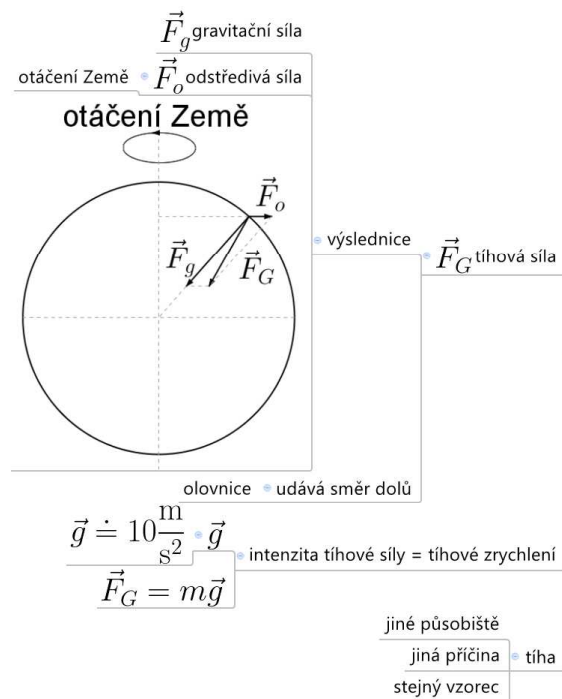
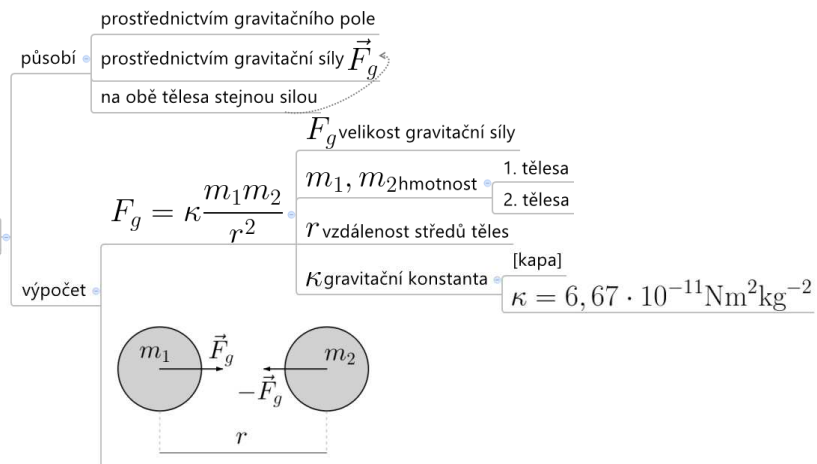


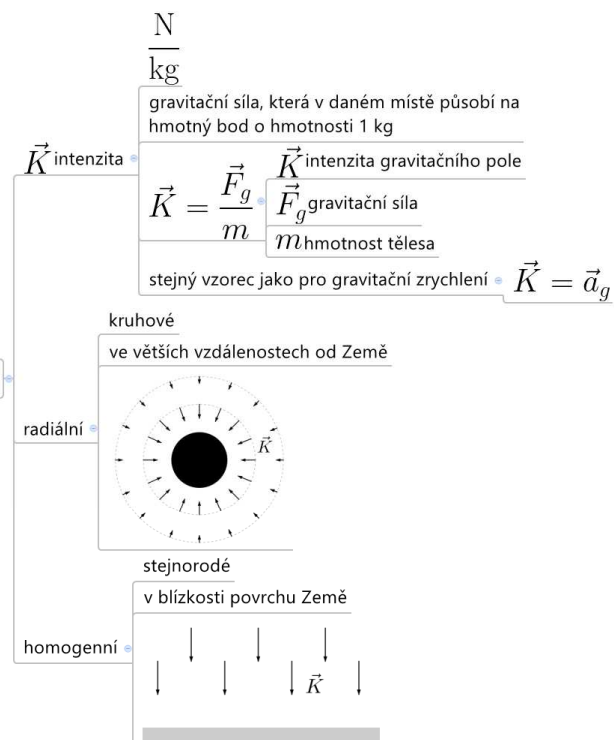


Gravitace

newtonův gravitační zákon



gravitační pole



Gravitace

Newtonův gravitační zákon

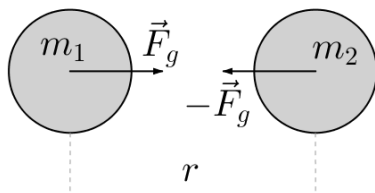
Víme, že když spadneme, tak spadneme na zem. Hozený míček taky spadne na zem, stejně jako třeba voda. Proč to všechno padá?

Nad tím se zamýšleli lidi v minulosti i dnes, ale ten, kdo se nad tím zamyslel a něco kloudného vymyslel, byl sir Isaac Newton (už jsme o něm psali). Určitě znáš tu historku o tom, že mu na hlavu spadlo jablko a on vymyslel pojem gravitace. No ono to bylo asi trochu jinak. Prý se díval na jablko a všiml si, měsíce za ním, a tak ho napadlo, že přitažlivost Země dosáhne dál než jen k tomu jablku, že nejspíš přitahuje i ten měsíc. Zamyslel se nad tím a zformuloval Newtonův gravitační zákon. Ten prý neplatí při velkých rychlostech (rychlostech podobných rychlosti světla) a pro velká gravitační pole (černou díru), ale pro nás bude stačit.

Tělesa se vzájemně přitahují. Toto je způsobeno **gravitační silou** $\vec{F}_g$. Gravitační síla působí na dálku prostřednictvím gravitačního pole. Tento jev se nazývá gravitace. Pozor: obě tělesa jsou přitahována stejně velkými silami (jen mají opačný směr).

Gravitační sílu můžeme spočítat podle tohoto vzorce:

$$F_g = \kappa \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



Tento vzorec používá hmotnosti těch dvou těles, která se přitahují a jejich vzdálenost² takže pokud bude těleso $2 \times$ dál, tak na něj působí $4 \times$ menší gravitační síla. A ještě ve vzorečku

najdeme κ pozor není to písmenko „ká“ ale řecké písmenko „kappa“ (někdy se místo něj používá G) a je to gravitační konstanta:

$$\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}.$$

Jakou gravitační silou se přitahují Honza, který váží 80 kg, a jeho notebook, který váží 1 kg, když jsou od sebe vzdáleni 20 cm?

$$m_1 = 80 \text{ kg}$$

$$m_2 = 1 \text{ kg}$$

$$r = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$F_g = ? \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_g &= \kappa \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2} \frac{80 \text{ kg} \cdot 1 \text{ kg}}{(0,2 \text{ m})^2} \\ &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2} \frac{80 \text{ kg}^2}{0,04 \text{ m}^2} \\ &= 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{80}{0,04} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2} \frac{\text{kg}^2}{\text{m}^2} = 6,67 \cdot 2\,000 \cdot 10^{-11} \text{ N} \\ &= 13\,340 \cdot 10^{-11} \text{ N} = 1\,334 \cdot 10^{-10} \text{ N} = 0,0000001334 \text{ N} \end{aligned}$$

Honza a jeho notebook se přitahují gravitační silou $F_g = 1\,334 \cdot 10^{-10} \text{ N}$. Ta je tak malá, že se nijak neprojeví a Honza i jeho notebook zůstanou v klidu na svých místech.

Intenzita gravitačního pole

Abychom mohli líp měřit, zkoumat a popisovat gravitační pole, tak je pro nás gravitační síla nevhodná fyzikální veličina. Proto se zavedla nová, a to intenzita gravitačního pole. Značí se $\vec{K}$ a jako jednotku má $\frac{\text{N}}{\text{kg}}$. Podle jednotky se dá odhadnout, o co půjde. Teoreticky bychom řekli, že to bude

síla, která bude v daném místě působit na těleso o hmotnost 1 kg. Početně pro to máme tento vzorec:

$$\vec{K} = \frac{\vec{F}_g}{m}$$

Když se podíváme na intenzitu gravitačního pole a taky na 2. Newtonův zákon, tak si můžeme všimnout, že $\vec{K} = \frac{\vec{F}_g}{m}$ a $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, takže můžeme říct, že $\vec{K} = \vec{a}_g$. Takže máme nový pojem a to je gravitační zrychlení.

Dělení gravitačního pole

Už víme, že existuje něco jako gravitační pole. Pojdme se podívat, jaké takové pole může být.

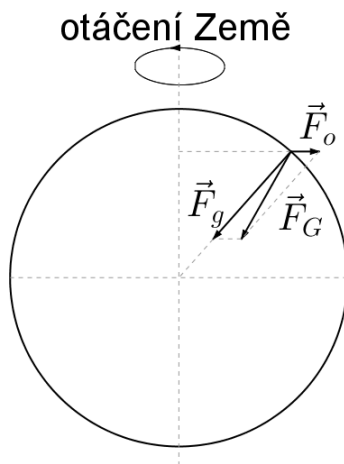
Rozlišujeme dva druhy gravitačních polí:

- **Radiální** (centrální) – kruhové, kolem kruhových těles (například planet, hvězd, míčků ...), ale i ve větších vzdálenostech od jinak tvarovaných těles (i hranatá cihla ve vodě udělá kola a podobně je to i s gravitací).
- **Homogenní** (stejnorodé) – pokud se budeme bavit například o naší planetě, my lidé jsme tak malí, že gravitační pole kolem sebe můžeme považovat za stejnorodé.

Tíhové pole

Protože na nás nepůsobí jenom gravitace, ale i odstředivá síla, tak potřebujeme nějakou sílu, která by to zohlednila.

Když mi z ruky spadnou klíče, tak nepoznám, co je ta gravitační a co ta odstředivá síla. Poznám jenom jejich výslednici a tu označujeme jako tíhovou sílu. Má jiný směr a velikost než gravitační síla. Nejlíp nám to ukáže obrázek. Když pomineme to, že velikosti sil jsou trochu přehnané (pro názornost), tak vlastně zjistíme, že kdyby se najednou zastavila Země, tak všechny budovy (kromě těch na rovníku) budou najednou postavené na bok. Ona nám totiž ta tíhová síla určuje směr „dolů“.

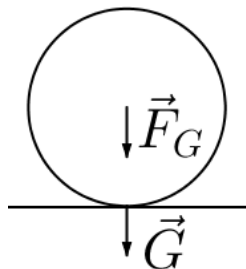


Když se podíváme na intenzitu tíhového pole, tak to pro nás nebude tak zajímavé jako **tíhové zrychlení**. Určitě už tě někde potkala fyzikální veličina $\vec{g}$ a spousta lidí jí špatně říká gravitační zrychlení. Tato veličina se liší pro různé zeměpisné šířky (podle toho, jak velká je odstředivá síla) a pro naši polohu má velikost asi $\vec{g} = 9,81 \frac{m}{s^2}$. Zjednodušíme si život a prohlásíme, že $\vec{g} \doteq 10 \frac{m}{s^2}$.

Tíha a tíhová síla

Spousta lidí má hokej v tom, jestli je to totéž, nebo jsou to dvě různé věci, nebo co to vlastně je. Po přečtení následujících řádků už snad budeš mít jasno.

Tíhová síla se značí $\vec{F}_G$ (všimni si další záludnosti, kdyby tam bylo malé „g“, tak je to síla gravitační). Touto tíhovou silou působí Země na tělesa ve svém tíhovém poli. Tato tíhová síla působí v těžišti tělesa.



Naproti tomu **tíha**, značí se $\vec{G}$, je síla, kterou působí jedno těleso v tíhovém poli Země na druhé. Působíště síly je v místě, kde se tělesa dotýkají.

Mám pověšený boxovací pytel. Na tento pytel působí Země tíhovou silou $\vec{F}_G$. Tento pytel se nevznáší ve vzduchu, ale jak jsem už napsal, je pověšený. Díky tomu, že je pověšený, tak na provaz (a ten potom na skobu, a ta na zeď) působí tíhou $\vec{G}$.

Sedíš. Země na tebe působí tíhovou silou, ty působíš na židli svou tíhou.

Tíhová síla a tíha se spočítá podle stejného vzorce (velikost je stejná, různá je jenom příčina a působíště). $\vec{F}_G = \vec{G} = m\vec{g}$

Pokud bude potřeba nějaké těleso v tíhovém poli zvedat, tak musíme vynaložit sílu, která je stejně velká jako síla tíhová, ale je opačného směru. Možná mi řekneš, že to není pravda, že ta síla musí být o kousek větší a budeš mít pravdu. Na začátku (těleso stojí a ty ho začínáš zvedat) musí ta síla být větší. Čím bude větší, tím víc se bude zrychlovat pohyb tělesa nahoru (vzpomeneš si na II. Newtonův pohybový zákon?). Když to těleso budeme zvedat stejnou rychlostí, tak ty dvě síly budou stejné a až budeme nahoře zpomalovat, tak ta síla bude menší.

Petr sedí na židli a jeho hmotnost je 75 kg, jakou tíhovou silou na něj působí Země a jakou tíhou působí Petr na židli?

$$m = 75 \text{ kg}$$

$$F_G = ? \text{ N}$$

$$G = ? \text{ N}$$

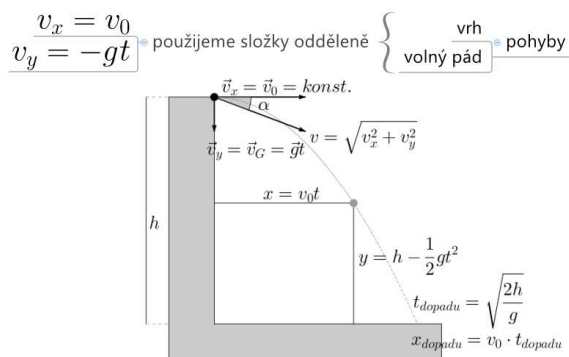
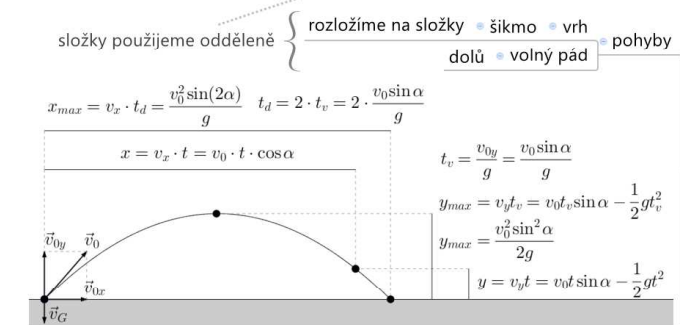
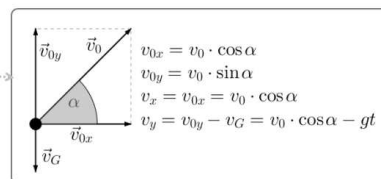
$$F_G = m \cdot g = 75 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 750 \text{ N}$$

$$G = m \cdot g = 75 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 750 \text{ N}$$

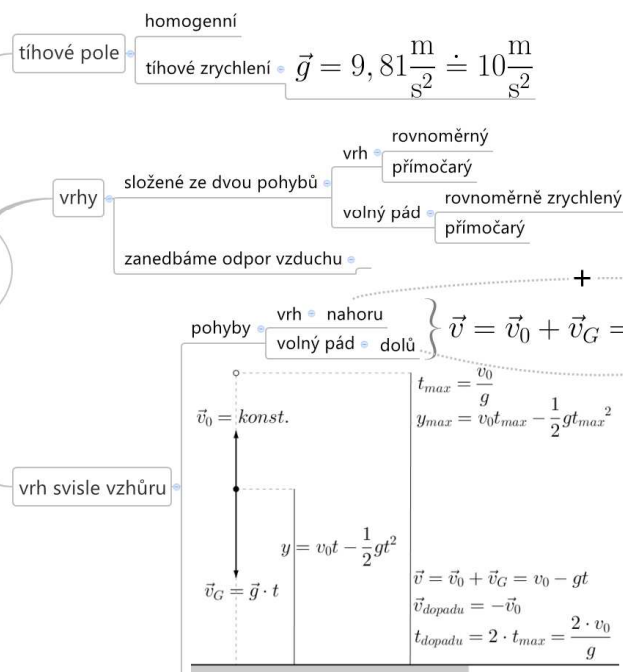
Země působí na Petra tíhovou silou (v jeho těžišti) a Petr pak působí tíhou na židli (v místě, kde sedí) obě tyto síly jsou stejně velké a je to 750 N.



[http://www.fyzikajinak.cz/
07-gravitace/](http://www.fyzikajinak.cz/07-gravitace/)



Pohyb blízko Země



Pohyb v blízkosti Země

V této kapitole si rozebereme pohyby v blízkosti Země, to znamená v homogenním tíhovém poli Země. Už z této definice nám vyplývá, že na pohybující se předmět bude působit tíhová síla. Nebude na něj působit sama, ale bude spolupůsobit. Pokud by působila sama, tak těleso bude padat **volným pádem** (o kterém jsme se učili už někdy na začátku). Zkusme si zopakovat, co víme o volném pádu.

Jde o pohyb přímočarý rovnoměrně zrychlený se zrychlením $\vec{g}$ mířícím dolů. Jeho rychlost budeme označovat $\vec{v}_G$ a vypočítáme ji podle vzorce $\vec{v}_G = g\vec{t}$.

K tomuto pohybu budeme přidávat jiný pohyb a budeme sledovat, co z toho vznikne. Těmto pohybům se říká „vrhy“, protože se jedná o případy, kdy vezmeme nějaký předmět a hodíme s ním, jinými slovy tímto předmětem vrhneme. Toto těleso tak má počáteční rychlost v_0 , která se podle Newtonova zákona setrvačnosti nebude měnit. Pro jednoduchost budeme zase předpokládat, že se pohyby konají ve vzduchoprázdnu, abychom mohli zanedbat odpor vzduchu.

Protože tyto pohyby budeme sčítat, tak výsledný pohyb můžeme dostat jako $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_G$. Protože to jsou vektory, tak musíme vždy uvažovat i o **směru**.

Vrh svisle (vzhůru)

Představ si, že máš v ruce třeba klíče a ty vyhodíš nad hlavu. Co se stane? Klíče letí nahoru, postupně zpomalují. Nahoře (v nejvyšším místě) se na chvíli zastaví a začnou padat dolů. Při pádu postupně zase zrychlují.

Jak už jsme si řekli, tak se tento vrh bude skládat ze dvou pohybů (složek pohybu):

1. volný pád
2. přímočarý rovnoměrný pohyb vzhůru

Naštěstí oba pohyby směřují po stejné ose, tak je můžeme jednoduše „sečíst“. Protože volný pád míří opačným směrem, než náš počáteční pohyb, tak ho musíme **odčítat**. Pokud bychom házeli dolů, tak naopak přičítáme.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_G \quad \dots \text{ pohyby budeme skládat.}$$

$$v = v_0 - v_G = v_0 - gt \quad \dots \text{ velikost výsledné rychlosti.}$$

Z toho si odvodíme i vzorec pro okamžitou výšku.

$$y = s_0 - s_g = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots \text{ nejdříve si spočítáme, jak vysoko by těleso vyletělo, kdyby nebyla gravitace. Pak vypočítáme, o kolik těleso spadne dolů.}$$

Pokud si za čas dosadíme větší číslo, tak se nám může stát, že nám výška vyjde záporná. Co to znamená? No že se těleso dostalo níž, než byla výška, ze které jsme jej vyhodili. Tady už nám nestačí vzorec a musíme zapojit mozek. Vyhazoval jsem klíče ze země? Když jsem klíče vyhazoval, byly v nějaké výšce? Mají kam padat nebo se zastaví na zemi?

Pro někoho může být zajímavé, že těleso dopadne se stejnou rychlostí, s jakou jste jej vyhodili a že nahoru poletí stejnou dobu, jakou bude padat dolů.

Tento pohyb totiž můžeme rozdělit na dvě fáze:

1. Těleso se pohybuje pohybem rovnoměrně zpomaleným – letí nahoru, dokud nedosáhne maximální výšky.
2. Těleso se pohybuje pohybem rovnoměrně zrychleným – v nejvyšším bodě se otočí směr jeho rychlosti a začne padat dolů a zrychlovat.

Maximální výšku a dobu výstupu/pádu spočítáme následovně.

$$t_{max} = \frac{v_0}{g}$$

... toto je doba, za kterou těleso

vystoupá do maxima.

$$y_{max} = v_0 t_{max} - \frac{1}{2} g t_{max}^2$$

... do vzorce pro výpočet výšky

dosadíme dobu výstupu.

Vyhodíme klíče počáteční rychlostí $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Jak vysoko vyletí a jakou dobu budou padat?

$$v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_{max} = ? \text{ s}$$

$$y_{max} = ? \text{ m}$$

$$t_{max} = \frac{v_0}{g} = \frac{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,5 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} y_{max} &= v_0 t_{max} - \frac{1}{2} g t_{max}^2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,5 \text{ s} - \frac{1}{2} 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (0,5 \text{ s})^2 \\ &= 2,5 \text{ m} - 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,25 \text{ s}^2 = 2,5 \text{ m} - 1,25 \text{ m} = 1,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Klíče vyletí do výšky 1,25 m a trvá jim to 0,5 s.

Vrh vodorovný

I tento vrh se skládá ze dvou složek:

1. volný pád
2. přímočarý rovnoměrný vodorovný pohyb

Směry těchto dvou pohybů jsou na sebe kolmé a budeme s nimi pracovat „odděleně“. Indexy budeme používat podle os, v jejichž směru pohyb působí. Tzn., že všechno, co se týká volného pádu, bude mít index „y“ a všechno, co se týká toho přímočarého pohybu, bude mít index „x“.

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y \quad \dots \text{ pohyby budeme skládat.}$$

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \dots \text{ složky jsou na sebe kolmé, proto pro výpočet velikosti rychlosti použijeme Pythagorovu větu.}$$

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} \quad \dots \text{ úhel mezi } \vec{v} \text{ a } \vec{v}_x \text{ spočítáme třeba touto goniometrickou funkcí.}$$

Pokud budeme zjišťovat, v jaké výšce je těleso, tak budeme počítat, jakoby těleso konalo jen volný pád. Stejně tak pokud budeme zjišťovat, za jakou dobu těleso dopadne.

$$v_y = gt$$

$$y = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad \dots \text{ od počáteční výšky } h \text{ odečteme pohyb volným pádem.}$$

$$t_{dopad} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

... z výšky h a tíhového zrychlení g vypočítáme dobu

dopadu.

Pro výpočet pohybu ve vodorovném směru budeme používat tyto vzorce:

$$v_x = v_0$$

... velikost této složky rychlosti se nemění.

$$x = v_0 t$$

$$x_{dopad} = v_0 t_{dopad} = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Z věže vysoké 20 m hodíme vodorovně míček rychlostí $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Za jakou dobu a jak daleko dopadne? V jaké výšce a jak daleko od věže bude míček za 1 s?

$$h = 20 \text{ m}$$

$$v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_{dopad} = ? \text{ s}$$

$$x_{dopad} = ? \text{ m}$$

$$y_{t=1\text{s}} = ? \text{ m}$$

$$x_{t=1\text{s}} = ? \text{ m}$$

$$t_{dopad} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{\frac{40 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{4 \text{ s}^2} = 2 \text{ s}$$

$$x_{dopad} = v_0 t_{dopad} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2 \text{ s} = 10 \text{ m}$$

$$y_{t=1s} = h - \frac{1}{2}gt^2 = 20 \text{ m} - \frac{1}{2}10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 1 \text{ s}^2 = 20 \text{ m} - 5 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

$$x_{t=1s} = v_0 t = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ s} = 5 \text{ m}$$

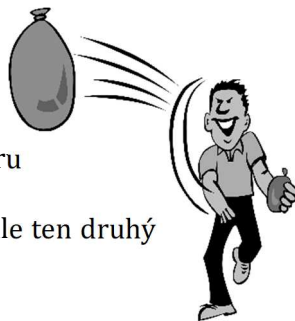
Míček dopadne za 2 s ve vzdálenosti 10 m. Za 1 s od hození bude ve výšce 15 m a 5 m od věže.

Vrh šikmo vzhůru

Opět se bude jednat o složený pohyb. V tomto případě to bude opět volný pád a pak pohyb šikmo vzhůru.

1. volný pád
2. přímočarý rovnoměrný pohyb šikmo vzhůru

Volný pád směřuje dolů, to je jednoduché, ale ten druhý pohyb budeme muset rozložit na dvě složky.



$$\vec{v} = \vec{v}_G + \vec{v}_0$$

... vektorově to vypadá jednoduše.

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

... složka výsledného pohybu ve směru osy x je tvořena jen z x-ovou složkou 2. pohybu.

$$v_y = v_{0y} - v_G = v_0 \cdot \sin \alpha - v_G$$

... y-nová složka výsledného pohybu se skládá z y-nové složky 2. pohybu, která míří vzhůru a volného pádu, který míří dolů (proto minus).

Pro výpočet polohy použijeme složky rychlosti odděleně.

$$x = v_x \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

vypočítá z rychlosti v_x .

... vodorovná vzdálenost od počátku (x) se

$y = v_y \cdot t = v_{0y} \cdot t - v_G \cdot t = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - v_G \cdot t$... nejspíš si všimneš, že výška se vypočítá stejně, jako kdyby to byl vrh svisle vzhůru (výsledky si porovnej).

Když budeme počítat nejvyšší výšku, kam těleso vystoupá a za jakou dobu to bude, tak můžeme použít vzorce ze svislého vrhu vzhůru.

$t_v = \frac{v_y}{g} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$... doba, za kterou těleso vystoupá do nejvyššího bodu (doba výstupu).

$y_{max} = v_y \cdot t_v = v_0 \sin \alpha t_v - \frac{1}{2} g t_v^2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$... maximální výška.

Dále budeme potřebovat vypočítat, jak daleko těleso doletí a jak dlouho mu to bude trvat. Nejdříve si vypočítáme tu dobu. K tomu můžeme použít dobu výstupu a vynásobit ji dvěma. Těleso letí nahoru stejně dlouho jako dolů. To dosadíme do vzorce pro výpočet vodorovné vzdálenosti.

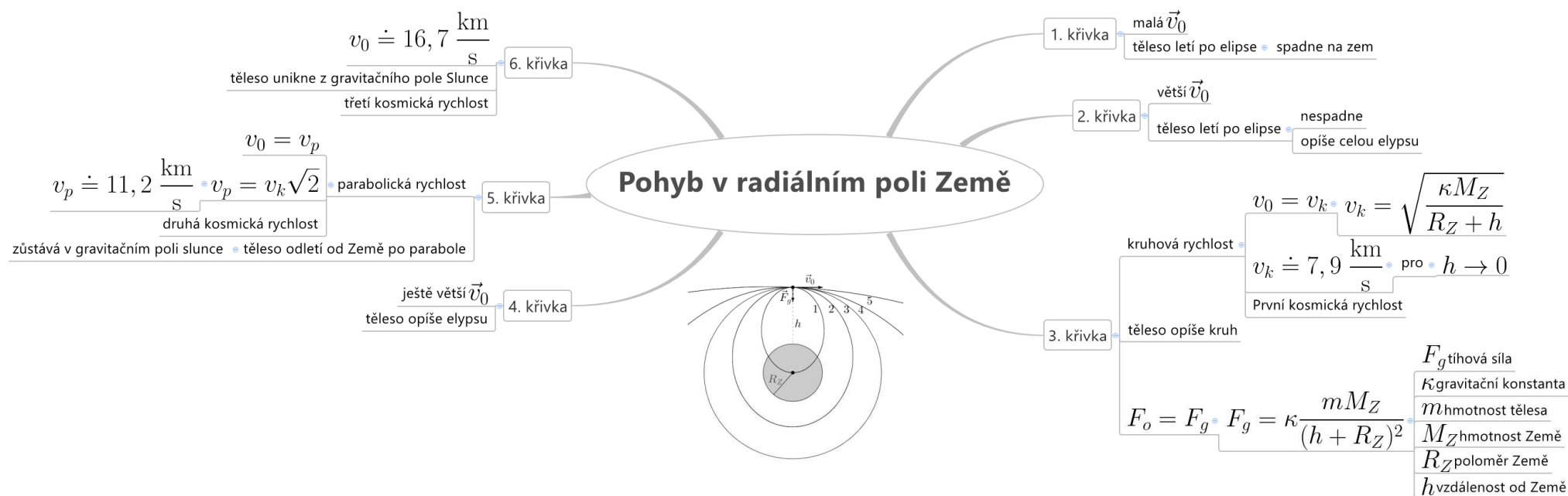
$t_{dop} = 2t_v = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$... doba dopadu.

$x_{max} = v_x t_{dop} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$... maximální dolet.

Teorie nám říká, že maximální dolet bude při vrhu pod úhlem 45°. Když se podíváme na předchozí vzorec, tak je nám to jasné. Čitatel musí být co největší, s velikostí rychlosti nic neuděláme. Sinus bude největší při úhlu 90° a půlka z 90° je 45°.



<http://www.fyzikajinak.cz/08-pohyb-v-blizkosti->



Pohyb v radiálním gravitačním poli Země

Už jsme se bavili o tom, jak to vypadá v blízkosti Země, kde gravitační pole můžeme považovat za homogenní. Pokud se ale podíváme dál od Země, tak gravitační pole bude mít radiální (kruhový) tvar.



Představ si, že vyneseme těleso do určité výšky. Na toto těleso bude působit gravitační síla, jejíž velikost můžeme spočítat podle

vzorce
$$F_g = \kappa \frac{mM_Z}{(R_Z + h)^2}$$

Pokud jsme se s tím ještě nesetkali, tak m je hmotnost tělesa, M_Z je hmotnost Země, R_Z je poloměr Země a h je výška tělesa nad povrchem Země. κ je samozřejmě gravitační konstanta.

Směr této počáteční rychlosti bude kolmý na výšku h . Pokud si to neumíš představit, tak se podívej na obrázek. No a podle velikosti této počáteční rychlosti se může stát několik různých věcí. Budeme to brát od nejmenší rychlosti a postupně ji budeme zvyšovat. Číslování bude odpovídat číslování v obrázku.

1. Těleso se pohybuje po elipse, ale spadne

Rychlost je tak malá, že těleso spadne na Zem. Se zvětšující se rychlostí se elipsa bude zvětšovat.

2. Těleso se pohybuje po elipse, obletí Zemi

Rychlost je větší. Tím se elipsa protáhla natolik, že těleso už nespadne, ale obletí celou Zemi. Když budeme rychlost dál zvyšovat, tak se bude zvětšovat i elipsa.

3. Těleso se pohybuje kolem Země po kružnici

Toto se stane při počáteční rychlosti, které říkáme „kruhová“ nebo taky „1. kosmická rychlost“ $v_0 = v_k$. Tuto rychlost spočítáme podle následujícího vzorce:

$$v_k = \sqrt{\frac{\kappa M_Z}{R_Z + h}}$$

Když si řekneme, že výška, odkud toto těleso poletí, bude 0 ($h = 0$), tak dostaneme velikost této rychlosti $v_k = 7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Ano vidíš správně, rychlost je v **kilometrech** za **sekundu**. Schválně si zkus vybavit vzdálenost mezi nějakými dvěma městy a zkus si stopnout, za jakou dobu bys to touto rychlostí přeletěl.

Ještě taková zajímavost. Těleso letí po kružnici, proto musí být odstředivá síla a gravitační síla v rovnováze. To můžeme napsat jako $F_o = F_g$.

4. Těleso se pohybuje kolem Země po elipse

Při rychlostech ještě větších než kruhová rychlost se těleso zase pohybuje po elipse. Ta se neustále víc a víc „deformuje“.

5. Těleso odletí od Země po parabole, zůstává v gravitačním poli Slunce

Když se nám podaří dosáhnout rychlosti, které se říká „parabolická“ nebo taky „2. kosmická“, tak těleso se k Zemi už nevrátí, ale pořád ho ve svém gravitačním poli drží Slunce. Tato rychlost se spočítá jednoduše:

$$v_p = v_k \sqrt{2}$$

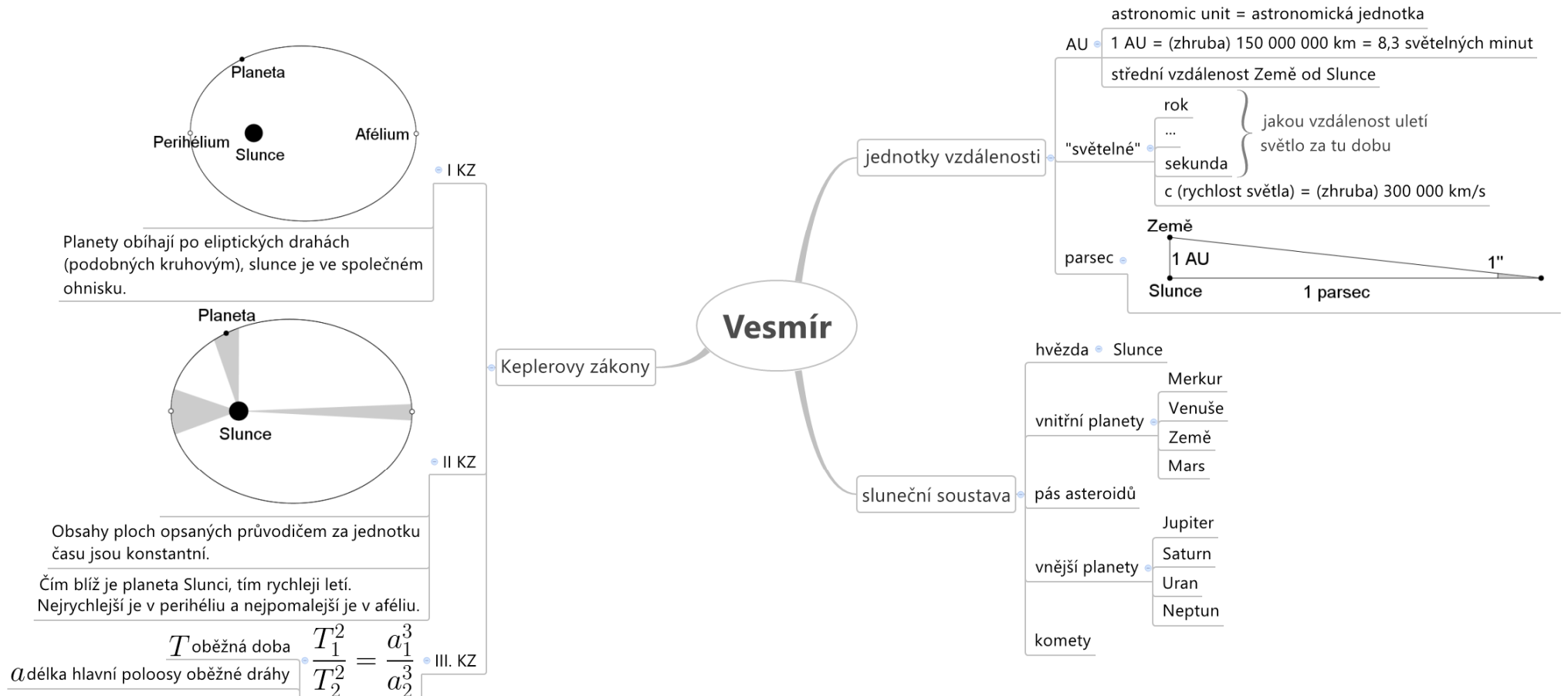
Pokud použijeme naši vypočítanou kruhovou rychlost, tak dostaneme $v_p = 11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

6. Těleso unikne jak z gravitačního pole Země, tak i z gravitačního pole Slunce

Této rychlosti se říká „3. kosmická rychlost“ a její velikost je zhruba $v_0 = 16,7 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.



[http://www.fyzikajinak.cz/
09-pohyby-v-radialnim-
poli-zeme/](http://www.fyzikajinak.cz/09-pohyby-v-radialnim-poli-zeme/)



Vesmír

Když jsme si řekli, jak je to s tou gravitací v trochu větší vzdálenosti od Země, tak bychom si mohli říct i jak je to s tím vesmírem. Tato kapitola bude stručná, protože vesmír je tak velký, že by si zasloužil samostatnou knihu, no spíš knihovnu. Tuto kapitolu prosím použijte jenom jako takový přehled, pokud vás vesmír zaujme víc, tak se nebojte najít si víc materiálů.

Počítání vzdáleností

Ve vesmíru jsou obrovské vzdálenosti. Astronomové asi nebavilo pořád používat miliony kilometrů, proto se zavedly další jednotky.

Jednotka, u jejíhož jména nikdo neprojevil fantazii, se jmenuje „**Astronomická jednotka**“ anglicky „**Astronomic unit**“ a má zkratku **AU**. Pokud by nám šlo o definici, tak AU je střední vzdálenost mezi Zemí a Sluncem. Nevím, kdo a jak to měřil, ale je to prý zhruba 150 000 000 km. Pokud bychom to měli převést na „světelné“ jednotky, tak je to asi 8,3 světelných minut. Takže:

$$\begin{aligned} 1 \text{ AU} &\doteq 150\,000\,000 \text{ km} = 150 \cdot 10^9 \text{ m} \doteq 499 \text{ světelných sekund} \\ &\doteq 8,3 \text{ světelných minut} \end{aligned}$$

Představ si, že sleduješ krásný západ slunce. Ted' už se můžeš vždycky cítit podvedený, protože víš, že slunce tam už zhruba 8 minut není. Stejně tak, kdyby náhodou vybuchlo nebo zhaslo Slunce, tak se o tom dozvíme až za 8 minut.

Tím se dostáváme k „**světelným**“ **jednotkám**. Nejznámější z nich je **světelný rok (light year)**, značku má **ly** a je to vzdálenost, kterou uletí světlo

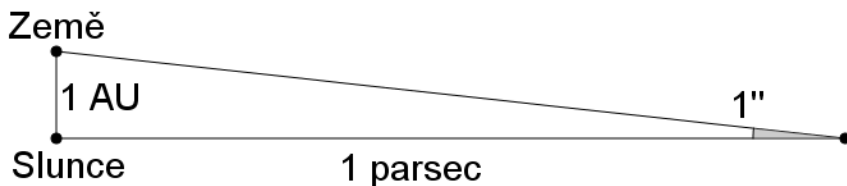
za jeden rok. Stejně tak se občas používají i menší jednotky, jako je světelný den, hodina atd.

$$1 \text{ ly} \doteq 9\,460\,000\,000\,000 \text{ km}$$

Poslední jednotkou, kterou si teď vysvětlíme, bude **parsek**. Někdy se také používá anglické **parsec**. Zkratka je **pc**. Nepřesně, ale jednoduše bychom si mohli říct, že je to vzdálenost, ze které je vidět vzdálenost Země – Slunce pod úhlem 1“.

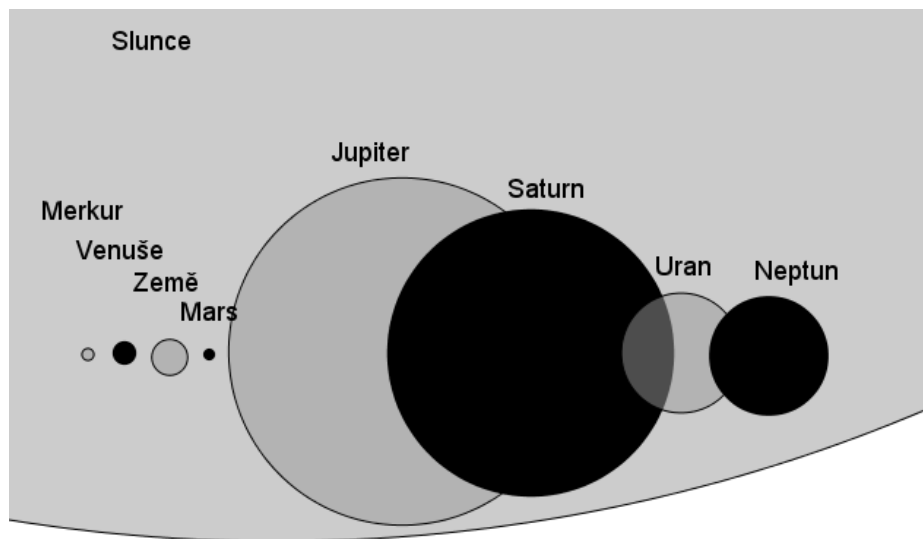
$$1 \text{ pc} \doteq 206\,265 \text{ AU} \doteq 3,26 \text{ ly} \doteq 30\,856\,776\,000\,000 \text{ km}$$

S tím, jak to vypadá, by nám mohl pomoci názorný obrázek.



Sluneční soustava

V myšlenkové mapě je „seznam“ toho, co můžeme v naší sluneční soustavě najít. Pokud bychom se chtěli podívat, jak je to s porovnáním rozměrů jednotlivých těles, tak na následujícím obrázku jsou tělesa sluneční soustavy v poměru jejich velikostí.



Na následující stránce je přehled velikostí Slunce a planet naší sluneční soustavy. Někomu to může pomoci líp si představit, jak jsou tato tělesa různá. Taky nám to v následující kapitole pomůže ověřit, že Keplerovy zákony skutečně platí.

Keplerovy zákony

Kdo to byl a kdy žil slavný Kepler bych nechal stranou. Myslím si, že je škoda, že se neučí předmět „dějiny vědy“ nebo nějaký podobný. Věřím, že spousta lidí by dostala příležitost lépe porozumět zákonitostem přírodních jevů a proč jsou některé věci zdánlivě nelogické.

Pojďme se podívat na tyto zákony.

1. Keplerův zákon

Podle tohoto zákona **planeta obíhá** slunce **po dráze**, která je sice **elipsa**, ale je tak „málo zploštělá“, že se **podobá kružnici**.

2. Keplerův zákon

Planety neobíhají pořád stejnou rychlostí. To, že se mění směr rychlosti, je jasné (jinak by planety letěly po přímce a ne po elipse). Ale ona se mění i velikost rychlosti. Když je planeta blíž u Slunce, tak je gravitační síla Slunce větší a planeta letí rychleji. Když je daleko od Slunce, tak planeta letí pomaleji. A aby se nemuselo pořád říkat: „když je planeta nejbliž/nejdál od slunce“, tak se používají dva pojmy:

Perihélium – bod, v němž je planeta nejbliž ke Slunci.

Afélium – bod, v němž je planeta nejdál od Slunce.

Tento zákon říká, že pokud bychom nechali planetu letět po nějakou konstantní dobu, tak **obsahy ploch opsaných průvodičem za tuto dobu budou stejné**, ať je planeta blízko u Slunce nebo daleko. Takto slovně to zní divně, ale podívej se na obrázek, tam je to docela jasné.

3. Keplerův zákon

Díky tomuto zákonu můžeme z chování jedné planety vypočítat chování jiné planety. Takže nám vlastně říká, že planety v naší soustavě se chovají podobně.

Slovně bychom tento zákon vyjádřili tak, že **poměr druhých mocnin oběžných drah je stejný jako poměr třetích mocnin délek hlavních poloos elips**, po nichž obíhají. Pokud nerozumíš té části s tou poloosou, tak se chodívej na následující stránku na obrázek.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Nebo bychom taky mohli říct, že **poměr druhé mocniny oběžné doby planety k třetí mocnině délky hlavní poloosy její dráhy je u všech planet konstantní**.

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \dots = \frac{T_n^2}{a_n^3} = konst.$$

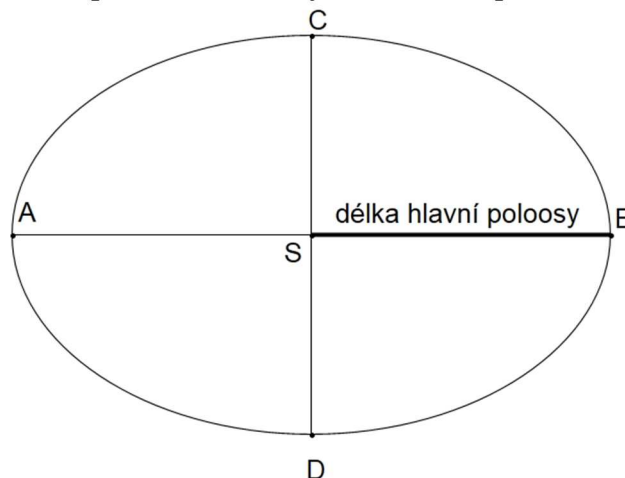
Je úžasné si to zkusit vypočítat. Abychom toto mohli, tak potřebujeme znát tyto vlastnosti planet. Na následující stránce je najdeme. Když to zkusíš, tak se tento poměr bude lišit, ale spočítej si, o kolik % se bude lišit a pak taky zkus popřemýšlet, jak přesná jsou výchozí data.

	Slunce	Merkur	Venuše	Země	Mars	Jupiter	Saturn	Uran	Neptun
Střední poloměr (km)	695 508	2 440	6 052	6 371	3 389	69 911	58 232	25 362	24 622
Hlavní poloosa (1 000 000 km)		57,9	108,2	149,6	227,9	778,3	1 426,7	2 870,7	4 498,4
Hlavní poloosa (AU)		0,39	0,72	1,00	1,52	5,20	9,54	19,19	30,07
Doba oběhu (dny)		87,9	224,7	365,3	687,0	4332,8	1 077,7	30 681,5	60 188,9
Doba oběhu (roky)		0,24	0,62	1,00	1,88	11,87	2,95	84,06	164,90
Rotace (hodiny)	609,1	1 407,5	-5 832,4	23,9	24,6	9,9	10,7	-17,2	16,1
Rotace (dny)	25,38	58,65	-243,02	1,00	1,03	0,41	0,45	-0,72	0,67
Počet měsíců				1	2	67	62	27	14
Prstence						3	23	13	9

Informace jsou převzaté (některé dopočítané) z <http://solarsystem.nasa.gov/> platné k dubnu 2014.

Po hodnoty v tabulce jsou počítáno, že 1 den = 24 hodin a 1 rok = 365 dnů. Pokud je v tabulce „rotace“ uvedeno záporné číslo, tak se planeta otáčí naopak.

Věřím, že všichni mají geometrii lípsy v malíčkách. Proto, pokud nevítá, co je to ta hlavní poloosa, tak se podívejte na následující obrázek.



<http://www.fyzikajinak.cz/10-vesmí>