

SCLPX – 12 – R1 – Vodorovný vrh

Pro demonstraci zákonitostí vodorovného vrhu můžeme vyjít z předchozího experimentu SCLPX – 11 – 1R. Zaměříme se na porovnání hodnot vypočítaných podle vztahu (5) s experimentálně naměřenou hodnotou, přičemž rychlost v_0 určíme stejným způsobem, viz předchozí experiment SCLPX – 11 – 1R.

Druhým měřením může být ověření vztahu pro dobu pohybu tělesa při vodorovném vrhu, která je dána následujícím vzorcem [26], str. 154.

$$t_d = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (7)$$

Pomůcky: zvuková karta, laserové ukazovátko, laboratorní stojan, provázek, dva identické kovové válečky nebo kuličky, fotografická miska, mouka, mikrofon.

Postup práce: pokus uspořádáme podle situace na obr. 30. Počáteční rychlost válečku nebo kuličky, která stojí na kraji stolu, udělíme pomocí kyvadla. Fotografickou misku, jejíž dno posypeme moukou, umístíme na zem v místě předpokládaného dopadu válečku (před samotným provedením pokusu několikrát vyzkoušíme místo dopadu). Váleček, který koná vodorovný vrh, umístíme do takové vzdálenosti od válečku tvořícího kyvadlo, aby ke vzájemnému nárazu došlo v okamžiku, kdy celý váleček zavěšený na provázku projde optickou závorou. Mikrofon zapojíme do série s fotodiodou, protože potřebujeme současně měřit signál z optické závory i mikrofonu, kterým zaznamenáme okamžik nárazu jednoho válečku do druhého a vzápětí dopad druhého válečku do misky s moukou.

Spustíme program Free Audio Editor, vychýlíme kyvadlo do libovolné výšky h a pustíme. Kyvadlo narazí do druhého válečku, kterému předá v ideálním případě veškerou svoji kinetickou energii, a udělí druhému válečku počáteční rychlost v_0 . Ten po vykonaném vodorovném vrhu dopadne ve vzdálenosti d od hrany stolu do misky s moukou (my jsme použili mletou kávu), viz obr. 31.

Po dopadu válečku změříme vzdálenost středu stopy od okraje stolu (třetí sloupec v tabulce 3) a porovnáme ji s hodnotou získanou výpočtem (druhý sloupec v tabulce 3) ze vztahu (5).

Počáteční rychlost $v_0 = v_{\max}$ určíme z doby průchodu válečku kyvadla optickou závorou (pátý sloupec v tabulce 3). Za předpokladu platnosti zákona zachování hybnosti musí mít váleček konající vodorovný vrh po nárazu stejnou rychlost jako váleček kyvadla. Průměr použitého válečku byl $s = 2$ cm.

SCLPX – 12 – R1 – Vodorovný vrh

Náhled signálu:

Náhled signálu zaznamenaného při experimentu vidíme na obr. 32.

Tabulka 3 udává srovnání teoretických a experimentálních hodnot při provedení tohoto experimentu pro jednotnou výšku tělesa nad zemí $h = 1,03$ m a $g = 9,81$ m·s⁻².

Tabulka 3 – Vodorovný vrh

Č. měř.	d (m) teoret. dle (5)	d (m) exper.	Δt_1 (s) optická z.	exp. v_0 (m·s ⁻¹)	t_d (s) dle (7)	t_d (s) exp. mikrofon
1	0,417	0,410	0,220	0,91	0,458	0,465
2	0,655	0,655	0,014	1,43	0,458	0,464
3	0,541	0,430	0,017	1,18	0,458	0,468
4	0,481	0,520	0,019	1,05	0,458	0,471
5	0,609	0,505	0,015	1,33	0,458	0,467

Srovnáme-li průměrnou hodnotu délky dopadu určenou z teoretických výpočtů ($\bar{d} = 0,541$ m) s průměrnou hodnotou vycházející z experimentu ($\bar{d} = 0,504$ m), vidíme, že experimentálně naměřená hodnota celkem dobře odpovídá teoretické předpovědi.

Didaktické poznámky: zařadíme-li tuto úlohu v rámci laboratorních prací, vyzveme studenty ke zdůvodnění rozdílu obou hodnot a dobří studenti si určitě povšimnou, že ve většině případů je teoretická hodnota vždy větší než experimentálně naměřená. Ostatní poznámky plynou již z předchozího experimentu 4.5, takže je zde nebudeme znovu uvádět.

Srovnání se soupravou ISES a klasickou metodou

Klasická metoda s vodním paprskem se jako kvalitativní pokus určitě osvědčí lépe ve výkladové hodině, neboť žák může přímo pozorovat parabolickou trajektorii. Pokud ovšem chceme experiment kvantifikovat, musíme využít systém ISES nebo námi navržené alternativní ověření vztahů pro vodorovný vrh. Jen těžko si dokážeme představit, jak v rámci laboratorních prací několik skupin studentů pracuje soustředěně s vodním paprskem, aniž by hodina nesklouzla k narušení kázně. Proto je v tomto případě výhodnější použít počítačem vyhodnocený experiment.

Ačkoliv nemůžeme z již výše uvedených důvodů porovnat měření systémem ISES s měřením na zvukové kartě, předpokládáme, že jeho použití by přineslo obdobné výsledky.

SCLPX – 12 – R1 – Vodorovný vrh

Výhodou našeho experimentu stále zůstává snadná proveditelnost a možnost rozdělit třídu na velice malé skupiny čítající maximálně dva až tři žáky. Problémem škol totiž stále zůstává nízký počet pracovišť vybavených systémem ISES díky poměrně vysokým pořizovacím nákladům na vybavení jednoho pracoviště.

Zařazení experimentu ve výuce

Experiment lze zařadit v rámci laboratorních prací jako opakující pokus.