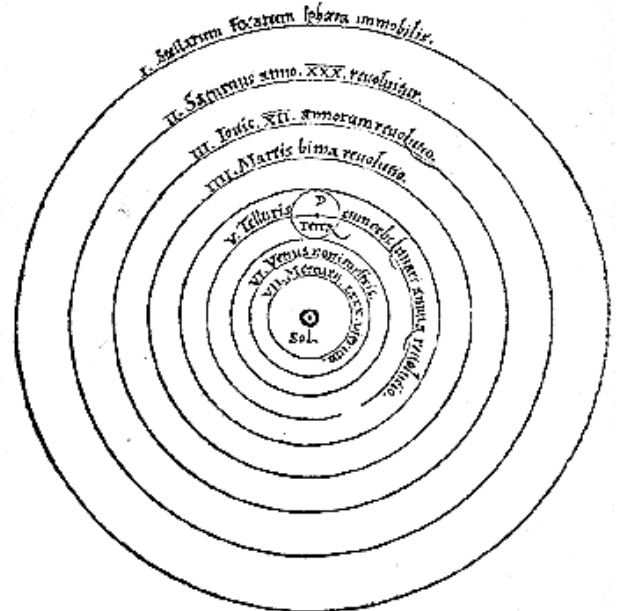
30





System heliocentryczny Kopernika

NICOLAI COPERNICI  
 net, in quo terram cum orbe lunari tanquam epicyclo contineri  
 diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur. Sextum  
 denique locum Mercurius tenet, octuaginta dierum spacio circu  
 currens. In medio uero omnium residet Sol. Quis enim in hoc



Rysunek z dzieła M. Kopernika „O obrotach sfer niebieskich”.

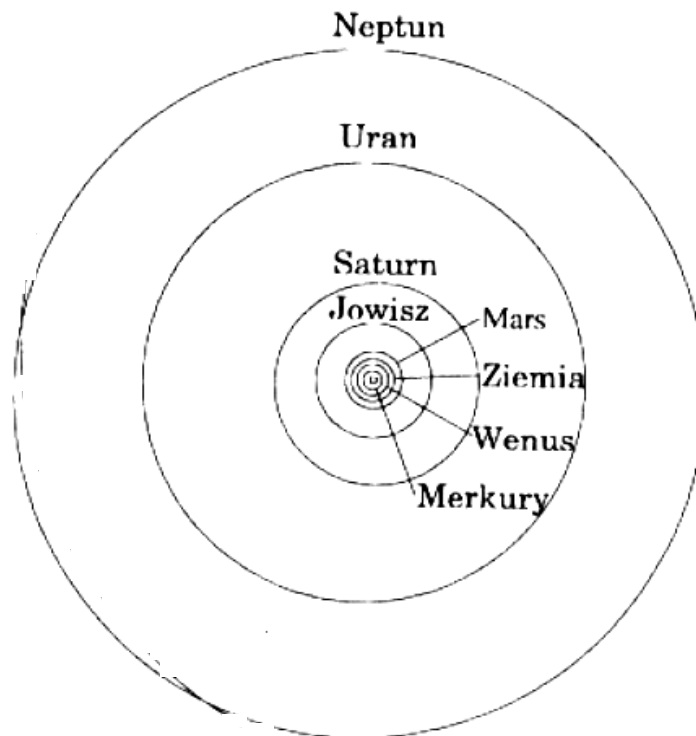
25

30

35

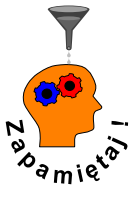
40

45



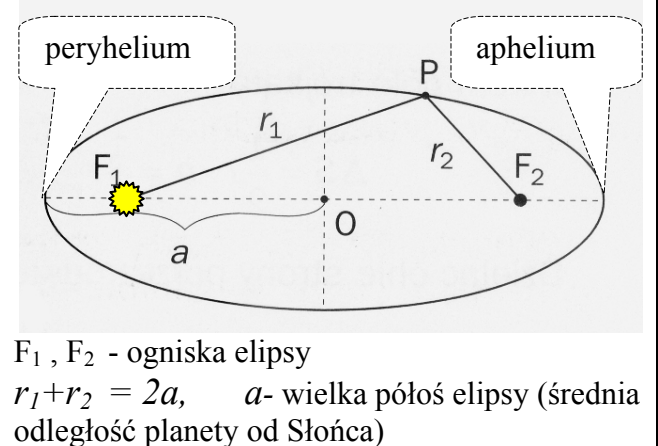
Współczesny rysunek przedstawiający nasz Układ Słoneczny

Teoria heliocentryczna Kopernika została potwierdzona przez bardzo staranne obserwacje i obliczenia przeprowadzone przez Keplera. Wyniki tych obserwacji zostały sformułowane w postaci trzech praw:



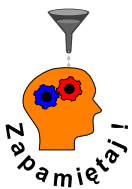
**I prawo Keplera:**  
**Planety krążą po elipsach, przy czym Słońce znajduje się w jednym z ognisk elipsy.**

(Orbity, po których poruszają się planety są bardzo zbliżone do okręgów. Kopernik stosując swe przyrządy nie mógł stwierdzić, że są to elipsy).

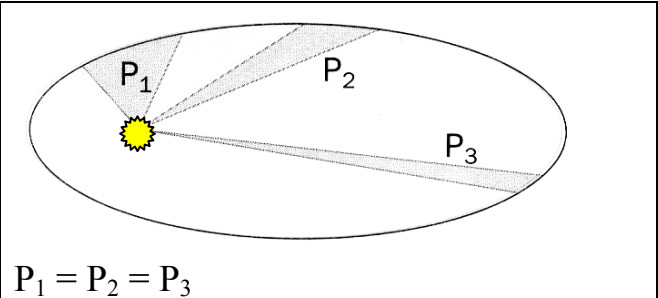


- 5 Punkt na elipsie znajdujący się najbliżej Słońca nosi nazwę punktu przysłonecznego lub perihelium, a znajdujący się najdalej od Słońca – punktu odsłonecznego lub aphelium.

Animacja: II prawo Keplera.



**II prawo Keplera:**  
**Promień wodzący planety zakreśla w równych odstępach czasu równe pola.**  
(Promień wodzący jest to odcinek łączący planetę ze Słońcem).



Z II prawa Keplera wynika, że planeta porusza się najszybciej w perihelium, a najwolniej w aphelium.



**III prawo Keplera:**  
**Kwadraty okresów obiegu planet wokół Słońca są wprost proporcjonalne do trzecich potęg ich średnich odległości od Słońca.**

$$\frac{T^2}{a^3} = const$$

lub:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$T$  – okres obiegu planety dookoła Słońca  
 $a$  – średnia odległość planety od Słońca (wielka półoś elipsy)

$T_1, T_2$  – okresy obiegu dwóch planet wokół Słońca  
 $a_1, a_2$  – średnie odległości tych planet od Słońca

III prawo Keplera umożliwia obliczenie średniej odległości od Słońca  $a_1$  dowolnej planety, gdy znamy jej okres obiegu  $T_1$  porównując jej ruch z ruchem Ziemi. Dla Ziemi znamy okres obiegu wokół Słońca:  $T_2 = 1$  rok i średnią odległość od Słońca:  $a_2 = 1\text{AU}$  (1AU – 1 jednostka astronomiczna,  $1\text{AU} = 1,496 \cdot 10^{11}\text{m}$ ).

15

## 6.2. Obiekty astronomiczne, ich rozmiary i odległości

Wszystkie obiekty znajdujące się poza Ziemią noszą nazwę ciał niebieskich. Należą do nich Słońce i inne gwiazdy, Księżyc obiegający Ziemię, planety i ich księżyce, galaktyki ... . Ciała niebieskie znajdują się w bardzo dużych odległościach od Ziemi, stąd podawanie ich w metrach wymagałoby stosowania bardzo dużych liczb. Dlatego w astronomii używa się znacznie większych jednostek.

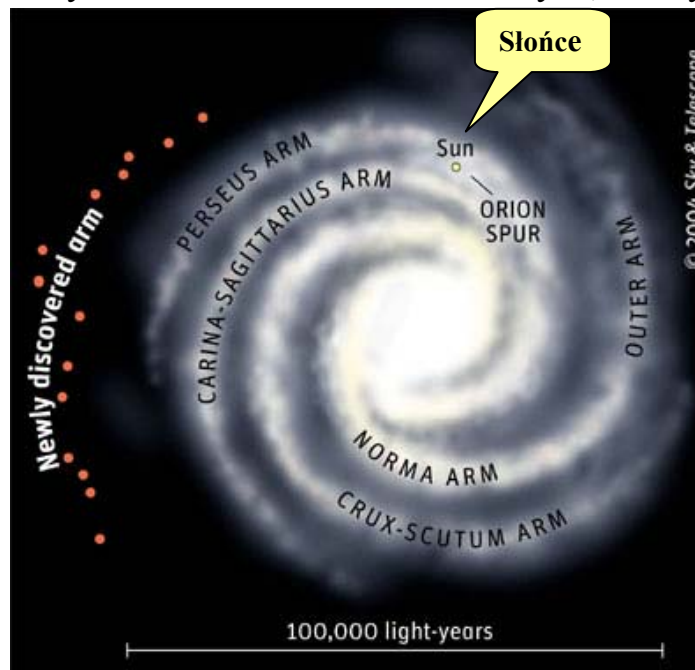
### Jednostki stosowane w astronomii:

- jednostka astronomiczna [1AU] (z angielskiego *astronomical unit*) jest równa średniej odległości między Ziemią i Słońcem i wynosi:  $1\text{AU} = 1,49 \cdot 10^{11}\text{m} = 1,49 \cdot 10^8\text{km}$ ,
- jeden rok świetlny jest to odległość jaką w ciągu jednego roku przebywa światło biegnące z prędkością  $300\,000\text{km/s}$  i wynosi:  $9,46 \cdot 10^{15}\text{m} = 9,46 \cdot 10^{12}\text{km}$ ,
- jeden parsek [1ps] jest to odległość, z której promień orbity Ziemi jest widoczny pod kątem jednej sekundy łuku i wynosi:  $1\text{ps} = 3,09 \cdot 10^{16}\text{m} = 3,09 \cdot 10^{13}\text{km}$ .

### Obiekty astronomiczne:

- galaktyki to ogromne układy gwiazd i materii międzygwiazdowej tworzące w pustce kosmosu „wyspy” materii.

Nasza Galaktyka, do której należy Słońce, zawiera ponad 100 miliardów gwiazd, jej średnica wynosi około 100 000 lat świetlnych, należy do galaktyk spiralnych:



Drogę równą średnicy Galaktyki światło przebywa w czasie 100 000 lat, współczesne rakiety na przebyciu tej drogi potrzebowałyby 14 miliardów lat! Słońce znajduje się w odległości około 30 tysięcy lat świetlnych od centrum Galaktyki.

Ślad „krawędzi” dysku Galaktyki można zobaczyć na niebie w postaci pasa największego zagęszczenia gwiazd, który nazywany jest Drogą Mleczną.

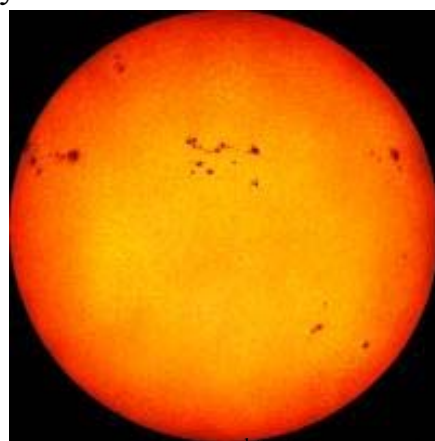


W najbliższym sąsiedztwie naszej Galaktyki znajdują się dwie niewielkie galaktyki: Wielki Obłok Magellana – w odległości ok. 56 000 lat świetlnych i Mały Obłok Magellana – w odległości ok. 185 000 lat świetlnych,

- 5      ■ gwiazdy to olbrzymie kule gazowe, które świecą dzięki procesom termojądrowym zachodzącym w ich wnętrzach, gdzie temperatury sięgają wielu milionów kelwinów. Przy idealnych warunkach obserwacyjnych na nocnym niebie można gołym okiem dostrzec około 3000 gwiazd. Dla nas najważniejszą gwiazdą jest Słońce – dzięki światłu, jakie ono wysyła jest możliwe życie na Ziemi.
- 10      Średnica Słońca jest ponad 100 razy większa od średnicy Ziemi.

**Słońce to наша najbliższa gwiazda.**

*Odległość Słońca od Ziemi jest równa jednostce astronomicznej (zgodnie z definicją tej jednostki). Światło przebywa tę odległość w ciągu 8 minut i 19 sekund.*



<http://aak.astronet.pl>

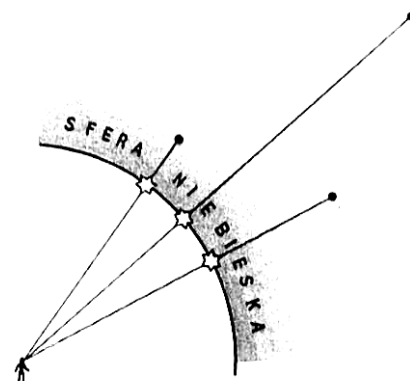
**Nigdy nie należy patrzeć bezpośrednio na Słońce. Może to spowodować trwałe uszkodzenie wzroku lub nawet ślepotę!**

Słońce, planety wraz z ich księżycami oraz drobniejsze ciała niebieskie tworzą Układ Słoneczny.

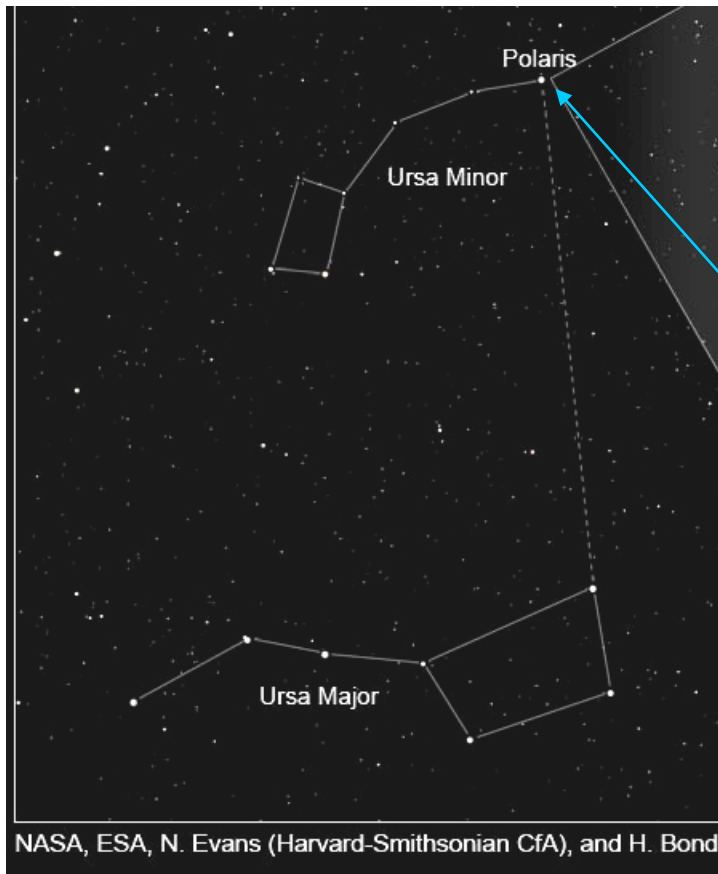
Kolejną najbliższą (po Słońcu) gwiazdą jest Proxima Centauri, znajdująca się w odległości ponad 4 lata świetlne od Ziemi. Światło tej gwiazdy docierające do oka obserwatora zostało wysłane ponad 4 lata wcześniej.

*Obserwowane są gwiazdy znajdujące się nawet w odległości kilkunastu miliardów lat świetlnych, wówczas obserwator widzi gwiazdę w stanie sprzed kilkunastu miliardów lat, a więc wtedy gdy nie istniała jeszcze Ziemia i Słońce!*

Patrząc na niebo wydaje się nam, że wszystkie ciała niebieskie znajdują się od nas w takiej samej odległości, tak jakby znajdowały się na powierzchni przezroczystej, otaczającej nas kuli, którą nazywano sferą niebieską. Jest to oczywiście złudzenie, obserwując świecące punkty na niebie nie zdajemy sobie sprawy z ogromnych różnic w odległościach tych obiektów od Ziemi.



Dla lepszej orientacji najjaśniejsze gwiazdy leżące blisko siebie na sferze niebieskiej połączono umownie w grupy zwane gwiazdozbiorami lub konstelacjami. W skład jednego gwiazdozbioru mogą wchodzić gwiazdy znajdujące się bardzo daleko od siebie w przestrzeni. Współcześni astronomowie wyróżniają 88 gwiazdozbiorów.

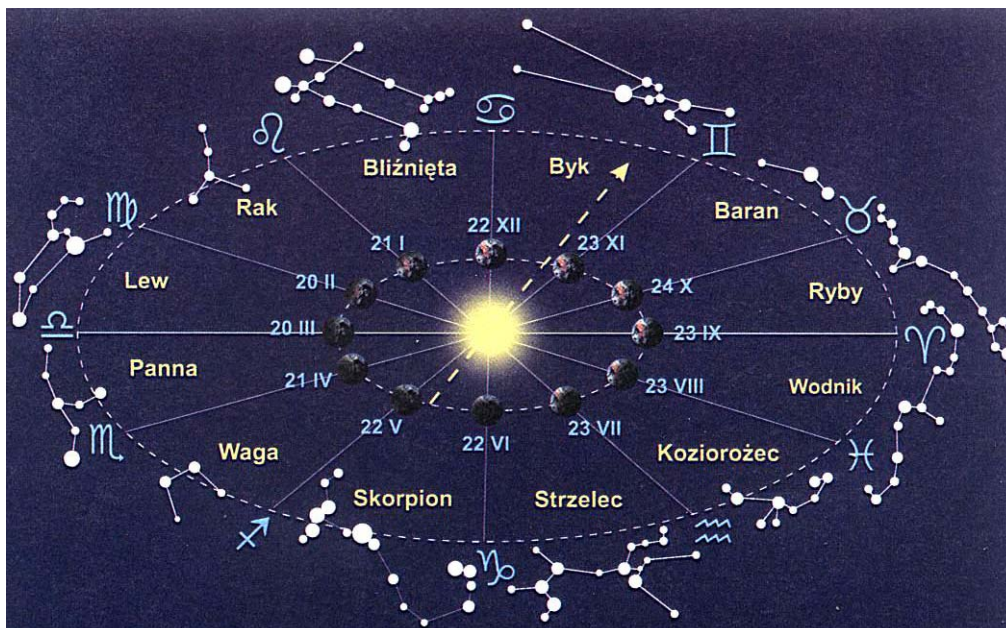


Do najbardziej znanych na naszej półkuli należą gwiazdozbiór Wielkiej Niedźwiedzicy (Duży Wóz) i Małej Niedźwiedzicy (Mały Wóz).

Odszukaj na niebie Mały Wóz, ostatnia gwiazda w jego „dyszlu” to Gwiazda Polarna. Dzięki temu, że nie zmienia ona swego położenia na niebie od tysięcy lat stanowi znakomity punkt orientacyjny, dokładnie wyznaczający kierunek północny.

NASA, ESA, N. Evans (Harvard-Smithsonian CfA), and H. Bond

25 Znaki Zodiaku, z którymi spotykasz się czytając horoskopy to również nazwy gwiazdozbiorów. Są to gwiazdozbiory na tle których przesuwają się w ciągu roku Słońce obserwowane z Ziemi. Jaki jest Twój znak Zodiaku?



Rys. z : K. Chyla – *Fizyka dla kl. 1 gimnazjum*, wyd. DEBIT

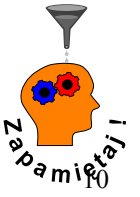
- planety są to kuliste ciała niebieskie obiegające gwiazdę, przy czym sąsiedztwo ich orbit jest wolne od innych obiektów.

45



**Powyższą definicję planety przyjęła 24 sierpnia 2006r. Międzynarodowa Unia Astronomiczna. Zgodnie z tą definicją Pluton nie jest już zaliczany do planet! Zalicza się go obecnie do tzw. planet karłowatych.**

- 5 Planety najbliższe Ziemi można zobaczyć gołym okiem jako jasne punkty na nocnym niebie. Planety nie świecą własnym światłem, lecz odbitym od ich powierzchni światłem słonecznym.



**Wokół Słońca krąży 8 planet: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran i Neptun.**



<http://aik.magazyn.pl>

Ze względu na budowę planety można podzielić na dwie grupy:

- planety typu ziemskiego - to grupa małych skalnych planet, do której należą Merkury, Wenus, Ziemia, i Mars,
- planety olbrzymy – to planety o dużych rozmiarach i masach, ale o małych gęstościach, są to Jowisz, Saturn, Uran i Neptun.

Największa planeta Jowisz ma średnicę prawie 11 razy większą niż Ziemia, ale i tak jest około 10 razy mniejsza od Słońca.

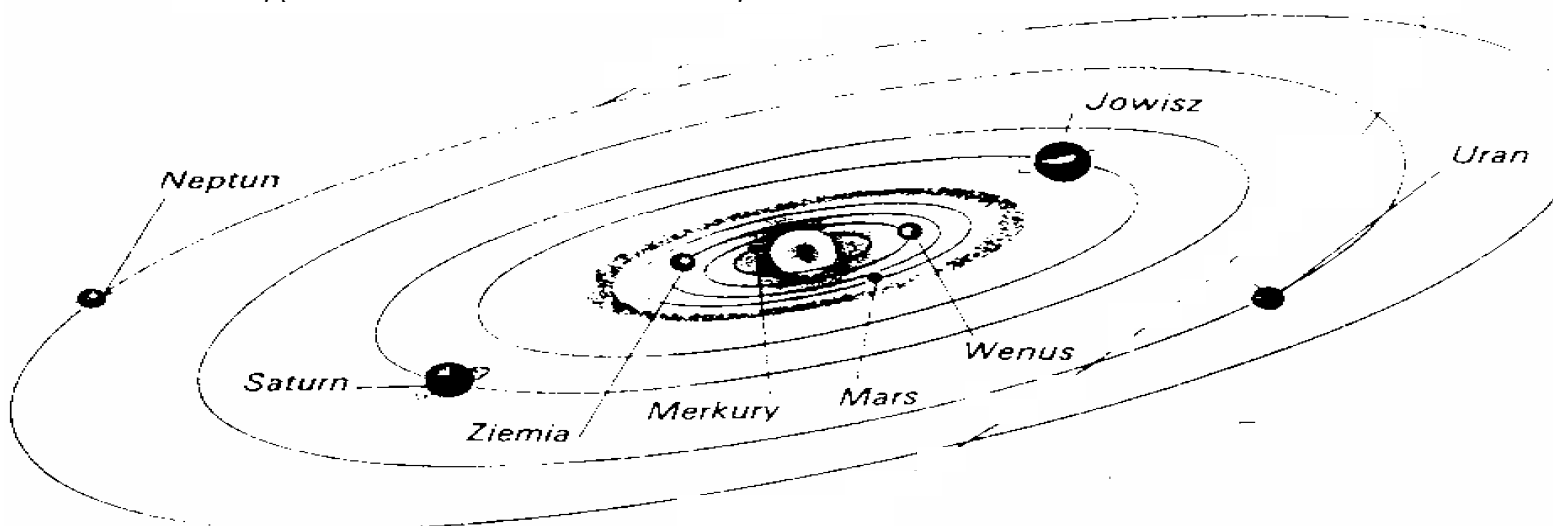
Zdjęcie Ziemi wykonane z pokładu Apollo 17



<http://br.gazeta.pl/m/9/3535/m353546918.jpg>

Porównanie rozmiarów Słońca i planet

Planety krążą wokół Słońca po orbitach w kształcie elipsy. Orbity te są w niewielkim stopniu spłaszczone, więc w przybliżeniu można je traktować jak okręgi. Wszystkie planety poruszają się po swych orbitach w tę samą stronę wirując równocześnie wokół własnej osi.





*We Wszechświecie są miliony gwiazd podobnych do Słońca, wiele z nich ma swoje planety, jest więc prawdopodobne, że tak jak na Ziemi, na niektórych z nich istnieją jakieś formy życia.*

- 5
- księżycy to ciała niebieskie obiegające planetę. Ziemia ma tylko jeden Księżyc ale np. Jowisz ma ich 17 a Saturn ponad 20. Tylko Merkury i Wenus nie mają księżyców. Księżyc nie świeci własnym światłem, lecz światłem pochodzącym od Słońca, które odbija się od jego powierzchni,

10

Nasz Księżyc obiega Ziemię w ciągu 27,322 dni w średniej odległości 384000km. Równocześnie wiruje on wokół własnej osi, przy czym okres ruchu wirowego jest taki sam jak okres ruchu obiegowego wokół Ziemi. W wyniku tego:

*Księżyc jest zwrócony w stronę Ziemi ciągle tą samą stroną. Pierwsze zdjęcia drugiej, ciemnej strony Księżyca uzyskano dopiero w 1959 roku z sondy kosmicznej Łuna 3.*

*Masa Księżyca jest 81 razy mniejsza od masy Ziemi, dlatego ciała spadają na jego powierzchnię z przyspieszeniem 6 razy mniejszym niż na Ziemi, a ciężar ciała, po przeniesieniu na Księżyc też jest 6 razy mniejszy.*



<http://aik.magazyn.pl>

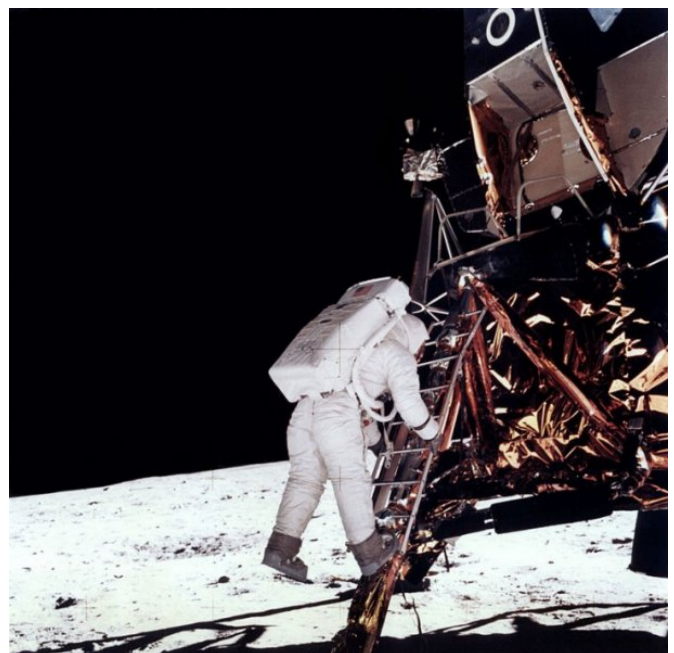


20

*Księżyc jest pierwszym i jak dotąd jedynym ciałem niebieskim, na którym wylądowali ludzie. 20 lipca 1969 roku Neil Armstrong wyszedł z lądowika Apollo 11 i jako pierwszy człowiek postawił stopę na powierzchni Księżyca.*



Neil Armstrong - pierwszy człowiek na Księżycu (fot. NASA)  
<http://astronomia.gery.pl>

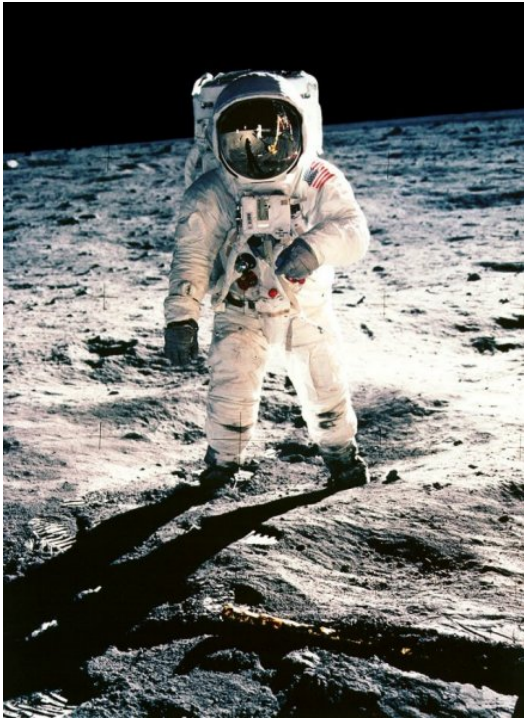


Drugi człowiek staje na Księżycu. Jest nim Edwin Aldrin. To zdjęcie wykonał Neil Armstrong.

Źródło: NASA/Spaceflight

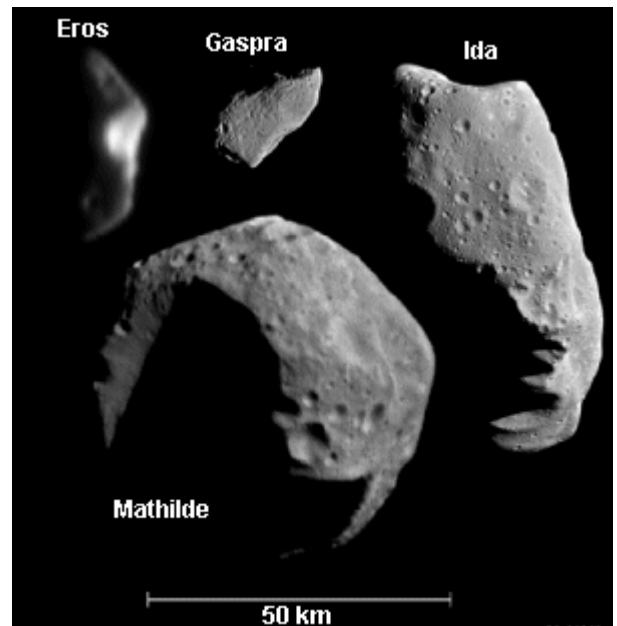
45





Edwin Aldrin na Księżycu, 20 lipca 1969  
<http://pl.wikipedia.org>

Na zdjęciu obok drugi człowiek na Księżycu (Edwin Aldrin stoi obok lądowiska księżycowego). W ramach amerykańskiego programu kosmicznego Apollo, między lipcem 1969r. i grudniem 1972r. astronauta sześciokrotnie wylądowali na Księżycu.



<http://aik.magazyn.pl>

20

▪ planetoidy (asteroidy) są to ciała niebieskie, o średnicy mniejszej niż 1000km i większej niż 1km (ciała o średnicy mniejszej niż 1km zaliczamy do meteorów), krążące wokół Słońca, głównie między orbitami Marsa i Jowisza. Ich liczba przekracza 7000.

25

▪ komety są nieregularnymi bryłami materii, składającymi się ze skalnego rdzenia, pyłu kosmicznego oraz zestalonych gazów. Gdy kometa zbliża się do Słońca, jego ciepło powoduje uwolnienie gazów, które wraz z pyłem kosmicznym tworzą jasną głowę oraz wychodzącą z niej jasną smugę, nazywaną warkoczem. Niezwykły wygląd komet już od najdawniejszych czasów wywoływał u ludzi zabobonny strach, widziano w nich zapowiedź zbliżających się nieszczęść.

35

40 Komety poruszają się najczęściej po bardzo wydłużonych elipsach – pojawiają się wówczas w pobliżu Ziemi w równych odstępach czasu.

45



Kometa Hale-Bopp widziana z Chorwacji 29 marca 1997r. <http://pl.wikipedia.org>

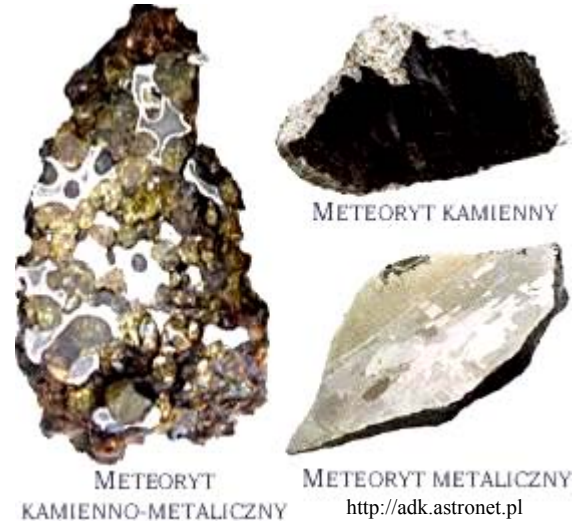


Najstłynniejszą kometa jest kometa Halleya, która powraca co 76 lat. Jest ona na tyle duża, że może być obserwowana gołym okiem. Ponownie pojawi się w pobliżu Ziemi pod koniec stycznia 2062 roku.

Są też komety poruszające się po torach parabolicznych lub hiperbolicznych – pojawiają się one tylko raz w pobliżu Ziemi,

- meteory to „spadające gwiazdy”, które czasami możemy dostrzec na niebie. Pojawiają się najczęściej w połowie sierpnia. Wymawiając życzenia, często nie zdajemy sobie sprawy, że to co ma spełnić nasze prośby, to mały okruch materii docierający z kosmosu, o rozmiarach nie większych niż kilka centymetrów. Wchodząc z bardzo dużą prędkością do atmosfery rozgrzewa się, wskutek tarcia, do wysokiej temperatury i świeci, po upływie kilku sekund ulega najczęściej spaleni.

Największe meteory nie spalają się całkowicie i docierają do powierzchni Ziemi. Takie obtopione i opalone resztki meteorów są nazywane meteorytami, można je czasami znaleźć na polach. Duże zbiory meteorytów można oglądać w muzeum geologicznym.



Okolo 25 tys. lat temu meteoryt ważący ponad 1 milion ton spadł w Arizonie, tworząc krater o średnicy 1200 metrów.

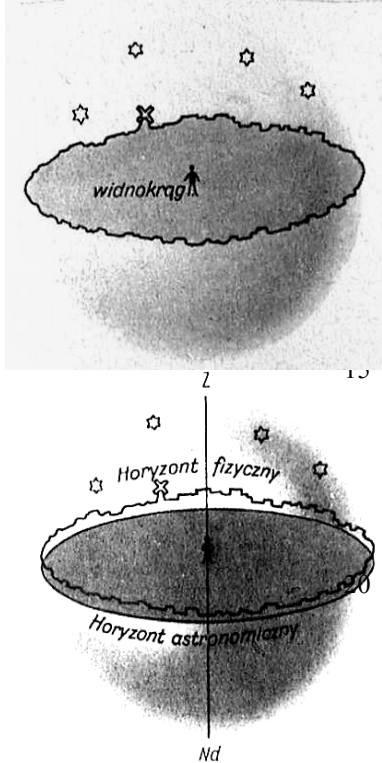
Naukowcy twierdzą, że zderzenie wielkiego meteorytu z Ziemią około 65 milionów lat temu mogło spowodować zagładę dinozaurów.

## 6.3. Obserwacje astronomiczne

Wiele obserwacji astronomicznych możesz przeprowadzić samodzielnie, gołym okiem, bez stosowania specjalnych przyrządów.

### 5 Najważniejsze fakty obserwacyjne znane są już od najdawniejszych czasów:

#### ▪ Ruch Słońca na niebie



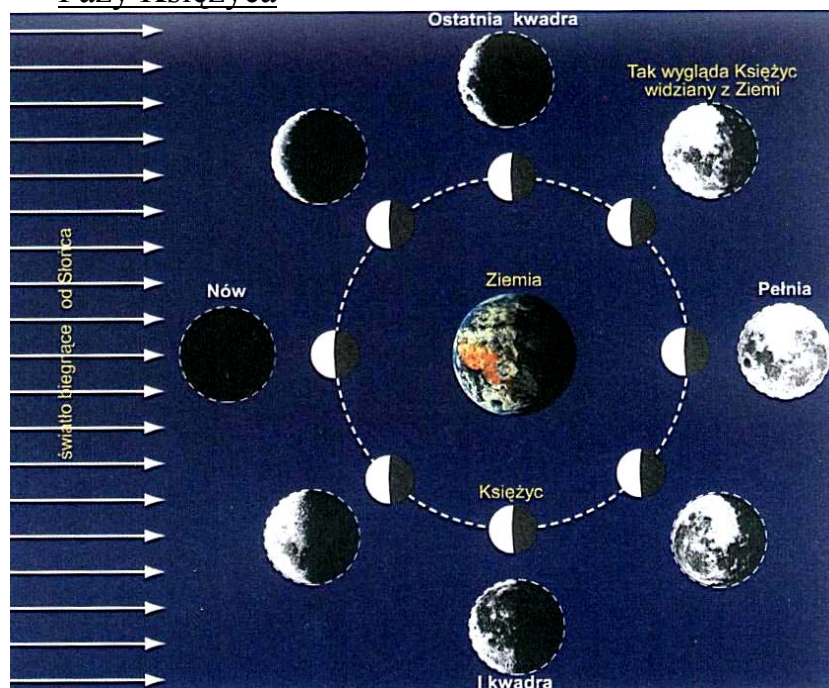
Obserwowany ruch Słońca składa się z dwóch ruchów: dziennego i rocznego.

Ruch dzienny Słońca jest wynikiem ruchu obrotowego Ziemi wokół własnej osi. W godzinach rannych Słońce wschodzi po wschodniej stronie horyzontu, około godziny 12 jest najwyżej na niebie – mówimy, że góruje lub, że jest w zenicie i wieczorem zachodzi. Horyzont jest to linia graniczna pomiędzy widocznym obszarem powierzchni Ziemi (nazywanym widnokregiem) a niebem, zenit Z to najwyższy punkt na niebie nad nami.

Roczny ruch Słońca jest związany z tym, że Ziemia porusza się po swej orbicie dokonując jednego obiegu w ciągu jednego roku. Zmiany położenia Słońca w ciągu roku najłatwiej zauważyć jako czynnik zmieniający nieco dzienny ruch Słońca.

25 Latem Słońce góruje wysoko, o godzinie 12 jest wysoko nad horyzontem, cienie rzucane przez przedmioty są krótkie. Zimą góruje niżej, cienie rzucane przez przedmioty są długie. Zmieniają także swoje położenie punkty na horyzoncie, gdzie każdego dnia wschodzi i zachodzi Słońce.

#### ▪ Fazy Księżyca

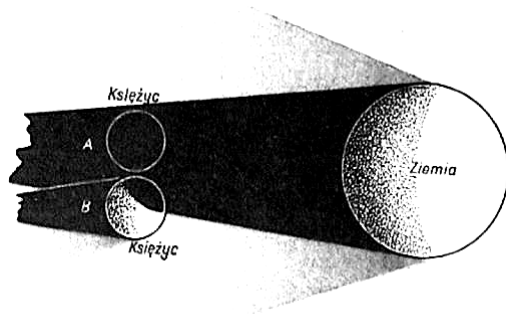


Księżyc zmienia regularnie swój wygląd co około 29 doby. W wyniku ruchu Księżyca wokół Ziemi obserwujemy różne jego fazy (kształty), które zależą od tego, jaka część oświetlonej tarczy Księżyca jest widoczna z Ziemi.

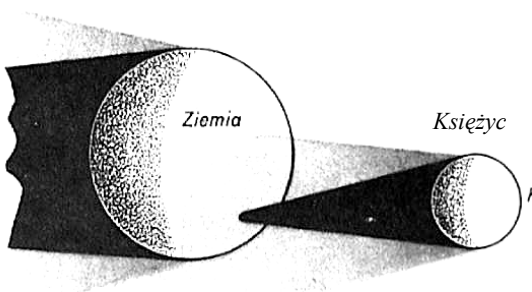
30

Początkowo Księżyc widzimy jako wąski sierp przypominający literę D ( jak „dopełniać”). Sierp Księżyca z każdym dniem zwiększa swoją grubość (dopełnia się, idzie do pełni), aż po tygodniu widzimy prawą połowę tarczy Księżyca. Faza ta jest nazywana pierwszą kwadrą. W kolejnych dniach widoczna jest coraz większa część jego tarczy, aż wreszcie widać całą tarczę – Księżyc jest w pełni. Podczas następných nocy tworzy się szeroki sierp w kształcie litery C (jak „cofać”), obserwujemy zmniejszanie się widocznej części tarczy (obraz „cofa się”, widoczna część jest coraz mniejsza), aż widzimy tylko lewą połowę tarczy Księżyca – faza ta jest nazywana ostatnią kwadrą. Jasny obraz „cofa się” dalej, widoczny sierp jest coraz węższy, aż zupełnie znika, mówimy wówczas, że Księżyc jest w nowiu.

### ▪ Zaćmienia Słońca i Księżyca



Zaćmienia Księżyca zachodzą, gdy Ziemia znajdzie się między Księżycem w pełni a Słońcem, rzucając cień na powierzchnię Księżyca. Przez kilkadziesiąt minut jego powierzchnia staje się ciemna – następuje zaćmienie całkowite. Jeśli tylko część Księżyca przesunie się przez stożek cienia rzucanego przez Ziemię, następuje zaćmienie częściowe. Zaćmienie Księżyca widoczne jest z każdego miejsca na półkuli ziemskiej zwróconej ku Księżycowi.



Zaćmienia Słońca następują, gdy Księżyc zasłania światło Słońca, rzucając na powierzchnię Ziemi cień. Dla obserwatora znajdującego się w obrębie cienia Słońce staje się przez kilka minut w ogóle niewidoczne, w ciągu dnia robi się ciemno, jak w nocy – następuje całkowite zaćmienie Słońca. W sąsiednich miejscach tylko część tarczy Słońca staje się niewidoczna – następuje tam zaćmienie częściowe.

Z określonego miejsca Ziemi częściej można obserwować Zaćmienia Księżyca niż Słońca, zwłaszcza całkowite zaćmienia Słońca są w danym miejscu dużą rzadkością.

*Ostatnie całkowite zaćmienie Słońca w Polsce było widoczne 30 czerwca 1954r. , a następne zajdzie dopiero 14 kwietnia 2200 roku.*



Zaćmienie Słońca



- Obserwacje nocnego nieba

5 Obserwując gwiazdy na niebie zauważysz, że zmieniają one swoje położenie tak jakby cała sfera niebieska wykonywała powolny obrót wokół osi przechodzącej tuż obok Gwiazdy Polarnej. W miarę upływu godzin jedne gwiazdy znikają za horyzontem, a równocześnie pojawiają się nowe. Tylko Gwiazda Polarna nie zmienia swego położenia pozostając ciągle w tym samym miejscu na niebie, dokładnie w kierunku północnym. Nie zmieniają się jednak wzajemne odległości między gwiazdami, gwiazdozbiory zachowują swe kształty. Warto też zwrócić  
10 uwagę, że w różnych porach roku na niebie są widoczne różne gwiazdozbiory.

Wnikliwy obserwator zauważy, że wśród gwiazd zachowujących stałe wzajemne położenie jest kilka jasnych obiektów przemieszczających się na sferze niebieskiej i zakreślających charakterystyczne pętle – są to planety. Najlepiej widoczną planetą jest Wenus, którą można zobaczyć jako tzw. Gwiazdę Poranną (Jutrzenkę) przed wschodem Słońca lub w innych miesiącach jako tzw. Gwiazdę Wieczorną po zachodzie Słońca. Przez lornetkę można dostrzec również Marsa, Jowisza i Saturna w postaci jasnych tarczek (gwiazdy obserwowane przez lornetkę, a nawet przez najlepsze lunety są widoczne jako punkty).  
15

Od czasu do czasu pojawiają się na niebie obiekty z jasną smugą – są to  
20 komety. Najjaśniejszą z zaobserwowanych dotychczas była kometa z roku 1882, której blask był większy niż Księżycy w pełni, tak, że widać ją było nawet w ciągu dnia.

Czasami widać na niebie „spadające gwiazdy” – są to meteory. Szczególnie imponująco wygląda jednoczesne pojawienie się wielu meteorów, tzw. deszcz meteorów.  
25

Uważnie obserwując niebo można dostrzec wolno przesuwane jasne punkty – są to sztuczne satelity. Spośród nich najlepiej widoczna będzie międzynarodowa stacja kosmiczna, która jest właśnie budowana na orbicie.  
30

