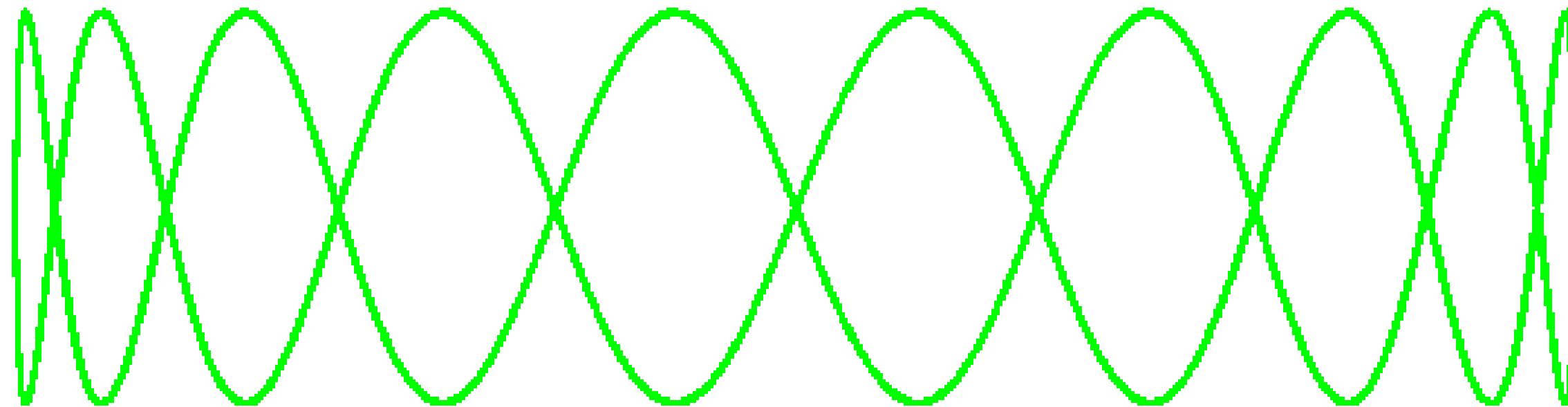


# Lissajousovy obrazce

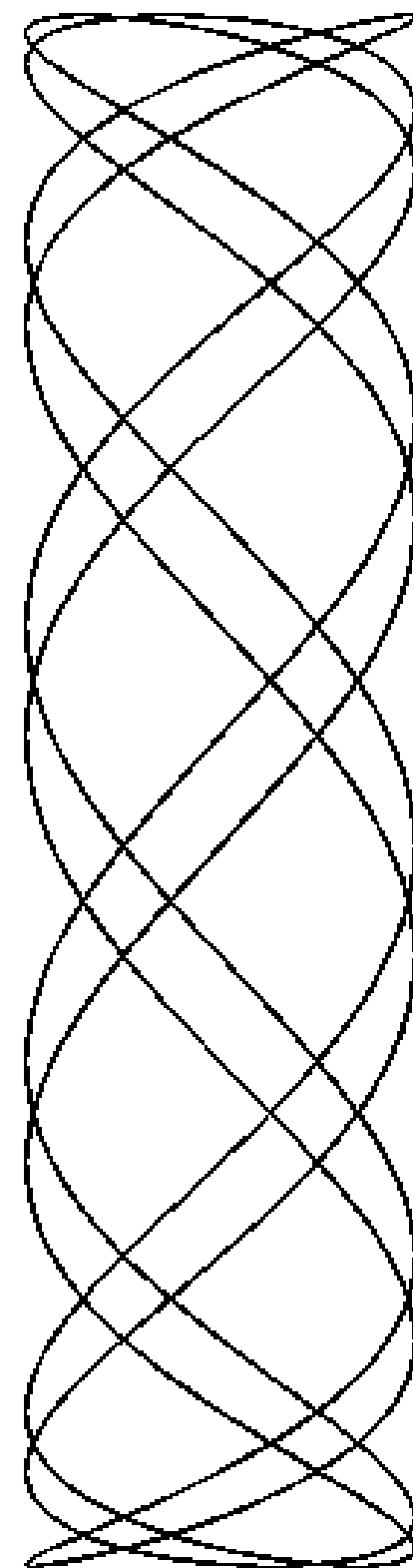
Jakub Solovský, Marek Stehlík



*amplitudy 1:4; frekvence 10:1; posun 0°*

# Charakteristika

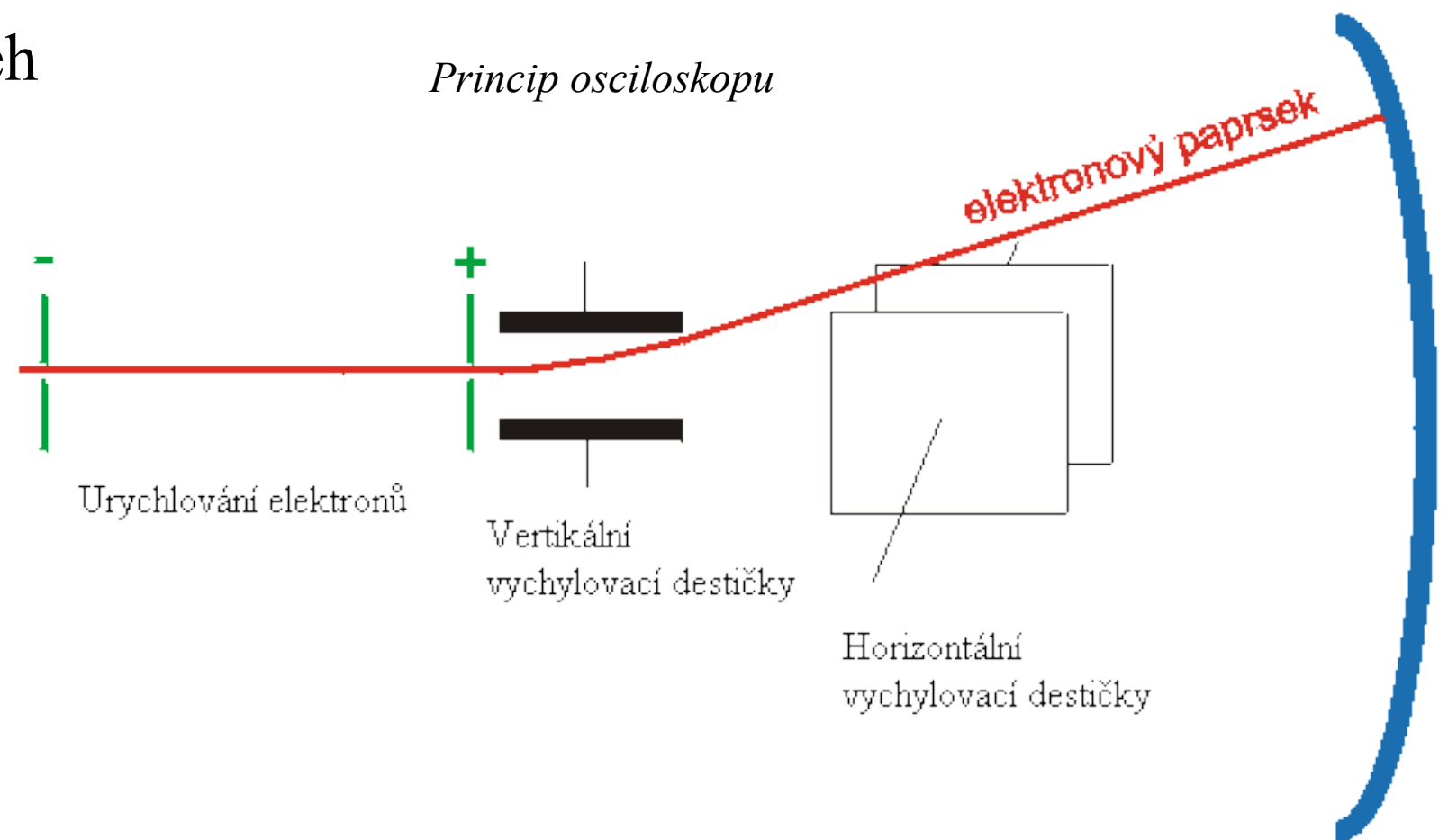
- Historie
  - Nathaniel Bowditch (1815)
    - Poprvé popsal obrazce
  - Jules Antoine Lissajous (1857)
    - První realizace
- Vznikají při skládání dvou kolmých harmonických kmitů o rovnicích
  - $x = A \sin(\omega_1 t)$
  - $y = B \sin(\omega_2 t + \varphi)$
- Uzavřená křivka vzniká pokud je poměr frekvencí racionální číslo
  - pro pozorování je ideální poměr dvou malých celých čísel
  - pro větší čísla začíná být obrazec nepřehledný
  - pokud je jedno z čísel iracionální, křivka bude neuzavřená
- Tvar závisí
  - Amplitudy
  - Frekvence jednotlivých kmitů
  - Fázový posun mezi kmity



*Amplitudy 1:4; frekvence 3:11; posun 45°*

# Možnosti zobrazení

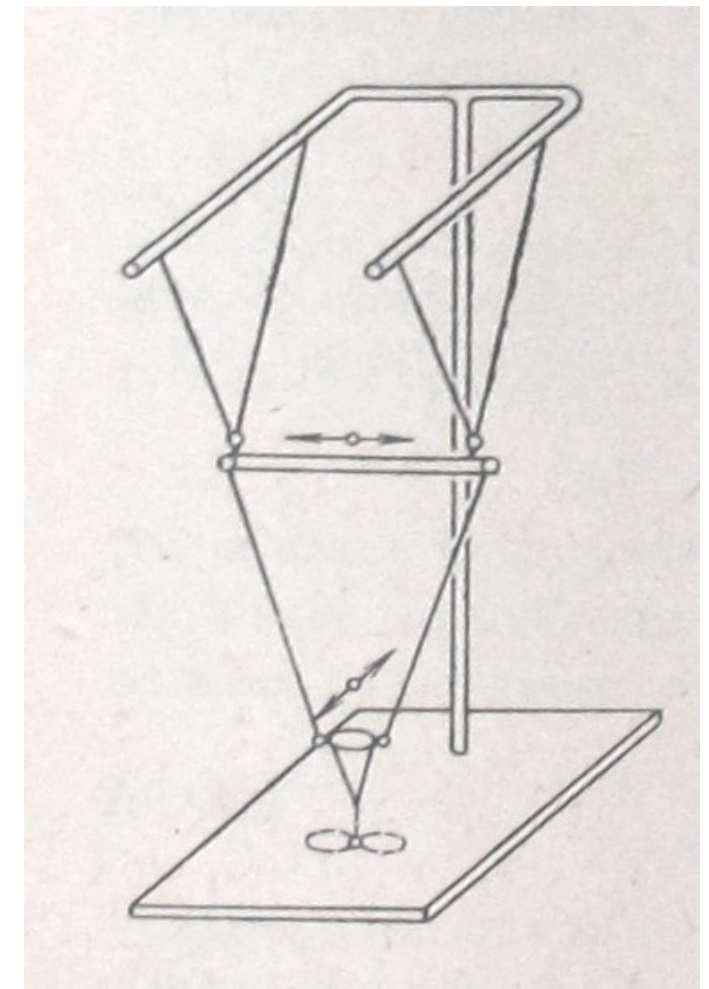
- Počítač
  - rovnice, které kmitání popisují jsou funkce času
  - stačí zjišťovat hodnoty  $x$ ,  $y$  v dostatečně krátkých časových intervalech
  - v současnosti nejrychlejší a nejlevnější způsob
- Osciloskop
  - vychylovací destičky v horizontálním a vertikálním směru
    - elektron je nejprve urychlen a pak je jeho trajektorie zakřivena
  - na každou z nich se přivádí jedna složka kmitání
  - na stínítku lze pak pozorovat průběh
- Blackburnovo kyvadlo
  - přibližně matematické kyvadlo
  - závěs rozdělen na dvě části
  - pouze pro malé poměry frekvencí



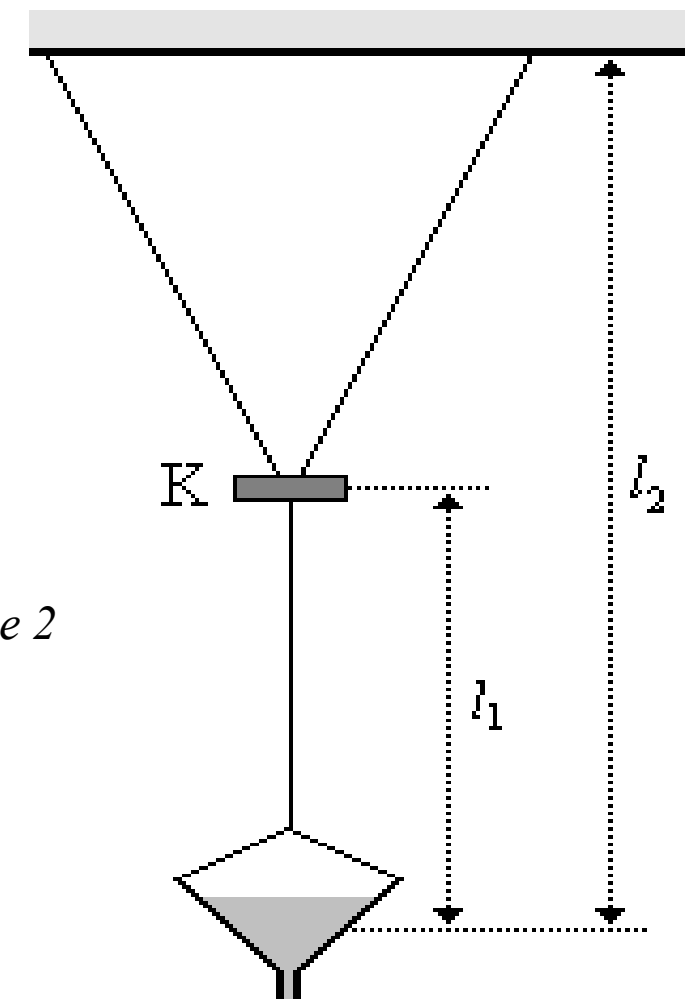
# Blackburnovo kyvadlo

- Přibližně matematické kyvadlo
- Perioda závisí pouze na délce závěsu
  - $T = \sqrt{\frac{l}{g}}$
  - Vzniklý obrazec bude záviset pouze na poměru délek závěsů
- Závěs - dvě části, které kývají ve dvou kolmých rovinách
  - existuje několik způsobů, jak takovýto závěs sestavit
- Na spodním závěsu je nádobka, ze které se odsypává písek nebo jiný vhodný materiál (sůl, krupice ...)
  - vzniklá stopa tvoří příslušný obrazec
- Velice jednoduchá konstrukce, ale lze použít pouze pro frekvence v poměru malých celých čísel
- U složitějších křivek je potřeba větší přesnost a je mnohem výhodnější použít počítač nebo osciloskop

*Konstrukce 1*



*Konstrukce 2*

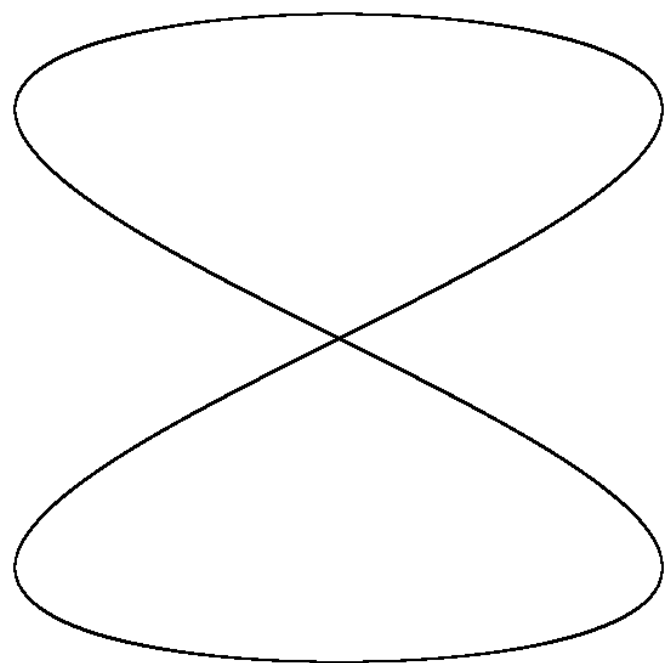


# Využití

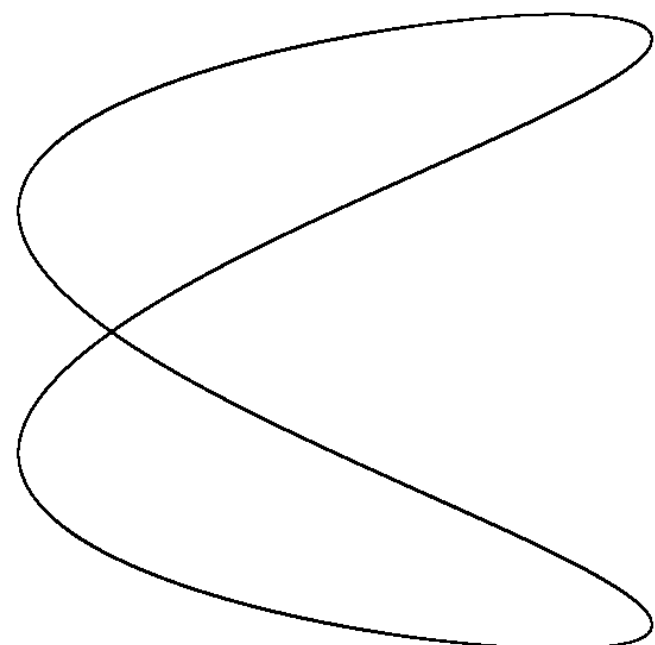
- Určování frekvence neznámých kmitů
  - V jednom směru kmity se známou frekvencí
  - V druhém směru kmity o neznámé frekvenci
  - Z vzniklého obrazce jde určit poměr frekvencí, případně fázový posun
- Využívá se počítače nebo osciloskopu
  - Lze použít pro všechny veličiny a závislosti, které lze převést na elektrické napětí
  - Na obrazovce osciloskopu pak můžeme pozorovat výsledný obrazec
  - Software počítače dokáže navíc i analyzovat výsledek
- Používá se jen při měřeních, které vyžadují vysokou přesnost
- V běžné praxi se spíše používají rychlejší a levnější alternativy (méně přesné, ale pro daný problém dostačující)

# Závislost na fázovém posunu

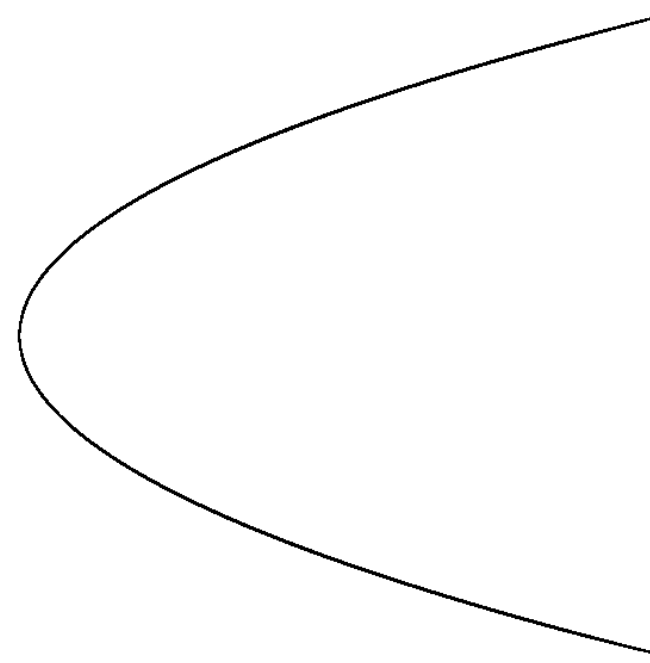
Poměr frekvencí 1:2



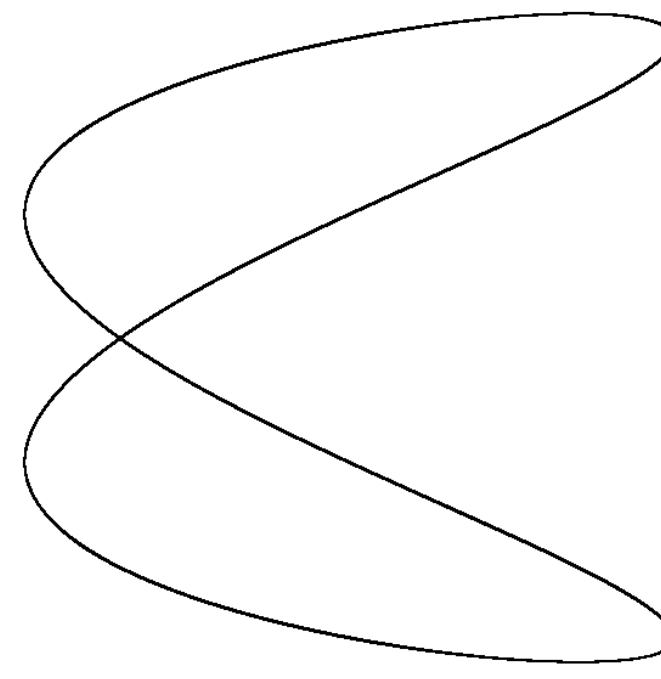
0°



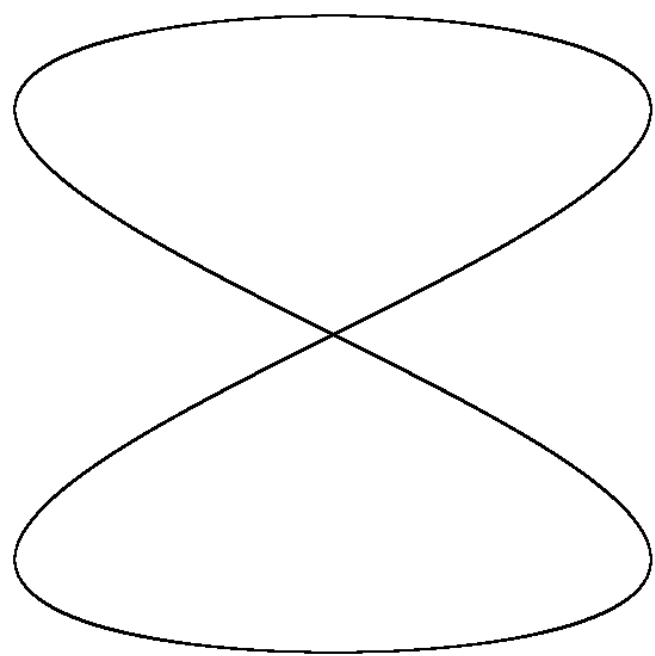
45°



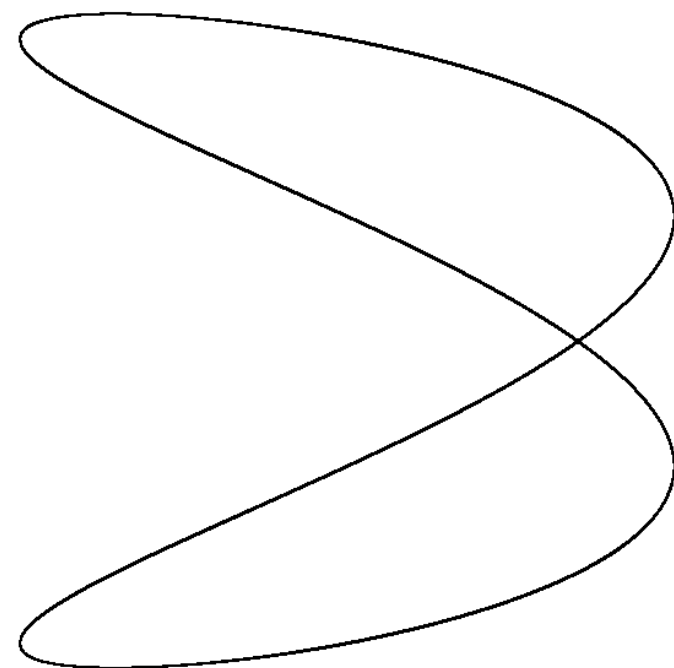
90°



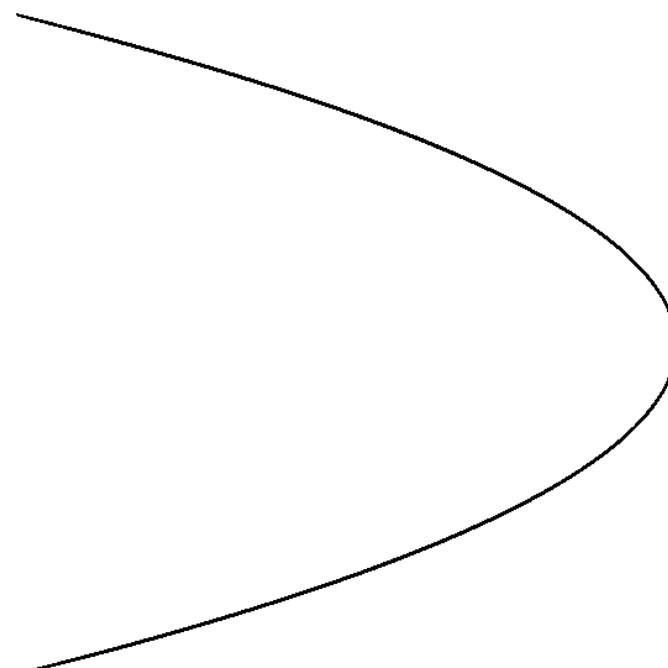
135°



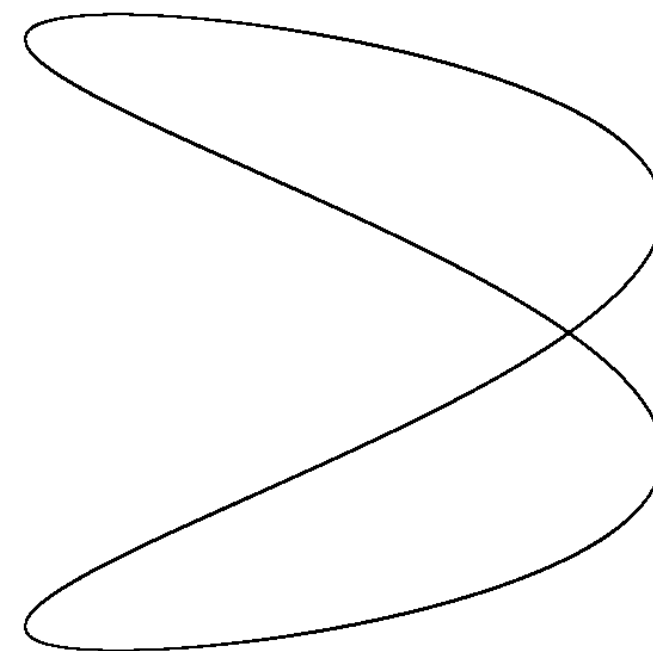
180°



225°



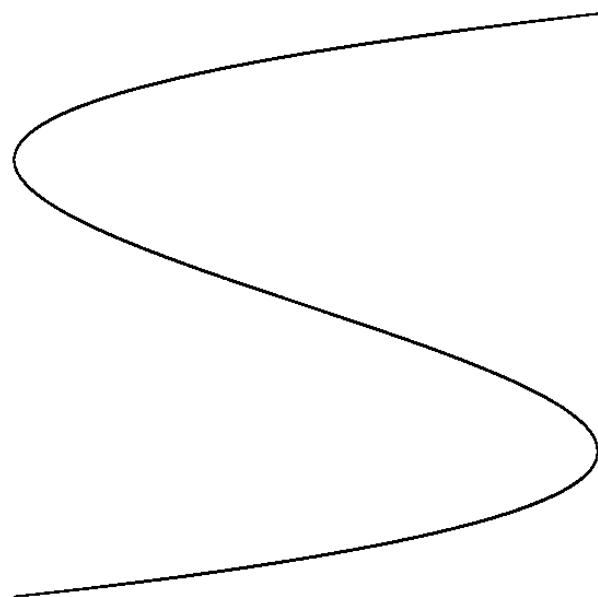
270°



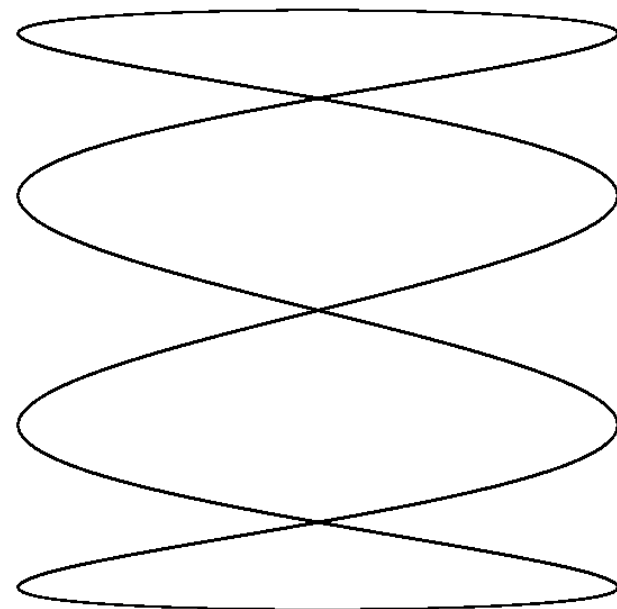
315°

# Závislost na poměru frekvencí

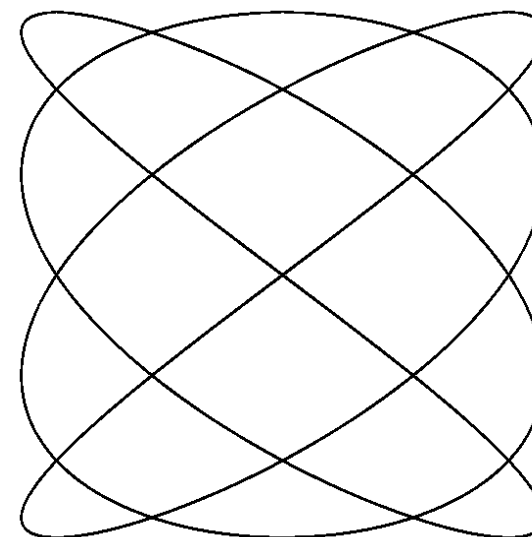
Fázový posun  $0^\circ$



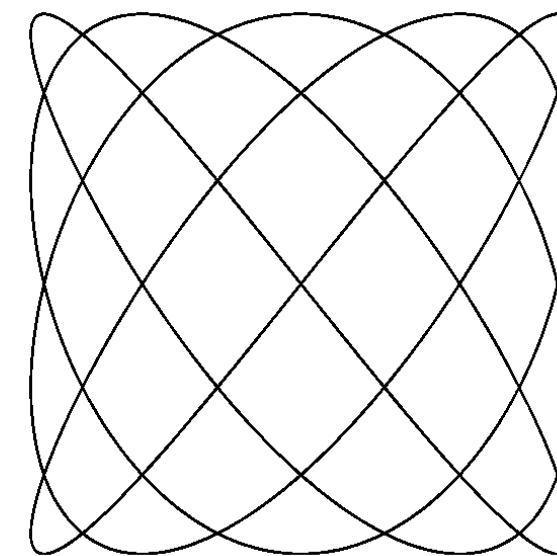
2:3



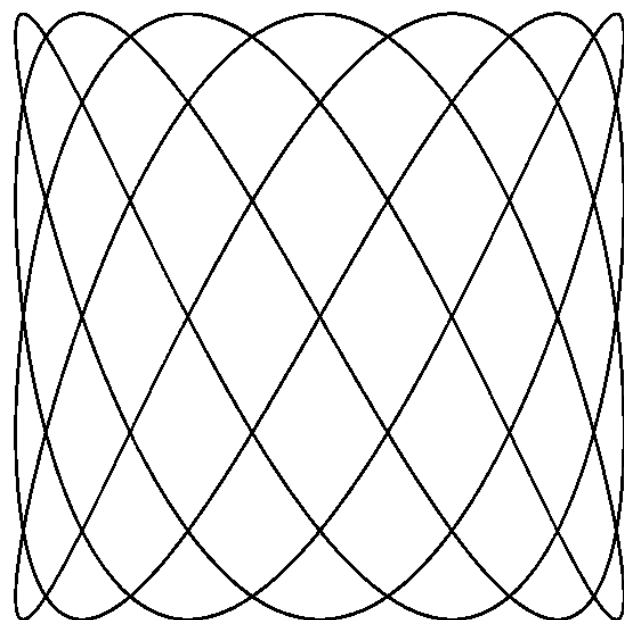
1:4



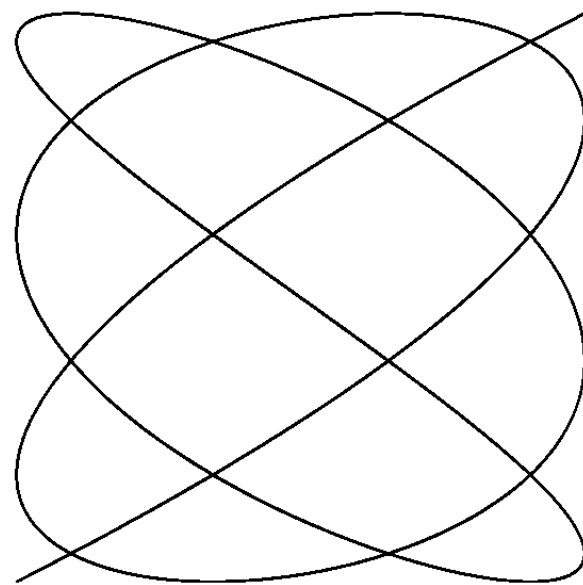
4:3



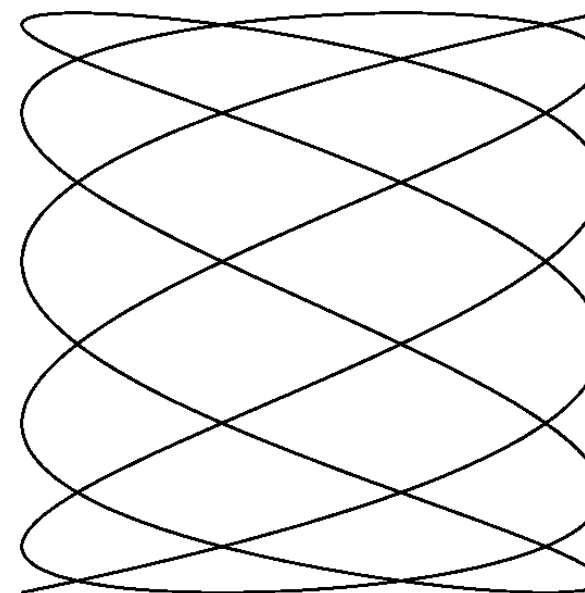
4:5



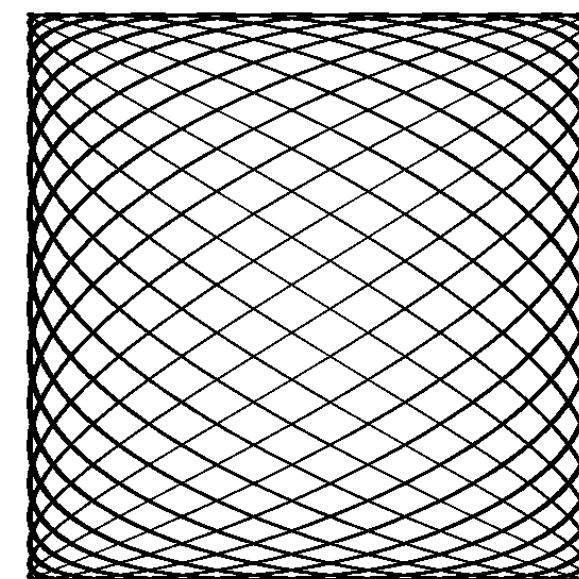
4:7



5:7



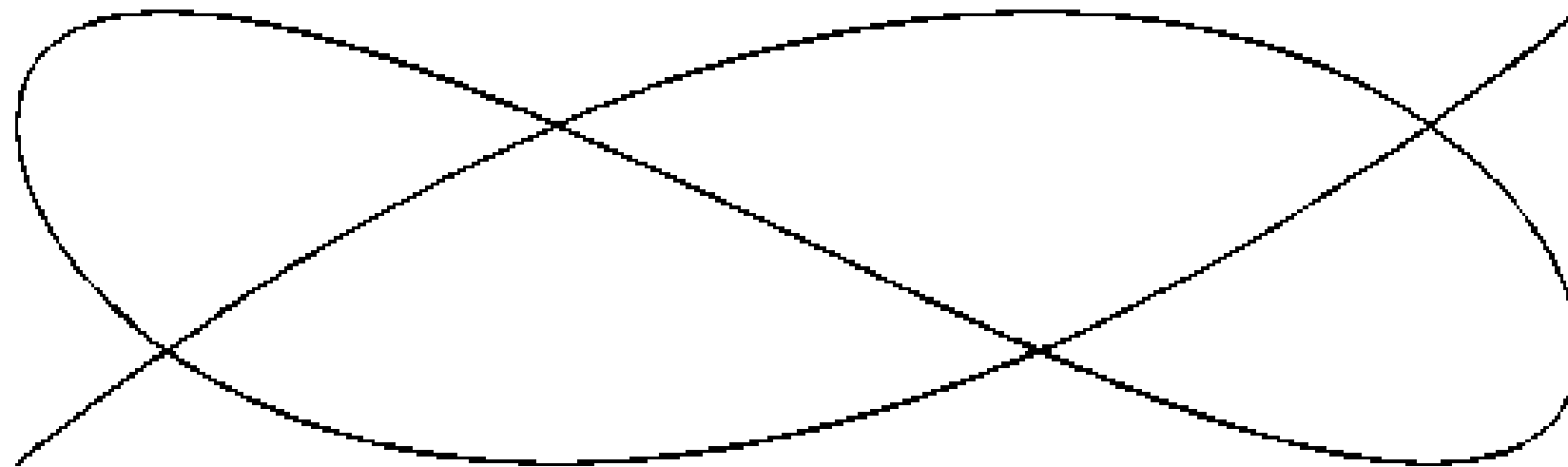
7:11



23:37

# Zdroje

- [1] Z. Horák, F. Krupka, *Fyzika – příručka pro vysoké školy technického směru*, SNTL, Praha (1981) 244-247
- [2] J. Reichl, M. Všetická, *Blackburnovo kyvadlo*,  
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/28-blackburnovo-kyvadlo>
- [3] J. Reichl, M. Všetická, *Skládání dvou kolmých kmitů*,  
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/180-skladani-dvou-kolmych-kmitu>



*Amplitudy 1:4; frekvence 3:5; posun  $0^\circ$   
Pro porovnání s experimentem*