

W ruchu dookoła Słońca Ziemia ustawia się „bokiem” w stosunku do Słońca w marcu (20-go) i wrześniu (22-go): w tych dniach promienie słoneczne padają (w południe) prostopadle na równik. W czerwcu Ziemia nagrzewa swoją północną czapę polarną – dzień na szerokościach geograficznych powyżej  $66^{\circ}33'N (=90^{\circ}-23^{\circ}27')$  trwa pół roku.

Moment, w którym Słońce osiąga (w południa) najwyższą możliwą pozycję na horyzoncie nazywamy przesileniem letnim (łac. *solstitium*). W tym stuleciu, na półkuli północnej jest to 21 czerwca. W końcu czerwca w St. Petersburgu, w Norwegii i Islandii można przeżywać „białe noce” a znaczne różnice w długości dnia obserwujemy nawet w Polsce. W Jastarni słońce wschodzi o 4:08 (polskiego czasu astronomicznego) a w Cieszynie o 4:37. Dzień nad morzem w lecie jest nawet o godzinę dłuższy niż w Tatrach!

Dzień przesilenia letniego potrafiły, zapewne, wyznaczać nawet ludy prehistoryczne. Mogły do tego służyć megalityczne „menhiry” w Stonehenge w Anglii z III tysiąclecia p.n.e. A już Kopernik, za astronomami starożytnymi wiedział, że moment równonocy systematycznie przesuwa się o kilkanaście minut na rok. Powodem jest *trzeci* ruch Ziemi: **precesji** osi obrotu, jak stożki zataczane przez oś bąka, wyprowadzonego z równowagi. Ruch ten jest powolny – oś Ziemi zakreśla pełny stożek raz na 25,8 tys. lat. W czasach faraonów gwiazdą polarna był *Thuban* w konstelacji Smoka.

Pory roku nie występują na wszystkich planetach. Są one na Marsie, który ma podobne nachylenie osi do płaszczyzny swego obiegu dookoła Słońca,  $25^{\circ}32'$  (i podobną długość doby, 24,5 h). Pory roku nie występują na Wenus, dla której nachylenie osi wynosi tylko  $3^{\circ}$ . Wenus jest natomiast najgorętszą planetą Układu Słonecznego, ze średnią temperaturą około  $460^{\circ}C$ . Wynika to z gigantycznego efektu cieplarnianego, spowodowanego dużymi koncentracjami dwutlenku węgla, dwutlenku siarki i pary wodnej w atmosferze tej planety.

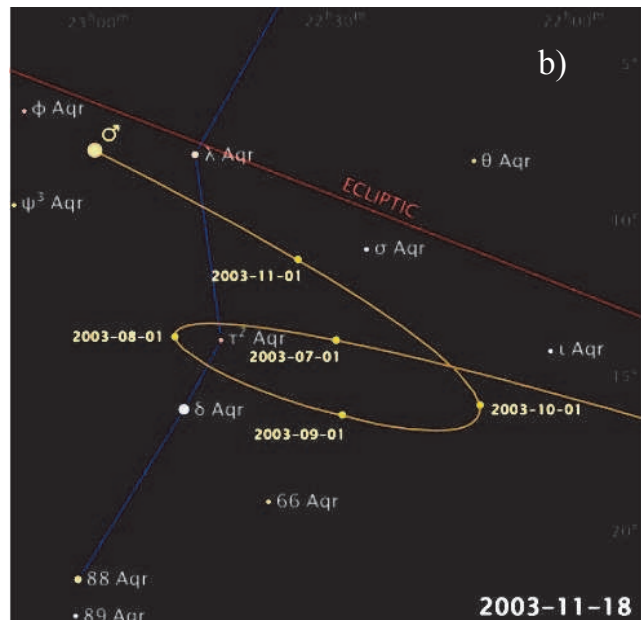
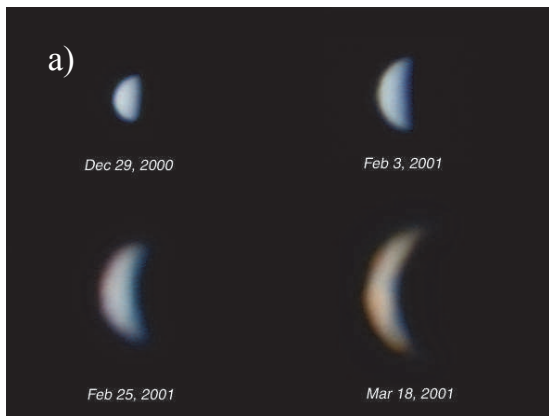
#### 4.6. Błądzące gwiazdy

Mianem błądzących gwiazd (planet) astronomowie starożytni określili kilka obiektów, które obserwowali w pasie zodiaku (czyli w płaszczyźnie ekliptyki), które podobnie jak Słońce przesuwały się w ciągu roku w lewo, ale od czasu do czasu „błądziły”.

Planety łatwo zidentyfikować na nocnym niebie: są one dość jasne (zależy to jednak od konkretnego okresu), poruszają się w płaszczyźnie ekliptyki i, w odróżnieniu od gwiazd, „nie migają”. Ta ostatnia cecha wynika z faktu, że gwiazdy są od nas bardzo daleko, więc wydają się punktami. Małe zaburzenia w ziemskiej atmosferze, gdzieś po drodze światła z kosmosu powodują, że światło raz dociera do naszego oka raz nie: gwiazdy do nas „mrują”. Planety są znacznie bliżej, widzimy je jako małe plamki już przez zwykłą lornetkę, więc świecą, dla nas Ziemian, światłem ciągłym.

Planety mają swoje barwy – Mars czerwony, Saturn jasnożółty. Planety wewnętrzne, Wenus i Merkury (zob. schemat Kopernika na ryc. 1.2) wykazują fazy jak Księżyc. Przez pewne okresy są oświetlone przez Słońce z boku i wyglądają jak sierp Księżyca. Szczególnie dobrze widoczne jest to dla Wenus, parę godzin przed wschodem lub pół roku później parę godzin po zachodzie słońca, fot. 4.14a.

Planety wewnętrzne wyraźnie „wędrują” w okolicach Słońca. Inaczej jest dla planet zewnętrznych, Marsa, Jowisza, Saturna, których ruch, widziany z Ziemi, jest specyficzny: planety te zakreślają na zodiaku pętle. Mars zatacza największą pętlę, raz na 2 lata, Saturn – najmniejszą, raz na lat 30. Otóż Ziemia, zgodnie z III prawem Keplera (zob. par. 1.7) porusza się po orbicie z większą prędkością kątową (a liniową również większą, równanie 1.14) i w pewnych okresach wyprzedza Marsa. Na tle gwiazd stałych wydaje się, jakoby Mars zawrócił, ryc. 4.14b. Prawdziwie błądząca gwiazda!



**Fot. 4.14.** Dwa dowody na prawdziwość teorii Kopernika: **(a)** fazy Wenus<sup>14</sup>, zaobserwowane po raz pierwszy przez Galileusza; **(b)** zapętłona (jeśli widziana z Ziemi) trajektoria Marsa na niebie<sup>15</sup>.

#### 4.7. Nasze najbliższe kosmiczne sąsiedztwo – Układ Słoneczny

W skali całego Kosmosu układ planetarny jest najmniejszym dostrzegalnym tworem, jest takim naszym „najbliższym podwórkiem”. Wszystkie obiekty wchodzące w skład Wszechświata, które nie należą do Układu Słonecznego, znajdują się w dużo większych odległościach od Ziemi.

Ruchami planet, komet, satelitów, asteroidów rządzi znane już przez Was prawo grawitacji. Nie jest to ruch „idealny”, o jakim marzyli starożytni astronomowie czy nawet początkowo Kepler. Powiedzieliśmy już, że planety poruszają się w płaszczyźnie ekliptyki, czyli toru Ziemi dookoła Słońca. Teraz musimy dodać: *prawie* w płaszczyźnie ekliptyki. Rozważaliśmy poprzednio orbity kołowe. Teraz musimy poprawić: *prawie* kołowe. Ale astronomiczne prawa Keplera, oparte na fizycznym prawie grawitacji pozostają *dokładnie* prawdziwe.

Poprawki do ruchu planet wynikają z wielu czynników. Oddziaływanie grawitacyjne nie dotyczy tylko par Ziemia – Księżyc i Słońce – Ziemia. Wszystkie ciała w kosmosie wzajemnie na siebie oddziałują grawitacyjnie. Poza tym, planety w Układzie Słonecznym poruszają się od kilku miliardów lat, i ich miejsce obecne jest skutkiem wszystkich oddziaływań przez ten okres. Stąd, im dokładniejsze maszyny cyfrowe, tym dokładniej przewidywać możemy przyszłe zjawiska astronomiczne.

Heliocentryczna teoria usunęła Ziemię z centrum Wszechświata nadając jej drugorzędną funkcję w Układzie Słonecznym. Kopernik pokazał, że w centrum Układu Słonecznego znajduje się Słońce, a wokół niego po kolistych orbitach krążą wszystkie planety. Poprawnie podał kolejność znanych wówczas planet oraz oszacował ich odległości. Kopernik wiele lat zwlekał z drukiem swojego dzieła. Przypuszczalnie, po 40 latach własnych obserwacji astronomicznych wiedział, że planety nie poruszają się po dokładnych kołach, ale nie potrafił tego udowodnić. Dziś wiemy, że planety poruszają się po *elipsach*, dla których w jednym z ognisk znajduje się Słońce. Orbita Ziemi jest niewiele spłaszczone – wzajemny stosunek dwóch osi elipsy wynosi 1,017 ale orbita Marsa już bardziej – stosunek osi wynosi 1,093<sup>16</sup>.

<sup>14</sup> T. Harrison, *Mercury, Venus and Mars*, New Mexico State University, <http://ganymede.nmsu.edu/tharriso/ast110/class08.html> (20/06/2012)

<sup>15</sup> Źródło: Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Apparent\\_retrograde\\_motion\\_of\\_Mars\\_in\\_2003.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Apparent_retrograde_motion_of_Mars_in_2003.gif)

<sup>16</sup> W konsekwencji aphelium i perihelium dla Marsa różnią się też znacznie (1,67 AU i 1,38 AU)