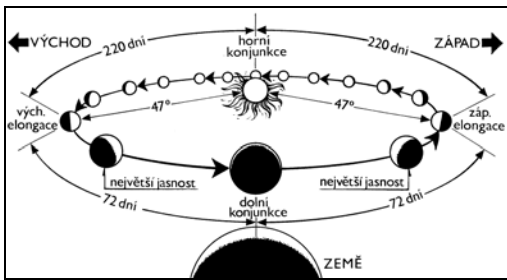


2. Vše je v pohybu

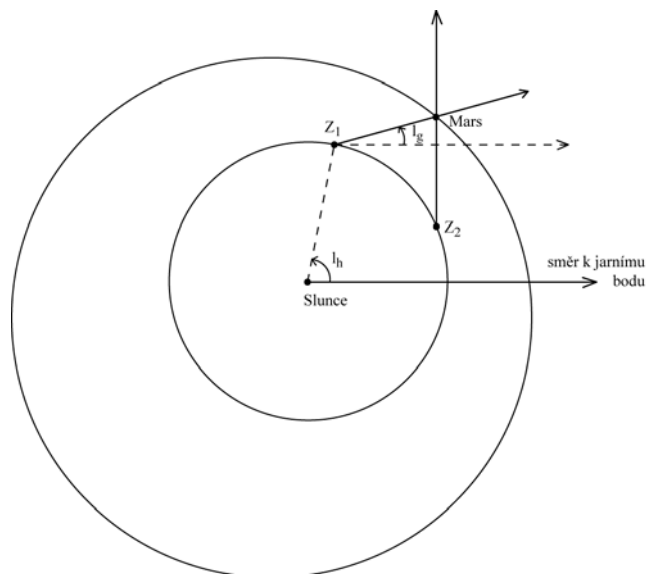


praktikum

Oběh Marsu kolem Slunce (podle Keplera)

V době Johannese Keplera nebylo ještě známo, jakou geometrickou podobu mají trajektorie planet (jsou to kružnice se středem ve Slunci či mimo něj?, ovály?, elipsy?). Teprve zásluhou Keplerovou se podařilo zjistit přesný stav věci. Kepler přitom využil velmi přesných pozorování poloh planety Mars, která nashromáždil dánský astronom Tycho Brahe. V tomto praktiku se pokusíme o krátkou rekonstrukci Keplerova postupu.

Kepler věděl, že Mars oběhne kolem Slunce (a dostane se tudíž do stejné polohy vůči hvězdám) za 687 dní¹⁾. Za tu dobu Země uskuteční téměř dva oběhy – přesněji jeden a 5/6 druhého. Budeme-li tedy pozorovat ze Země planetu Mars v určité poloze vůči hvězdám (na obr. 1 je poloha Země vyznačena Z_1), bude Mars za 687 dní vzhledem ke Slunci i vzdáleným hvězdám ve stejném místě, avšak Země v jiném (je označeno Z_2). Mars tedy uvidíme ze Země jiným směrem než byl před 687 dní. Z oněch dvou směrů, ve kterých máme možnost pozorovat Mars, když se evidentně nachází ve stejné pozici ve sluneční soustavě, můžeme jednoduchou triangulací zjistit jeho polohu – určíme tak jeden bod na jeho trajektorii kolem Slunce. Budeme-li mít podobných dvojic bodů více, lze krok za krokem určit celou trajektorii planety.



Obr. 1.

¹⁾ Vyřešíte-li správně příklad 2.4.5 v této kapitole, budete to vědět taky.

2. Vše je v pohybu

Jistě jste zaznamenali, že mlčky předpokládáme některé skutečnosti: zaprvé, případ posuzujeme ve vztažné soustavě spojené s „nehybným“ Sluncem (vůči vzdáleným hvězdám). Zadruhé: trajektorie obou planet leží ve stejné rovině (v rovině ekliptiky). Tento předpoklad zhruba platí – oběžné roviny jsou navzájem skloněny o necelé dva stupně.

Pracovní postup:

1. Do středu obr. č. 2 umístěte Slunce a vyznačte vodorovně doprava směr k jarnímu bodu (podobně je tomu u obr. 1). Zakreslete trajektorii Země jako kružnici o poloměru 50 mm (měřítko je tedy 1 AU = 50 mm).

2. V tabulce 1 jsou uvedeny dvojice poloh Země, které odpovídají téže poloze Marsu ve sluneční soustavě. Nalezneme je v Keplerově díle *Astronomia nova*. Uvedené hodnoty jsou založeny na Tychonových pozorováních, i když někdy Kepler polohu pro příslušné datum interpoloval, jestliže nebyla přímo k dispozici. Pomocí úhloměru zakreslete první polohu Země (k tomu slouží *heliocentrická délka Země* l_h ; počítá se v matematicky kladném směru od jarního bodu, viz obr. 1). K vyznačení směru, ve kterém ze Země vidíme Mars, slouží *geocentrická délka Marsu* l_g . I ta se počítá v matematicky kladném směru od jarního bodu ²⁾.

3. Dva směry ze Země k Marsu určují jeho polohu. Takto získáte pět poloh Marsu na jeho trajektorii. Už na první pohled je patrné, že vzdálenost Marsu od Slunce se během oběhu mění. První dvě polohy shodou okolností odpovídají situaci, kdy je planeta Slunci nejbližší a nejdále (přibližně).

4. Spojte polohy Marsu, kdy je ke Slunci nejbližší a nejdále, přímkou. Měla by též procházet Sluncem. Dobrou aproximací trajektorie Marsu bude v našem případě kružnice se středem ležícím na této přímce a průměrem rovným vzdálenosti prvních dvou poloh Marsu (v nejbližším a v nejvzdálenějším bodě trajektorie vzhledem ke Slunci).

Zakreslete do obr. 2 takovou kružnici. Její poloměr můžeme považovat za střední vzdálenost planety od Slunce. Uveďte ji v astronomických jednotkách!

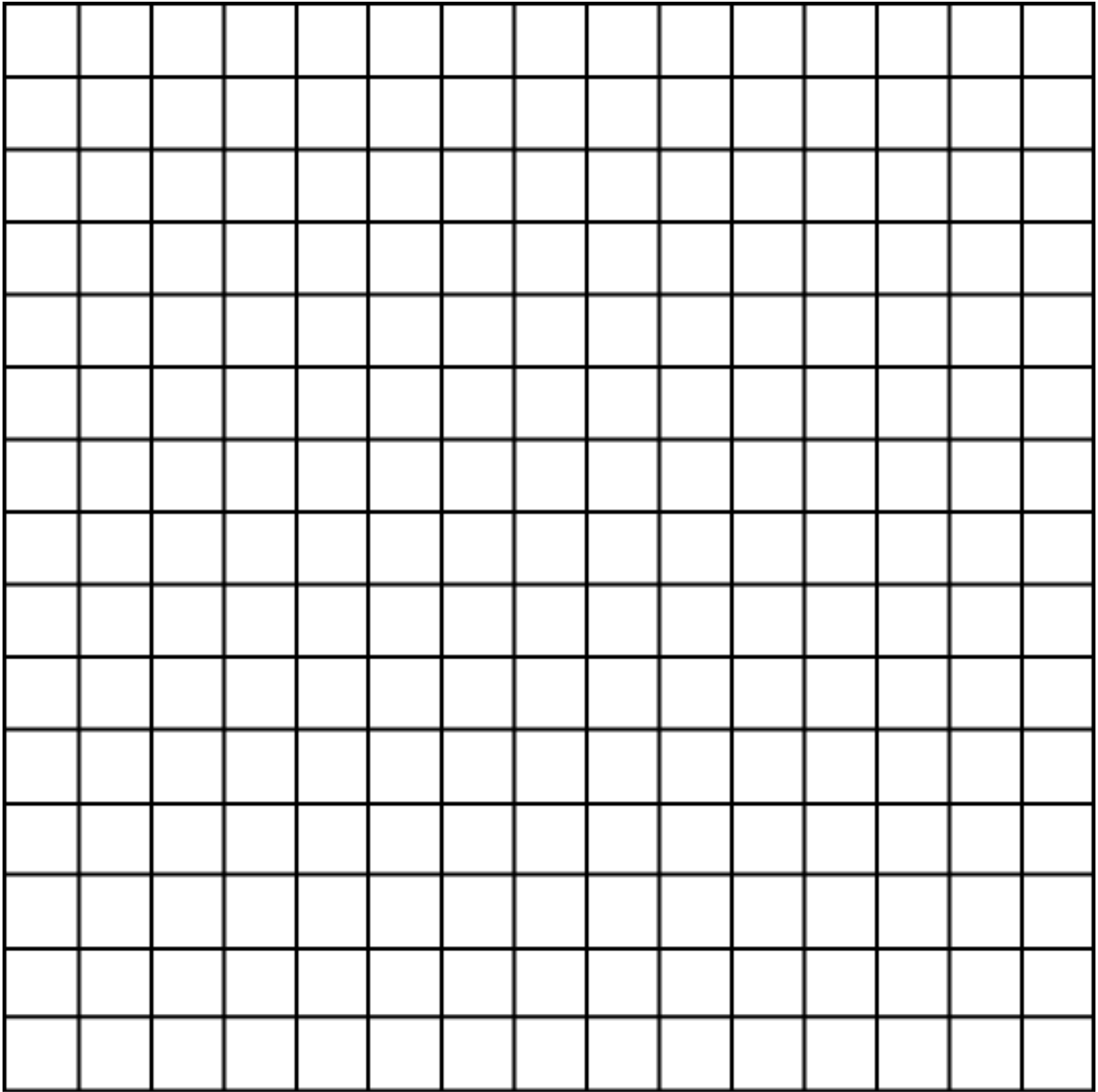
Vstupní data, výsledky:

Tabulka 1. Tychonova pozorování planety Mars.

Datum	Heliocentrická délka Země l_h	Geocentrická délka Marsu l_g
17. 2. 1585	159° 23'	135° 12'
5. 1. 1587	115° 21'	182° 08'
19. 9. 1591	5° 47'	284° 18'
6. 8. 1583	323° 26'	346° 56'
7. 12. 1593	85° 53'	3° 04'
25. 10. 1595	41° 42'	49° 42'
28. 3. 1587	196° 50'	168° 12'
12. 2. 1589	153° 42'	218° 48'
10. 3. 1585	179° 41'	131° 48'
26. 1. 1587	136° 06'	184° 42'

²⁾ Při vynášení tohoto úhlu dbejte na to, aby základna úhloměru opravdu byla *rovnoběžná* se směrem k jarnímu bodu.

2. Vše je v pohybu



Obr. 2.

Střední vzdálenost Marsu od Slunce činí _____ AU.

Praktikum bylo připraveno s použitím článku O. Gingeriche: *Laboratory Exercises in Astronomy – The Orbit of Mars* (Sky and Telescope, October 1983, 300–302).