



Viděli jste někdy družici, jak přelétá přes noční oblohu? Jeví se jako bod, podobně jako hvězda nebo planeta. Těžko ji však za hvězdu nebo dokonce za letadlo zaměníte. Mezinárodní vesmírná stanice je pro pozorování nejsnazší, neboť je z umělých družic Země největší.

➔ **Úkol 1:** Uvažujte. Proč jsou satelity viditelné především večer po setmění a ráno před rozedněním a nikoliv během zbytku noci?

➔ **Úkol 2:** Připravte si ve skupinách dle vašeho uvážení základní informace k těmto tématům (každá skupina připraví a prezentuje jedno z témat): umělé družice Země, dálkový průzkum Země, Mezinárodní vesmírná stanice (ISS), možnosti pozorování přeletů ISS nad Českem (např. <http://iss.kosmonautix.cz>).

Jak je tedy možné, že se družice na svých oběžných drahách udrží? Proč se vinou přitažlivé síly prostě nerozbijí o zem? Satelity zkrátka využívají některé ze základních fyzikálních zákonů, kterými se již před 400 lety zabývali dva vědci. Johannes Kepler, německý astronom a matematik, zjistil, že doba, kterou těleso potřebuje k oběhu okolo jiného (jako třeba planety kolem Slunce), je přímo úměrná vzdálenosti mezi těmito objekty.



Zdroj dat: <http://apod.nasa.gov/>



➔ **Úkol 3:** Za pomoci věrohodných zdrojů (např. <http://www.heavens-above.com/>) doplňte tabulku. Následně ověřte, zda doplněné údaje odpovídají Keplerovým závěrům.

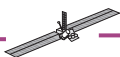
Jméno planety	Vzdálenost od Slunce (AU)	Rychlost oběhu (m/s)
Merkur		
Venuše		
Země		
Mars		
Jupiter		
Saturn		
Uran		
Neptun		

Angličan Isaac Newton o několik let později objevil vztah mezi hmotností a silou, které říkal gravitace. Díky ní zůstávají planety na svých oběžných drahách a neodletí do vesmíru. Newton chytře popsal, jak může jeden objekt obíhat okolo druhého.

Představte si dělo na vrcholu obrovité hory. Kanón vystřelí a koule letí po určité dráze a dopadne v určité vzdálenosti od děla. Pokud použijeme více střelného prachu, koule dopadne dál. Při použití dostatečně velkého množství prachu bude koule kopírovat povrch Země ve stále výšce, obkrouží Zemi a k místu výstřelu a bude pokračovat dál. Jinými slovy, bude se pohybovat po své oběžné dráze.

Pro „vystřelení“ družic nepoužíváme děla, ale rakety, které vyšlou satelity dostatečně vysokou rychlostí, aby se v požadované výšce udržely. Co Kepler věděl o planetách, a vy jste doplnili do tabulky, to dnes vesmírné agentury aplikují i na satelity: čím má být nižší výška oběžné dráhy, tím vyšší rychlost potřebuje.

Newtonovy objevy to zdůvodňují. Velikost gravitační síly mezi dvěma tělesy je přímo úměrná jejich hmotnosti a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti mezi nimi ($F \sim m_1 m_2 / r^2$). Něco tu ale chybí: jak konkrétně zjistit sílu z hmotnosti a vzdálenosti. Klíčem k odpovědi je Newtonova gravitační konstanta. Její velikost je $6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$. Gravitační konstanta vyjadřuje sílu, kterou na sebe působí jednokilogramová tělesa 1 metr od sebe.





Úkol 4: Pokud na noční obloze spatříte ISS, uvidíte, že se opravdu pohybuje. Ale jak rychle? Na základě Keplerových a Newtonových objevů můžeme spočítat rychlost pohybu satelitu po jeho oběžné dráze. (Dráha ISS není zcela kruhová, ale je kruhu natolik blízka, že tuto nepřesnost můžeme zanedbat). Potřebujeme znát hmotnost obou těles, tj. Země a satelitu, a výšku satelitu nad zemským povrchem. Jejich vztah může být matematicky vyjádřen takto:



$$\frac{m_s v_s^2}{r} = \frac{GMm_s}{r}$$

V uvedeném vzorci je m_s hmotnost satelitu, v_s rychlost satelitu, r poloměr dráhy oběhu družice (měřen od středu Země) a M je hmotnost Země. Pokud počítáte rychlost družice, dostanete:



$$v_s = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



Všimněte si, že hmotnost družice z rovnice zmizela! Jak si všiml už Galileo, když pouštěl z Šikmé věže v Pise těžké a lehké věci, hmotnost tělesa nemá na rychlost, jíž padají, vliv. Zde jsou údaje, které pro výpočet rychlosti vesmírné stanice potřebujete:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

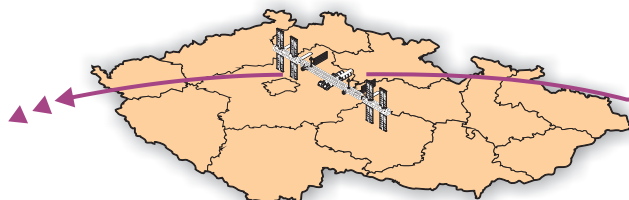
$$M = 6 \times 10^{24}$$

Poloměr Země = 6 371 km (nutno převést na m)

Průměrná výška ISS = 400 km (nutno převést na m)



Úkol 5: Ted' již víte, jak rychle se musí ISS pohybovat, aby na své orbitě mohla plnit své úkoly. Poslední úkol se týká pozorování ISS. Spočítejte, jak dlouho trvá této družici přeletět nad Českem. Váš výsledek můžete porovnat s dobou viditelnosti ISS během jednoho přeletu nad vaším místem pozorování. Je čas, po který je družice obvykle vidět, delší než čas, za který přeletí Česko?



Zdroje dat:
<http://spaceplace.nasa.gov>
<http://iss.kosmonautix.cz>
<http://www.heavens-above.com>

Řešení:

Úkol 1: Během noci osvětluje Slunce opačnou stranu Země, tudíž satelity nemohou jeho svět odrážet. Naopak, po setmění, nebo před úsvitem ano.

Úkol 4: Pokud počítáme s poloměrem oběhu ISS 6 771 000 m, pak $v = 7 688 \text{ m/s}$

Úkol 5: Max. délka Česka je 493 km, proto 64 s. Záleží na úhlu přeletu – při delších přeletech obvykle ano, ISS tedy běžně spatříme, aniž by letěla přímo nad územím Česka.