

# Videoanalýza

Radim Kusák

Dvořákovo gymnázium a SOŠE, Kralupy nad Vltavou;  
Ústav teoretické fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze

Abstrakt

*V rámci dílny jsme se nejprve podívali na software a aplikace, které se dají využít na videoanalýzu. Řekli jsme si obecné zásady pro natáčení videí na videoanalýzu a následně si ji vyzkoušeli v programu Tracker, který je volně dostupný.*

## Proč právě videoanalýza

Videoanalýza je jedním z velmi efektivních způsobů jak žákům názorně ukázat pohyb, hlavně pak jeho trajektorii. Také je skvělým spojovacím můstkem mezi fyzikou, ICT případně i tělocvikem, kdy během hodin ICT žáci nahrají video a upraví jej v programech na střih videa a v hodinách fyziky provedou samotnou analýzu.

## Dostupné aplikace a software pro videoanalýzu

### Videoanalýza v tabletech

Pro rychlou videanalýzu se hodí využít právě tablety. Aplikace pro videoanalýzu lze rozdělit do dvou kategorií. První kategorií jsou aplikace typu Coach's Eye (Android, iOS) [1], [2], které umožňují nahrané video zpomalit a kreslit do něj např. šipky, případně měřit úhly a čas. Tyto aplikace jsou užitečné hlavně ve sportu, kdy trenér může jednotlivcům nebo týmům ukázat, kde dělají chyby při tréninku.

Druhou kategorií jsou aplikace, které umožňují popis trajektorie pohybu, následně je možné provést i analýzu pohybu např. v aplikaci Graphical (Android, iOS) [3], [4], nebo tabulkových editorech jako Numbers (iOS) [5], Excel (iOS) [6], nebo WPS Office (Android) [7]. Pro iPad a iPhone existuje aplikace Video Physics (iOS) [8], pro tablety s OS Android nově aplikace TrackIt! [9]. Výhoda tabletu je hlavně v tom, že umožňuje video zaznamenat a na běžný popis pohybu – rovnoměrný, zrychlený, pohyb po kružnici a vrhy, je možné využít aplikace výše a hlavně dává velmi rozumné výsledky.

### Videoanalýza na počítači/notebooku

Tablet nebo mobilní telefon lze ale také jen využít k záznamu videa a samotnou videoanalýzu provádět na stolním počítači nebo notebooku. Z dostupných programů stojí za zmínku LoggerPro [10], Coach 6 [11] a Tracker [12]. Zmíněné programy umožňují nejen analyzovat video, ale také i fotografie (viz. obr. ads).

## Zásady pro videoanalýzu

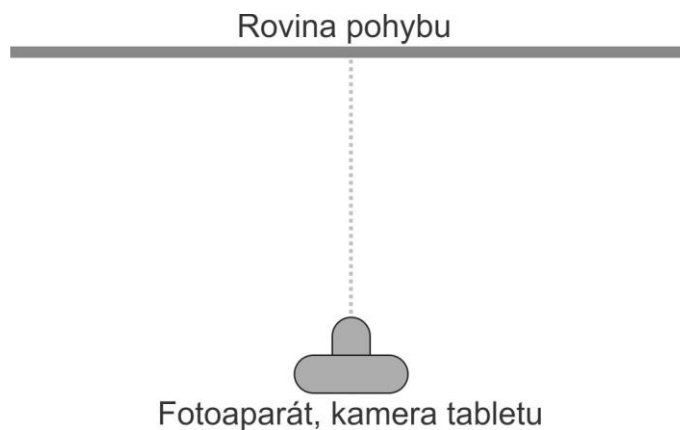
Jsou čtyři hlavní body, které je potřeba mít na vědomí, pokud budeme provádět videoanalýzu

1. Pozice kamery

2. Perspektiva
3. Měřítko a škály
4. Kontrastnost pozorovaného objektu vůči pozadí

### **Pozice kamery**

Pokud chceme provádět videoanalýzu, je důležité, aby kamera byla v ideálním případě na místě a jen pohyb zaznamenávala<sup>1</sup>. Pohyb sledovaného objektu by se v ideálním případě měl dít v rovině a kamera fotoaparátu tabletu by měla směřovat kolmo na rovinu pohybu (viz obr. 1).



Obr. 1: Kompozice pro videoanalýzu

### **Perspektiva**

Nebude-li kamera kolmo na rovinu pohybu, projeví se perspektiva – objekty, které se budou od kamery vzdalovat, budou menší, taktéž se bude jevit i menší jejich rychlost. Obdobně objekty, které se budou ke kameře přibližovat, se budou jevit větší, stejně tak i jejich rychlost. Z hlediska práce v hodině je výhodnější takové videa natočit znovu, nebo se dá použít filtr perspektiva přímo v programu Tracker. Pokud by nebyla jiná možnost, dá se problém s perspektivou obejít úpravou fotografií případně videa, ale už jsou potřeba programy umožňující prostorové otočení jako Adobe Illustrator (viz obr. 2). Pro menší zkosení se dá překvapivě ale využít i Microsoft Word.



Obr. 2: Prostorové zkosení v Adobe Illustratoru. Vlevo originál fotografie (zdroj [13]), vpravo upravená fotografie (přeškálování v rámci osy  $x$ ).

---

<sup>1</sup> Pokud by se kamera pohybovala, šlo by pro každý snímek znovu nastavit počátek souřadnic, ale je to velmi náročné.

## Měřítka a škály

Ať už budeme provádět analýzu křivek z fotografie, nebo videoanalýzu je potřeba mít na fotografii nebo videu škálu, případně měřidlo. Tímto měřidlem je obvykle předmět dané délky např. tyč o délce 1m, nebo jím může být libovolný objekt, jehož rozměry víme – průmět míče, výška žáka házející daný předmět atd. Pokud bychom měřítka zapomněli, hodí se podívat na video či fotografii, jestli daný předmět není poblíž a můžeme určit jeho rozměry.

## Kontrastnost pozorovaného objektu vůči pozadí

Pokud budeme chtít zkoumat pohyb libovolného předmětu, je důležité, aby tento předmět byl kontrastní vůči pozadí. Bude-li např. se pohybovat bílý míček před bílou tabulí, tak pohyb bude těžko zachytitelný, bude-li ale míček oranžový, nebo zelený, bude se videoanalýza provádět mnohem lépe. Obdobně lze využít křížků, nebo terčů na člověku na sledování pohybu jednotlivých částí těla a jejich rychlosti (viz obr. 3). Také bude možné využít funkci Autotracking, která umožňuje objekt automaticky sledovat.



Obr. 3: Zkoumání rychlosti kopů na Malé Hrašticí. Pro přesnější měření je pokusná osoba označena křížky.

## Videoanalýza v programu Tracker

### Proč právě Tracker

Hlavní výhodou programu Tracker je, že se jedná o volně dostupný software v rámci O.S.P. (Open Source Physics) [14]. Má také řadu zajímavých funkcí jako Autotracking – automatického sledování objektů, případně umožňuje provádět analýzu pohybu – rychlost zrychlení a prokládání křivkami, přímo v rozhraní programu. Příjemné pro práci je i samotné rozhraní programu, které je i v češtině a možnost využít pro videoanalýzu přednahráná videa.

### Formáty a rozlišení videa

Nejistější je využít formát .mov – na tento formát nahrávají běžné fotoaparáty, iPady a iPhony. Dá se použít i formát mp4 - tento formát nahrávají vyšší třídy tabletů a mobilních telefonů s OS Android a formát .avi. Pokud se video nahraje v jiných

formátech např. .3gr, který běžný pro video běžných mobilních telefonů, je potřeba video převést na zmíněné formáty výše. K tomu je možné využít např. volně dostupný program FormatFactory [15]. Je taktéž důležité, dát si pozor na počet snímků za sekundu (tzv. FPS), jelikož Tracker zvládne jen video o běžném počtu snímků za sekundu – 24-30FPS.

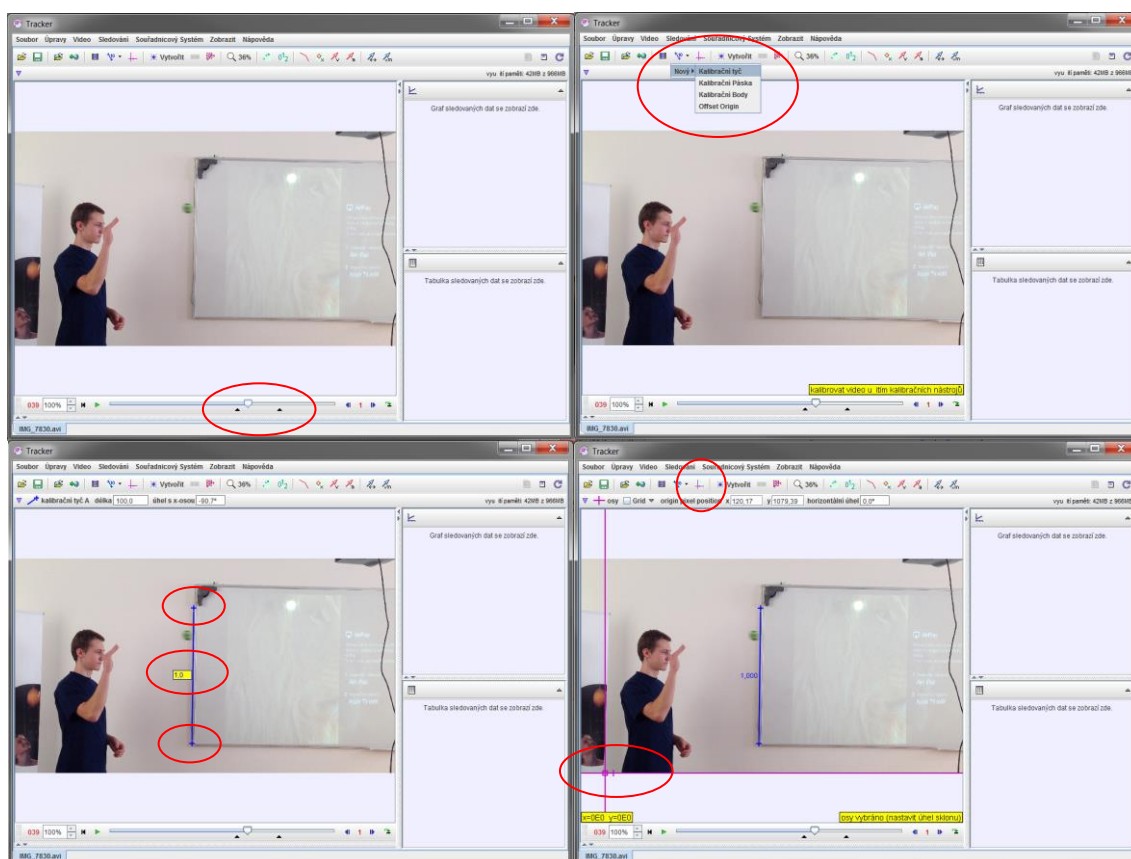
Pro videoanalýzu je ideální rozlišení 480p, případně 720p. Při větších rozlišeních běží program pomalu, s rozlišeními typu 1080i program zatím není schopen pracovat.

## Úprava videa před videoanalýzou

Pokud chceme video analyzovat, hodí se video před samotnou analýzou zkrátit pouze na danou část, kdy se děje něco zajímavého – padá předmět, sráží se dvě tělesa apod. K tomu je možné využít programy pro úpravu videa jako je Movie Maker pro Windows, případně iMovie pro Mac OS. U pokročilejších programů pro střih videa jako je iMovie, Pinnacle Studio, nebo Adobe Premiere Pro, je taktéž i možnost si video zvětšit, případně vyříznout část obrazu.

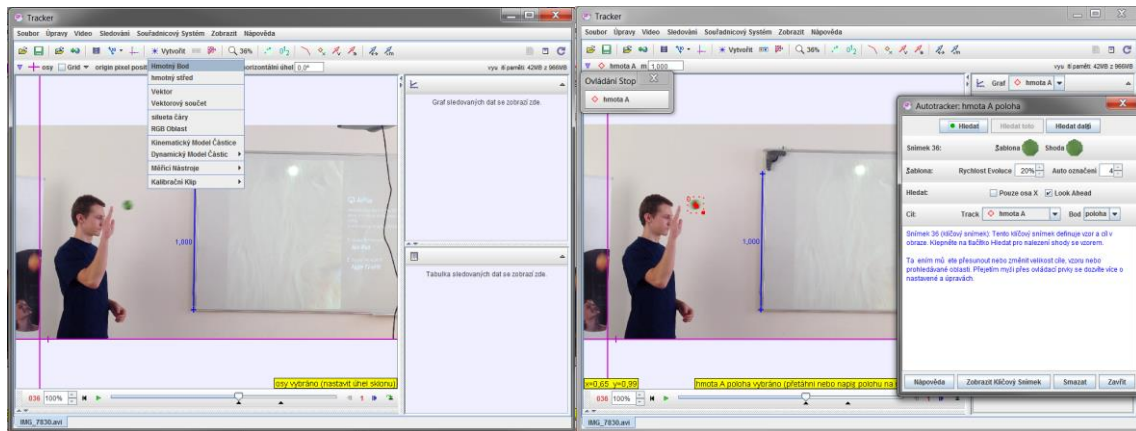
## Videoanalýza

Přetažením videa do programu se video automaticky načte. Následně se zvolí časová oblast videa (viz obr. 4a) a poté základní parametry pro videoanalýzu – škála a souřadnicové osy (obr. 4b,c,d).



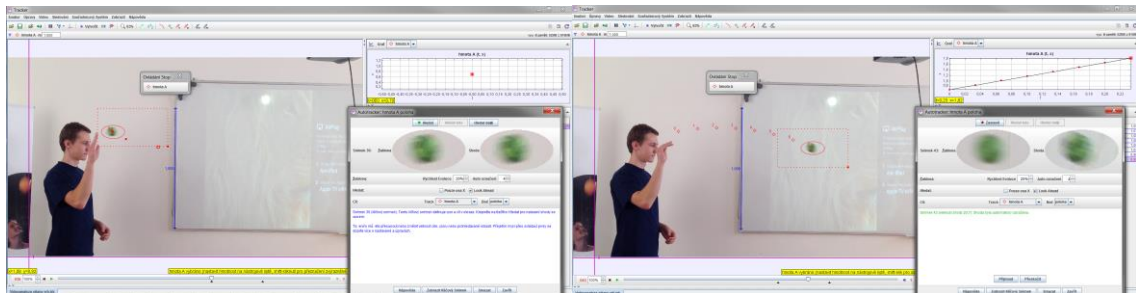
Obr 4: a) Vlevo nahoře – nastavení časové oblasti pro zkoumání pomocí černých šipek.  
b) Vpravo nahoře – vložení kalibrační tyče pro určování rozměrů na video  
c) Vlevo dole - Nastavení délky kalibrační tyče pomocí koncových křížků a zadání hodnoty délky  
d) Vpravo dole - Nastavení počátku souřadnicových os

Nyní potřebujeme definovat hmotný bod, který budeme sledovat (viz obr. 5a) a následně pomocí klávesové zkratky CTRL+SHIFT+kliknutí myši otevřít nabídku Autotracking – automatického sledování bodu (viz. obr. 5b)



Obr. 5: a) Vlevo - vložení hmotného bodu, b) vpravo – zobrazení nabídky automatického sledování bodu

Pro Autotracking je potřeba definovat oblast hmotného bodu, který sleduje s kouskem jeho okolí + oblast kde se má hledat bod na dalším snímku (viz obr. 6a). Po kliknutí na tlačítko Hledat, začne probíhat samotná videoanalýza, během níž se už automaticky vytváří graf pohybu v levém horním rohu programu (viz obr. 6b).



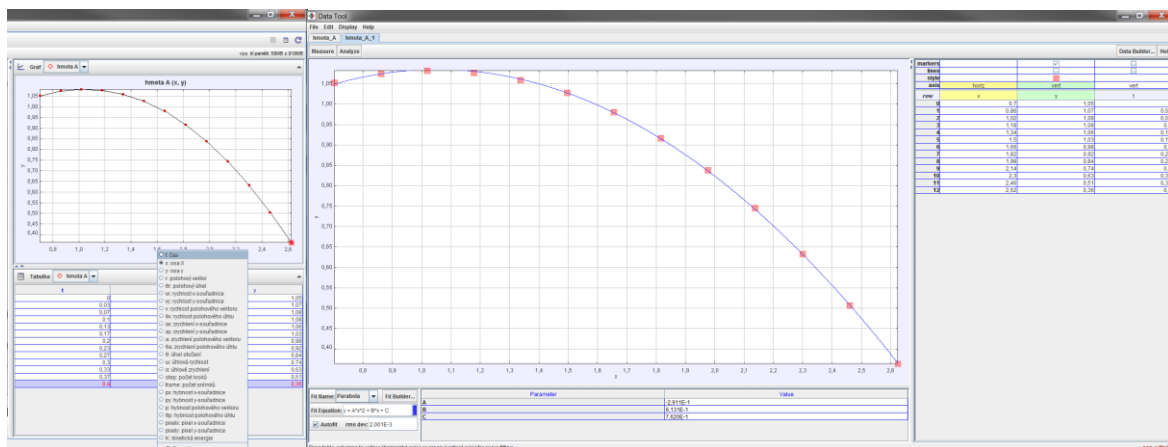
Obr. 6: a) Vlevo – definování oblasti hmotného bodu pro sledování. V pravé části obrázku Autotracking zobrazuje, jaký objekt se bude hledat. Čtverečkováný obdélník, udává, kde se přibližně bude nacházet objekt na dalším snímku.

b) Vpravo – Automatické sledování během pohybu, při každém snímku se porovnává nalezená oblast hmotného bodu s původním vzorem, obdélníková oblast hledání se s každým snímek automaticky posunuje.

Zajímá-li nás pouze tvar křivky, po které se daný objekt pohyboval, stačí na vytvořeném grafu v levém horním rohu změnit hodnoty parametrů na  $x$  a  $y$  (viz obr. 7a). Pokud by bylo potřeba, je možné zobrazit 3 různé grafy současně pod sebou – hodí pro zkoumání zrychlených pohybů, kdy je potřeba vidět graf polohy, rychlosti a zrychlení.

Pokud by bylo potřeba provést detailnější analýzu, stačí na graf poklepat myší a zobrazí se nástroj pro měření a analýzu. Zde je možné např. určit uraženou dráhu z grafu rychlosti, nebo proložit trajektorii zvolenou křivkou – v našem případě parabolou (viz obr. 7b).

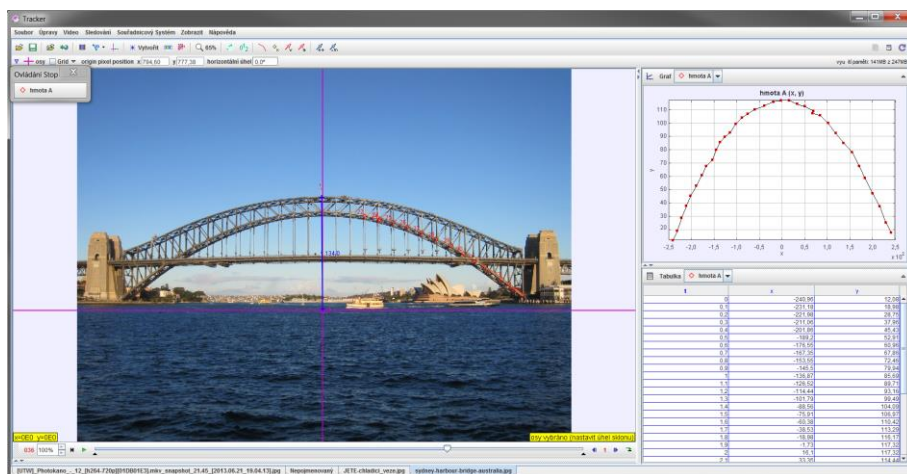




Obr. 7: a) Vlevo – změna parametru grafu, b) Vpravo – analýza pohybu – jak je vidět naměřené hodnoty dobře odpovídají předpisu paraboly

### Analýza z fotografií

Zajímavou možností analýzy je možnost zkoumat rozměry a křivky na fotografiích. Z pohledu matematiky je např. zajímavé se podívat na tvary mostů (viz obr. 8), případně jakýchkoliv dalších zajímavých Architektonických tvarů.



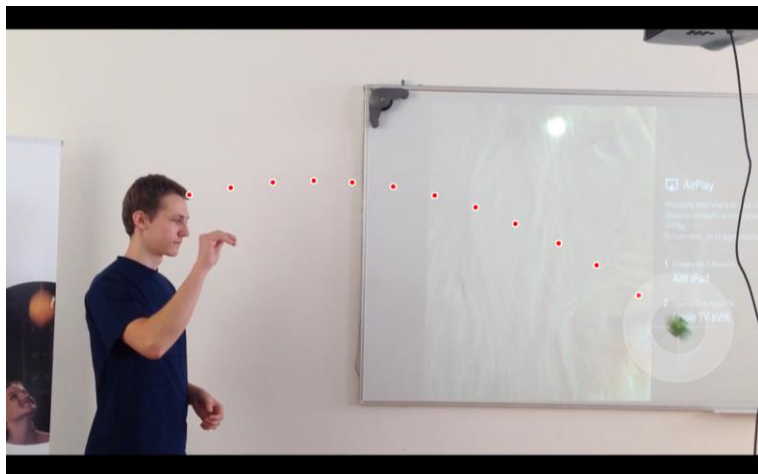
Obr. 8: Analýza fotografie mostu Sydney Harbour Bridge. Pomocí hmotného bodu se vykreslí tvar křivky, který je následně možno proložit kvadratickou funkcí.

### Další možnosti programu Tracker

Program Tracker z hlediska videoanalýzy nabízí i řadu dalších možností, které ale už jsou mimo rozsah tohoto článku. Případní zájemci se mohou podívat na nápovědu v programu, případně si ji stáhnout on-line [16].

### Videoanalýza ve výuce

Je několik způsobů jak zapojit videoanalýzu do výuky. Ideální je využít laboratorní práce z fyziky, jelikož obvykle trvají 2 vyučovací hodiny. Videoanalýza se dá také ale i ukázat v rámci běžných hodin fyziky při studiu pohybu v kinematice. K tomu se náravně hodí tablet, protože nahrané video je možné analyzovat okamžitě na tabletu (viz obr. 9). Návod na práci s aplikací lze nalézt v [17]



Obr. 9: Videoanalýza na iPadu (iOS) v programu Video Physics. Podrobnější analýza lze následně dělat v aplikaci Graphical, případně v programu LoggerPro

Další zajímavou cestou je i spolupráce s ICT, kdy si žáci v rámci části hodiny fyziky ukáží obecné zásady pro videoanalýzu, v rámci hodiny ICT videa sestříhají a upraví a další hodinu fyziky se provede samotná videoanalýza.

## Náměty do výuky

### Vrhy

Nejnázornější použití videoanalýzy přináší právě vrhy. Je možné nejen sledovat samotnou trajektorii pohybu, ale taktéž i polohu a rychlost v jednotlivých osách  $x$  a  $y$ .

### Náměty na vrhy

Volný pád

Vodorovný vrh

Šikmý vrh

Šikmý vrh s lehkým míčkem – projeví se odporové síly

Hod míče na koš

Hod koulí

### Srážky a pohyb kyvadla

Dalším z fyzikálních námětů je sledování srážek těles. Známe-li hmotnosti srážejících se těles, můžeme je do programu Tracker zadat a následně sledovat jak se mění kinetická energie. Obdobě můžeme sledovat kyvadlo a pozorovat nejen kmitavý pohyb kyvadla, ale taktéž přeměnu kinetické a potenciální energie.

### Fyzika ve sportu

Řadu námětů na videoanalýzu lze nalézt právě ve sportu. Ať už jde o aplikaci vrhů při hodu na koš, nebo zkoumání rychlosti odpalu míčů, videoanalýza právě ten nástroj, který se dá k tomuto skvěle využít. Taktéž se videoanalýza používá i ve zjednodušené podobě při tréninku sportovců, kdy se zaznamená sportovcův výkon a následně se s trenérem

analyzuje. Zajímavým zdrojem inspirace může být prezentace Leopolda Matherlitsch [18], ve které ukazuje použití fyziky ve sportu a využívá v ukázkách i videanalýzu pohybu.

### **Náměty pro sport**

Hod míče na koš

Hod koulí

Pohyb míče při volejbale – podání, odpal, trajektorie

Pohyb míče při fotbale – výkop, přihrávka sledovaná shora, Magnusův jev – zakřivení střel ve fotbale

Pohyb jednotlivých hráčů ve fotbale

Pohyb míčku ve florbalu

Pohyb hráčů ve florbalu

Skok přes kozu

Skok přes švédskou bednu

Skok do výšky

Sprint – časový průběh rychlosti během sprintu,

Trajektorie lyžaře na svahu

Rychlost lyžaře na svahu

Rychlost plavce v bazénu pro jednotlivé styly

### **Pokles pěny šumivých nápojů**

Zkoumáme-li ve fyzice na stření škole jak daná veličina závisí na jiné veličině, obvykle se setkáme s lineární závislostí. Závislosti ale mohou probíhat podle jiných funkcí – např. exponenciální a přesně takovým příkladem je i exponenciální pokles pивní pěny [19].

### **Další náměty**

Samozřejmě se najde řada dalších námětů na videoanalýzu, stačí jen být trochu kreativní – dá se pozorovat let ptáků, rychlost slimáka, nebo sledovat pohyb dalších zvířat případně lidí, aut atd. Rozhodně za zmínku stojí taktéž velmi rozsáhlá vědecká práce v oblasti videoanalýzy od A. Hecka [20].

### **Slow motion a časoběrná videa**

Samotnou kapitolou jsou v dnešní době takzvané „Slow Motion“ videa. Tyto videa jsou pořízeny při vyšším počtu snímků za sekundu, a proto se pohyb jeví zpomalený. Řadu videí k tomuto tématu lze nalézt na youtube.com, mezi nejznámější kanály se řadí The Slow Mo Guys [21]. Zajímavostí je, že hlavní aktéři tohoto kanálu dělají nejen zpomalená videa, ale hlavně zpomalené záběry do akčních filmů jako např. Sherlock Holmes [22]. Do zpomalených záběrů už se pustila i řada českých fyzikářů, např. Janek Koupil [23].

Slow motion videa si ale také jednoduše může natočit každý s novějšími telefony jako iPhone 5 a vyšší, Samsung Galaxy 4, LG G Pro 2. Podobných telefonů je samozřejmě více, je rozumné se při nákupu podívat, jestli dané zařízení tento druh záznamu umožňuje.



Na druhé straně lze také na internetu potkat takzvané časosběrné videa, které sledují dané objekty – Mraky, Země po dlouhý čas. Toho se docílí např. fotoaparátem, který co 30s udělá fotografii a tyto fotografie provádí po dobu několika hodin. Velmi zajímavé jsou v tomto pohledu časosběrné videa Země [24].

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Václavu Piskačovi, za možnost zúčastnit se jeho dílny na téma „Videoanalýza s programem TRACKER“, která se uskutečnila v rámci konference „Jak získat žáky pro fyziku?“ ve Vlachovicích na podzim roku 2013. Přestože s videoanalýzou už pár let pracuji, byla to právě tato dílna, která mě přiměla pracovat s videoanalýzou právě v programu Tracker.

Další poděkování patří Leoši Dvořákovi za možnost zúčastnit se „Jarního soustředění pro budoucí učitele fyziky a další spřízněné duše“ [25] na jaře roku 2014, během níž jsem se na videoanalýze aktivně pracoval a vyzkoušel si velkou většinu jejich úskalí.

Poděkování patří i za možnost být součástí grantu SVV 104-09-260098 - Studentský výzkum v oblasti didaktiky fyziky a matematického a počítačového modelování a za možnost ještě hlouběji proniknout do dané problematiky.

Na závěr bych taktéž poděkoval i projektu eVIK - výuka, individualizace, koučing, CZ 1.07/1.1.32/02.0132, který na naší škole - Dvořákovu gymnázium a SOŠE, Kralupy nad Vltavou, probíhá v letech 2013 a 2014. Tento projekt je financován Evropským sociálním fondem a rozpočtem České republiky. Díky tomuto projektu měli naši jedinečnou možnost se s videoanalýzou seznámit v hodinách fyziky a pro mou osobu to byla skvělá příležitost využít videoanalýzu nejen ve výzkumu, ale i pedagogické praxi.



## Literatura

- [1] Aplikace Coach's Eye, dostupná na Obchod Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.techsmith.apps.coachseye.free> [cit. 2015-01-02]
- [2] Aplikace Coach's Eye, dostupná na iTunes <https://itunes.apple.com/us/app/coachs-eye-instant-replay/id472006138?mt=8> [cit. 2015-01-02]
- [3] Aplikace Graphical, dostupná na Obchod Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vernier.android.graphicalanalysis&hl=en> [cit. 2015-01-02]
- [4] Aplikace Graphical, dostupná na iTunes <https://itunes.apple.com/us/app/vernier-graphical-analysis/id522996341?mt=8> [cit. 2015-01-02]
- [5] Aplikace Numbers, dostupná na iTunes <https://itunes.apple.com/us/app/numbers/id361304891?mt=8> [cit. 2015-01-02]
- [6] Aplikace Excel, dostupná na iTunes <https://itunes.apple.com/us/app/microsoft-excel/id586683407?mt=8> [cit. 2015-01-02]

- [7] Aplikace WPS Office, dostupná na Obchod Play  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=cn.wps.moffice\\_eng](https://play.google.com/store/apps/details?id=cn.wps.moffice_eng) [cit. 2015-01-02]
- [8] Aplikace Video Physics, dostupná na iTunes <https://itunes.apple.com/us/app/vernier-video-physics/id389784247?mt=8> [cit. 2015-01-02]
- [9] Aplikace TrackIt!, dostupná na Obchod Play  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fourier.videomotionanalysis&hl=en>  
[cit. 2015-01-02]
- [10] Stránky programu Logger Pro, dostupné on-line na  
<http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/lp> [cit. 2015-01-04]
- [11] Stránky programu Coach 6, dostupné on-line na <http://cma-science.nl/software/index.html> [cit. 2015-01-04]
- [12] Stránky programu Tracker, dostupné on-line na  
<https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/> [cit. 2015-01-04]
- [13] Fotografie kolejí, dostupná on-line na  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feste\\_Fahrbahn\\_FFB%C3%B6gl.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Feste_Fahrbahn_FFB%C3%B6gl.jpg)  
[cit. 2015-01-02]
- [14] Stránky Open Source Physics, dostupné on-line na  
<http://www.opensourcephysics.org/> [cit. 2015-01-02]
- [15] Stránky programu Format Factory, dostupné on-line na  
<http://www.pcfreetime.com/index.html> [cit. 2015-01-02]
- [16] Návod programu Tracker, dostupná on-line na  
[http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/tracker\\_help.pdf](http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/tracker_help.pdf) [cit. 2015-01-04]
- [17] Návod na videoanalýzu v aplikaci Video Physics, dostupné on-line na  
<http://www.vernier.cz/video/videoanalyza-na-tabletu> [cit. 2015-01-02]
- [18] Matherlitsch L.: Prezentace Physics and Sport (anglicky), dostupná on-line  
<http://www.icpe2013.org/presentations/MathelitschLeopold/MathelitschLeopold.pdf>  
[cit. 2015-01-04]
- [19] Videoanalýza poklesu pívňí pěny, dostupná on-line  
<http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=210> [cit. 2015-01-04]
- [20] Heck A.: Perspectives on an Integrated Computer Learning Environment (v angličtině), Duivendrecht, 2012
- [21] Kanál The Slow Mo Guys, dostupný on-line na  
<https://www.youtube.com/user/theslowmoguys> [cit. 2015-01-04]
- [22] Film Sherlock Holmes, informace o filmu dostupné na IMDb  
<http://www.imdb.com/title/tt0988045/> [cit. 2015-01-04]
- [23] J. Koupil: Slow Motion & Physics, available from:  
<http://www.youtube.com/fyzikarjanek> [cite 2013-09-30]
- [24] Časosběrné snímky Země, dostupné on-line na <http://world.time.com/timelapse/>  
[cit. 2015-01-04]
- [25] Stránky Jarního soustředění pro budoucí učitele fyziky a další spřízněné duše,  
dostupné on-line na <http://kdf.mff.cuni.cz/hrastice/pozvanka.php> [cit. 2015-01-04]