

- [9] *Michelsonův–Morleyův experiment 2*: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:On\\_the\\_Relative\\_Motion\\_of\\_the\\_Earth\\_and\\_the\\_Luminiferous\\_Ether\\_-\\_Fig\\_3.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:On_the_Relative_Motion_of_the_Earth_and_the_Luminiferous_Ether_-_Fig_3.png)
- [10] *Ch. A. Coulomb*: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/Coulomb.jpg>
- [11] *A. Volta*: [https://akm-img-a-in.tosshub.com/indiatoday/volta\\_647\\_030516021229.jpg?Fsv4yWSxMYOBjN4TdriF2WL218MbQQr](https://akm-img-a-in.tosshub.com/indiatoday/volta_647_030516021229.jpg?Fsv4yWSxMYOBjN4TdriF2WL218MbQQr)
- [12] *H. Ch. Ørsted*: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/%C3%98rsted.jpg/225px-%C3%98rsted.jpg>
- [13] *A. M. Ampère*: <http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/ampere10.jpg>
- [14] *M. Faraday*: [http://1.bp.blogspot.com/-MZy9hk5i\\_qs/T6DPZk8001I/AAAAAAAAAB4c/uEFI\\_WmrWYY/s1600/Michael%2BFaraday%2B%2BPhoto.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-MZy9hk5i_qs/T6DPZk8001I/AAAAAAAAAB4c/uEFI_WmrWYY/s1600/Michael%2BFaraday%2B%2BPhoto.jpg)
- [15] *J. C. Maxwell*: [https://usercontent2.hubstatic.com/13882069\\_f520.jpg](https://usercontent2.hubstatic.com/13882069_f520.jpg)
- [16] *H. R. Hertz*: <https://i.pinimg.com/originals/23/f6/9c/23f69c2ac734c5d2cfdffd8ddf1585d8.jpg>
- [17] *A. Einstein*: [http://blogs.esa.int/orion/files/2013/07/Einstein\\_patentoffice.jpg](http://blogs.esa.int/orion/files/2013/07/Einstein_patentoffice.jpg)

# VPython/GlowScript Trinket ve výuce fyziky

JAN VÁLEK

Pedagogická fakulta, MU Brno

Vizuální stránka hraje ve společnosti v posledních několika letech velmi výraznou roli. To se podepisuje také na tom, že je kladen mnohem větší důraz na to, jak prezentovat informace, než jaké informace se prezentují. To je ale v přímém rozporu s tím, jak obrazovou reprezentaci vnímají přírodovědci. Ti kladou důraz na maximální přesnost a adekvátní množství sdělovaných informací. Didaktici mimo vědecké přesnosti požadují názorost přiměřenou mentální úrovni žáků.

Vizualizace ve vzdělávání je důležitá i z toho důvodu, že člověk přijímá cca 80 % informací ze svého okolí zrakově [1]. Pokud chceme, aby si tato data pamatoval, pak je účinnost takového procesu 40% [1]. Dalšími cíli vizualizace je získat pozornost žáka, zaujmout žáka, sdělit nové informace žákovi, názornost probírané látky. Vizualizační prostředky lze využít ve všech fázích vyučovací hodiny. Od motivační fáze, až po fázi diagnostickou. Shrňeme-li si předchozí, pak lze říci, že žáci si za pomoci vizuálií lépe zasazují informace do správného kontextu [2].

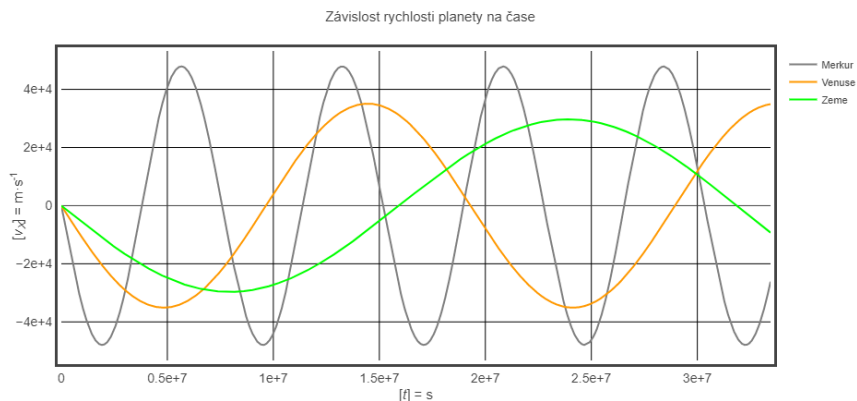
K vlastní vizualizaci, v našem případě budeme hovořit o modelech fyzikální podstaty, lze využívat různá vývojová prostředí, ve kterých mohou pracovat jak vědci, učitelé, tak jejich žáci a studenti. Některými z nich jsou například Famulus, IP Coach, Algodo (dříve Phun), PHP, HTML5, Mathematica, Easy Java Simulations, Modellus, VPython a nebo jeho zcela otevřená varianta GlowScript Trinket. Poslednímu zmíněnému prostředí, GlowScript Trinket, se budeme v tomto příspěvku věnovat blíže [3].

## VPython/GlowScript Trinket

Prostředí VPython, které v roce 2000 vytvořil D. Scherer, umožňuje vytváření 3D zobrazení a animací, a to i těm, kteří mají omezené zkušenosti s programováním. Prostředí je založeno na klasickém Pythonu, dokáží s ním proto pracovat zkušení programátoři i vědci. Pro pohodlnější práci a tvorbu animací vytvořili v roce 2011 D. Scherer a B. Sherwood GlowScript, který vychází z programové základny Pythonu, používá grafické knihovny VPythonu, ale na rozdíl od nich ho lze provozovat ve webovém prohlížeči a to jak tvorbu zdrojového kódu, tak i jeho výstup. Prostředí Trinket, které pracuje se stejnou syntaxí jako GlowScript, pak v roce 2003 vytvořil E. Hauser. Výhodné je, že je možné užívat totéž prostředí jak ve škole, tak i doma, a to bezplatně na straně žáka/studenta [4–6].

VPython/GlowScript má výhodu v tom, že v něm lze modelovat například pohyb těles, pohyb elektronů obvodem a mnoho dalšího. Současně lze vykreslovat průběh veličin, které jsou v animaci měněny a pomocí matematických vztahů zapisovány. Tuto vlastnost tak lze využít jak v kvalitativní, tak i v kvantitativní přiblížení nového učiva napříč všemi úrovněmi školního vzdělávání. Například na prvním stupni základní školy můžeme žákům demonstrovat pohyb planet Sluneční soustavy kvalitativně, zatímco na druhém stupni základní školy již můžeme nechat vykreslovat průběh rychlosti planet v jednotlivých fázích oběhu kolem Slunce (obr. 1). Dále lze animaci přiblížit nebo naopak oddálit případně jinak s objekty manipu-

lovat. Žáci mohou modelovanou situaci digitálně prozkoumat z více úhlů pohledu. Lze tak tedy celý systém sledovat komplexně nebo jenom některé část izolovaně, což napomáhá lepšímu porozumění zkoumaných jevů.



Obr. 1 Graf závislosti  $x$ -ové složky rychlosti planet Merkur, Venuše, Země na čase

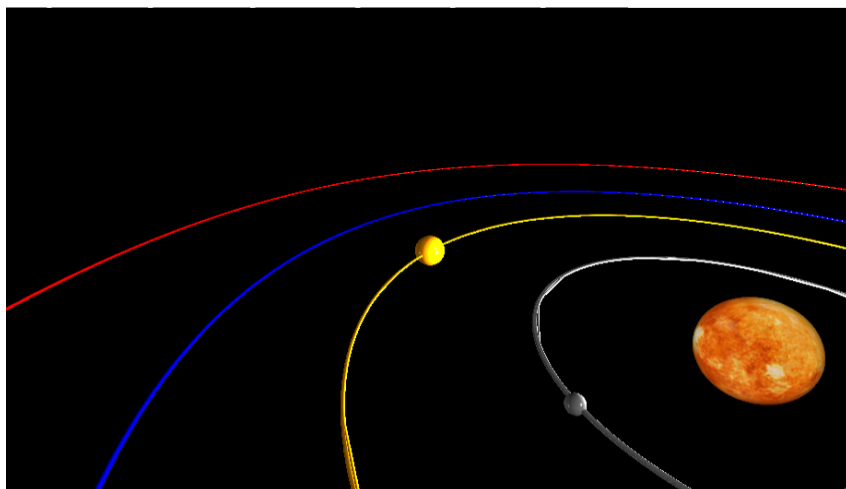
Protože se jedná o prostředí, které je primárně vytvořeno pro demonstraci fyzikálních jevů, vytvořili autoři programu sami knihovnu, ve které jsou předvytvořené některé objekty, se kterými se ve fyzice setkáváme. Ať už se jedná o klasická tělesa (koule, krychle, válce), ale i šipky, pružinu, jehlan, kruh a další.

Z tohoto pohledu tak pro tvůrce modelu/vizualizace odpadá nutnost přemýšlet a vytvářet vlastní modely pomocí zápisu kódu jednotlivých prvků, ale může se více soustředit na fyzikální podstatu problému.

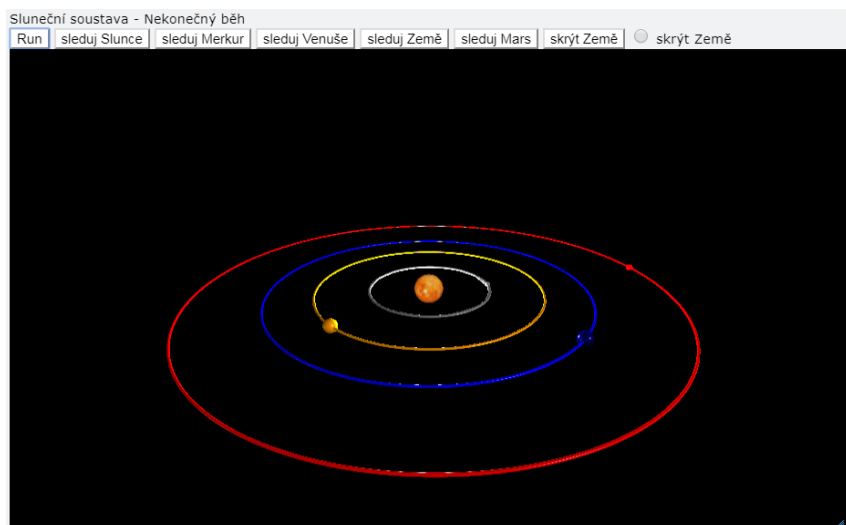
Pokud se zaměříme na tvorbu modelů z pohledu učitele, tak na ni bude jistě nahlížet z několika úhlů a to z didaktického, fyzikálního, technického a programátorského.

## Didaktické hledisko

Pokud se nyní nebudeme soustředit na tvorbu, ale již na prezentaci hotových modelů, pak je vhodné poznamenat, že z didaktického hlediska se jedná o vhodný nástroj. Jak je již uvedeno výše, s modely lze různě manipulovat (pohybovat, natáčet, přibližovat/oddalovat), což umožňuje zkoumání jednotlivých detailů (viz obr. 2). Nebo naopak se od nich oprotíme a budeme systém sledovat jako celek, tedy „z dálky“ (viz obr. 3).



Obr. 2 Pohled na model Sluneční soustavy – kamenné planety, detail na Merkur a Venuši. (Vidíme, že přivrácené strany planet ke Slunci jsou jím osvětlené.)



Obr. 3 Pohled na model Sluneční soustavy – kamenné planety

Další výhodou je možnost práce se světlem, což opět napomáhá realistickému efektu zkoumaného jevu (například Sluneční soustava). Žáci tak

mohou studovat pohyb planet kolem Slunce, a jak tento jev souvisí se střídáním dne a noci nebo z pohybu Měsíce kolem Země si vysvětlit zatmění Slunce a Měsíce. Pohyby těchto vesmírných těles můžeme modelovat pomocí matematického zápisu fyzikální podstaty jevu.

Na tomto místě je vhodné poznamenat, že nejčastěji se používají jednoduché matematické postupy ve chvílích, kdy je analytické řešení problému žákovi cizí nebo je pro něj právě matematicky náročné. Tento postup je odborné veřejnosti znám jako dynamické modelování. Dynamické modelování využívá toho, že autor umí fyzikálně a matematicky popsat daný jev a dokáže diferenciální rovnice komplexně popisující děj vyřešit a přepsat na takové vztahy, kdy jsou veličiny získávány na základě funkce času. K tomu potřebujeme znát také počáteční podmínky popisující systém [3, 7–9].

## Fyzikální hledisko

Vyjdeme ze dvou základních faktů, se kterými přicházejí žáci z mateřských škol (dále MŠ) do škol základních (dále ZŠ) a to, že:

- 1) Země má jednu přirozenou družici, Měsíc,
- 2) dvojice Země–Měsíc obíhá kolem Slunce.

Pro první přiblížení pro žáky v MŠ, ale i na 1. stupni ZŠ, bude stačit, když sdělíme, že vzdálenosti a hmotnosti všech tří vesmírných těles nabývají takových hodnot, že setrvávají na svých oběžných drahách a nemají tendenci tento svůj stav měnit. Jsou tedy ve vhodné vzdálenosti, aby nebyly přitaženy Sluncem, a nemají takovou pohybovou energii, aby opustili jeho oběžnou dráhu.

Žákům na 2. stupni ZŠ pak může objasnit, že mezi všemi třemi tělesy působí gravitační síla. Teprve až na gymnáziu nebo střední škole budeme tuto s žáky počítat. Použijeme Newtonův gravitační zákon:

$$F_g = G \frac{mM}{r^2} \quad (1)$$

Kde  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  je gravitační konstanta,  $m$  a  $M$  jsou hmotnosti těles a  $r$  je jejich vzdálenost.

Dále již nebudeme uvažovat vektorový zápis a budeme zkoumat pouze pohyb v ose  $x$ . Index  $i$  u veličin reprezentuje krok daného výpočtu,  $i + 1$  krok následující,  $i - 1$  krok předcházející. Budeme postupovat v těchto krocích (pozn.: Budeme zapisovat pouze pohyb v ose  $x$ , v osách  $y$  a  $z$  by

byly zápisy obdobné):

$$F_{g_i} = G \frac{mM}{(x_{1i} - x_{2i})^2} \frac{x_{1i} - x_{2i}}{r}$$

$$a_i = \frac{F_{g_i}}{m}$$

$$v_i = v_{i-1} + a_i dt$$

$$x_i = x_{i-1} + v_i dt$$

$$t_{i+1} = t_i + dt$$

kde  $F_{g_i}$  je síla, kterou těleso 1 působí na těleso 2.

Celý výpočet pak můžeme převést do programu na výpočet pomocí několika řádků (uvedeno níže v Programátorském hledisku), s tím, že tyto řádky se bude cyklicky opakovat.

Abychom vzali v úvahu všechny interakce, budeme muset spočítat vzájemné síly mezi všemi dvojicemi vesmírných těles z uvedené trojice, tj. Slunce–Země, Země–Měsíc.

## Technické hledisko

Prostředí IDE GlowScript Trinket je provozováno on-line, což s sebou nese jak výhody, tak nevýhody. Výhodou je to, že pro tvorbu a editaci kódu nám postačuje jakýkoliv prohlížeč (v počítači, tabletu, mobilu) napříč všemi platformami. V tom je velká síla tohoto vývojového prostředí. Další výhodou je to, že vepsáním jakéhokoliv znaku se kód automaticky ukládá. Syntaxe kódu je zvýrazněna podobně jako například v PSPadu nebo Eclipse. Nevýhodou lze současně spatřovat v nutnosti být on-line v případě editace kódu (ano výše je tentýž bod uvedený jako plus, ale je zřejmé, že je to dvousečná zbraň). Po zkompileování lze snadno a v reálném čase měnit zadané hodnoty a animace/model se tak okamžitě mění.

## Programátorské hledisko

Syntaxe kódu není nijak složitá, naopak se velmi podobá českému prostředí FAMULUS (vycházejícího z Pascalu). Velký důraz je tu kladen na přehlednost kódu. Jelikož je hlavně pro žáky důležité nejen to, jak model vpadá, ale i jak funguje. Možná trochu nestandardní bude zápis cyklů a vlastních funkcí, kdy tento v podstatě nekončí klíčovým slovem, ale pro-

gram sám podle odsazení kódu od začátku řádku rozpozná, že zápis kódu cyklu skončil.

```
while (True):  
    rate(programSpeed)  
    pohyb (Merkur)  
    pohyb (Venuse)  
    pohyb (Zeme)  
    pohyb (Mars)
```

Takto vypadá fragment cyklu `while`, z jiných programovacích jazyků jsme zvyklí na ukončovací syntaxi, která zde zcela chybí.

```
Fgrav = G * Slunce.mass * Planeta.mass * (Slunce.pos -  
    Planeta.pos).norm() / (Slunce.pos - Planeta.pos).mag2  
  
Planeta.acceleration = Fgrav / Planeta.mass  
Slunce.acceleration = Fgrav / Slunce.mass  
  
Planeta.velocity = Planeta.velocity + Planeta.acceleration * dt  
Slunce.velocity = Slunce.velocity + Slunce.acceleration * dt  
  
Planeta.pos = Planeta.pos + Planeta.velocity * dt  
Slunce.pos = Slunce.pos + Slunce.velocity * dt  
  
t = t + dt
```

Fragment kódu, který odpovídá fyzikálnímu zápisu (výše v části Fyzikální hledisko), tj. vztahy pro výpočet gravitační síly mezi tělesy (Sluncem a planetou Sluneční soustavy) a následuje úprava rychlosti pohybu planety a také Slunce, na základě vzájemného působení gravitační síly. Stejně tak musíme upravit i pozici planety a Slunce. Vidíme, že zde vystupuje člen `dt`, což naznačuje, že rychlost je funkcí času a jsme tedy již v dynamickém modelování [7–8].

Protože ale v GlowScript Trinket můžeme pracovat s vektory (zápis nemusí obsahovat popisování dějů v jednotlivých osách, je nutné ale správně uvést počáteční podmínky) a v tomto případě tomu tak opravdu je, musíme při výpočtu gravitační síly uvažovat i tzv. jednotkový vektor pomocí funkce `norm()` a druhou mocninu vzdálenosti těles můžeme spočítat pomocí funkce `mag2()`. Pokud bychom nespočítali jednotkový vektor, tak by v kódu nastala chyba typu proměnných a program by dále nepokračoval.

Výše byly předloženy různé pohledy na tvorbu modelu pro použití ve výuce fyziky. Protože se jedná především o metodu, která má pomoci žá-

kům s porozuměním a vhodným zasazením informací do správného kontextu, měl by být kladen největší důraz na didaktické hledisko a v „těsném závěsu“ na fyzikální hledisko, abychom žákům sice vhodně nereprezentovali vizuální informace, ale aby nebyla fyzikálně nesprávná. Z technického hlediska je tvorba nenáročná jak na software, tak na hardware. Programátorská část také není složitá, neboť žáci na základních školách již základní algoritmizaci zvládají. Pokud budeme tedy s žáky takové modely vytvářet sami, pak i syntaxe je jednoduchá a pochopitelná pro žáky samotné.

## Zpětná vazba z praxe

S modelem Sluneční soustavy pracovali učitelé základních škol a to na 1. stupni i na 2. stupni. Na 1. stupni byl model zařazen do Vzdělávací oblasti *Člověk a jeho svět*, Vzdělávacího oboru *Člověk a jeho svět*, konkrétně 2. období, kde očekávaným výstupem je: *ČJS-5-4-02 vysvětlí na základě elementárních poznatků o Zemi jako součásti vesmíru souvislost s rozdělením času a střídáním ročních období*. S modelem pracoval vyučující a soustředil se na Zemi, Měsíc a Slunce a jejich vzájemnou polohu.

Na 2. stupni byl model zařazen do Vzdělávací oblasti: *Člověk a příroda*, Vzdělávacího oboru FYZIKA, očekávaným výstupem je část Vesmír: *F-9-7-01 objasní (kvalitativně) pomocí poznatků o gravitačních silách pohyb planet kolem Slunce a měsíců planet kolem planet*. S modelem pracoval nejdříve vyučující a soustředil se na kamenná planety a jejich měsíce. Následně s modelem pracovali žáci, kde jedním z úkolů bylo seřadit planety podle jejich oběžné rychlosti a oběžné doby oběhu kolem Slunce.

Na základě zpětné vazby byla do modelu přidána možnost měnit rychlost celého dění (změna pomocí tlačítka SPEED) a možnost sledovat vybrané vesmírné těleso (pomocí tlačítka s názvem vybraného tělesa). Stejný požadavek měli také učitelé fyziky na 2. stupni.

Celkový čas práce učitele s modelem v hodinách činil 10 minut na obou stupních ZŠ. Žáci na druhém stupni s modelem pracovali cca 5 minut. Po úkolech stanovených učitelem následovalo shrnutí pozorovaných skutečností žáky.

## Závěr

Jak lze z výše uvedeného odvodit, tvorba modelů pro výuku fyziky v prostředí GlowScript Trinket není nijak náročná. Z pohledu žáka je vytvořený model názorný a může s ním manipulovat tak, aby došel kompletního pochopení probíraných pojmů. Výhodou předloženého prostředí je absolutní



nezávislost na platformě a není potřeba instalovat vůbec žádný další software nad rámec toho, který již v notebooku, PC, chytrém mobilu nebo tabletu je.

Předvedený model lze použít ve výuce v mateřské škole, základní škole ale i na gymnáziu a střední škole. Model lze vytvořit, ale také spustit na různých platformách, a pro jeho tvorbu nám postačí jakýkoli webový prohlížeč. Univerzalita prostředí GlowScript Trinket je značná co do platform, ale také do možností, které nám prostředí nabízí. Lze s ním pracovat jak kvalitativně, tak kvantitativně. Pokud se zaměříme na mezipředmětovost, pak ji samozřejmě můžeme najít mezi Fyzikou a ICT předmětem, nyní hovoříme o základní škole, gymnáziu a střední škole.



Obr. 4 Ukázka ovládacího rozhraní modelu

Další vzdělávací podtext můžeme spatřit v tom, že necháme žáky, aby sami hledali základní parametry těles, která se nacházejí ve Sluneční soustavě.

## Literatura

- [1] *Petty, G.*: Moderní vyučování. Vyd. 5., přeložil Š. Kovařík, Portál, Praha, 2008.
- [2] *Spousta, V.*: Vizualizace: gnostický a komunikační prostředek edukologických fenoménů. Vyd. 1., Masarykova univerzita, Brno, 2007.
- [3] *Válek, J., Sládek, P.*: Web based dynamic modeling by means of PHP and JavaScript. In: J. Kapounová, K. Kostolányová: Information and Communication Technologies in Education. Rožnov pod Radhoštěm, Univerzita Ostrava, 2012, s. 291–301.
- [4] History. VPython [online]. 2002 [cit. 2019-10-17]. Dostupné z: <https://vpython.org/contents/history.html>
- [5] History. GlowScript [online]. 2011 [cit. 2019-10-17]. Dostupné z: <https://www.glowscript.org/docs/GlowScriptDocs/history.html>
- [6] Our Story. trinket [online]. 2019 [cit. 2019-10-17]. Dostupné z: <https://trinket.io/our-story>
- [7] *Lepil, O., Látal, F.*: Rezonance v učivu o střídavých proudech. MFI, roč. 23 (2014), č. 5, s. 356–368.
- [8] *Lepil, O., Richterek, L.*: Dynamické modelování. Repronis, Olomouc, 2007.
- [9] *Šedivý, P.*: Modelování pohybů numerickými metodami. Studijní text pro řešitele FO č. 38, Hradec Králové. 1999.