

## Kdyby gepard vyrazil coby prašelma, už by dorazil na Proximu Centauri II.

Zuzana Suková<sup>1</sup>, Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

První část článku byla věnovaná modelům, které znázorňují planety naší sluneční soustavy ve správném poměru velikostí a vzdáleností. Ve druhé části článku se podíváme mimo naši sluneční soustavu a zkusíme žákům přiblížit vzdálenost hvězdy Proxima Centauri a tvar i rozměry naší Galaxie.

### 2 Jak daleko je ke hvězdám?

Zkusme se nyní podívat o kousek dál – za naši sluneční soustavu. U větších vzdáleností bych se pro lepší představu držela jednotky délky světelný rok (l.y.), přestože ve většině odborných astronomických textů se setkáváme s rozměry uváděnými v parsecích<sup>2</sup> (pc). Pro žáky základních škol mi přijde názornější světelný rok – dráha, kterou urazí světlo za jeden rok.<sup>3</sup>

Jak blízko nebo daleko je po Slunci nejbližší hvězda Proxima Centauri? Někteří žáci vědí, že nejbližší hvězda je hned „za rohem“, tedy ve vzdálenosti 4,24 l.y. a že ze Slunce k nám letí světlo něco přes 8 minut<sup>5</sup>. Ale ani to není podle mě dostatečně názorné. Nemá cenu převádět hodnotu 4,24 l.y. na kilometry nebo metry, protože bychom dostali jen další nepředstavitelné číslo. Co třeba ale zkusit tipnout, jak dlouho by ke hvězdě Proxima Centauri šel člověk (uvažujme rychlost  $4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ )? A co nejrychlejší savec gepard (uvažujme rychlost  $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ )? Jsem si jista, že žáci si snadněji představí (i zapamatují), kdy v minulosti by musel gepard vyběhnout, aby tam dnes již byl, než nepředstavitelně obrovskou hodnotu v kilometrech nebo hodnotu sice nižší, ale pro žáky v exotické jednotce parsek, kterou neznají z běžného života. Necháme zase žáky chvíli tipovat, pak můžeme ještě hlasovat a jde se počítat.



Obr. 9 – Nejrychlejší savec gepard<sup>4</sup>

Čas vypočteme ze známého vztahu  $t = \frac{s}{v}$ , kde čas  $t$  je podíl dráhy  $s$  a průměrné rychlosti  $v$ . Vše převedeme na metry a sekundy: 1 rok  $\doteq 32\,000\,000$  s, rychlost světla ve vakuu je přibližně  $300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  a pro vzdálenost hvězdy Proxima Centauri platí 4,24 l.y.  $\doteq 40\,000\,000\,000\,000\,000$  m. Pro rychlost  $4 \frac{\text{km}}{\text{h}} \doteq 1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  dostáváme po převedení na roky dobu přibližně 1 100 000 000 let. Člověk by musel k (po Slunci) nejbližší hvězdě jít více než miliardu let.

A gepard? Tomu by běh trval „jen“ 46 000 000 let (analogický výpočet). Číslo mnohem nižší, ale přesto nepředstavitelné z pohledu života člověka. Závěrem můžeme říci, že kdyby gepard vyrazil coby prašelma, právě teď by dorazil na Proximu Centauri.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> zsukova@kmt.zcu.cz

<sup>2</sup> Jeden parsek (1 pc) je vzdálenost, ze které vidíme 1 astronomickou jednotku (přibližně vzdálenost Země–Slunce) pod úhlem jedné úhlové vteřiny. Platí  $1 \text{ pc} \doteq 3,262 \text{ l.y.} \doteq 206\,265 \text{ AU} \doteq 3,086 \cdot 10^{13} \text{ km}$ .

<sup>3</sup> Přesně se jedná o tzv. juliánský rok, který má délku 365,25 dne.

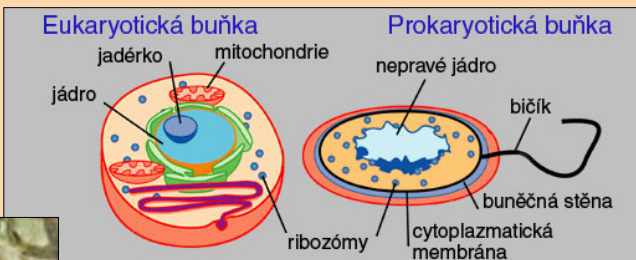
<sup>4</sup> <http://blogplnyzvirat.blog.cz/1008/gepard-fotografie>

<sup>5</sup> Z povrchu Slunce na povrch Země letí světlo v závislosti na vzdálenosti těles mezi 8 minutami 8 sekundami a 8 minutami 25 sekundami.

<sup>6</sup> Samozřejmě gepard může rychlostí 100 kilometrů za hodinu běžet jen po velmi krátkou dobu, řádově desítky sekund. Ve vesmíru není kyslík ani potrava, ani dráha, po které by mohl běžet. Muselo by se také během cesty vystřídat mnoho generací gepardů.

Chceme-li žákům přiblížit několik let, desetiletí či staletí, nemáme s tím obvykle problém. Můžeme údaj přirovnat k délce lidského života, ke stáří významné památky, ... Miliardu let si ale představíme jen stěží. V porovnání s lidským životem i antropologickým vývojem samotného člověka je to číslo nepředstavitelné. S čím tedy srovnávat? Snad nám pomůže, že stáří Slunce a celé naší sluneční soustavy se uvádí nejčastěji 4,6 miliardy let. Tedy 1,1 miliardy let odpovídá téměř celé jedné čtvrtině stáří sluneční soustavy.

A jak by vypadal náš „prapraprapředek“, který před miliardou let obýval modrou planetu? Byl by teprve ve fázi eukaryotní buňky (buňka s jádrem), která někdy v té době vznikla. K eukaryotním organismům řadíme všechny buněčné organismy (jednobuněčné i mnohobuněčné) vyjma bakterií a archeí. Těm říkáme prokaryota, jsou ještě starší a tvořeny pouze primitivní buňkou bez jádra.



Obr. 10 – Porovnání prokaryotní a eukaryotní buňky<sup>7</sup>



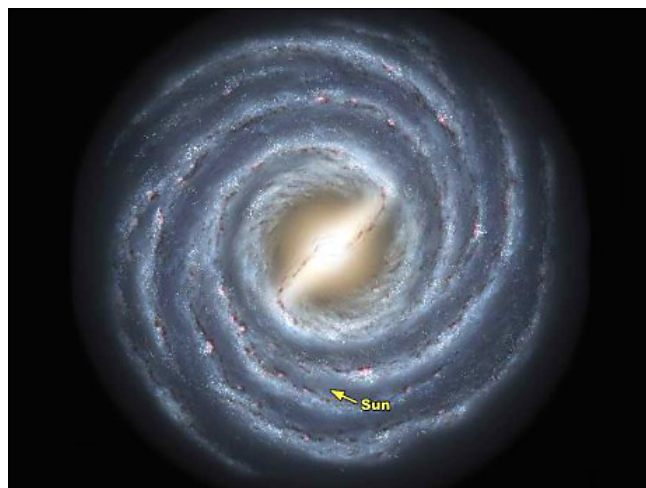
A jak si můžeme přiblížit 46 miliónů let? Opět se podíváme, jak to na Zemi tehdy vypadalo. Jen pro představu připomeňme, že dinosauři vyhynuli před 65 milióny let, takže bychom zde našli éru savců zastoupenou mnoha rozmanitými druhy. Jako předka šelem (prašelmu) si můžeme představit zástupce čeledi Miacidae, který v té době žil.

Obr. 11 – Miacidae – předek dnešních šelem<sup>8</sup>

### 3 Jak vypadá naše Galaxie?

#### 3.1 Zmenšíme Galaxii na velikost Země

Naposledy zkusme ještě větší soustavu – naši Galaxii.<sup>9</sup> Zmenšíme naši Galaxii na velikost Země. Spirální galaxie i spirální galaxie s příčkou (mezi které se naše Galaxie řadí) mají tvar plochých disků, ale opět vystává otázka, jak moc je takový disk plochý. Bude-li mít naše Galaxie průměr stejný jako Země, odhadněte její tloušťku. Můžeme nechat žáky chvilku hádat a pak teprve počítat. Zkusíme určit i to, mezi jakými rovnoběžnými rovinami určenými rovnoběžkami severní a jižní šířky se bude disk nacházet.



Obr. 12 – Možný tvar naší Galaxie<sup>10</sup>

<sup>7</sup> [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celltypes\\_SK.png?uselang=cs](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celltypes_SK.png?uselang=cs)

<sup>8</sup> [http://www.wildcarebayarea.org/site/PageServer?pagename=eNews\\_January2012\\_Landingpage&printer\\_friendly=1](http://www.wildcarebayarea.org/site/PageServer?pagename=eNews_January2012_Landingpage&printer_friendly=1)

<sup>9</sup> Naše galaxie se skutečně jmenuje Galaxie. V povědomí veřejnosti se můžeme setkat s nesprávným pojmenováním Mléčná dráha, což je ale světlejší pruh na noční obloze. Tento světlý pruh je způsoben splýváním světla tisíců a statisíců hvězd naší Galaxie, které nelze pouhým okem rozlišit od sebe. Důvodem, proč vidíme v této části oblohy tolik hvězd, je to, že se jedná o pohled na rovinu galaktického disku.

<sup>10</sup> <http://www.toulkyvesmirem.estranky.cz/fotoalbum/ruzne/nase-galaxie.html>

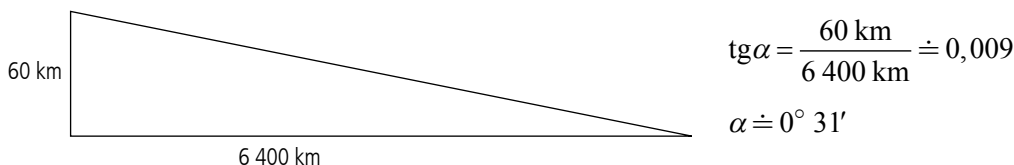
Skutečný poloměr Galaxie je přibližně 55 000 l.y., tloušťka (bez centrální výdutí) jen 1 000 l.y. (různé zdroje uvádějí odlišné hodnoty, tyto hodnoty jsou převzaty z [3]). Centrální výduť je asi pětinasobná. Poloměr Země je po zaokrouhlení na dvě platné cifry 6 400 km, měřítko po žácích nemusíme vyžadovat – pro výpočet nám bohatě stačí trojčlenka.

55 000 l.y. .... 6 400 km

1 000 l.y. ....  $x$  km

Pro tloušťku platí  $x = \frac{1\,000}{55\,000} \cdot 6\,400 \doteq 120$ .

Tloušťka modelu by tedy byla pouhých 120 km (vzdušnou čarou vzdálenost Praha–České Budějovice). Jednalo by se přibližně o pás mezi  $0,5^\circ$  s. š. a  $0,5^\circ$  j. š. To vypočítáme snadno z trigonometrie pravoúhlého trojúhelníka pomocí funkce tangens (ilustrační obrázek není ve správném měřítku).

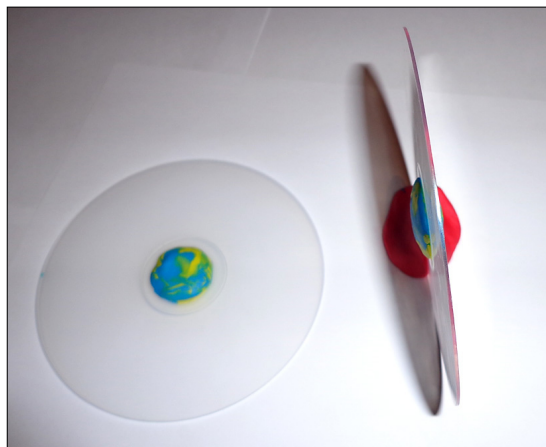


### 3.2 Můžeme si Galaxii představit jako kompaktní disk (CD)?

Tvar naší Galaxie podle literatury (například [1]) velmi dobře vystihuje kompaktní disk, který má tloušťku pouze 1,2 mm. Pouze v centrální výdutí Galaxie by model měl být trochu silnější než CD. Ale je tomu skutečně tak? Můžeme žáky opět nechat stejně jako u první aktivity tento model vytvořit. Nejprve pomocí trojčlenky určíme rozměry modelu tak, aby průměr 110 000 l.y. odpovídal průměru kompaktního disku, tedy 120 mm. Tloušťka Galaxie se odhaduje na 1 000 l.y., což v našem modelu představuje 1,1 mm, což velmi dobře odpovídá tloušťce CD. Maximální tloušťka modelu představující centrální výduť je asi pětinasobkem a bude mít v modelu tloušťku 5,5 mm. Výduť sahá asi do jedné pětiny disku Galaxie – v modelu tedy bude mít poloměr 1,2 cm. Galaxii můžeme vytvořit z jednoho CD a kartonu (nad i pod střed disku připevníme kruh o poloměru 1,2 cm vystřížený ze silnějšího kartonu, na něj zase o kousek menší kruh atd., až nám vznikne vypouklina o celkové tloušťce 5,5 mm) nebo snadněji a přesněji jej vymodelujeme pomocí modelíny. Na obr. 14 je takový model vyfotografovaný.



Obr. 13 – Kompaktní disk<sup>10</sup>



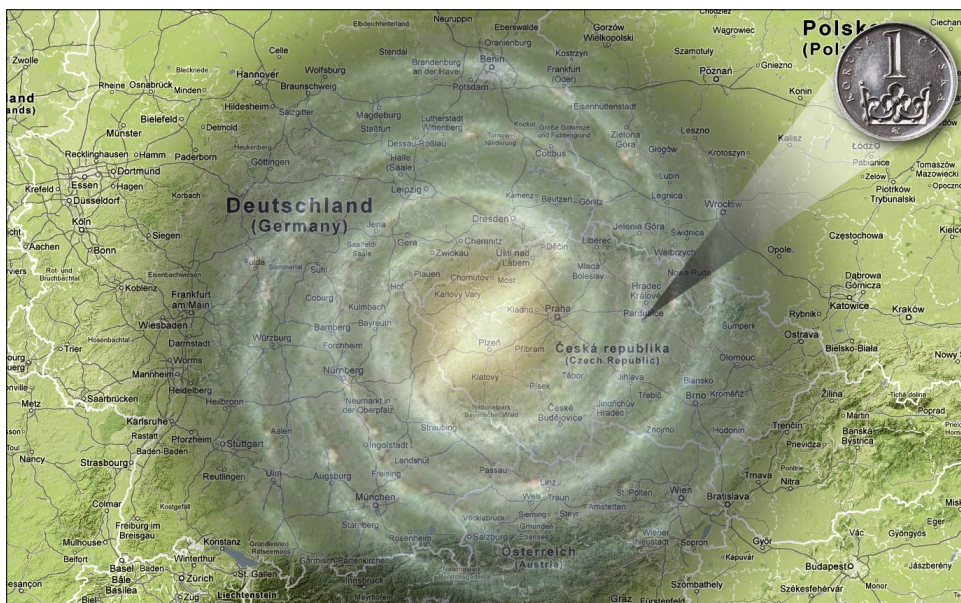
Obr. 14 – Model Galaxie z CD<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.publicdomainpictures.net/pictures/10000/nahled/33-1204659378q2xs.jpg>

<sup>12</sup> fotografie autora

Další zajímavý model převzatý z [3] je zmenšení naší Galaxie na průměr 100 m (přibližně délka fotbalového hřiště). V tomto případě by sluneční soustava včetně Oortova oblaku byla menší než 1,4 mm a nejbližší hvězda Proxima Centauri by se nacházela ve vzdálenosti 3,9 mm od Slunce<sup>13</sup>.

Zmenšíme-li sluneční soustavu na rozměr mince 1 Kč (20 mm), pak bude mít Galaxie průměr 700 km, což odpovídá vzdálenosti měst Frankfurt nad Mohanem a Ostrava.<sup>14</sup> Střed Galaxie bychom našli v Manětíně (v Plzeňském kraji). Slunce by leželo v blízkosti Pardubic (172 km od středu Galaxie) a nejbližší hvězda 27 metrů od mince představující naší sluneční soustavu. Pro větší názornost je situace znázorněna na obr. 15.



Obr. 15 – Model Galaxie, kde sluneční soustava je zmenšená na velikost mince 1 Kč<sup>15</sup>

## Závěr

Snahou druhé části článku bylo zkusit žákům poslední třídy základní školy alespoň trochu přiblížit nepředstavitelné rozměry blízkého vesmíru – vzdálenost hvězdy Proxima Centauri a tvar a rozměry Galaxie. Asi si nebudou pamatovat konkrétní číselné hodnoty, ale věřím, že si udělají představu o tom, že vzdálenosti i v blízkém vesmíru jsou ohromné. A pokud přirovnají Galaxii k CD, nic tím určitě nepokazí. Začlenění některých námětů z mého článku do výuky by mohlo vést také ke zvýšení zájmu žáků nejen o astronomii, ale o přírodní vědy obecně.

## Literatura

- [1] *Galaxie Mléčná dráha*. [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Galaxie\\_Mléčná\\_dráha](http://cs.wikipedia.org/wiki/Galaxie_Mléčná_dráha)
- [2] MACHÁČEK, Martin. *Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2008, 143 s. ISBN 978-80-7196-376-9.
- [3] *Milky Way: From Wikipedia, the free encyclopedia*. [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Milky\\_Way](http://en.wikipedia.org/wiki/Milky_Way)
- [4] RANDA, Miroslav. *Astronomia: Astronomický server Fakulty pedagogické ZČU v Plzni*. [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://astronomia.zcu.cz/>

<sup>13</sup> Hodnoty uvedené v tomto článku se liší od hodnot uvedených v [3]. Důvodem je použití nově zjištěných přesnějších rozměrů Galaxie (počítá se s průměrem Galaxie 110 000 l.y. a s průměrem Oortova oblaku 1,58 l.y.).

<sup>14</sup> Pro model zvolme poloměr sluneční soustavy 100 AU, což odpovídá současně vzdálenosti sondy Voyager 2. Pro srovnání vzdálenost sondy Voyager 1 je 124 AU.

<sup>15</sup> Obrázek složen z [http://www.zlate-mince.cz/CRO\\_1\\_Kc.htm](http://www.zlate-mince.cz/CRO_1_Kc.htm), <http://www.toukyvesmirem.estranky.cz/fotoalbum/ruzne/nase-galaxie.html> a <http://strednievropa.wz.cz/index.html>