



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

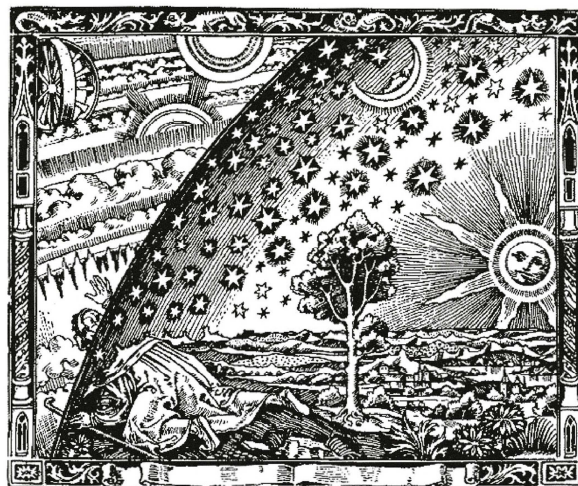
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## ASTRO – Keplerovy zákony – pohyb komet

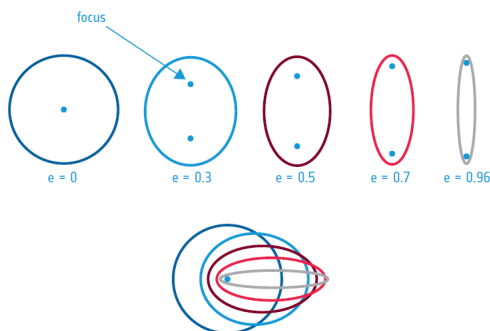
**První Keplerův zákon:** Planety obíhají kolem Slunce po elipsách, v jejichž společném ohnisku je Slunce.

**Druhý Keplerův zákon:** Plochy opsané průvodičem planety za stejné doby jsou stejné.

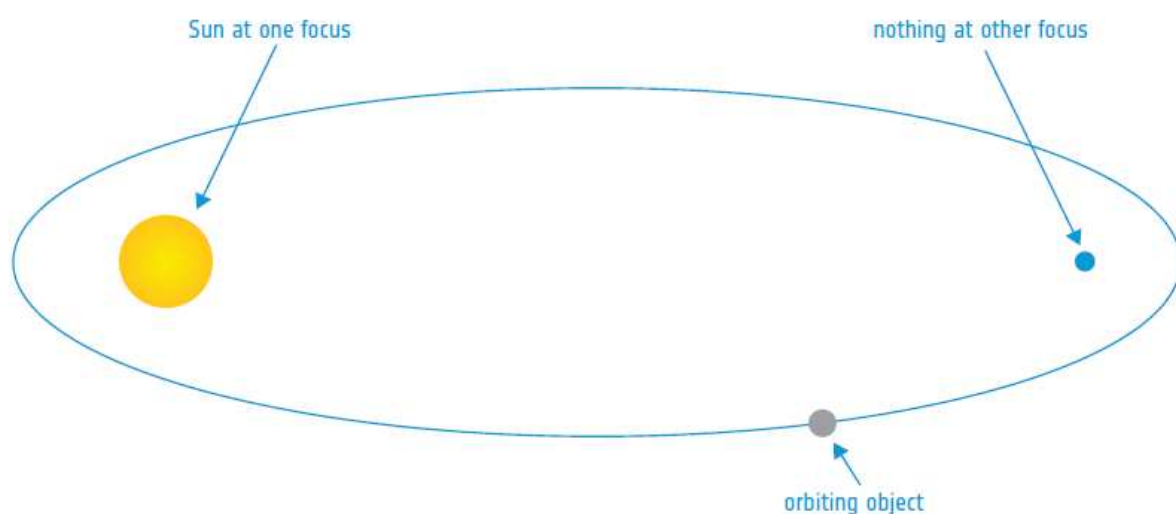
**Třetí Keplerův zákon:** Poměr druhých mocnin oběžných dob planet je roven poměru třetích mocnin jejich hlavních poloos.



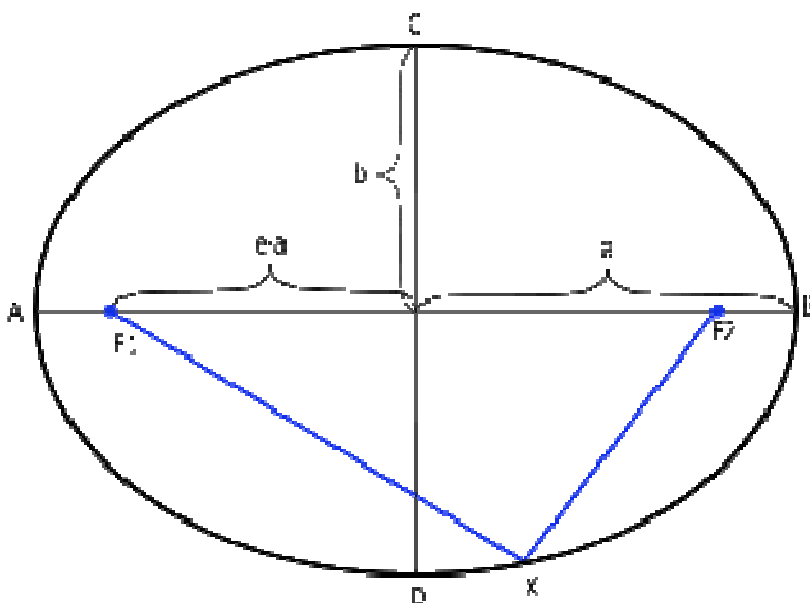
**Johanes Kepler** formuloval své zákony pro planety s tím, že elipsy, po kterých planety obíhají, jsou jen málo odlišné od kružnic. Vyhodnotil velké množství dat z pozorování pohybu planet po obloze. Stejně zákony ovšem platí i pro pohyb komet a jiných objektů sluneční soustavy. Přestože elipsy, po kterých obíhají, jsou protáhlejší, řídí je tatáž síla – gravitace. Teprve po formulování gravitačního zákona Isaacem Newtonem bylo možné odvodit je přímo ze vztahu pro gravitační sílu a její vliv na pohyb tělesa.



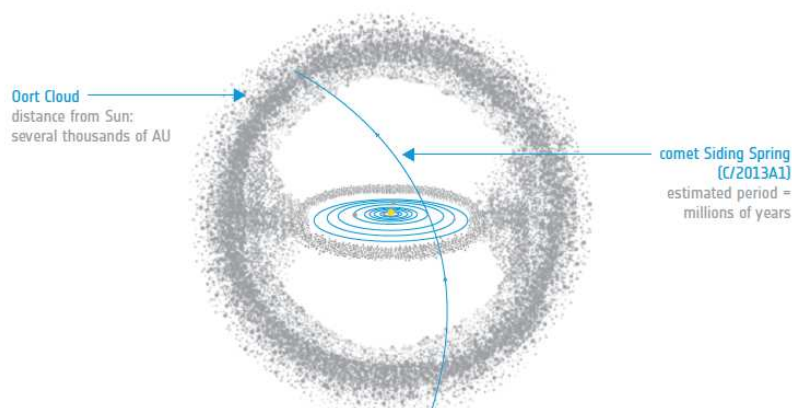
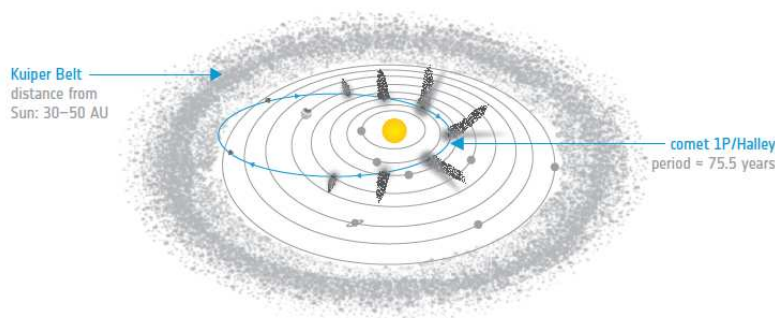
**Elipsa** je množina bodů, které mají od dvou daných bodů – ohnisek – stejný součet vzdáleností. Tento součet je roven největšímu rozměru elipsy –  $2a$  – a nazývá se hlavní osa. V tabulkách je obvykle udávána hlavní poloosa  $a$ . Vzdálenost ohniska od středu elipsy se nazývá excentricita  $e$  – výstřednost. V tabulkách bývá uváděna numerická výstřednost, což je poměr  $e/a$ . Čím výstřednější elipsa, tím „šišatější“. Planety obíhají po elipsách s malou výstředností. Nejbližší bod ke Slunci, ve kterém se těleso může nacházet, se nazývá přísluní – perihélium, nejvzdálenější odsluní – afélium.



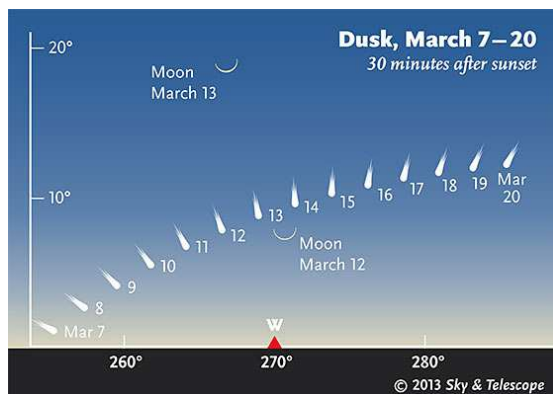
**Úloha 1:** Vypočítejte nejmenší a největší vzdálenost Pluta od Slunce, je-li jeho hlavní poloosa 39,62 AU a numerická výstřednost 0,252.



**Komety** jsou objekty obíhající kolem Slunce (obvykle) po elipsách s velkou výstředností. Rozlišujeme komety krátkoperiodické (s oběžnou dobou menší než 200 let), které mají původ v Kuiperově pásu – diskovitém útvaru tvořeném zmrzlým smetím kdesi za dráhou Neptuna, a dlouhoperiodické (oběžné doby do desítek tisíc let), které pravděpodobně pocházejí z Oortova oblaku – kulovitého útvaru zmrzlého materiálu ve vzdálenosti tisíců astronomických jednotek.



Na své cestě kolem Slunce se komety dlouhou dobu pohybují daleko za nejvzdálenějšími planetami. Vzhledem k teplotám, které tu panují, zůstávají zmrzlé. Jinak tomu je, když se přibližují ke Slunci. Zde se zahřívají a začínají sublimovat. Plyny a prach uvolňující se z komety vytváří kolem jádra komety oblak. Ten je tlakem slunečního větru vytlačován dál od Slunce a tvoří „ohon“ komety zvaný koma.



**Důsledky druhého Keplerova zákona** pro pohyb planet a komet si ukážeme pokusem. Vytvoříme si model eliptické trajektorie.

**Pomůcky:** karton, špendlíky, provázek, lepidlo, fixy – na výrobu elipsy, dvě dlouhá pravítka (nebo laťky), větší množství kuliček (skleněčky), krejčovský metr – na samotný pokus.

**Jak nakreslit elipsu** podle definice: doprostřed kartonu narýsujeme hlavní osu budoucí elipsy, uprostřed označíme střed a ve stejných vzdálenostech od něj na osu vyznačíme dva body- ohniska. Čím dál budou od sebe, tím výstřednější elipsu dostaneme. Vezmeme provázek délky o něco menší než je délka osy nakreslené na kartonu. Na obou koncích uděláme uzlíky, připevníme je pomocí špendlíků do ohnisek. Teď stačí kreslit tužkou křivku, co nejdál nám napnutý provázek dovolí.

Dále elipsu vystříháme. Karton s elipsovým otvorem nalepíme na druhý karton – dostaneme tak oválný „tác“, ze kterého se nám skleněčky nevykutálí.

**A teď již samotný pokus:** Obě dlouhá pravítka přiložíme konci k jednomu ohnisku – Slunci. Do výseče mezi ně nasypeme vhodné množství kuliček a přitlačíme pravítky k sobě. Nasypanými kuličkami vlastně měříme plochu elipsové výseče. Označíme polohu planety (jednoho pravítka) na obvodu elipsy a posuneme tak, aby se jedno pravítko posunulo na místo druhého. Kuličky se přesypou, označíme novou polohu planety. Takto postupujeme po obvodu celé elipsy. Změříme-li úseky, zjistíme, že se jejich délka liší. Tato čísla bychom mohli považovat za rychlost pohybu (=úseky uražené dráhy za stejné doby).

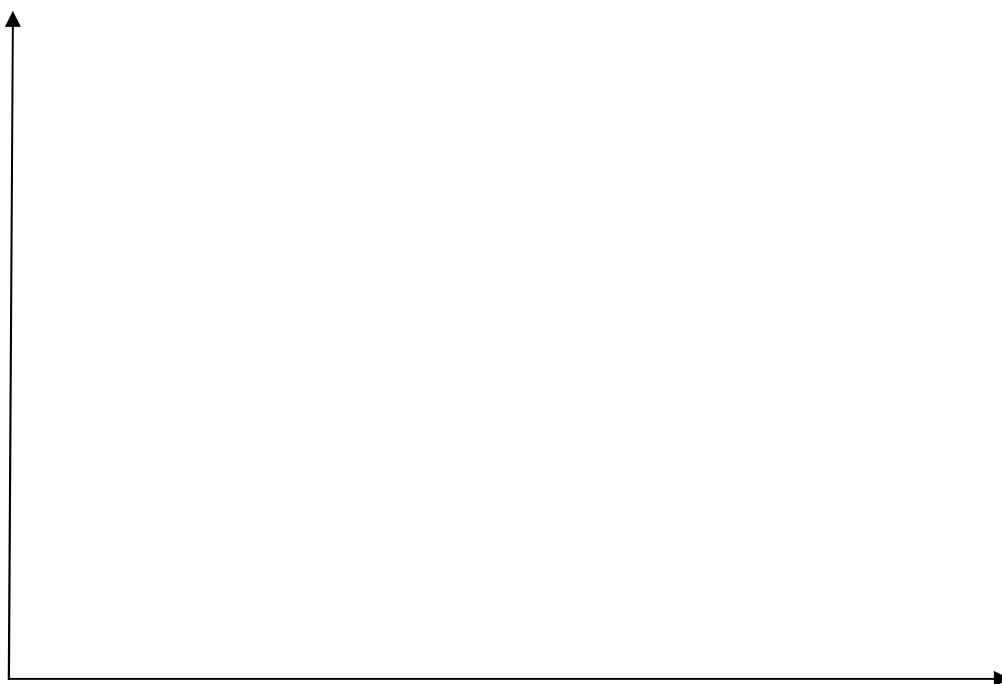
**Úkol 2:** Zaznamenejte časový průběh rychlosti do tabulky i grafu. Označte hodnoty v perihéliu a afeliu. Vysvětlete změny rychlosti!

Pro teoretické fyziky: Zkuste namodelovat pohyb planety v Excelu (nebo umíte programovat v nějakém vhodném jazyku?) Zvolte počáteční rychlost a souřadnice, hmotnost Slunce. Vypočítejte velikost působící síly a příslušné zrychlení planety. Zvolte malý časový interval – krok. Vypočítejte změnu polohy za tuto dobu, novou rychlost, novou sílu i zrychlení a opakujte. Nakonec vynesete do grafu body určující polohu planety. Aniž byste znali rovnici elipsy, výsledkem by měla být právě ona.

Naměřené hodnoty:

| čas | dráha (rychlost) |
|-----|------------------|
| 1   |                  |
| 2   |                  |
| 3   |                  |
| 4   |                  |
| 5   |                  |
| 6   |                  |
| 7   |                  |
| 8   |                  |
| 9   |                  |
| 10  |                  |
| 11  |                  |
| 12  |                  |
| 13  |                  |
| 14  |                  |
| 15  |                  |
| 16  |                  |

Graf:



Zdroj : **Teach with space – Marble-ous Elipses** – materiál ESA vydaný při příležitosti přistání sondy na kometě Churyumov-GERASIMENKO

[http://www.esa.int/Education/Teach\\_with\\_Rosetta/Rosetta\\_lessons\\_for\\_secondary\\_school\\_level](http://www.esa.int/Education/Teach_with_Rosetta/Rosetta_lessons_for_secondary_school_level)