

Určení tíhového zrychlení z periody kmitu matematického kyvadla

Vítězslav Nečas

Výstup RVP: žák měří vybrané veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření, získá hodnotu tíhového zrychlení

Klíčová slova: perioda kmitu, tíhové zrychlení, kyvadlo, matematické kyvadlo

Laboratorní práce

Doba na přípravu:

5 min

Doba na provedení:

90 min

Obtížnost:

střední

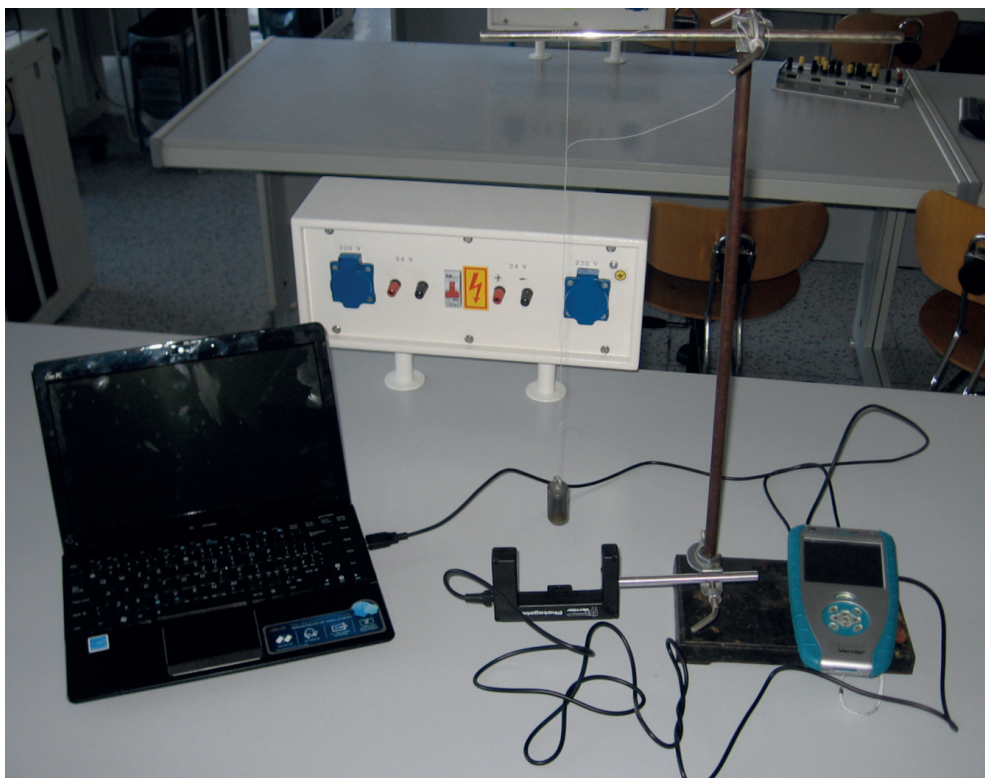
- Úkol**
- 1) Experimentálně ukažte, že perioda kmitu matematického kyvadla nezávisí na hmotnosti závaží.
 - 2) Určete tíhové zrychlení z periody kmitu matematického kyvadla pro dvě různé délky závěsu. Srovnajte s tabulkovou hodnotou.

Pomůcky Stojan, provázek, závaží 100 g a 200 g, délkové měřidlo, Vernier – modul optická závora (Photogate), LabQuest, počítač s programem Logger Pro.

Teoretický úvod Pro periodu kmitu matematického kyvadla platí vztah

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}},$$

kde l je délka závěsu, g je tíhové zrychlení. Perioda kmitu nezávisí na hmotnosti závaží. Pokud se podaří změřit periodu kmitu matematického kyvadla, snadno vyjádřením g z výše uvedeného vztahu a dosazením naměřených hodnot získáme hodnotu tíhového zrychlení pro dané místo.



Vypracování Umístíme optickou závoru do stojanu, nad ni přivážeme provázek se závažím tak, aby závaží při kmitání zastíňovalo paprsek závory (viz obrázek).

Určení tíhového zrychlení z periody kmitu matematického kyvadla

Optickou závoru připojíme k LabQuestu do vstupu DIG 1, LabQuest do počítače pomocí USB kabelu. Otevřeme program Logger Pro.

V programu Logger Pro nás bude zajímat pouze tabulka, grafy můžeme odstranit. Provedeme nastavení doby měření – **Experiment** → **Sběr dat** → **Délka měření** – a zvolíme 30 sekund. Pro nastavení můžeme použít také klávesovou zkratku Ctrl+D. Uvedeme kyvadlo do pohybu a spustíme měření.

Získáme tabulku s analogickými hodnotami jako v tabulce níže.

Číslice **1** ve sloupci GateState znamená, že závora byla blokována (v případě měření s LabQuestem označení *blocked*), číslice **0** znamená odblokování optické závory (*unblocked*). V prvním sloupci pak bude čas, kdy k blokování/odblokování závory došlo.

Poslední měření					
	čas (s)	GateState	d (m)	Velocity (m/s)	acc (m/s ²)
1	4,152806	0	0,000		
2	4,727373	1			
3	4,744470	0	0,050	0,074	-0,04
4	5,578888	1			
5	5,596601	0	0,100	0,073	0,03
6	6,178047	1			
7	6,195045	0	0,150	0,073	-0,03
8	7,022026	1			
9	7,040381	0	0,200	0,073	0,03
10	7,626014	1			
11	7,644243	0	0,250	0,073	-0,03
12	8,468525	1			
13	8,486500	0	0,300	0,073	0,03
14	9,071319	1			
15	9,089028	0	0,350	0,073	-0,03
16	9,915655	1			
17	9,932030	0	0,400	0,074	0,03
18	10,513415	1			
19	10,529975	0	0,450	0,073	-0,03
20	11,360877	1			

V naší tabulce tedy 2. hodnota (4,727373 s) odpovídá prvnímu průchodu provázku přes závoru. Rozdíl času ve 4. řádku a času ve 2. řádku pak odpovídá době jednoho kyvu (5,578888 – 4,727373). Rozdíl času v 6. řádku a času ve 2. řádku pak odpovídá době jedné periody (doba kmitu). Pro větší přesnost určíme z tabulky dobu deseti kmitů (rozdíl času ve 42. řádku a 2. řádku) a vydělíme deseti. Doba kmitu tak určíme s maximální přesností.

Měření provedeme nejprve jednou se závažím menší hmotnosti, jednou s dvojnásobnou hmotností. Hodnotu periody porovnáme a vyslovíme závěr.

Dále provedeme měření při jedné hmotnosti závaží, jednou pro kratší závěs, jednou pro delší. Z naměřené periody kmitu vypočteme tíhové zrychlení g dle vztahu:

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$$

Komentujte závislost periody na délce závěsu.

Určení tíhového zrychlení z periody kmitu matematického kyvadla

Vítězslav Nečas

Výsledky ad 1)

a výpočty $m_1 = 100 \text{ g}$, $T_1 = 1,377 \text{ s}$

$m_2 = 200 \text{ g}$, $T_2 = 1,377 \text{ s}$

ad 2)

$l_1 = 0,47 \text{ m}$, $T_1 = 1,377 \text{ s}$, $g_1 = 9,78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

$l_2 = 0,30 \text{ m}$, $T_2 = 1,097 \text{ s}$, $g_2 = 9,83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Druhá (jednodušší, avšak méně didaktická) možnost způsobu určení periody je, že provedeme následující nastavení:

Experiment → **Nastavení senzorů** – tlačítkem *DiG/Sonic1* vybereme volbu aktuální kalibrace *Pendulum Timing*. Dostaneme tak přímo tabulku, kde hodnotu periody pouze přečteme:

Poslední měření			
	čas (s)	GateState	Period (s)
1	0,708886	1	
2	0,794555	0	
3	1,162868	1	
4	1,248340	0	
5	2,086700	1	1,377814
6	2,172681	0	
7	2,540109	1	
8	2,625841	0	
9	3,464468	1	1,377768
10	3,550649	0	
11	3,917279	1	
12	4,003266	0	
13	4,842256	1	1,377788
14	4,928687	0	
15	5,294438	1	
16	5,380662	0	
17	6,220026	1	1,377770
18	6,306688	0	
19	6,671678	1	
20	6,758115	0	

Hlavní nepřesnosti se dopouštíme při měření délky závěsu (nejde o hmotný bod na nehmotném závěsu). Je třeba studenty upozornit na tuto nepřesnost a současně zdůraznit, že l není délka provázku, ale vzdálenost od bodu závěsu po těžiště zavěšeného tělesa.

Tímto měřením lze dosáhnout velmi přesných hodnot tíhového zrychlení.