

# Virtuální laboratorní cvičení s využitím 3D modelů Corinth

ČENĚK KODEJŠKA – JAKUB ŠANA – ONDŘEJ VALÁŠEK

Gymnázium, SOŠ a VOŠ, Komenského 77, Nový Bydžov

Distanční výuka klade v dnešní době, ovlivněné epidemickou situací a šířením covidu-19, zvýšené nároky na učitele i žáky. Naše práce se zabývá virtuálními experimenty s 3D modely, které nabízí aplikace Corinth 3D [1].

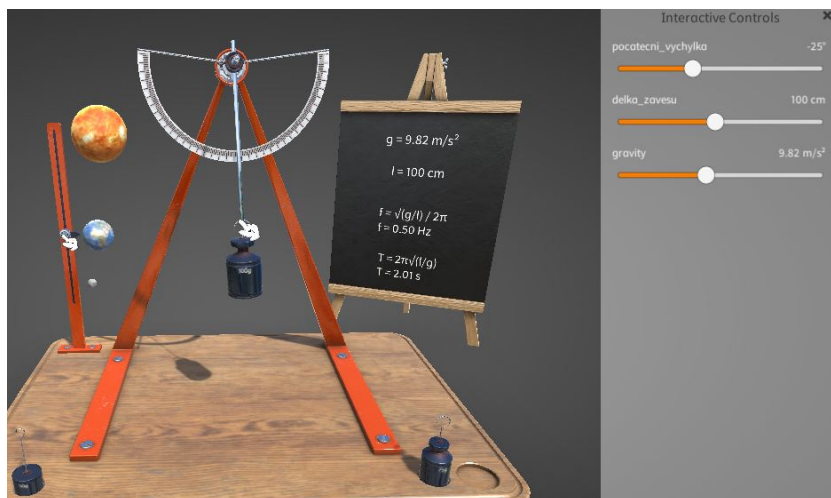
Desktopová verze nabízí přes 1500 modelů z oblasti biologie, fyziky, chemie, matematiky, astrofyziky a dokonce i historie. Fyzikální knihovna čítá na 250 modelů, z nichž některé lze využít k uskutečnění virtuálního laboratorního měření.

Lze také využít online verzi aplikace pojmenovanou Lifeliqe [2], která obsahuje menší počet modelů, který je postupně rozšiřován do plného počtu desktopové aplikace. Funkcionalitou je on-line verze plnohodnotná k desktopové. V obou výše uvedených případech mohou školy po vyplnění online formuláře na webových stránkách [1, 2] získat pro své žáky roční multilicenci, která je omezena pouze počtem školních počítačů, na které lze desktopovou aplikaci nainstalovat. V případě on-line verze lze získat dohodnutý počet licenčních kódů.

Cílem této práce bylo ověřit, zda lze interaktivní 3D modely použít při realizaci virtuální laboratorní práce namísto reálných pomůcek. Jako základní model jsme vyzkoušeli interaktivní kyvadlo (viz obr. 1), u kterého lze měnit nejen délku závěsu a hmotnost závaží, ale i hodnotu gravitačního zrychlení, kterou při reálném žákovském experimentu nelze měnit. Model kyvadla byl zvolen také proto, že je to v současné době zatím jediný interaktivní model, který je zcela hotov.

Mezi další připravované interaktivní modely patří např. model interaktivní pružiny, sériového a paralelního zapojení rezistorů, určení VA charakteristiky elektrolytu, model transformátoru nebo ověření Ohmova zákona. Na jejich přípravě se podílí první autor článku.

Pro doplnění uvedme, že určitou interaktivitu nabízí i některé jiné webové aplikace, např. známé 2D animace RNDr. Vladimíra Vaščka [3] nebo interaktivní simulace PhET z University of Colorado [4].



Obr. 1 Interaktivní kyvadlo Corinth 3D

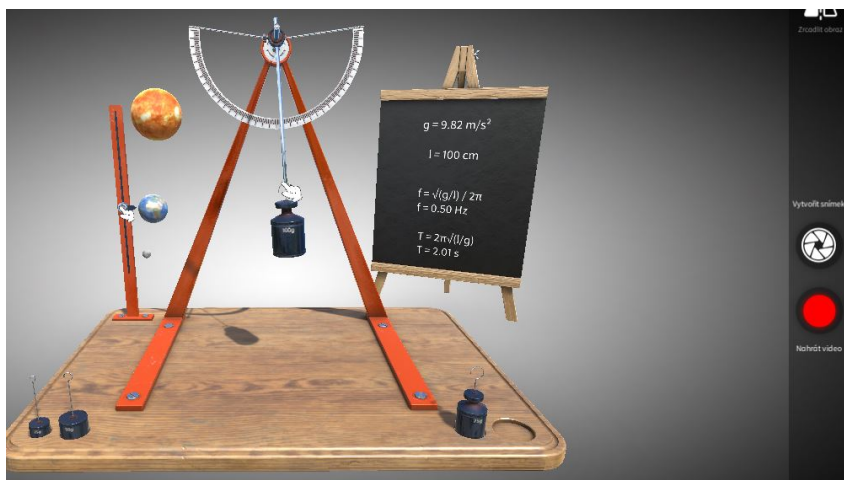
Pro vyhodnocení pohybu kyvadla jsme použili freeware aplikaci Tracker [5], která umožňuje provést detailní video analýzu jakéhokoliv pohybu, včetně sofistikovaného proložení regresní funkce experimentálně naměřenými body [6].

Virtuální laboratorní cvičení bylo realizováno na Gymnáziu, SOŠ a VOŠ v Novém Bydžově se žáky třetího ročníku vyššího gymnázia během distanční výuky v listopadu 2020. Praktické zkušenosti jsou popsány níže v textu.

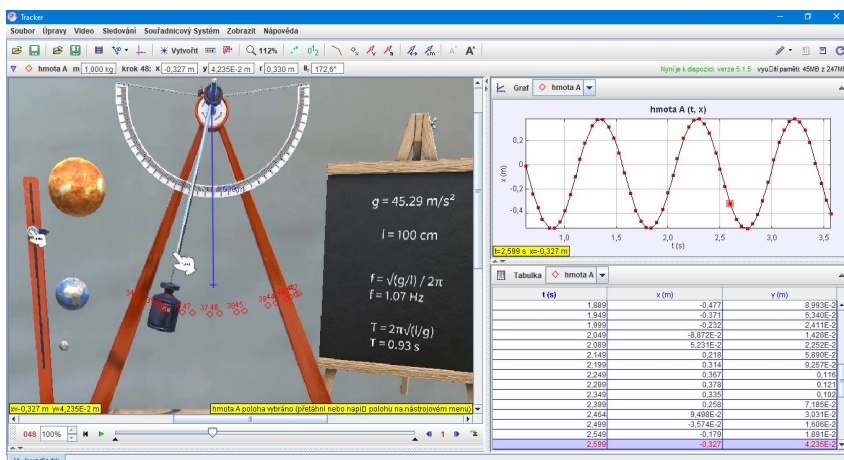
### Ověření závislosti periody na gravitačním zrychlení 3D modelu interaktivního kyvadla

Pomocí rozšířené reality (augmented reality) vytvoříme v programu Corinth u modelu interaktivního kyvadla záznamy o délce cca 10 s asi 10 až 12 videí pohybu kyvadla pro různé hodnoty gravitačního zrychlení v rozmezí  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  až  $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  (viz obr. 2). Délka kyvadla byla nastavena vždy  $L = 1 \text{ m}$ .

Získaná videa ve formátu MP4 postupně podrobíme videoanalýze v programu Tracker, pomocí kterého určíme periodu kmitů pro danou hodnotu gravitačního zrychlení (viz obr. 3). Detailní postup provedení videoanalýzy je uveden např. v [7].



Obr. 2 Rozšířená realita v aplikaci Corinth – záznam videa



Obr. 3 Videoanalýza v programu Tracker

Pro danou hodnotu gravitačního zrychlení byla videoanalýza provedena vždy třikrát. Z těchto hodnot jsme pak vypočetali průměrnou hodnotu periody. Výsledné průměry hodnot period pro danou hodnotu gravitačního zrychlení a délku kyvadla 1 m jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Hodnoty periody  $T$  kyvadla v závislosti na gravitačním zrychlení  $a_g$  při délce kyvadla  $L = 1$  m

č. měření	$a_g/\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	$T/\text{s}$
1	1,32	5,47
2	2,55	3,93
3	3,20	3,54
4	4,37	3,01
5	5,75	2,62
6	9,81	2,01
7	17,63	1,49
8	23,37	1,28
9	45,77	0,93
10	68,95	0,76
11	100,00	0,62

### Zpracování výsledků v MS Excel

Hodnoty z tabulky 1 byly zpracovány do grafu (viz obr. 4). Pomocí spojnice trendu byla určena regresní funkce probíhající naměřenými body.

Z grafu vyplývá, že regresní funkce proložená naměřenými body má vyjádření

$$y = 6,2883 x^{-0,499}, \quad (1)$$

ze kterého lze určit hodnotu exponentu  $n \doteq -0,5$ . Nalezená závislost periody na gravitačním zrychlení je dána tedy jako

$$T \sim \frac{1}{\sqrt{a_g}}.$$

Pokud žáci z předchozího laboratorního cvičení ví, že perioda  $T$  je přímo úměrná druhé odmocnině délky kyvadla  $L$

$$T \sim \sqrt{L},$$

mohou nyní spojit obě nalezené závislosti do jednoho vztahu

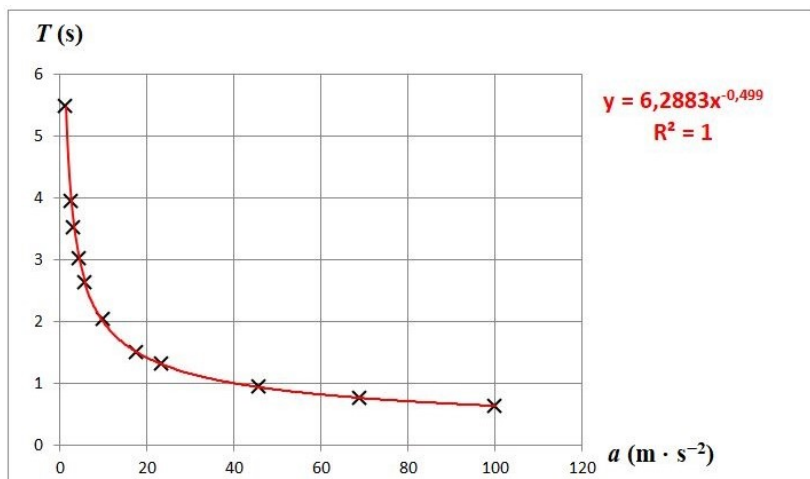
$$T = k\sqrt{\frac{L}{a_g}}, \quad (2)$$

kde  $k$  je konstanta úměrnosti. Pokud zvolíme délku kyvadla  $L = 1$  m, má rovnost (2) tvar

$$T = \frac{k}{\sqrt{a_g}}.$$

Z nalezeného tvaru regresní funkce (1) plyne, že hodnota této konstanty je  $k \doteq 6,29 \doteq 2\pi$ . Pomocí virtuálního interaktivního kyvadla můžeme tedy zcela vyvodit známý vztah pro periodu matematického kyvadla

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{a_g}}.$$



Obr. 4 Graf závislosti periody kyvadla na gravitačním zrychlení

### Praktické zkušenosti s virtuální laboratorní prací

Virtuální laboratorní cvičení bylo zrealizováno ve dvou třídách s paralelní výukou s celkem 40 žáky třetího ročního vyššího gymnázia. Jedna

třída přitom už měla předchozí zkušenosti s videoanalýzou pohybu, druhá nikoliv.

Během vlastní experimentální činnosti žáků učitel nemá příliš možnost sledovat práci žáků, protože každý žák si volil jinou dobu pro provedení experimentu. Ani v případě frontální práce by ale sledování činnosti žáků dle našeho názoru nepřineslo žádné podstatné informace.

Při realizaci této virtuální laboratorní práce je také třeba vzít v úvahu větší časovou náročnost. Žáci, kteří měli již zkušenosti z jiných cvičení s videoanalýzou v programu Tracker, zvládli tuto laboratorní práci vypracovat přibližně za 2 až 3 hodiny včetně vyhotovení protokolu. Ti, kteří se teprve s videoanalýzou seznamovali dle návodného videa, uváděli čas vypracování 6 až 10 hodin, přičemž velký význam hrála také kvalita videí se záznamy pohybů kyvadla. Čím nižší rozlišení videa, tím horší byla dle slov žáků videoanalýza pohybu kyvadla. Někdy museli videoanalýzu se stejným kyvadlem provádět opakovaně, protože bylo obtížné správně definovat obrazový pixel, který sleduje při pohybu program Tracker. Je tedy vhodnější zadat tuto práci např. v rámci projektového dne nebo týdne, aby žáci měli dostatek času na vypracování a případné řešení problémů. Při běžné výuce lze snížit počet videosouborů, které podrobujeme videoanalýze, na polovinu, a tím zajistit zvládnutí laboratorní práce během obvyklých dvou vyučovacích hodin.

V mezipředmětových vztazích lze z pohledu IVT využít videoanalýzu v učivu o analytických aplikacích pro zpracování dat nebo při práci s programy pro zpracování a úpravu videí a jejich export do různých formátů a rozlišení.

## **Závěr**

V naší práci jsme se zabývali realizací virtuální laboratorní práce s využitím interaktivního modelu kyvadla v programu Corinth 3D.

Provedená videoanalýza v programu Tracker ukázala, že interaktivní model kyvadla není jen 3D modelem, který má u žáků vyvolat „wow“ efekt, ale že může téměř plnohodnotně nahradit reálné kyvadlo. Hlavní výhodou modelu kyvadla je navíc možnost změny gravitačního zrychlení, kterou reálný experiment nabídnout nemůže.

Reálný experiment s reálnými pomůckami však zůstává při prezenční i dálkové výuce nezastupitelný, protože umožňuje pozorovat i odchylky měřené veličiny způsobené různými faktory a nutí žáky k většímu zamyšlení nad pozorovanými jevy než velmi přesná simulace.

Závěrem lze konstatovat, že za předpokladu předchozí důkladné přípravy, zahrnující zejména znalosti video analýzy v programu Tracker, lze interaktivní 3D modely Corinth využít při realizaci virtuální laboratorní práce nebo projektového dne. Tyto aktivity mohou v době distanční výuky částečně nahradit reálné experimenty prováděné v rámci prezenčních laboratorních cvičení s reálnými pomůckami. Při běžné výuce pak mohou být pro žáky zajímavým zpestřením či motivačním prvkem při studiu fyziky.

## Literatura

- [1] Corinth 3D [online]. Dostupné z <https://www.corinth3d.com>.
- [2] Lifeliqe [online]. Dostupné z: <https://online.lifeliqe.com>.
- [3] RNDr. Vladimír Vaščák, osobní stránky učitele z Moravy [online]. Dostupné z: <https://www.vascak.cz>.
- [4] PhET Interactive Simulations, University of Colorado [online]. Dostupné z: <https://phet.colorado.edu>.
- [5] Tracker – Video Analysis and Modeling Tool [online]. Dostupné z <https://physlets.org/tracker>.
- [6] *Kodejška et al.*: Buquoy's problem in an introductory physics course. J. Phys.: Conf. Ser, roč. 1512 (2020), 012003 [online]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1512/1/012003/>.
- [7] *Kodejška, Č.*: Video analýza v programu Tracker [online]. Dostupné z: [http://www.matfyz.eu/dokumenty/laborky/videoanaliza/tracker\\_videoanaliza.mp4](http://www.matfyz.eu/dokumenty/laborky/videoanaliza/tracker_videoanaliza.mp4).