SCLPX – 07 – 2R – Ověření vztahu pro periodu kyvadla

Klasické provedení a didaktické aspekty pokusu

U kyvadla, jakožto dalšího typu mechanického oscilátoru, platí obdobně vše, co bylo řečeno v předchozích experimentech SCLPX-7 a SCLPX-8.

V současném pojetí se od kyvadla jako modelu mechanického oscilátoru upouští, protože pro žáky je obtížné charakterizovat nejen jeho parametry, ale při výkladu elektromagnetického oscilátoru hledáme jen těžko analogii s délkou kyvadla. Z didaktického pohledu je tedy výhodnější pracovat s pružinovým oscilátorem, který má 2 parametry stejně jako oscilátor elektromagnetický, viz [31], str. 237.

Nicméně pro jeho jednoduchost stále zůstává oblíbenou pomůckou učitelů fyziky a ani my nejsme v tomto směru výjimkou.

U kyvadla je dále nutné studentům vysvětlit, že teoreticky odvozený vztah pro periodu kyvadla

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{9}$$

platí pouze pro malou výchylku, řádově do 5°, viz [35], str. 590, protože pak se již významným parametrem stává velikost úhlové výchylky.

Žákům je také třeba vysvětlit pojem *matematického* kyvadla jako hmotného bodu o hmotnosti *m* zavěšeného na nehmotném vlákně délky *l* a *fyzického* kyvadla jako tuhého tělesa, u kterého se již projevuje moment setrvačnosti ovlivňující velikost periody.

Studenti si většinou neuvědomí souvislost pohybu kyvadla s volným pádem, takže často za parametr ovlivňující periodu kmitů považují hmotnost závaží a jsou poměrně značně překvapení, že kyvadlo při stejné délce závěsu kývá s různě těžkým závažím se stejnou periodou. I zde můžeme na začátku výkladové hodiny vznést problémovou otázku, která pojímá všechny výše uvedené skutečnosti a jednoduchým experimentem uvést vše na správnou míru.

Ověření vztahu pro periodu kyvadla klasickým způsobem je dostatečně dobře popsáno v [27], str. 119, takže se jím zde nebudeme podrobněji zabývat.

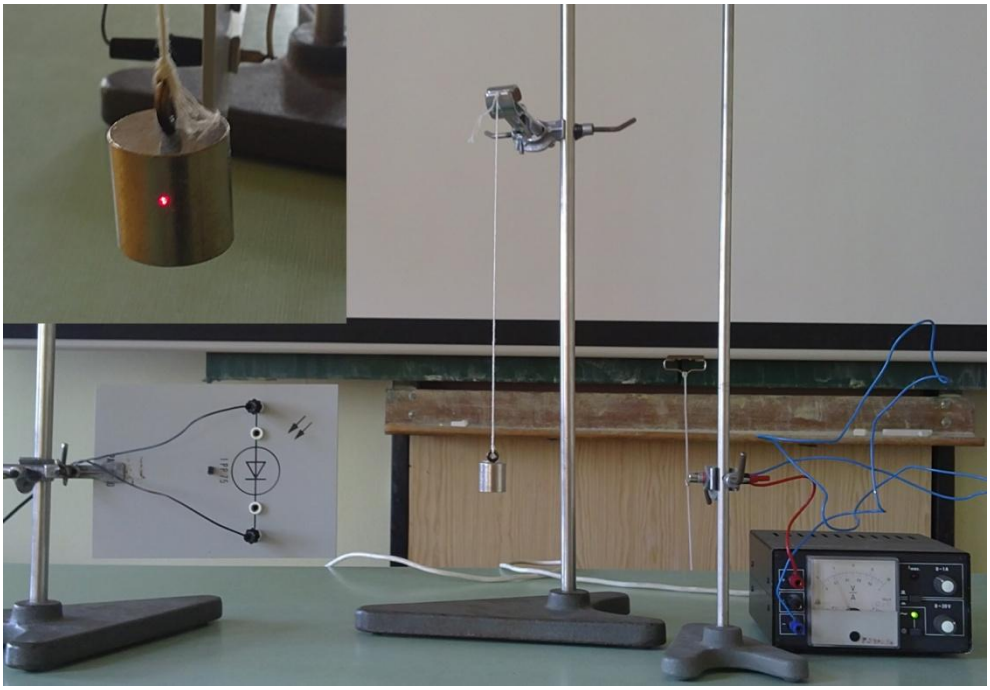
RNDr. Čeněk Kodejška
kodejska@gnb.cz
www.sclpx.eu

SCLPX – 07 – 2R – Ověření vztahu pro periodu kyvadla

SCLPX – 09

Pomůcky: zvuková karta, laserové ukazovátko, kovový váleček, provázek nebo pevná nit, laboratorní stojan.

Postup práce: uspořádání experimentu vidíme na následujícím obr. 38 s detailním pohledem na zaměření laserového paprsku na střed válečku.



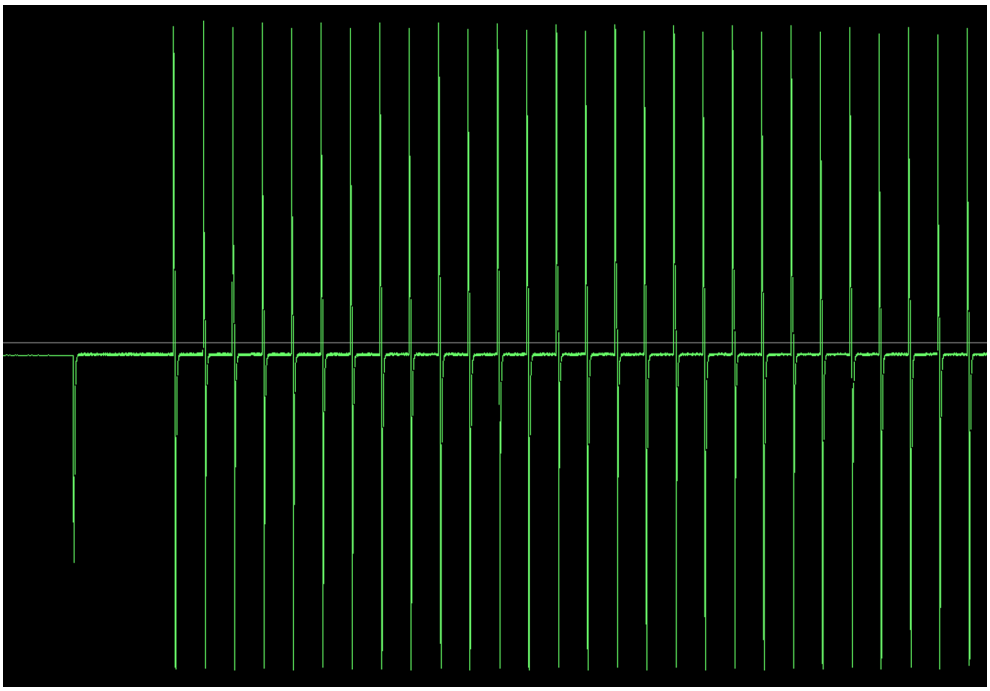
Obr. 38 Model matematického kyvadla s detailem zaměření laserového paprsku

Po spuštění programu Free Audio Editor vychýlíme kyvadlo z rovnovážné polohy o malý úhel a necháme volně kmitat. Kyvadlo přerušující laserový paprsek vytváří opět charakteristický záznam signálu, viz obr. 39, ze kterého můžeme odečíst periodu.

RNDr. Čeněk Kodejška
kodejska@gnb.cz
www.sclpx.eu

SCLPX – 07 – 2R – Ověření vztahu pro periodu kyvadla

Náhled signálu:



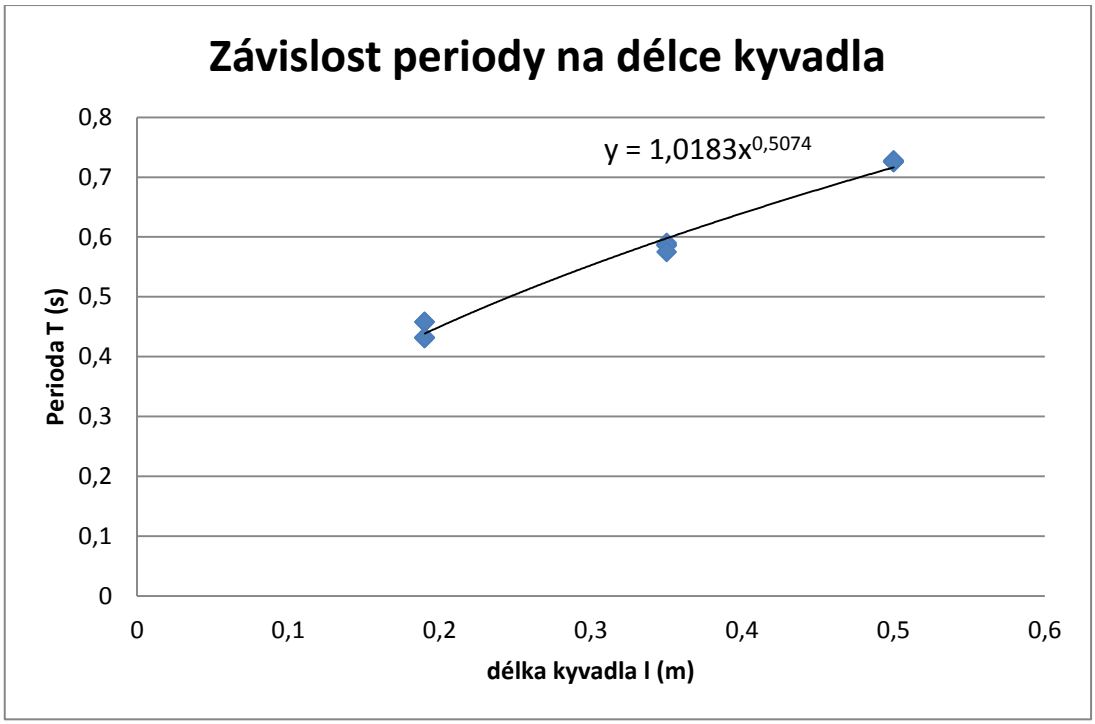
Obr. 39 Záznam signálu při experimentu s kyvadlem

Tabulka 5 udává naměřené hodnoty periody při různých délkách. Pokud tyto hodnoty vyneseme do grafu, viz obr. 40, lze danými body proložit regresní křivku, a z ní odhadnout závislost periody na délce kyvadla ve tvaru $T \approx \sqrt{l}$.

Tabulka 5 – Měření periody kyvadla

č. měř.	*l* (m)	*T* (s)
1	0,19	0,458
2	0,19	0,458
3	0,19	0,431
4	0,19	0,432
5	0,19	0,432
6	0,35	0,590
7	0,35	0,586
8	0,35	0,587
9	0,35	0,586
10	0,35	0,575
11	0,50	0,725
12	0,50	0,728
13	0,50	0,726
14	0,50	0,727
15	0,50	0,726

RNDr. Čeněk Kodejška
kodejska@gnb.cz
www.sclpx.eu



Obr. 40 Grafická závislost periody kyvadla na jeho délce

Pokud v MS Excelu zvolíme typ regresní křivky jako mocninný, tak vidíme, že koeficient *a* nabývá přibližně hodnoty 1 a parametr *n* je přibližně roven hodnotě 0,5.

Didaktické poznámky: z pohledu předchozího grafu, když se studenti snaží v programu MS Excel určit typ regresní křivky, můžeme studenty motivovat k odhalení správné závislosti otázkou, jakým způsobem rozlišíme, zda se jedná o závislost lineární nebo mocninnou. Chytří studenti by měli přijít na to, že stačí provést ještě další sadu pokusů pro délku kyvadla v rozmezí 0,05 až 0,1 m nebo odhalí, že pokud by se jednalo o lineární závislost, existovalo by kyvadlo s nulovou délkou závěsu a nenulovou hodnotou periody, což není možné.

V případě použití soupravy Vernier je určitě pro studenty velmi pohodlné, že program přímo vypočítá z naměřených pulzů hodnotu periody a vykreslí i konstantní funkci. Z didaktického hlediska se ale domníváme, že toto zautomatizované měření vyznívá spíše v neprospěch celé věci, protože se studenti nenaučí odečítat hodnoty z vykresleného grafu.

SCLPX – 07 – 2R – Ověření vztahu pro periodu kyvadla

Srovnání se soupravou ISES a klasickou metodou

Klasická metoda poskytuje určitě méně přesné měření času než námi navržená alternativa. Jinak je použití obou metod obdobné a není mezi nimi významnější rozdíl.

V případě použití systému ISES jsme opět odkázání na použití několika modulů, bez kterých nelze měření zrealizovat. I v tomto případě platí, jak již bylo uvedeno výše, že výhodou ISESu je přímá demonstrace sinusového průběhu výchylky na čase.

Zařazení experimentu do výuky

Experiment lze kvalitativně poměrně dobře zvládnout i ve výkladové hodině, i když i zde musíme mocninnou závislost odvodit z pohybových rovnic.

V rámci laboratorních cvičení se můžeme rozboru závislosti periody kyvadla na délce závěsu a hmotnosti kuličky věnovat podrobněji a tím lze pokus zařadit do skupiny heuristických nebo opakujících a prohlubujících experimentů.