

## 2. Vše je v pohybu

---



---

### praktikum

---

## Trajektorie planet

Nakreslíme si ve vhodném měřítku trajektorie Země, Venuše a Marsu a z nákresu odvodíme další údaje, které bychom jinak museli zjišťovat výpočty, např. vzájemné polohy a vzdálenosti těles v určitém okamžiku.

Trajektorie planet budeme určovat ve vztažné soustavě, kde Slunce je na místě a soustava nerotuje. Trajektorie planet, planetek a mnohých komet jsou v prvním přiblížení elipsy, v jejichž společném ohnisku leží Slunce. Tvar, rozměry, orientaci elips v prostoru a polohu tělesa plně určuje šest nezávislých veličin, tzv. *dráhových elementů*. Přímý výpočet polohy např. planety z dráhových elementů není sice složitý, nicméně pro některé astronomické úlohy je vhodnější řešení grafické, které si nyní předvedeme na případě trajektorií tří planet.

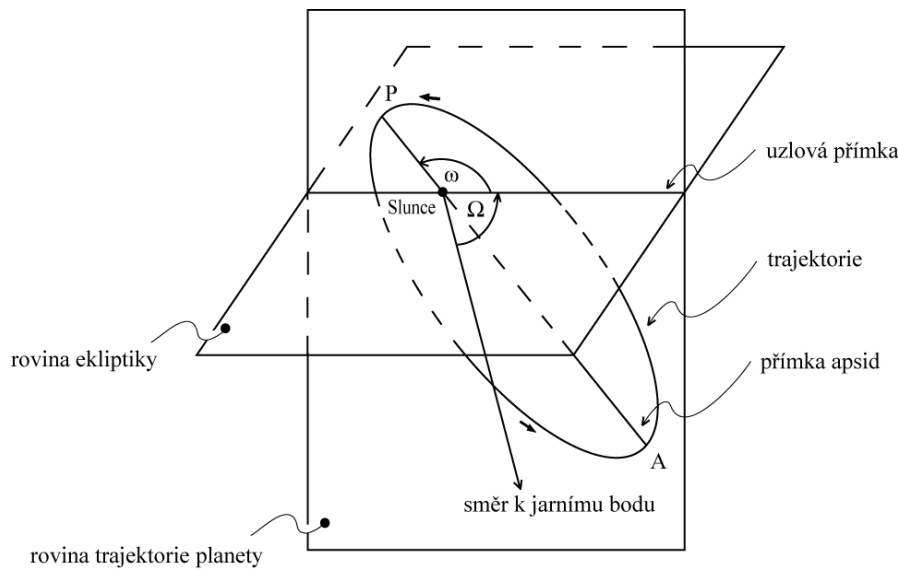
### Pracovní postup:

1. Roviny trajektorií planet, které budeme kreslit, jsou navzájem natolik málo skloněné, že všechny trajektorie kreslete v rovině ekliptiky. Do středu obr. 2 zakreslete Slunce. Jako polopřímku vyznačte směr k jarnímu bodu (pro jednoduchost zvolte vodorovný směr doprava). Při kreslení použijte měřítko: 1 astronomická jednotka (AU) = 50 mm (což odpovídá měřítku přibližně 1 : 3 000 000 000 000).

2. I když trajektorie Venuše a Marsu jsou vůči ekliptice jen málo skloněné (sklon  $i$  uvádí tabulka 1), vyznačte přímkami procházejícími Sluncem tzv. uzlové přímky (uzlová přímka je průsečnice roviny trajektorie tělesa s ekliptikou, viz obr. 1). Délka výstupného uzlu  $\Omega$  (bodu na trajektorii, kde těleso vystupuje „nad“ rovinu ekliptiky) je uvedena v tabulce 1; měří se od jarního bodu ve směru pohybu Země.

3. Do obr. 2 zakreslete přímky apsid pro všechny tři planety (přímka apsid je spojnice perihelu  $P$  a afelu  $A$ ). Polohu perihelu  $P$  na trajektorii určuje úhel nazvaný vzdálenost perihelu  $\omega$ ; měří se od směru výstupného uzlu (viz obr. 1).

## 2. Vše je v pohybu



Obr. 1. Dráhové elementy (definice).

4. Trajektorie všech tří planet jsou elipsy s malou výstředností. Při naší přesnosti zákresu postačí je vykreslit jako kružnice se středem poněkud mimo ohnisko (tj. Slunce). Střed kružnice zvolte na přímce apsid ve vzdálenosti  $c = e a$  od Slunce směrem k afelu ( $e$  – výstřednost elipsy,  $a$  – délka velké poloosy, viz tabulka 1). Vzdálenost  $c$ , která vyjde v astronomických jednotkách, přepočítejte podle našeho měřítka na milimetry. Poloměr kružnice je roven  $a$  (opět přepočítejte na milimetry). Část trajektorie „nad“ rovinou ekliptiky (tedy severním směrem od ekliptiky) zakreslete plnou čarou, pod rovinou ekliptiky čárkovaně.

5. Ještě je nutné zadat polohu planety pro určitý časový okamžik  $t$ . Obvykle se uvádí doba průchodu planety perihelem. V roce 2005 nastal tento průchod pro Venuši, Zemi a Mars ve dnech 14. 6., 2. 1. a 27. 7. 2005 (viz tabulka 1). Ze siderické doby oběhu  $P$  se vypočítá střední denní pohyb  $n = 360^\circ/P$  (ověřte si údaje v tabulce 1!). Pomocí této veličiny vypočítejte a zakreslete polohu Země a Marsu vždy pro 1. den v kalendářním měsíci roku 2005. Odpovídá poloha Země okolo 21. 3. definici jarního bodu?

6. Z obr. 2 zjistěte, kdy přibližně nastala v roce 2005 opozice Marsu a jak v tu dobu byla tato planeta vzdálena od Země. Srovnajte svůj výsledek s údaji v astronomické ročence (máte-li ji k dispozici).

7. Kolik činí nejmenší a největší možná vzdálenost Marsu od Země, je-li planeta v opozici se Sluncem? (Odečtěte z obr. 2.)

8. Kolika stupňů dosahuje největší úhlová vzdálenost (maximální elongace) Venuše od Slunce pro pozemského pozorovatele? Jak velká je tato maximální elongace Země od Slunce pro pozorovatele na Marsu? (Opět odečtěte z obr. 2 nebo vypočítejte.)

### Vstupní data, výsledky:

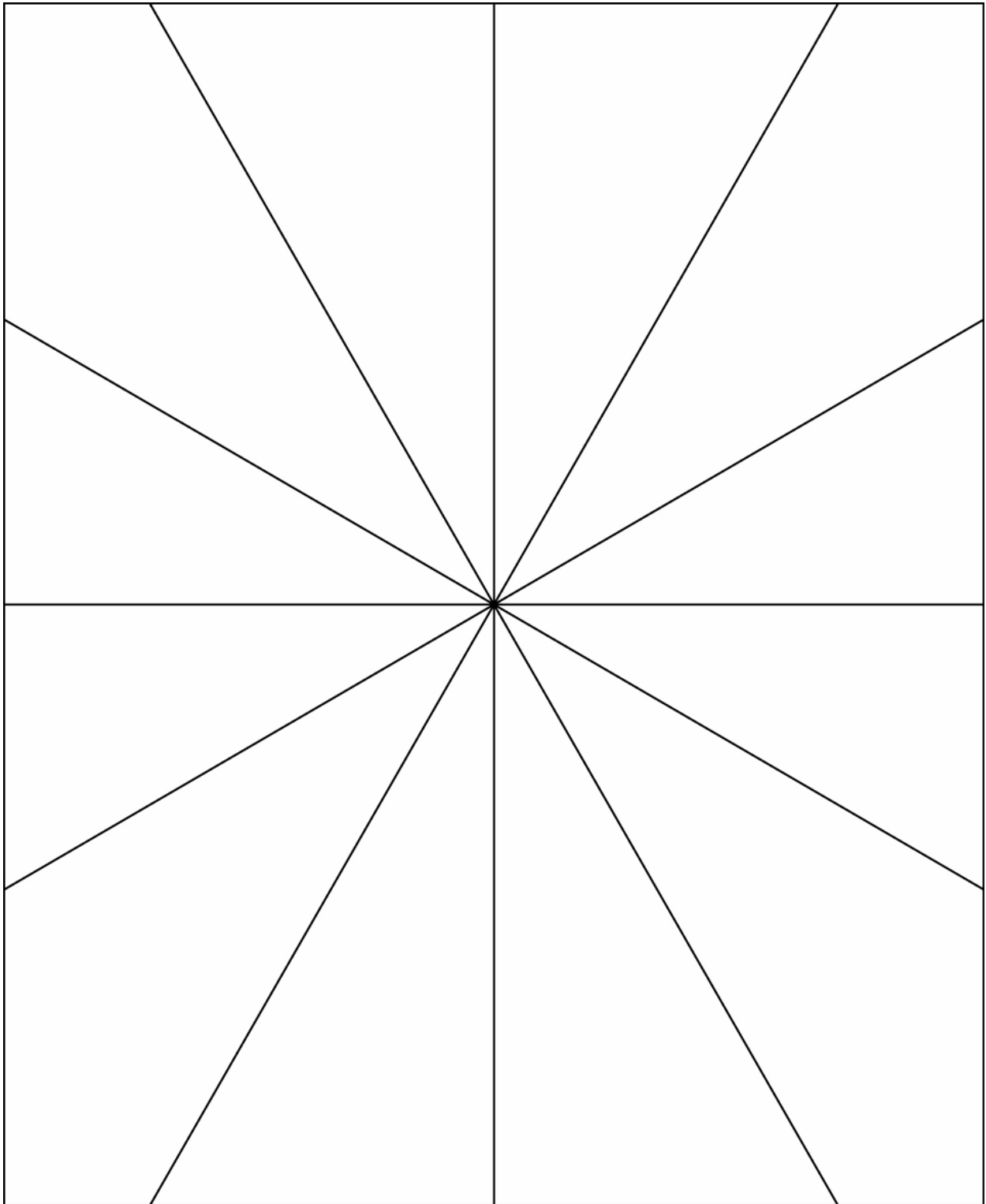
Tabulka 1

Planeta	$i$ ( $^\circ$ )	$\Omega$ ( $^\circ$ )	$\omega$ ( $^\circ$ )	$e$	$a$ (AU)	$t$ (datum)	$n$ ( $^\circ$ /den)
Venuše	3,4	76,7	54,9	0,0068	0,723	14.6.2005	1,602
Země	0,0	–	102,9	0,0167	1,000	2.1.2005	0,986
Mars	1,9	49,6	286,5	0,0934	1,524	17.7.2005	0,524

## 2. Vše je v pohybu

---

(Poznámka: dráhové elementy lze použít při přesnosti, která je uvedena v tabulce 1, pro období přinejmenším 1980 – 2020).



Obr. 2. Trajektorie Venuše, Země a Marsu v měřítku 1 : 3 000 000 000 000.

## 2. Vše je v pohybu

---

Opozice Marsu v roce 2005 nastala \_\_\_\_\_, planeta byla od Země vzdálena \_\_\_\_\_.

Největší a nejmenší možná vzdálenost Země od Marsu v době opozice je \_\_\_\_\_.

Maximální elongace Venuše od Slunce pro pozemského pozorovatele činí \_\_\_\_\_, pro pozorovatele na Marsu \_\_\_\_\_.