

Turnaj mladých fyziků

Úloha 6

Dripping Faucet
Kapající kohoutek

Pavel Márton

Dept. of Dielectrics
Institute of Physics of the
Czech Academy of Sciences



Faculty of Mechatronics
Technical University in Liberec

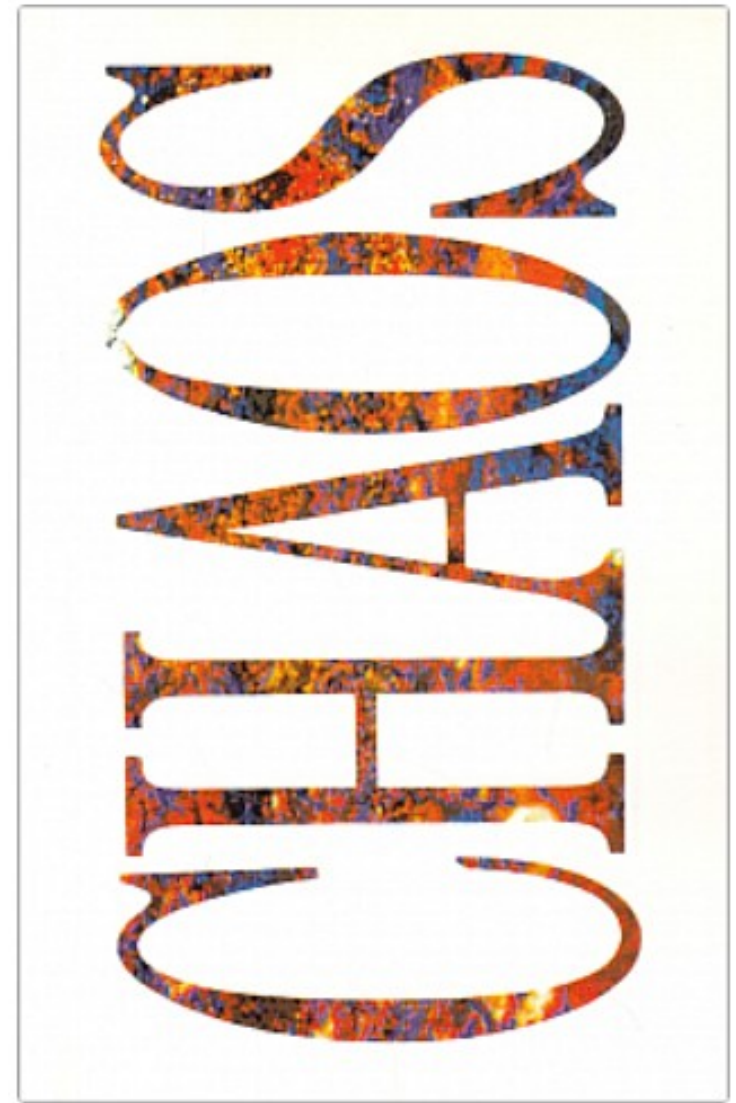


6. Dripping faucet/kapající kohoutek

- A leaky faucet develops interesting dripping patterns, where the time between drops depends on the water flowrate. Investigate this phenomenon and study how it depends on relevant parameters.
- U netěsnícího vodovodního kohoutku (baterie) dochází k zajímavému odkapávání, kdy doba mezi kapkami závisí na průtoku vody. Prozkoumejte tento jev a zjistěte, jak závisí na relevantních parametrech.

James Gleick: Chaos - vznik nové vědy

- Předpověď počasí, dynamika tekutin, a mnoha dalších důležitých systémů.
- Deterministické systémy se mohou chovat nepředvídatelně kvůli citlivosti na počáteční podmínky. Malé počáteční změny způsobují obrovské rozdíly v budoucnosti ("motýlí efekt").
- Chaotické chování.
- Chaotické systémy vykazují skrytý řád, často prostřednictvím sobě podobných struktur, jako jsou fraktály.
- [<https://www.databazeknih.cz/knihy/chaos-vznik-nove-vedy-69208>]



[1]

Lineární vs. nelineární systémy

■ Lineární systémy

- ano
- obvykle předvídatelné v dlouhém časovém horizontu. Malé změny počátečních podmínek vedou k úměrným a předvídatelným změnám výstupu.
- stabilní při malých změnách parametrů
- předvídatelná dynamika, často periodická nebo ustálená.
- řešitelné analyticky, s dobře definovanými řešeními.

superpozice

předvídatelnost

Stabilita

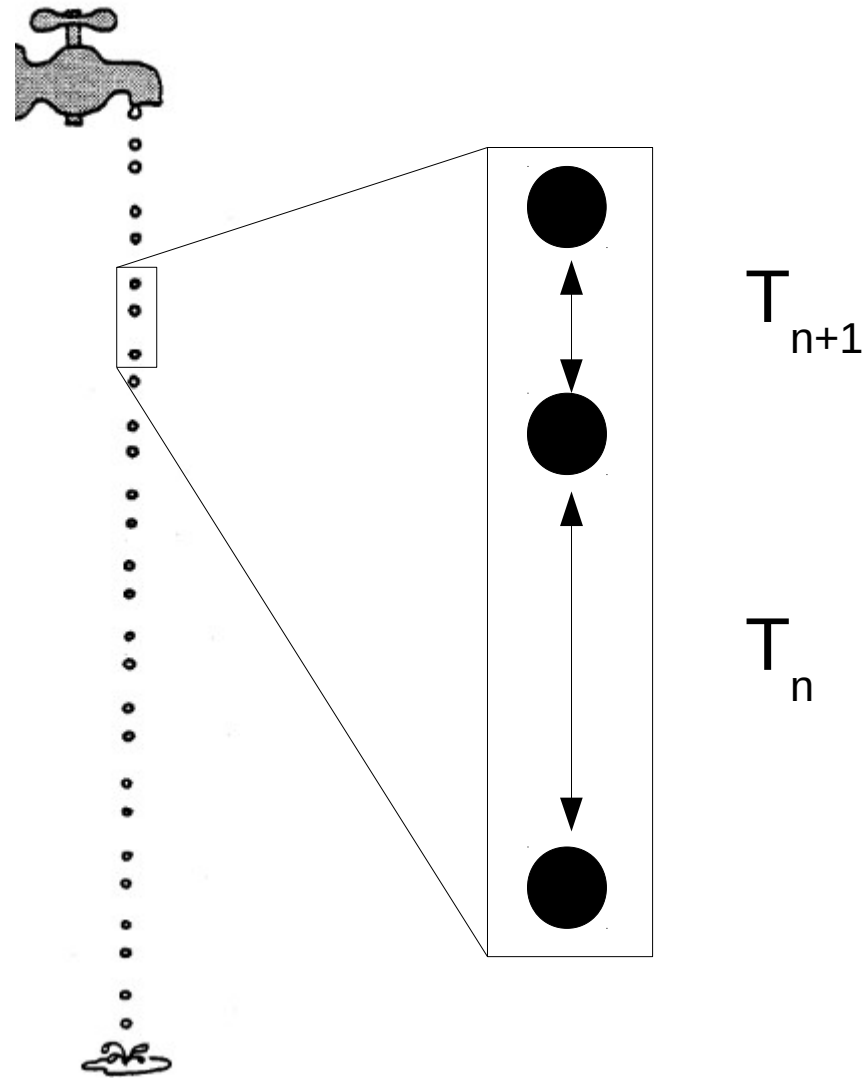
Dynamika

Řešitelnost

■ NeLineární systémy

- ne
- často vykazují citlivost na počáteční podmínky, kdy malé rozdíly mohou vést ke značně odlišným výsledkům, což ztěžuje nebo znemožňuje dlouhodobou předvídatelnost (chaotické chování).
- malá změna parametrů vede k náhlým změnám chování.
Mohou mít složitou dynamiku, například periodický, kvaziperiodický a chaotický pohyb s bohatými vzorci
- při analýze a předvídání je nutno spoléhat na numerické simulace.

Kapající kohoutek



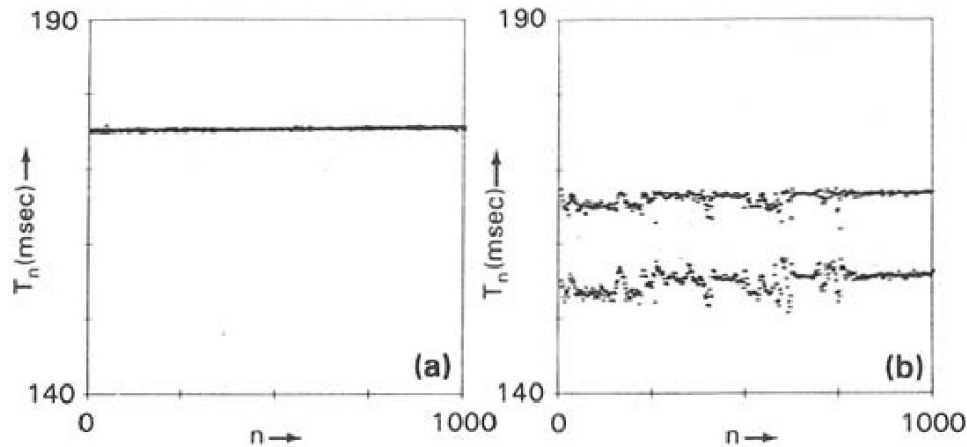
[2]

Vizualizace

Časová řada

Stejněměrné kapání

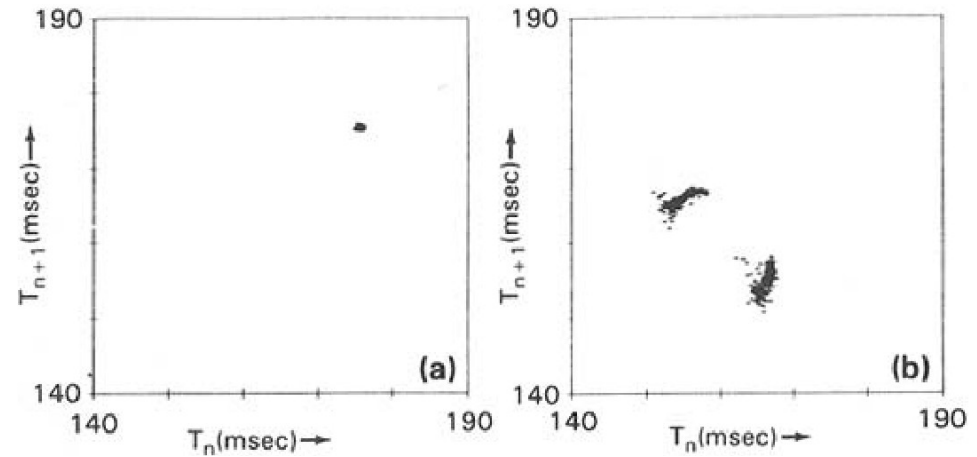
Střídání delší a kratší periody



Časové rovestupy dvou po sobě následujících kapek

Stejněměrné kapání

Střídání delší a kratší periody



n : pořadové číslo kapky

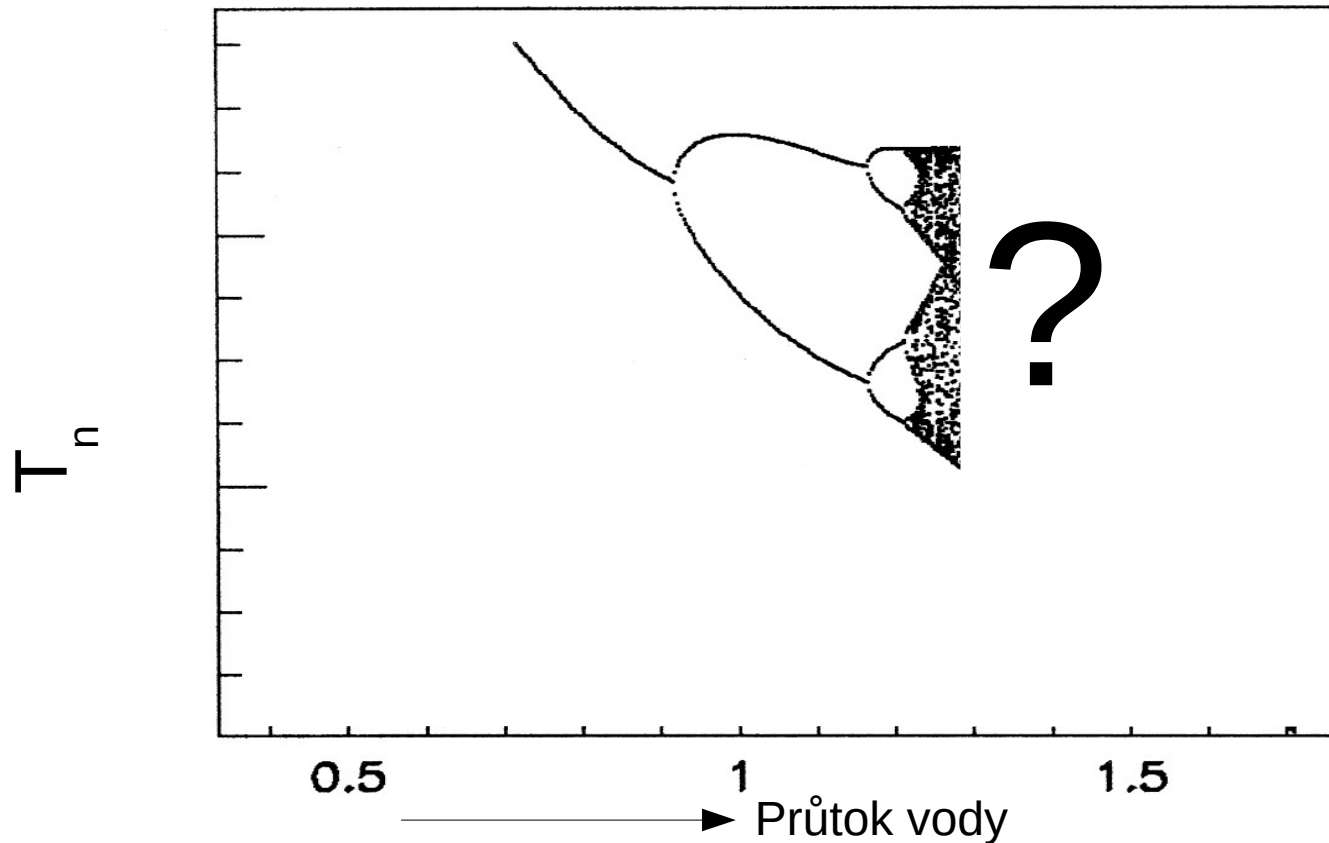
T_n : časový rozestup n -té kapky od předchozí kapky

Lze vykreslit i 3D graf
 T_{n+2}, T_{n+1}, T_n [3]

Bifurkační diagram

Měníme nějaký parametr systému, v tomto případě průtok vody
(to je vyneseno na x-ové ose)

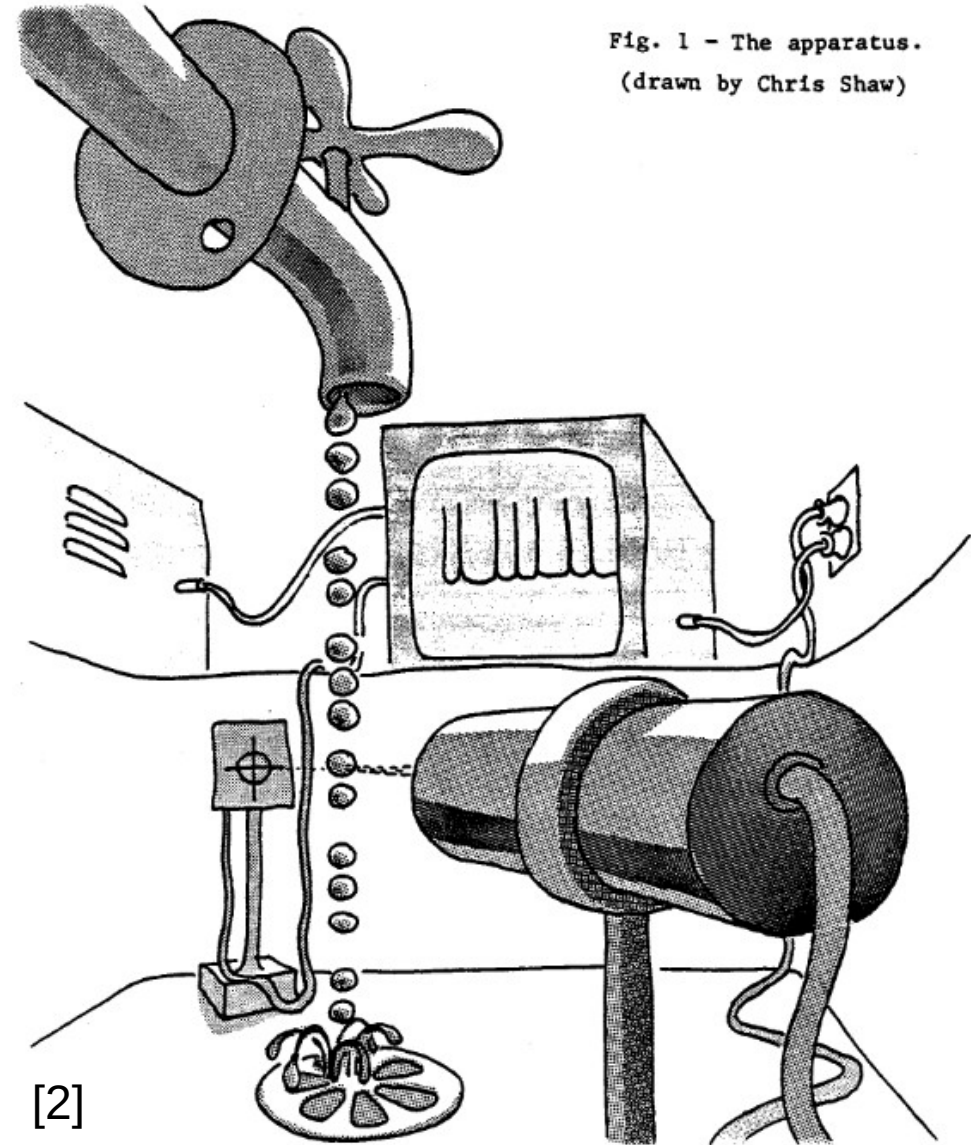
Na y-ové ose vyznačujeme všechny možné časové rozestupy, které jsme v průběhu měření zaznamenali.



[4]

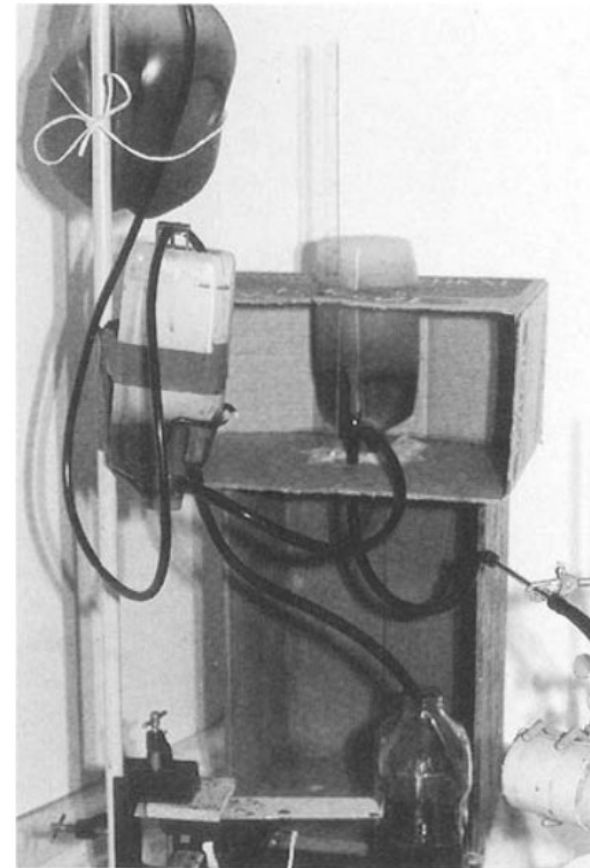
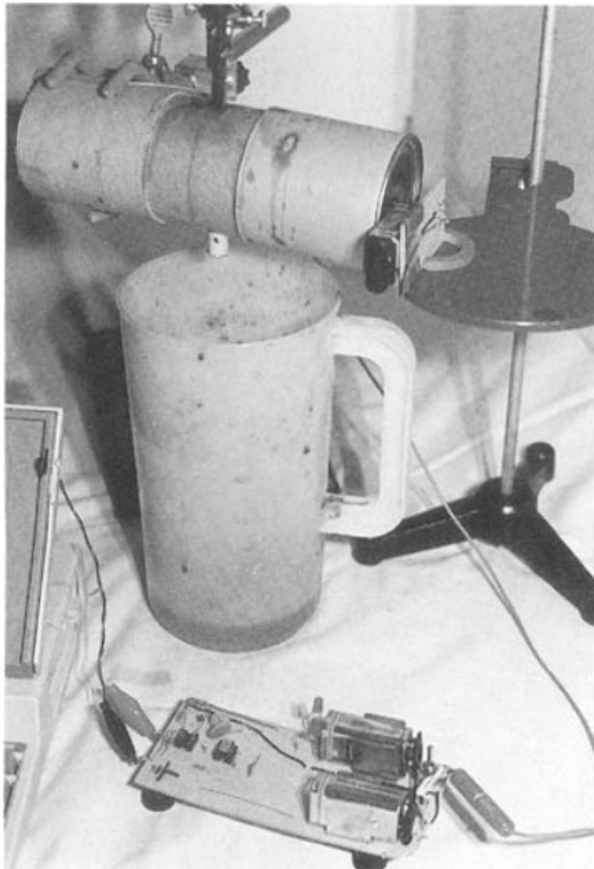
Kapající kohoutek: experiment

- 1) **Zásobník vody:** Použijte nádobu nebo nádrž, která dodává stálý proud vody. Nádrž by měla být vybavena ventilem nebo nastavitelným regulátorem průtoku, aby bylo možné regulovat tlak vody a průtok do kohoutku.
- 2) **Kapající kohoutek:** Nainstalujte úzkou trubičku nebo trysku kohoutku na dno zásobníku. Dobře funguje jednoduché kapátko, špička pipety nebo jakákoli malá tryska, která umožňuje vodě tvořit kapky.
- 3) **Regulace průtoku:** Pro přesné nastavení průtoku použijte jehlový ventil nebo nastavitelný regulátor průtoku. Tato součást umožňuje pomalu zvyšovat nebo snižovat průtok a pozorovat, jak se mění chování kapek. Regulací průtoku můžete vyvolat přechody od ustáleného kapání k chaotickému kapání.
- 4) **Systém detekce kapání:** Optický senzor, mikrofon nebo hydrofon, vysokorychlostní kamera.
- 5) **Sběr a analýza dat:** Připojte snímač detekce kapek k počítači nebo mikrokontroléru (např. Arduino) a zaznamenávejte časové intervaly mezi kapkami. Pomocí softwaru analyzujte shromážděná data a vykreslete časové řady nebo fázové diagramy, které pomáhají vizualizovat přechody mezi periodickým a chaotickým chováním.
- 6) **Řízení prostředí**



Kapající kohoutek experiment

- Příklad reálného experimentu [3]



Prezentace tématu

- Základ
 - Zařízení pro detekci padajících kapek
 - Provedení experimentu pro různé průtoky
 - Vykreslení intervalů mezi kapkami do grafů
- Pokročilejší možnosti zkoumání
 - Na jakých parametrech experimentu závisí pozorované rozestupy mezi kapkami?
 - Zkvalitnění experimentu. Opakovatelnost.
 - Proč má takto jednoduchý systém tak složité chování?
 - Lze zjistit co se děje s kapkou při odkapávání?
 - Existují modely pozorovaného chování?

Shrnutí

- Konstrukce experimentálního zařízení, provedení měření, kontrola podmínek experimentu, opakovatelnost, interpretace
- Kontakt k úloze: P. Márton, marton@fzu.cz, +420 775 933 227

Literatura

- [1] Gleick, J., Chaos: making a new science (1988).
- [2] Shaw, R., The Dripping Faucet As A Model Chaotic System (1984).
- [3] Cahalan, R.F., Leidecker, H., Cahalan, G.D., Chaotic Rhythms of a Dripping Faucet. Comput. Phys. 4, 368 (1990).
- [4] Renna, L., A discrete map for the dripping faucet dynamics. Phys. Lett. A 261 (1999).