

Blackburnovo kyvadlo

David Štok, Jiří Viták, Tomáš Záhorák

Obsah

- Úvod do jevu
- Matematický aparát
- Náš experiment
 - konstrukce
 - provedení
- Využití

Úvod

- Jev: Lissajousovy obrazce
- Rovinné křivky vznikají skládáním dvou harmonických pohybů ve dvou navzájem kolmých přímkách
- Tvar křivek je jednoznačně zadán poměrem uhlových frekvencí a velikostí počáteční fáze φ
- Křivky mohou být uzavřené i otevřené

Matematický aparát

- Analytické vyjádření složených kmitů lze zapsat pomocí parametrických rovnic, pokud kmity v jednom směru ztotožníme s osou x a v druhém s osou y:

$$x = A_1 \sin(\omega_1 t) \qquad y = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi)$$

A_1 - amplituda kmitů ve směru osy x

A_2 - amplituda kmitů ve směru osy y

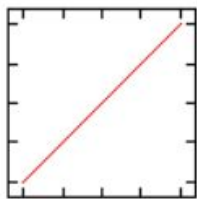
ω_1 - úhlová frekvence kmitů v ose x

ω_2 - úhlová frekvence kmitů v ose y

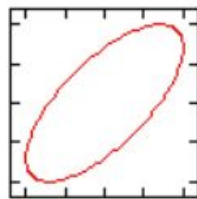
φ - fáze

Matematický aparát

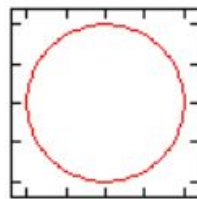
- Amplitudy určují hranice rozsahu křivek. Obrázec bude vždy vepsán do obdélníku o stranách $2A_1$ a $2A_2$
- Velikosti úhlových frekvencí nejsou pro obrázec podstatné, důležitý je jejich vzájemný poměr. Pokud je poměr racionální číslo, budou křivky uzavřené, jinak jsou otevřené.
- Fázový posun křivky “natáčí”. Jeho význam je zřejmý už při těch nejjednodušších situacích, kde $A_1 = A_2$ a poměr frekvencí je roven 1



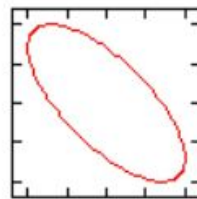
$$\varphi = 0$$



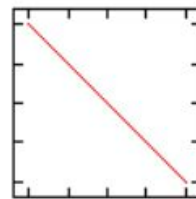
$$\varphi = \pi/4$$



$$\varphi = \pi/2$$

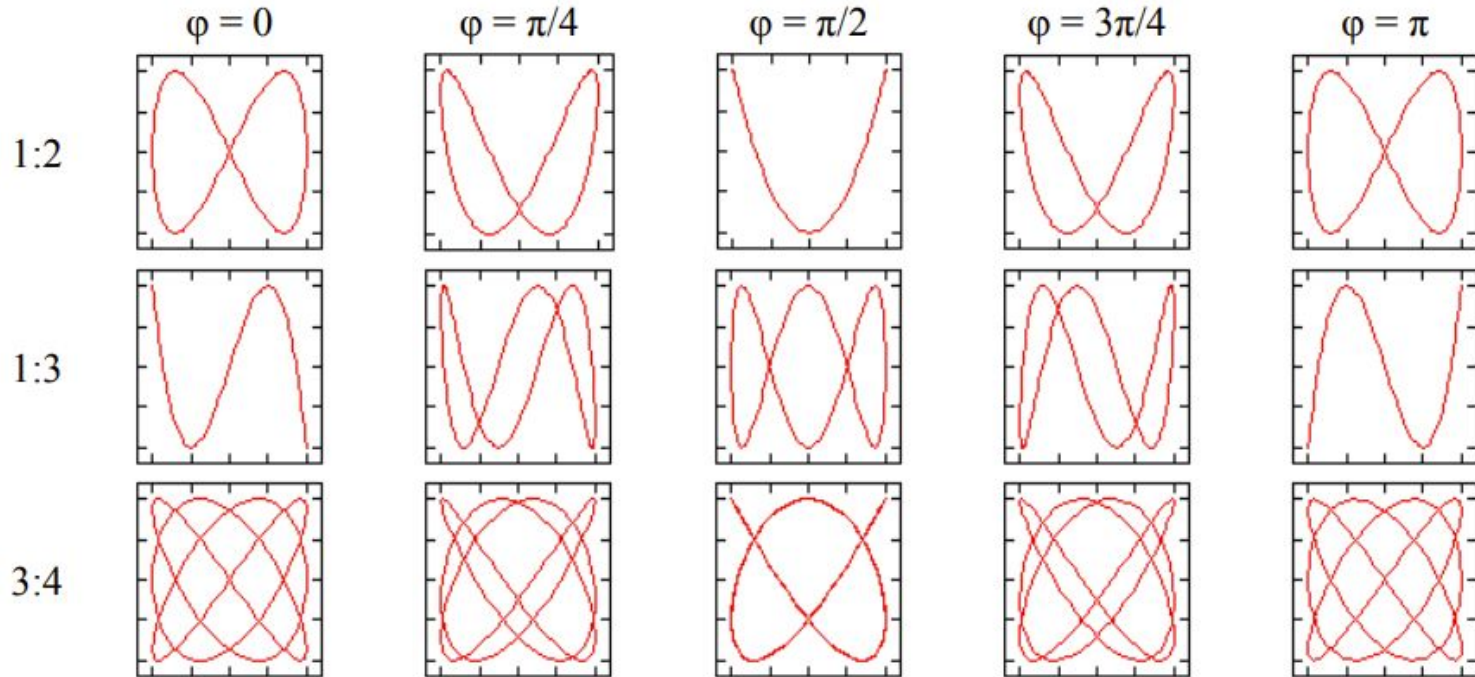


$$\varphi = 3\pi/4$$



$$\varphi = \pi$$

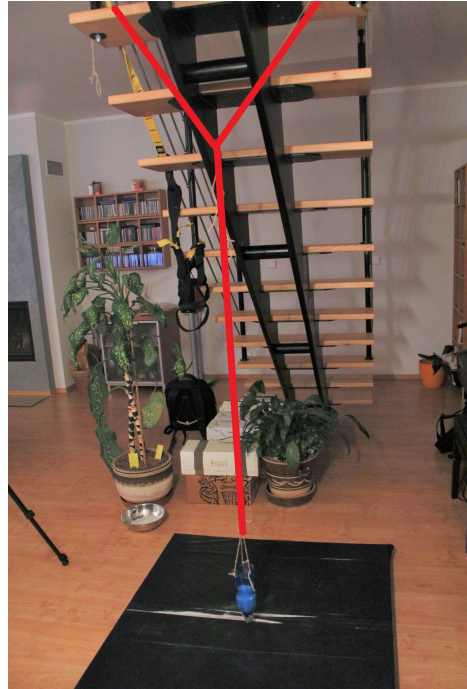
Matematický aparát



Blackburnovo kyvadlo

- Kyvadlo, jehož trajektorií (písek, voda, světlo) jsou právě lissajousovy obrazce
- Snadná konstrukce
- Jeho závěs má tvar Y (2 periody)

Náš experiment



1:1

- <https://youtu.be/COh-Og-oeQ8>



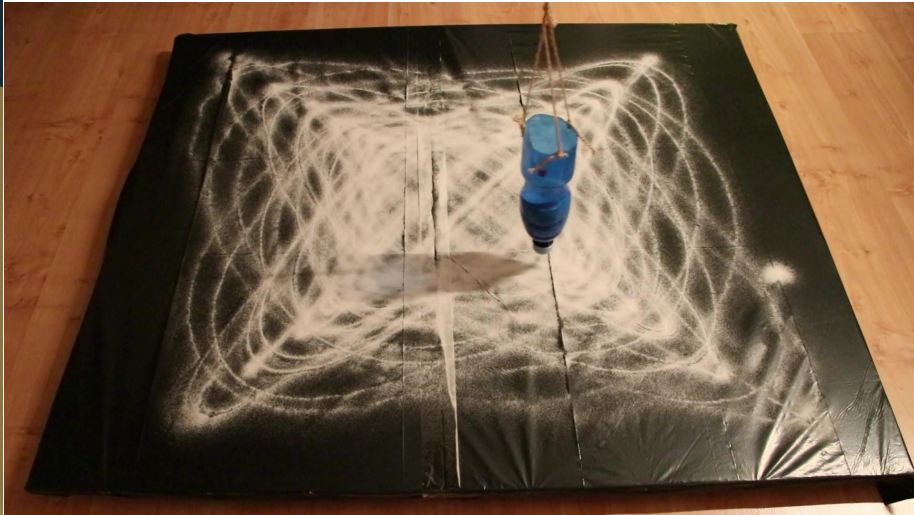
1:2

- <https://youtu.be/xjQAa57Vf50>



3:4

- <https://youtu.be/GgRN2T94fBY>



Využití

- Určení neznámé frekvence kmitů
- Studium polarizace světla

Děkujeme za pozornost

Použité zdroje

- <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2008-2009/Zima08/proc/lissa.pdf>
- <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/180-skladani-dvou-kolmych-kmitu>