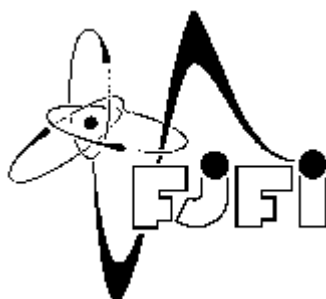




Proceedings



Fyzikální seminář zima '00



30.9.1999 – 16.12.1999
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické Praha

Úvodem

Ve školním roce 1997/1998 vznikl na katedře fyziky nový povinně volitelný předmět Fyzikální seminář. Jeho tvar se postupně vyvíjel a v současné době je možné ho charakterizovat následovně:

Především je to výlet za hranice základní přednášky v němž jde o:

- seznámení se stylem vědecké komunikace
- demonstraci experimentů, na které není v základní přednášce čas
- pohled na stav současné fyziky, poslední objevy z různých fyzikálních časopisů
- prozkoumání historických souvislostí některých zásadních vědeckých objevů
 - pohled na některé jevy v podání počítačových modelů
 - co přináší fyzice internet?
- seznámení s aplikacemi probírané látky na různých vědeckých pracovištích
 - + možná nějaká překvapení
 - řešení některých zajímavých příkladů

Tohle všechno v aktivní a nikoli pasivní formě

Formálně se snažíme tento seminář vést jako vědeckou konferenci se všemi náležitostmi, které k tomu patří. Proceedings jsme vydali poprvé v zimním semestru 1998 a nyní jsem rád, že tradice nyní navazuje ve vydání již třetím.

Poděkování patří všem zúčastněným studentům a Filipu Hanzlíkovi, který se velkou měrou zasloužil o vydání tohoto sborníku.

Praha 1.4.2000

Vojta Svoboda, vedoucí semináře



Obsah

Úvod	2
Scénář fyzikálního semináře	4
Program ústních vystoupení	5
Program posterové sekce	6
Abstrakta příspěvků	8
Proceedings příspěvků	14
Úvod do programu Famulus	15
Mechanické aplikace vysokoteplotní supravodivosti	18
Rutherfordův rozptyl alfa částic	21
Teorie chaosu	24
Měření mikrostruktur nosičů informací	31
Generátor chaosu	34
Newtonovo vědro	37
Balistické kyvadlo	39
Brachistochrona	40
Schrödingerova kočka	41
Avogadrova konstanta	47
Čidlo s plovoucím prvkem	48
Pozorování černých děr	51
Převod deformace na změnu odporu	61
Vývoj názorů na perpetuum mobile	63
Dvojitě kyvadlo	67
Rakety a raketová paliva	73

Scénář fyzikálního semináře

30.9	Úvod
7.10	Jak přednášet o fyzice, úvod do Famula, DAS - systém sběru dat na PC
14.10	Úvod do Mathematiky, labyrint mikroelektroniky
21.10	Nucené harmonické kmity, vysokoteplotní supravodivost-mechanické aplikace, cyklistika vs. Fyzika
28.10	Státní svátek
4.11	Rutherfordův rozptyl částic, Chaos a Mandelbrotova množina, příklad AJ.
11.11	Posterová sekce I
18.11	Foucaultovo kyvadlo, určování rozměru mikrostruktur nosičů medií, Newtonovo vědro
25.11	Jojo, Dopplerův efekt, Vlastnosti zvuku, nadzvukové proudění a rázová vlna, NASA
2.12	Gyroskopický moment, Fyzické kyvadlo - měření g, simulace pohybu těles v gravitačním poli.
9.12	Balistické kyvadlo, perpetuum mobile 1. druhu, fyzika nevázně, Dvojitě kyvadlo
16.12	Posterová sekce II

Ústní přednášky

7.10	Chairman: Vojtěch Svoboda
Petr Zetocha	Jak přednášet o fyzice
Richard Beber, Jan Hora	Úvod do Fámula
Petr Gürth	Úvod do DAS - sběr dat na PC

14.10	Chairman: Petr Gürth
Jan Pozner	Úvod do Mathematicy
Michal Janáček	Včerejšek, dnešek a zítřek polovodičů, aneb labyrint mikroelektroniky pod mikroskopem

21.10	Chairman: Tomáš Fidler
Tomáš Baloun, Tomáš Kapin	Nucené harmonické kmity - mechanické
Vojtěch Svoboda	Nucené harmonické kmity - elektrické
Hanuš Seiner	Mechanické aplikace vysokoteplotní supravodivosti
Lukáš Burdíček	Cyklistika vs Fyzika

4.11	Chairman: Edita Dufková
Rudolf Klepáček, Vít Kučera	Rutherfordův rozptyl částic alfa na atomech zlata
Václav Karpíšek	Chaos a Mandelbrotova množina
Jakub Černý	Výpočet příkladu v angličtině

18.11	Chairman: Tomáš Baloun
Pavel Tvaroh, Tomáš Fidler	Foucaultovo kyvadlo
Ladislav Kožíšek	Foucaultovo kyvadlo II
Hana Sedmidubská, Jana Kamanová	Newtonovo vědro
Vladimír Pospisil	Urcování rozměru mikrostruktur nosiču medií

25.11	Chairman: Vít Kučera
Radka Krumlová	Jojo
Vladislav Kasík	Co je a čím se zabývá NASA a některé zajímavé projekty.
Pavel Krejca	Doppleruv efekt
Aleš Jakovec a Marek Soudný	Vlastnosti zvuku, nadzvukové proudění a rázová vlna

2.12	Chairman: Pavel Tvaroh
Jiří Pejša	Gyroskopický moment
Adam Sádovský	Simulace pohybu těles v gravitačním poli.
Magdalena Kettnerová a Irena Pavlásková	Fyzické kyvadlo - měření tíhového zrychlení

9.12	Chairman: Radka Krumlová
Edita Dufková, Tomáš Polách	Balistické kyvadlo
Jiří Mezenský	Perpetuum mobile I. Druhu
Adam Popel	Dvojitě kyvadlo
Milan Kubálek	Fyzika nevázně

Posterová sekce I

11.11	Chairman: Jakub Černý
Tomáš Polách	Jakob Bernoulli a jeho brachistochrona
Pavel Tvaroh, Tomáš Fidler	Teorie všeho
Hanuš Seiner	Formování fyzikálního myšlení na středních školách gymnaz. typu
Václav Karpíšek	Vznik atomových jader z hlediska kvantové mechaniky
Pavel Krejca	Schrodingerova kocka a příbuzné problémy kvantové fyziky
Hana Sedmidubská, Jana Kamanová	Newton - hybná páka mechaniky
Adam Sádovský	Chaos a fraktály
Aleš Jakovec a Marek Soudný	Seznámení s holografií

Posterová sekce II

16.12	Chairman: Hanuš Seiner
Petr Gürth, Radka Krumlová	Nobelovy ceny za fyziku za poslední 3 roky
Lukáš Burdíček	Cyklistika vs. Fyzika II., aneb co jste nestačili pochytit na přednášce
Rudolf Klepáček	Fyzika a Guinnessova kniha rekordů
Richard Beber, Jan Hora	Zatmění slunce
Vít Kučera	Koulařské optium
Jakub Černý	Způsoby experimentálního ověření Avogadrovy konstanty
Michal Janáček	Čidlo splovoucím prvkem pro měření tečného tlaku v nízkorychlostních aerodynamických tunelech
Jan Pozner	Kosmologická konstanta
Vladislav Kasík	Ještě teplé novinky týkající se fyziky stažené z internetu a připravené vědyčtivým studentům FJFI.
Milan Hrutka	Pluto - podivná poslední planeta
Milan Kubálek	Fyzika nevázně
Jiří Pejša	Materiály pro jadernou elektrárnu
Edita Dufková,	Pád do černé díry
Tomáš Baloun	Fosilní paliva
Tomáš Kapin	sněhová vločka
Vladimír Pospisil	Pozorování černých děr
Petr Zetocha	Využití mechaniky na katedře materiálů
Irena Pavlásková	Vývoj názoru na perpetuum mobile
Ladislav Kožíšek	Raketová technika

Abstrakta

(neprošlo recenzí)

Fyzika nevážně

Netradiční pohled na fyziku a obecně vědu. Pokus o splnění nepsaného požadavku o co nejmenší podíl matematických vzorců. Nevychýlíme se ale rozboru vzorce $1+1=2$.

Literatura: Science with a smile.

Raketová technika

Druhy raket, konstrukce raket, běžně dostupná raketová paliva. Seznámení s vlastním raketovým programem a jeho výsledky.

Zdroje informací:

B. Ružicka, L. Popelínský - Rakety a Kosmodromy

Tadeusz Urbanski - Chemie a technologie výbušnin - III. díl

A. A. Šidlovskij - Pyrotechnika

Chaos a fraktály

Teorie chaosu. Matematický popis chaotických dějů. Stavový prostor. Vizuální zobrazení chaotických dějů: fraktály. Druhy fraktálů. Působení atraktorů. Jak se počítají fraktály. Efekt motýlího křídla. Dynamická rovnováha.

Literatura:

Chip 10/99 - Když rozkvetou fraktály.

Softwarové novinky 8/1995 - Fraktály a jejich vlastnosti.

Simulace pohybu těles v gravitačním poli.

Simulace pohybu těles v gravitačním poli. Program pro výpočet gravitačního působení více těles (více než 2) dokáže simulovat oběh planet kolem hvězd, komet kolem hvězd, simulace dvojhvězd, simulace gravitačního praku a nepřímého posuvu perihélia.

Literatura: Sto astronomických omylů uvedených na pravou míru : Zdeněk Horský, Zdeněk

Mikulášek, Zdeněk Pokorný

Planety naší sluneční soustavy : Pavel Koubský

První tři minuty : Steven Weinberg

Perpetum mobile I. druhu

Jedná se o periodicky pracující mechanickou soustavu. Ta má vykonávat práci aniž by jí byla dodávána jakákoli energie. Lidé se konstrukcí zabývali již od dávných dob. Podle fyzikálních zákonů není bohužel konstrukce takovéto soustavy možná.

Zdroj: internet

Zatmění slunce

- zatmění slunce 8/99

- zatmění a jeho vliv na historii a fyziku (nejstarší pozorovaná zatmění, důkaz speciální teorie relativity)

Zdroj: Vesmír 7/99 + odkazy na webu

Newton - hybná páka mechaniky:

Historie jednoho fyzika, který položil základy klasické fyziky. Jak na jeho závěry, hypotézy, tvrzení reagovali jeho současníci? A co si o něm myslíme dnes?

Literatura: Štoll, I.: Svět očima fyziky.

Newtonovo vědro

Dostali jste se na vysokou školu. Doposud Vám na středních školách byl předkládán ideální svět fyziky - ideální kapalina, ideální tuhé těleso a podobně. Ale realita (nejen virtuální) má pramálo společného s tímto skvěle zavedeným systémem. My Vám pomůžeme probudit se a otevřít oči.

Literatura: Brož a kol.: Základy fyzikálního měření I
Horák a kol.: Technická fyzika
Kvasnica, J.: Matematický aparát fyziky.

Schrödingerova kočka a příbuzné problémy kvantové fyziky

Lit: Einstein A., Infeld L., Fyzika jako dobrodružství poznání. Orbis, Praha 1962
Penrose R., Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl. MF, Praha 1999

Dopplerův efekt

uvedení principu Dopplerova jevu, jeho významu pro astronomická pozorování a pokus o exper. ověření pro oblast zvukových vln.

Literatura: Weinberg S., První tři minuty. MF, Praha 1982
Sklovskij J.S., Miliony cizích světů. MF, Praha 1964
Solc M. a kol., Fyzika hvězd a vesmíru. SPN, Praha 1983
Fris S.E. a Timoreva A.V., Kurs fyziky I. Nakl. CSAV, 1953

Ještě teplé novinky týkající se fyziky stažené z internetu a připravené vědychtivým studentům FJFI.

Zdroj informací: Internet, pravděpodobně <http://www.science.com>, <http://www.nature.com> a další.

Co je a čím se zabývá NASA a některé zajímavé projekty.

Když v roce 1915 zakládal Kongres organizaci NACA (National Advisory Committee for Aeronautics), která měla koordinovat činnost výzkumných týmů v oblasti létání, nikdo zřejmě netušil, v co se tato organizace rozvine. Přibližně o 40 let později se NACA změnila v NASA (National Aeronautics and Space Administration), původní zaměření zůstalo, přibyl výzkum vesmíru a vývoj kosmických lodí a sond. V současné době probíhá několik zajímavých projektů, jako například Mezinárodní kosmická stanice, vývoj Raketoplánu, několik sond je na cestě ke vzdáleným světům. NASA je také angažována v ekologických otázkách týkajících se Země.

Zdroj informací: Oficiální NASA web stránky <http://www.nasa.gov>

Vznik atomových jader z hlediska kvantové mechaniky

jedna nematematická představa vzniku atomových jader.

Chaos a Mandelbrotova množina

Krátké představení teorie chaosu se zaměřením na objekt zvaný Mandelbrotova množina.

Literatura: James Gleick - Chaos
Přehled užité matematiky

Pozorování černých děr

Něco teorie o vzniku a o možnosti pozorování černých děr, několik pozorovaných úkazů, jež se dají vysvětlit přítomností černé díry.

Literatura: Stručná historie času, Černé díry a budoucnost vesmíru (S. Hawkin)+ Internet

Určování rozměru mikrostruktur nosičů medií

Pokus o aplikaci laseru na povrch gramofonové desky a CD, který bude využit jako rozkladová mřížka. Měřením vzdáleností maxim (odečteno na stínítku) při známých ostatních parametrech lze vypočítat vzdálenosti jednotlivých rýh na desce a CD.

Literatura : Přehled středoškolské fyziky

Princip kauzality kontra princip synchronicity

Některé práce prof. Neubauera, Analogon č. 22 (čas. Pražské surrealistické skupiny)

Kosmologická konstanta

Literatura: Raphael Bousso: Vesmír 78, Zamotaný příběh kosmologické konstanty.

Čidlo s plovoucím prvkem pro měření tečného tlaku v nízkorychlostních aerodynamických tunelech

Zdroj: Journal of microelectromechanical systems, dec. 1996.

Včerejšek, dnešek a zítřek polovodičů, aneb labyrint mikroelektroniky pod mikroskopem

Diskrétní polovodičové součástky (principy funkce a výroby), základní struktury IO jak monolytických, tak hybridních, návrhová pravidla, testovací struktury, výroba Si monokrystalu (Ozochralski, zonální tavba), dotování polovodičů (substrátu) (epitaxe, iontová implantace, difúze). Porovnání hybridních a monolytických integrovaných obvodů.

Zdroj: sbírka exponátů a vypreparovaných obvodů

Způsoby experimentálního ověření Avogadrovy konstanty

příspěvek se pokouší rozebrat a zvážit nevýhody různých metod zjištění Avogadrovy konstanty. Důraz bude kladen na proveditelnost a přesnost daných postupů.

Literatura: Brož, J., Roskovec :Základní fyzikální konstanty

Výpočet příkladu v angličtině

příspěvek bude obsahovat výpočet jednoduchého příkladu. Během příspěvku se bude příklad rozebírat a zadávat taktéž v jazyce anglickém.

Zdroje: Štoll, I.: Mechanika

Formování fyzikálního myšlení na středních školách gymnaz. typu

Gymnázia připravují své žáky na studium na FJFI velkým množstvím teoretických znalostí ve fyzice i matematice. Jsou však tito žáci vybaveni tím, co doc. Štoll nazývá "způsob myšlení fyziků"? Pokusím se to zjistit testováním vzorku studentů gymnázia.

Literatura: Jan Čáp: Psychologie výchovy a vyučování, vydavatelství Karolinum, Praha 93

Milan Bednařík, Miroslava Šíroká, Petr Bujok: Mechanika pro gymnázia.

Mechanické aplikace vysokoteplotní supravodivosti

Nehomogenní vysokoteplotní supravodivost umožňuje vytvoření unikátního ložiska. Setrvačnick umístěný na tomto ložisku je brzděn podstatně méně než na mechanickém ložisku, proto na něm lze lépe sledovat vlivy prostředí i vlastní mechanické charakteristiky. Pozvolný pokles frekvence rotace setrvačnicku umožňuje také experimentálně určovat rezonanční frekvence mechanické soustavy.

Literatura: Stanislav Daniš: 9 let vysokoteplotní supravodivosti, pokroky matematiky, fyziky

a astronomie 4/1996

J. Štefan: Svět v blízkosti absolutnej nuly, Alfa Bratislava 1986

Internet: Presentace firmy CAN Superconductors, <http://www.can.cz>

Teorie všeho

- dlouhá teorie vzniku
- ostatní teorie
- sjednocená teorie
- krása teorie
- vědci, zabývající se TOE

Literatura: J.D. Barrow - Teorie všeho
S.W.Hawking: Hledání teorie všeho
S.Weinberg: Snění o finální teorii

Foucaultovo kyvadlo

Historie, něco o autorovi, jak pracuje, kyvadla ve světě, zajímavosti, ?? pokus ?? o demonstraci
Zdroje: internet

Štoll, I.: Objevitelé přírodních zákonů

Foucaultovo kyvadlo II

Seznámení posluchačů s principem Foucaultova kyvadla. Problémy s konstrukcí a technické řešení. Posouzení vlivu vnějších podmínek na správný chod. Demonstrace a srovnání předpokladu s výsledky pokusu.

Zdroje informací: Jaroslav Krutina - Přehled Technické Mechaniky

Doc. ing. Ivan Štoll Csc. - Mechanika

Koulařské optium

- udává se optimum šikmého vrhu 45 stupňů
- platí toto pro koulaře?
- liší se tento úhel na mítinku v Oslo od Olympiády v Sydney?

Úvod do Fámula

- úvod do programu na základě ukázky modelu volného pádu a vrhu (použití Eulerovy metody pro numerický výpočet diferenciální rovnice)

Pád do černé díry

Teoretický výlet na povrch gravitačně zhrouceného objektu.

Zdroj: internet

Jakob Bernoulli a jeho brachistochrona

Jakob Bernoulli jako historická postava (a málo známý člen slavné Bernoulliho rodiny). jeho přínos pro matematiku a fyziku v podobě řešení úlohy o brachistochroně

Literatura: Britannica - ready reference

Štoll, I.: Mechanika

Tolar, J., Štoll, I.: Teoretická fyzika

Malá československá encyklopedie

Slavní myslitelé

Štoll, I.: Svět očima fyziky.

Balistické kyvadlo

- experimentální měření vysoké rychlosti tělesa (kulky) pomocí balistického kyvadla.

Zdroje: internet

Štoll, I.: Mechanika

Rutherfordův rozptyl částic alfa na atomech zlata

Ernest Rutherford byl významným britským fyzikem, členem Královské společnosti v Londýně. Zabýval se studiem zejména radioaktivity, navrhl model atomu. Roku 1919 první experimentálně dokázal, že jádro atomu dusíku lze rozštěpit bombardováním částicemi alfa. U rozptylu částic alfa jde o dvě elektricky kladně nabitě částice, které se odpuzují silou nepřímo úměrnou čtverci

vzdálenosti. tento jev má velkou důležitost v mnoha oblastech fyziky, zejména atomové, jaderné a částicové, protože umožňuje experimentálně zkoumat silové působení mezi částicemi.

Cyklistika vs. fyzika:

Jízdní kolo, od pradávna jeden z nejeekonomičtějších a nejekologičtějších dopravních prostředků. Kolo je rozšířeno po celém světě a vyrábí se v milionových sériích v nejrozličnějších technických úpravách. Rychlost, dosahovaná při jízdě na kole je velmi ovlivněna fyzikálními zákonitostmi. Tímto způsobem lze jízdu na kole považovat za mechanický pohyb tělesa v určitém prostředí. Jízdní kolo plní vlastně dvě funkce. Slouží jak k jízdě samotné, tak k převodu síly, vyvinuté pohybovým ústrojím člověka, na hnací sílu, potřebnou k jízdě. Na této přednášce se dovíte několik zákonitostí, potřebných pro jízdu na kole.

Literatura: Karel Cibula: Mechanika jízdního kola, vydalo CVUT

Cyklistika vs. Fyzika II., aneb co jste nestačili pochytit na přednášce

Veškeré věci řečené na semináři Cyklistika vs. Fyzika nejsou zdaleka všechny, co by měli patřiti k zákonitostem spojené s jízdou na kole. Proto veškeré další zákonitosti, ale i historie kola budou zveřejněny na postru nazvaném Cyklistika vs. Fyzika II.. Dovíte se jak je nejlepší jezdit na kole, v jaké nadmořské výšce vám to pojede nejlépe, jaké odpory na vaše kolo kladou zákonitosti fyziky a dalších mnoho užitečných rad okolo přístroje, jehož základní princip však zůstává zachován již více než 100 let, což svědčí o geniálnosti a jednoduchosti vynálezu.

Literatura: Karel Cibula: Mechanika jízdního kola, vydalo CVUT

Materiály pro jadernou elektrárnu

Literatura: Bečvář, J.: Jaderné elektrárny

Pluhař, J.: Nauka o materiálech

Gyroskopický moment

- rovnice, teorie, názorná ukázka.

Literatura: J. Kvasnica a kol.: Mechanika.

Feynmanovy přednášky z fyziky.

Horák: Fyzikální experimenty

Brát, Brousil: Dynamika

Úvod do DAS - sběr dat na PC

Je spousta fyzikálních jevů, které změřit nejdou, ale spousta jich změřit jde.

Literatura: Manuál k Science workshop.

Proceedings

(neprošlo recenzí)

Úvod do programu Fámulus

Jan Hora, Richard Beber

Tento program slouží k modelování či simulování různých fyzikálních a matematických jevů. Pro snazší představu ho můžeme rozdělit na tři části : [Hlavní menu](#) (Zde zadáte rozvržení vlastního zobrazení), [Editor](#) (Zde naprogramujete simulovaný proces), [Výpočet](#) (vlastní zobrazení programu).

Pokud chcete nasimulovat jistý proces, nejprve si rozmyslete, jak ho popsat, aby mu počítač rozuměl. Pak napište model v Editoru a nakonec nastavte způsob zobrazení (v Hlavním menu), pak pomocí výpočtu zobrazíte výsledek.

V základní výbavě Fámula je již mnoho použitelných modelů a tak stačí jen upravit jejich výsledné zobrazení k obrazu svému. Začínáte-li s fámulem, doporučuji vám prozkoumání těchto modelů.



Hlavní menu

Nástrojová lišta

- Soubor** – načtení a uložení modelu, nový-vyprázdní aktuální model)
- Editor** – otevře editor modelu
- Zobrazit** – konfigurace poměrů rozdělení obrazovky při výpočtu
- Výpočet** – zpracuje a zobrazí model (F9)
- Pomůcky** – kalkulačka, tisk, apod.
- Ladit** – krokování programu (viz ZPRO)
- Nastavit** – konfigurace Fámula
- X=konec** – ukončí Fámula

Helpline je přímá nápověda

Nastavení zobrazení (pokud děláte model přečtěte si nejprve [Editor](#))

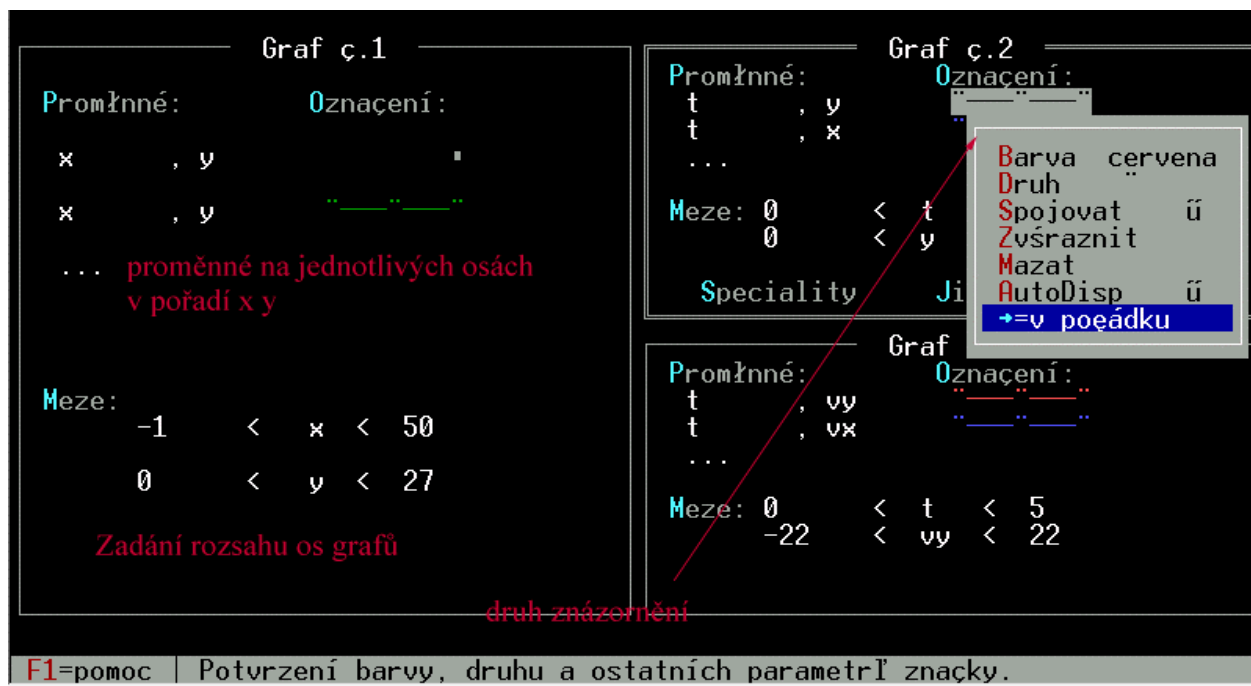
Vyberete si 1-6 možných rozložení obrazovky, pak do každé části zadáte, co chcete zobrazit. Velikosti jednotlivých částí můžete ještě upravit v položce Zobrazit. Každá část může obsahovat jednu z následujících možností.

- graf – můžete zobrazit více závislostí do jednoho grafu
- tabulka – vynáší hodnoty proměnných do tabulky

model – zobrazí model (celkem nezajímavé)
 záznamník – jakýkoliv komentář

Zadání výsledného zobrazení grafů

Pro každé zobrazení zadáte dvě proměnné (v pořadí os x,y), tvar, barvu a příp. další údaje. Do jednoho grafu lze zadat několik zobrazení. V ukázce v prvním grafu zobrazujeme dvě věci : Nejprve vlastní těleso, označené jako □ , se zadáním mazat (vykreslí vždy jen aktuální pozici) a následně na stejnou pozici ještě spojované body „→“, které nermžeme. Vidíme tedy padat těleso, které za sebou zanechává trajektorii. V druhém grafu je zobrazena závislost souřadnic x a y na čase a ve třetím závislost složek rychlosti na čase. Dále musíme zadat rozsah grafu pro osy x,y (zde se nám objevuje jen jedna proměnná, zadáme tedy tu s větším rozsahem).



Editor

Zde naprogramujete vlastní model daného procesu. Editor je rozdělen na čtyři části.

1. Do první můžete psát prakticky cokoliv, většinou se sem ukládá název modelu, popř. jeho stručný popis apod..
2. Ve druhé části zadáte konstanty (ty se nemohou během výpočtu měnit.), v našem příkladu např. gravitační konstantu.
3. Třetí část obsahuje definici proměnných, jejich nastavení na počáteční hodnoty. Zde však již probíhá program, takže můžete např. načíst tyto podmínky z klávesnice až při spuštění.
4. Poslední část obsahuje vlastní model. Tento pak probíhá stále dokola až do přerušení buď uživatelem, nebo příkazem STOP (nebo chybou). Pokud děláte jednoduchý příklad, můžete ho řešit tak, že postupně zvětšujete řídicí proměnnou (např. čas přičítáním krátké doby) a pro každý okamžik spočítáte to co potřebujete. Tato metoda však počítá s tím, že jste schopni vyřešit danou diferenciální rovnici. To však někdy není zrovna jednoduché.

Eulerova metoda

Existuje několik algoritmů, které různě přesně hledané řešení odhadují, aniž by bylo třeba tyto diferenciální rovnice řešit. Nejjednodušší z nich se nazývá **Eulerova metoda**. Tato metoda předpokládá, že při dostatečně malé časové diferencii Δt se změna veličiny za tuto dobu přibližně rovná její derivaci v tomto bodě.

$$\frac{x_1 - x_2}{\Delta t} \approx dx \Rightarrow x_2 \approx x_1 + dx \cdot \Delta t$$

Jak vidíme, známe-li hodnotu veličiny, můžeme určit její hodnotu v dalším časovém kroku. Toto můžeme udělat i kaskádovitě, tedy např. pro zrychlení, pak pro rychlost a následně pro vlastní polohu. Konkrétní užití je patrné z příkladu. Tato metoda je nejjednodušší, ale zato nejméně přesná. Je patrné, že se zmenšujícím se časovým krokem dostáváme stále přesnější výsledky, ale na úkor časové náročnosti. Pro zajímavost si můžete zkusit spustit ten samý model s různým časovým krokem a výsledky porovnat.

Nyní příklad šikmého vrhu s využitím eulerovy metody výpočtu.

Použité proměnné : dt pro Δt , t pro čas, x,y, vx,vy, ax,ay, složky vektorů (počítač neumí počítat vektorově, musíte pro jednotlivé složky)

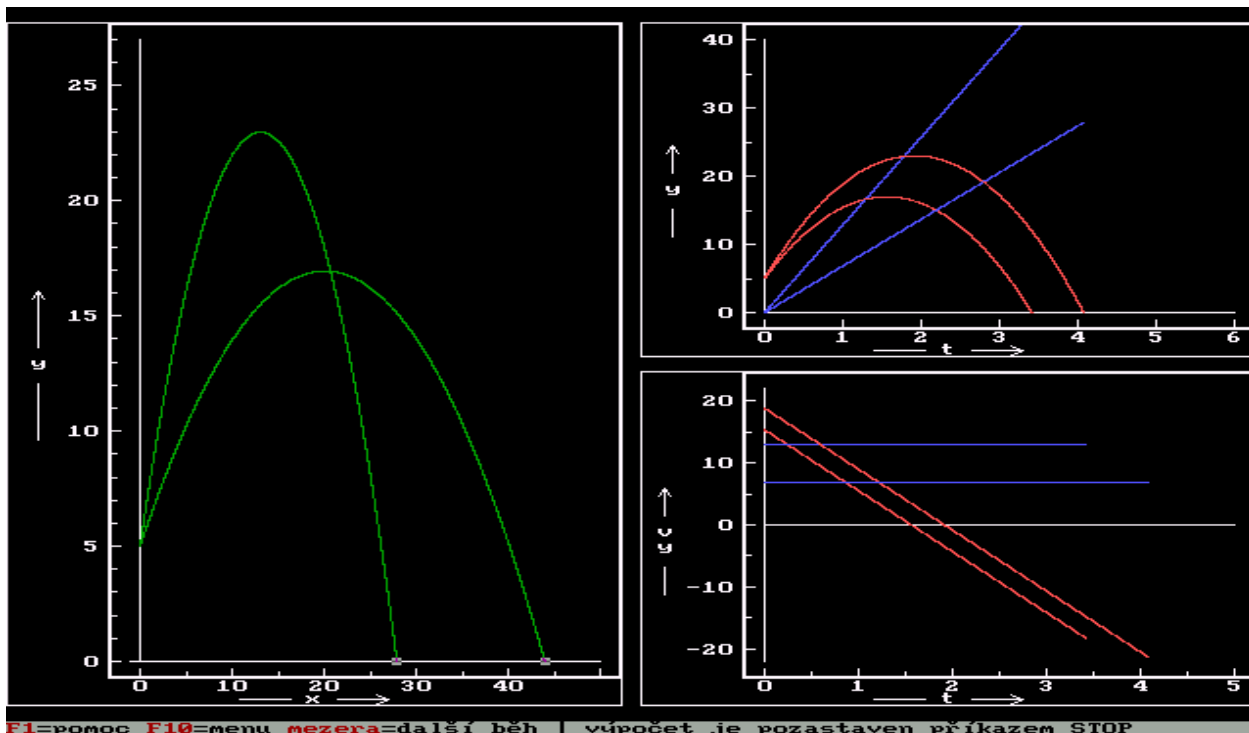
```

MODEL: RICH1.FM
----- proměnné, konstanty, procedury a funkce -----
g = -9.82  ! za vykřičník mohu napsat komentář
h=5
----- počáteční hodnoty -----
READ alfa  ! načte hodnotu alfa, až po spuštění výpočtu
v=20
dt=0.001
x=0      ;y=h      ! více příkazů na jednom řádku oddělíme středníkem
alfa=alfa*pi/180  ! zadání a výpočty počátečních hodnot
vx=cos(alfa)*v
vy=sin(alfa)*v
ax=0      ;ay=g
t=0
----- model -----
vx=vx+ax*dt      ;vy=vy+ay*dt      ! výpočet rychlostí
x=x+vx*dt      ;y=y+vy*dt      ! výpočet polohy bodu
t=t+dt          ! změna t
IF y<0 THEN STOP END      ! ukončí výpočet když je y mín jak 0
=====

```

Výpočet

Spustí výpočet a zobrazí dle předchozích voleb (alt+F9 vypočte znovu, bez smazání předchozího)



F1=pomoc F10=menu mezera=další běh | výpočet je pozastaven příkazem STOP

Mechanické aplikace vysokoteplotní supravodivosti

Hanuš Seiner

Když roku 1911 objevil holandský fyzik Kamerling-Onnes supravodivé vlastnosti rtuti, nezdálo se pravděpodobné, že by tento jev mohl být nějak prakticky využit. Aby elektrický odpor v tomto kovu klesl na neměřitelně nízkou hodnotu bylo jej třeba vychladit pod kritickou teplotu 4,2K, což vyžadovalo technicky i energeticky náročné zkapalňování helia. V druhé polovině 20.století však byla supravodivost postupně objevována u různých keramických materiálů, až konečně roku 1987 také v keramickém materiálu „YBaCuO“, tedy $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, jehož kritické teplota (cca 90K) umožňuje dosažení supravodivého stavu pomocí kapalného dusíku.

Keramické materiály YBaCuO našly od té doby široké uplatnění v elektrotechnice – například při vytváření silných polí v urychlovačích nebo naopak jako účinné elektromagnetické stínění. Kromě toho však vykazují také pozoruhodné mechanické vlastnosti, jejichž využití se v budoucnu nepochybně dočkáme.

Nehomogenní vysokoteplotní supravodivost a její mechanické vlastnosti

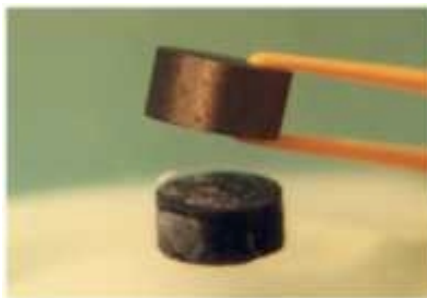
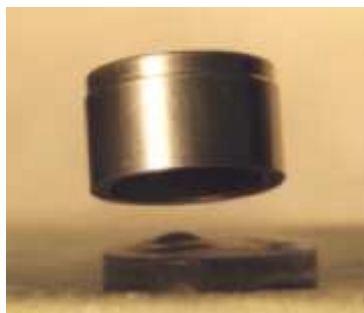
Bezpochyby nejzajímavější makroskopickou vlastností supravodičů je jejich ideální diamagnetismus, nazývaný Meissnerův jev. Keramické materiály jako YBaCuO (tedy supravodiče II. typu) vykazují Meissnerův jev pouze při malých intenzitách vnějšího magnetického pole, překročí-li intenzita kritickou hodnotu H_{C1} , proniká elektromagnetická indukce do supravodiče ve formě tzv. vírových vláken, v supravodiči vznikají oblasti nesupravodivé látky. Počet těchto „vláken“ při zvětšování intenzity magnetického pole roste, až při dosažení intenzity H_{C2} přechází celý objem supravodiče do normálního stavu.

Na rozdíl od tzv. ideálních vodičů (tj. látek, které by vykazovaly ideální diamagnetismus díky své dokonalé vodivosti) však u supravodičů pozorujeme také Meissnerův-Ochsenfeldův jev : v objemu supravodiče je za všech okolností magnetická indukce nulová. Dojde-li tedy k vychlazení supravodiče ve vnějším magnetickém poli, „vypudí“ supravodič toto pole ze svého objemu i bez vzniku stínících proudů, který je podmíněn časovou změnou indukce. V praxi to znamená, že když položíme na keramický materiál malý magnetek a materiál vychladíme pod jeho kritickou teplotu, magnet se vznese a levituje nad supravodičem.

Vlastnosti supravodičů II. typu závisí značně na jejich krystalové struktuře. Defekty krystalové mřížky (dislokace nebo malé oblasti nesupravodivé hmoty) ovlivňují rozložení energeticky výhodných a nevýhodných poloh pronikajících vírových vláken v objemu supravodiče. Pokud je krystalová mřížka ideální – bez defektů – mohou se vírová vlákna materiálem volně pohybovat. Takovéto supravodiče II. typu se nazývají homogenní nebo ideální.

Supravodiče, jejichž krystalová struktura obsahuje větší množství defektů, (nebo je jimi cíleně přesycena,) se nazývají nehomogenní nebo také „tvrdé“ a jsou vhodné pro mechanické aplikace. Jejich magnetování má hysteretzní nevratný charakter, při snížení intenzity vnějšího magnetického pole na nulu zůstává určitý počet vírových vláken „vázan“ v materiálu na defektech mřížky.

Nehomogenní supravodiče vykazují mnohem větší levitační sílu. Tato síla není založena pouze na Meissnerově jevu. Díky existenci defektů mřížky a potažmo také energeticky výhodných a nevýhodných poloh vírových vláken mohou mezi magnetem a supravodičem působit síly odpudivé i přitažlivé. K tomuto pozoruhodnému jevu dochází, je-li nehomogenní supravodič vychlazen v blízkosti silného permanentního magnetu. Tyto síly brání změně vzájemné polohy magnetu a supravodiče.



Magnet tedy může levitovat nad supravodičem, stejně jako supravodič pod magnetem.



Je zřejmé, že mezi supravodičem a magnetem je jen minimální mechanické tření. Na soustavu magnet-levitátor tedy můžeme pohlížet jako na zvláštní druh mechanického ložiska s velmi malým bržděním. Toto brždění není způsobeno pouze aerodynamickými vlivy prostředí ale také vzájemnými interakcemi mezi magnetem a supravodičem, je však podstatně menší než v mechanických ložiskách. Setrvačnick roztočený nad supravodičem může fungovat jako „zásobník“ kinetické energie.

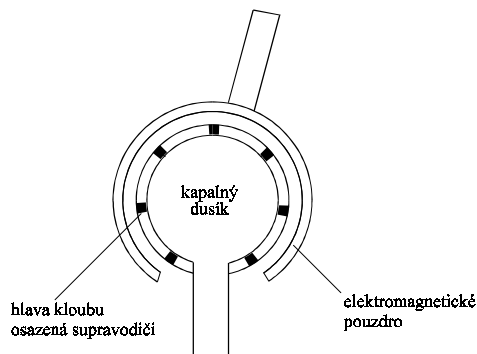
Možné využití mechanických vlastností nehomogenní vysokoteplotní supravodivosti

Supravodivé ložisko

Výše uvedené (supravodivé) ložisko se kromě nízkého brždění vyznačuje také neporovnatelně tišším chodem bez výraznějších vibrací. V rámci SOČ 1998/99 proběhlo na Gymnáziu v Pardubicích množství počítačových měření závislosti frekvence otáček roztočeného setrvačnicku na čase. Naměřené závislosti bylo možno dobře aproximovat křivkou $f = (-A + Be^{bt})^{-1}$, kde kladné koeficienty A, B, b charakterizují počáteční podmínky každého měření. Tato funkce (vlastně kombinace hyperboly a exponenciály, tedy křivek odpovídajících brždění v závislosti na první a druhé mocnině rychlosti) má viditelně svislou asymptotu : Nejen, že s rostoucími otáčkami moment brzdících sil také prudce vzrůstá, ale ani dosažení hypotetických nekonečných otáček by neudrželo setrvačnick v rychlé rotaci významně dlouhou dobu. Naopak při malých otáčkách jsou účinky brzdících sil velmi malé.

Supravodivé spoje, supravodivý kloub

Přitažlivé a odpudivé síly umožňují vytvoření bezkontaktního spoje mezi dvěma tělesy. Vzdálenost je nastavitelná, spoj se vyznačuje snadnou montáží a demontáží a navíc nemá aerodynamické charakteristiky. Pokud by byl tedy využit například pro zavěšení modelů v aerodynamickém tunelu, nedošlo by k negativnímu vlivu rozměrů závěsu na měření.



Optimálním způsobem využití takovýchto spojů by byl supravodivý kloub, složený z kulové hlavy chlazené (pravděpodobně zevnitř) kapalným dusíkem a osazené soustavou supravodičů a z pouzdra tvořeného soustavou elektromagnetů. Pouzdro by vůči hlavě kloubu mělo tendenci setrvávat v poloze, nastavené před spuštěním elektromagnetů. Vznikl by tak pevný a přitom značně variabilní spoj. Pokud by byl povrch pouzdra osazen celou sítí elektromagnetů, bylo by možné i digitální ovládání kloubu. Po změně zapojení elektromagnetů by nově „vzniklé“ magnety zaujaly vůči supravodičům tu

polohu, kterou měly elektromagnety zapojení předchozího (díky hystereznímu charakteru vírových vláken). Přesnost takového ovládání by závisela na počtu a rozmístění elektromagnetů.

Levitátor ve vakuu

Umístění levitujícího magnetu do vakua by mělo hned několik výhod : Jednak by se ještě zmenšilo tření mezi magnetem a supravodičem, ale hlavně by byl levitátor výborně tepelně a elektricky izolován.

Supravodivost ve vesmírném programu ?

I přes všechny výhody mechanických aplikací je zřejmé, že supravodivost má stále proti konvenčním metodám jednu velkou nevýhodu : Supravodiče je třeba neustále chladit kapalným dusíkem.

Kritické teploty materiálů YBaCuO a LaBaCuO jsou však tak vysoké, že by s nimi bylo možno pracovat v některých oblastech sluneční soustavy i bez chladicí látky.

Závěrem lze konstatovat, že nehomogenní vysokoteplotní supravodiče II. typu nabízejí unikátní možnosti mechanického využití a to především díky silným a stabilním přitažlivým a odpudivým silám, které vznikají mezi magnetem a supravodičem vychlazeným v jeho blízkosti.

Pokud však nebudou objeveny látky s vyššími kritickými teplotami, nebo pokud se supravodivé materiály neprosadí v oblastech trvale nízkých teplot (vesmír), není možné očekávat jejich masovější využití.

Použitá literatura :

Daniš, Stanislav : *9 let vysokoteplotní supravodivosti*, Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 4/1996

Prezentace firmy Can Superconductors (www.can.cz)

Rutherfordův rozptyl částic alfa

Rudolf Klepáček, Vít Kučera

Úloha o rozptylu má velkou důležitost v mnoha oblastech fyziky, zejména atomové, jaderné a částicové, protože umožňuje experimentálně zkoumat silové působení mezi částicemi. Rozptyl nalétávající částice alfa na atomech zlata studoval E. Rutherford při svém slavném pokusu, který vedl k objevu atomového jádra. Jde o dvě elektricky kladně nabitě částice, které se odpuzují silou nepřímo úměrnou čtverci vzdálenosti.

Atom byl původně definován jako nejmenší, dále již nedělitelná část látky, v pozdější – zpřesněné formulaci – chemického prvku. Různá experimentální fakta svědčila o tom, že atom lze pokládat za elektricky neutrální objekt o hmotě řádu $10^{-27} \div 10^{-25}$ kg a velikosti řádu 10^{-10} m.

Avšak zjištění četných jevů, při nichž byly z neutrálních atomů nebo jejich komplexů uvolňovány elektrony (výboje v plynech, fotoelektrický jev a jiné), jež byly identifikovány jako elementární kvanta záporné elektriny o náboji $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, jejichž hmota se rovná nepatrnému zlomku hmoty nejlehčích atomů ($m_e \approx 1/2000 m_H$, kde m_H je hmota atomu vodíku, nejlehčího atomu vůbec) a velikosti je řádu 10^{-15} m, poukazovalo na neoprávněnost představy o nedělitelnosti atomu. Objev radioaktivity, skutečnosti, že nejtěžší prvky vysílají pronikavé záření, v němž jsou mimo jiné obsaženy t. zv. částice α , objekty s kladným nábojem $2e$. Vše svědčilo o tom, že atom je ve skutečnosti složitou soustavou menších objektů – částic elektricky nabitých.

Ze skutečnosti, že atom je normálně elektricky neutrální, bylo zřejmé, že v atomu jsou náboje různých znamének (kladné a záporné) tak uspořádané, že navenek, v dostatečné vzdálenosti, se jejich působení ruší. Základní poznatky o struktuře a uspořádání nábojů v atomu vyplynuly z pokusů, v nichž byly atomy sondovány pomocí rychlých částic. Bylo sledováno chování takových částic při průchodu látkou a ze změny jejich pohybu se usuzovalo na uspořádání součástí atomu.

Již první pokusy prováděl LENARD (průchod elektronů látkou). Zásadní řešení celé otázky však přineslo až studium průchodu částic α látkou, zejména pak zkoumání některých jevů, spojených s t. zv. rozptylem částic α . Pokusy ukázaly, že rovnoběžný svazek částic α se při průchodu vrstvou látky rozptyluje tím, že částice jsou vychylovány z původního směru. U daleko největšího počtu částic je odchylka od původního směru (odchylkový úhel) velmi malá ($2 \div 3^\circ$), ve vzácných případech však byly konstatovány odchylky velmi značné, přesahující 90° a dosahující někdy skoro až 180° (anomální odchylky).

Existence velkých odchylek byla přímo potvrzena později, když byla vypracována metoda na sledování individuálních drah částic v t. zv. mlžné komoře.

Pokusy vyložit anomální odchylky jako výsledek superposice řady malých odchylek skončily neúspěšně. RUTHERFORD (1911) proto navrhl teorii, podle níž vznikají anomální odchylky v jediné akci a jsou výsledkem působení jediného silového centra. Protože částice α má značnou hmotu, vznik značné odchylky nezbytně předpokládá, že v silovém centru je soustředěna prakticky veškerá hmota atomu. Zbytek hmoty pak připadá na lehké elektrony, které obklopují toto centrum; jejich malá hmota podmiňuje zanedbatelné působení na dráhu částice α . Protože elektrony jsou záporné, musí být pro splnění podmínky elektrické neutrality

atomu toto centrum, jež bylo nazváno jádrem atomu, nabit kladně. Malá četnost velkých odchylek pak svědčí o tom, že jádro zaujímá z celého objemu atomu pouze nepatrnou část.

Praktická část experimentu.

Při Rutherfordově pokuse alfa-částice prolétají folií, kde jsou z jejich směru odchylvány. Naším úkolem bylo tyto odchylky pozorovat. Měly jsme k dispozici zařízení přímo k tomu určené. Skládalo se z nádoby, čerpadla a čítače impulsů. Na víku od nádoby se nacházel zářič a štěrbina

s folii. S těmi šlo otáčet o libovolný úhel. V nádobě pak byl analyzátor připojený na čítač. Čerpadlem je odsál vzduch z nádoby- vzniklo vakuum. Tam se mohlo začít s pokusem.

- Naší snahou bylo získat graf závislosti úhlu na počtu odchýlených částic .

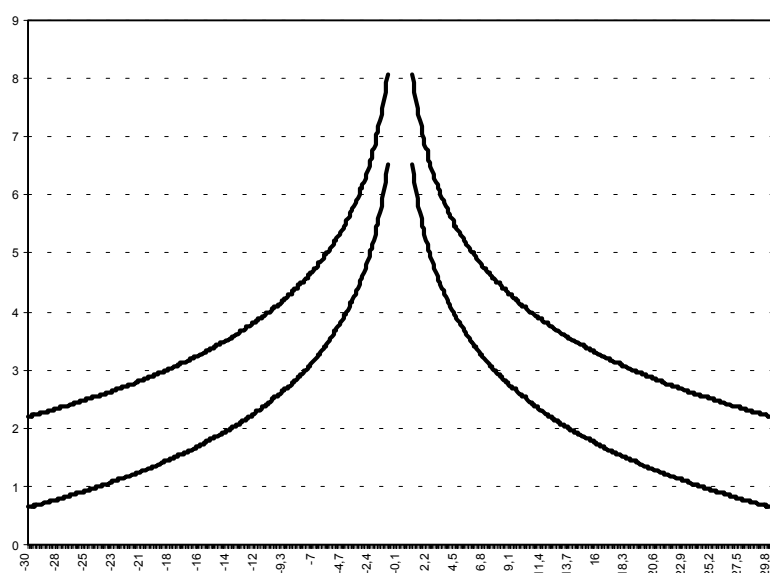
Vzorec pro teoretický výpočet :

$$n(\Theta) = \frac{C}{\sin^4 \frac{\Theta}{2}} \quad C = \frac{A}{4\pi} \frac{S}{r^2} s \frac{N_A \rho}{A_r} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_\alpha q_z}{4T_\alpha} \right)^2 \frac{S^*}{R^2} t$$

kde **A** -intenzita zářiče, **S** -plocha štěrby, **r** =**R**-vzdálenost štěrby od zářiče a analyzátoru, **s** -tlouška folie

ρ-hustota folie, **A_r** -relat. atom hmotnost, **q_α** - 2.e, **q_z** - Z.e, **ε₀** – permabilita vakua **T_α** - kinet. E alfa-částic **S** -plocha analyzátoru, **t**- delta času

- Srovnání teoretických grafu (č.1) pro Al a Au: tlouška obou folií 2μm



Dolní křivka - Al

Horní křivka - Au

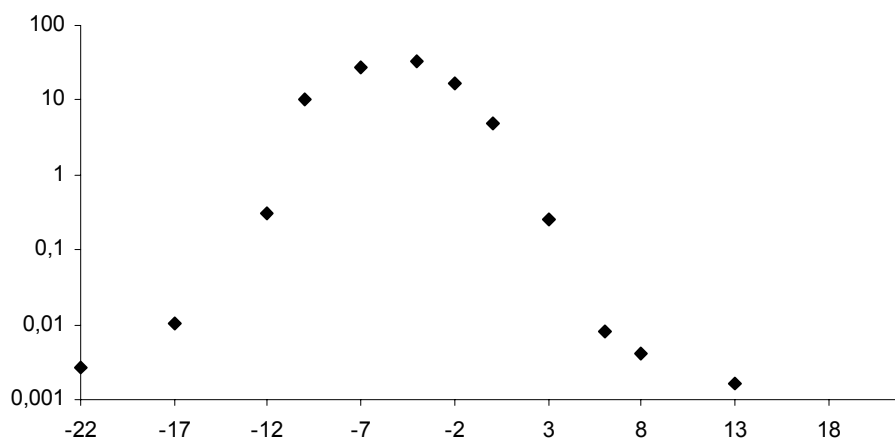
Osa Y- poč. impulsu za sec. (logaritmováno)

Osa X- úhel Θ Horní křivka - Au

Dolní křivka - Al

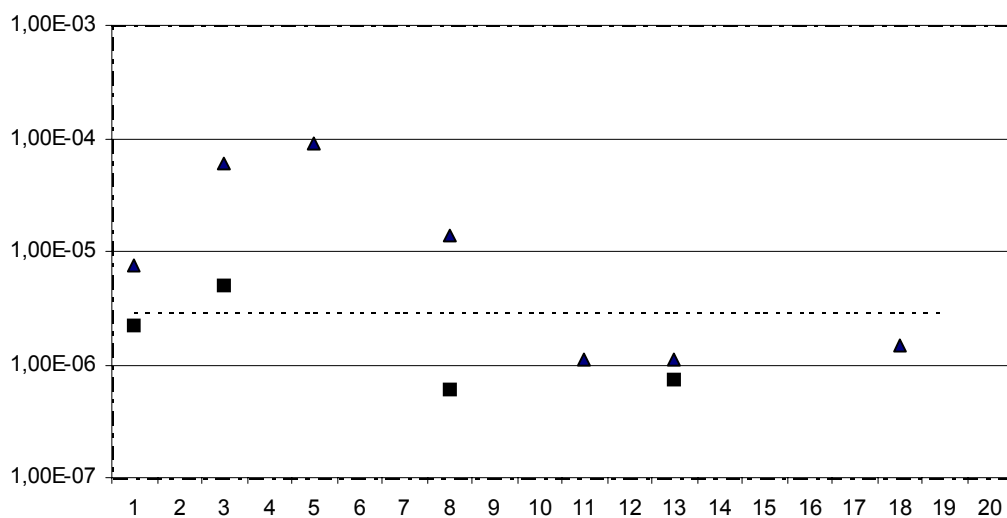
- Experimentální výsledky pro hliníkovou folii:

Graf č.2: Závislosti úhlu na počtu rozptýlených částic:



Když si vzorec upravíme, mělo by platit: $N(\Theta) \cdot \sin^4 \frac{\Theta}{2} = C = konst.$

Graf č.3: $\blacktriangle$ = hodnoty $N(\Theta) \cdot \sin^4 \frac{\Theta}{2}$ v - Θ $\blacksquare$ = hodnoty $N(\Theta) \cdot \sin^4 \frac{\Theta}{2}$ v + Θ
 ----- = hodnota C



Závěr: I přes velké chyby v měření, můžeme na grafu č.2 vypořadovat přibližně stejný tvar křivky jako u teoretických hodnot. V grafu č.:3 pak jasně vidíme, jaké odchylky naše naměřené hodnoty mají.

Zdroje: Doc Ing. Ivan Štoll, Csc.- Mechanika

Teorie chaosu

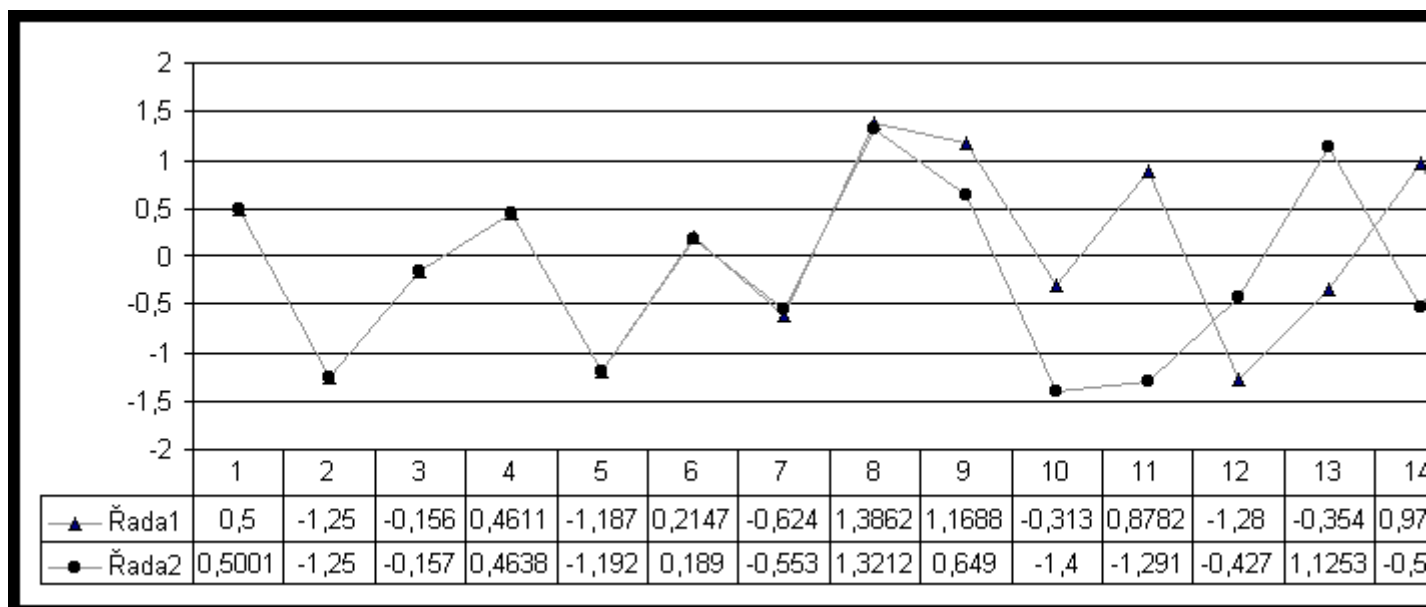
Adam Sádovský

Matematický popis

Systémy, které se zdánlivě chovají chaoticky, ale které se dají z počátečních podmínek vždy stejně reprodukovat jsou deterministicky chaotické. Lze to demonstrovat na příkladu výpočtu s rekurzivní funkcí:

$$x_{n+1} = 2 \cdot x_n^3 - 3 \cdot x_n$$

Graf 1:



V grafu 1 jsou zakresleny dvě řady posloupností s různými počátečními podmínkami (0,5 a 0,5001). V několika prvních iteracích jsou rozdíly výsledků nepatrné, ale po 8 interakci se obě řady chovají jako naprosto nezávislé. Iterací se rozumí počet průchodů rekurzivní funkcí.

Stavový prostor

Je obecný prostor do kterého lze zakreslit chování nějakého systému. Na osy se vynášejí kromě důležitých hodnot popisujících systém také hodnoty, kterých systém nabývá. Speciálním příkladem je fázový prostor. Dráha bodu v takovém prostoru se nazývá trajektorie. Trajektorie těchto bodů mohou být různé (viz. dále).

Trajektorie bodů

Na grafu 2.-8. jsou znázorněny trajektorie bodů ve 2. rozměrném stavovém prostoru. Trajektorie je výsledkem komplexní funkce:

$$z = z^2 + c$$

Vzorec 1:

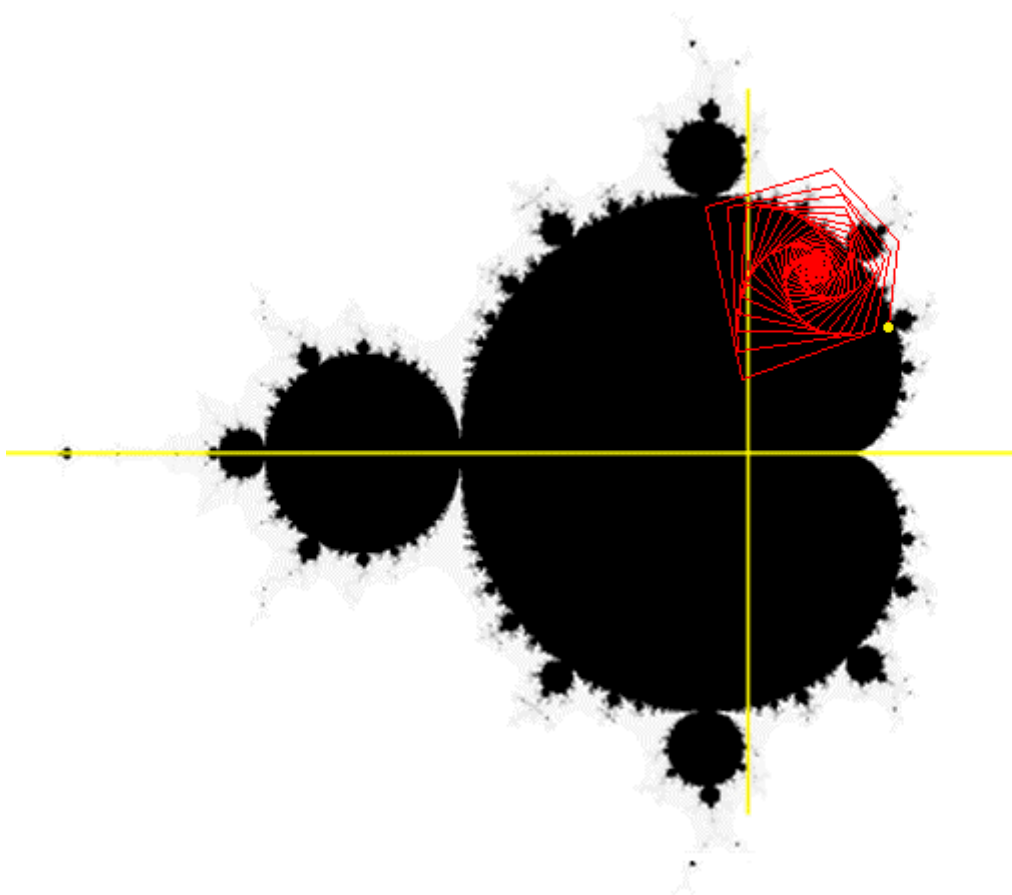
$$z_n = z_{n-1}^2 + c$$

Jde o rekurzivní funkci jejíž výsledek je opět parametrem pro výpočet funkce. Lze ji napsat i jako vzorec 1.

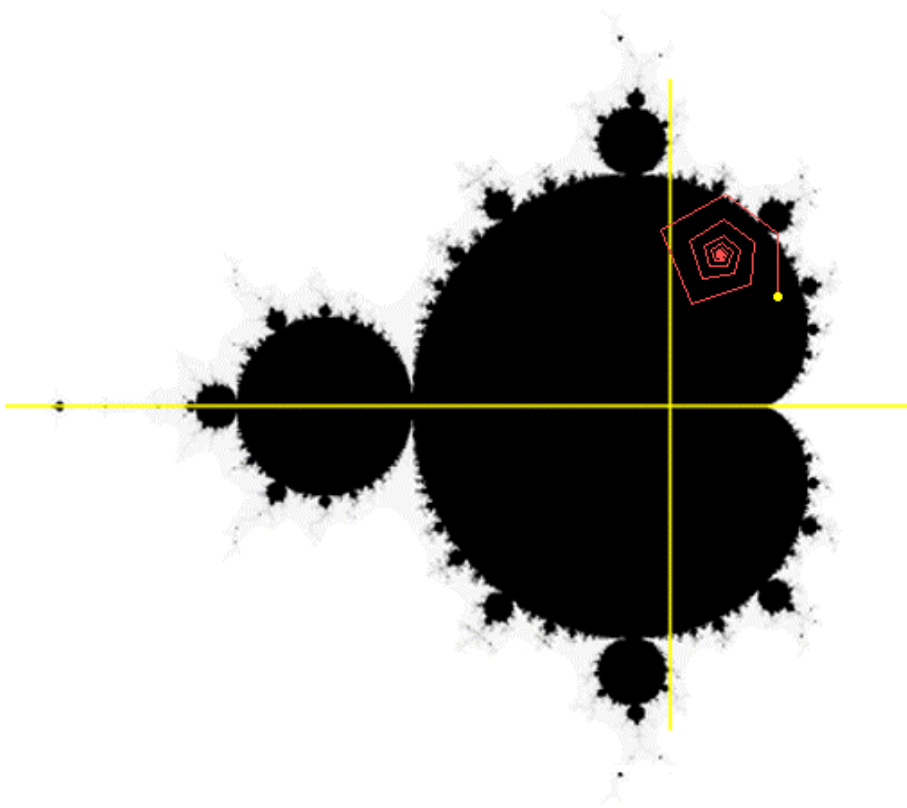
Z toho je patrné, že pro výpočet je potřeba znát vstupní hodnotu z_0 a parametr c . Hodnoty z a c jsou komplexní. Hodnota c je konstantní a je možné ji zvolit jakkoliv. V našem případě je $c = z_0$. Hodnoty z_0 jsou brány z Gausovy roviny. Jejich poloha je v grafu označena žlutým puntíkem. Z tohoto bodu probíhá výpočet trajektorie. Sousední body posloupnosti jsou spojeny úsečkou. V

pozadí je pro názornost zobrazena mandelbrotova množina. Z grafů je patrné, že pro body, které leží uvnitř množiny se generují dva druhy trajektorie. Jedna, která konverguje k jednomu bodu (graf 2 a 3). Druhá, která sice nekonverguje do jednoho bodu, ale neopustí určitou vzdálenost (graf 4). Při výběru bodu z okraje množiny je patrné, že trajektorie se začíná chovat chaoticky (graf 5 a 6). A pro body za okrajem množiny se trajektorie začne rozevírat (graf 7 a 8). Pokud spočítáme počet iterací do chvíle, kdy trajektorie opustí určitou vzdálenost (například 2) můžeme je zakreslit třeba pomocí barvy. Pak vzniká fraktál. (Viz program pro výpočet mandelbrotovy množiny.)

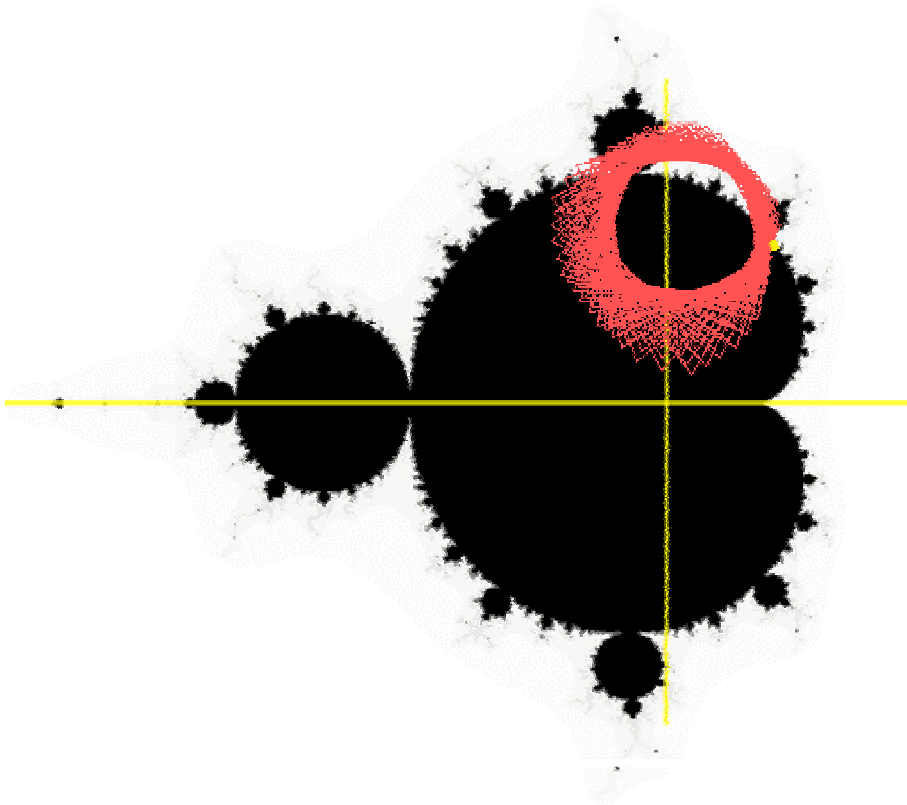
Graf 2:



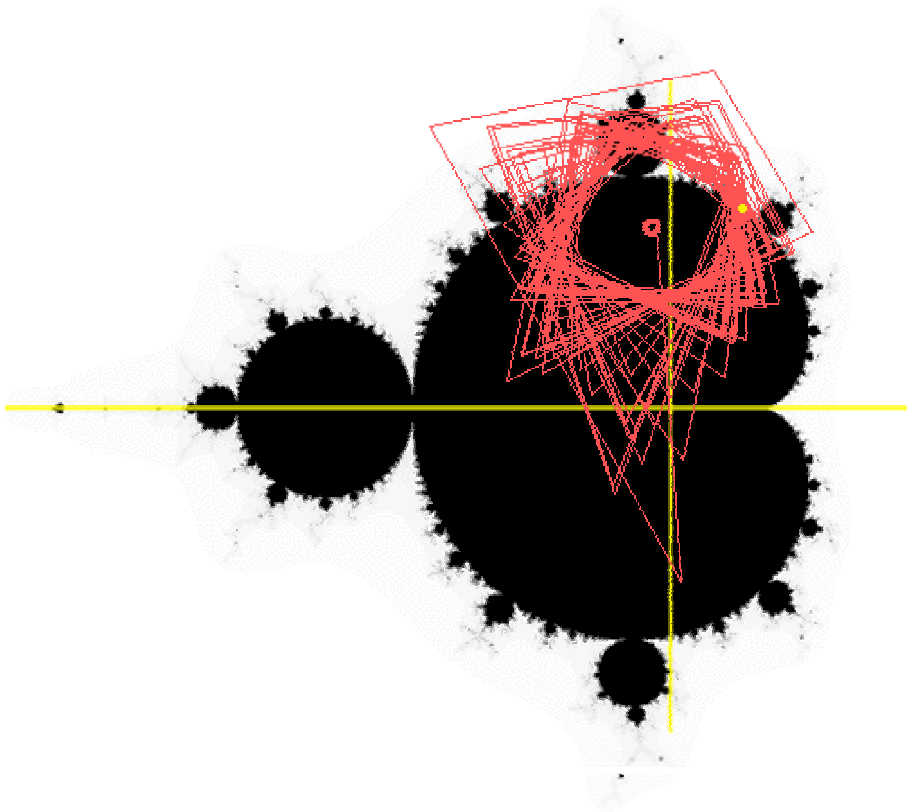
Graf 3:



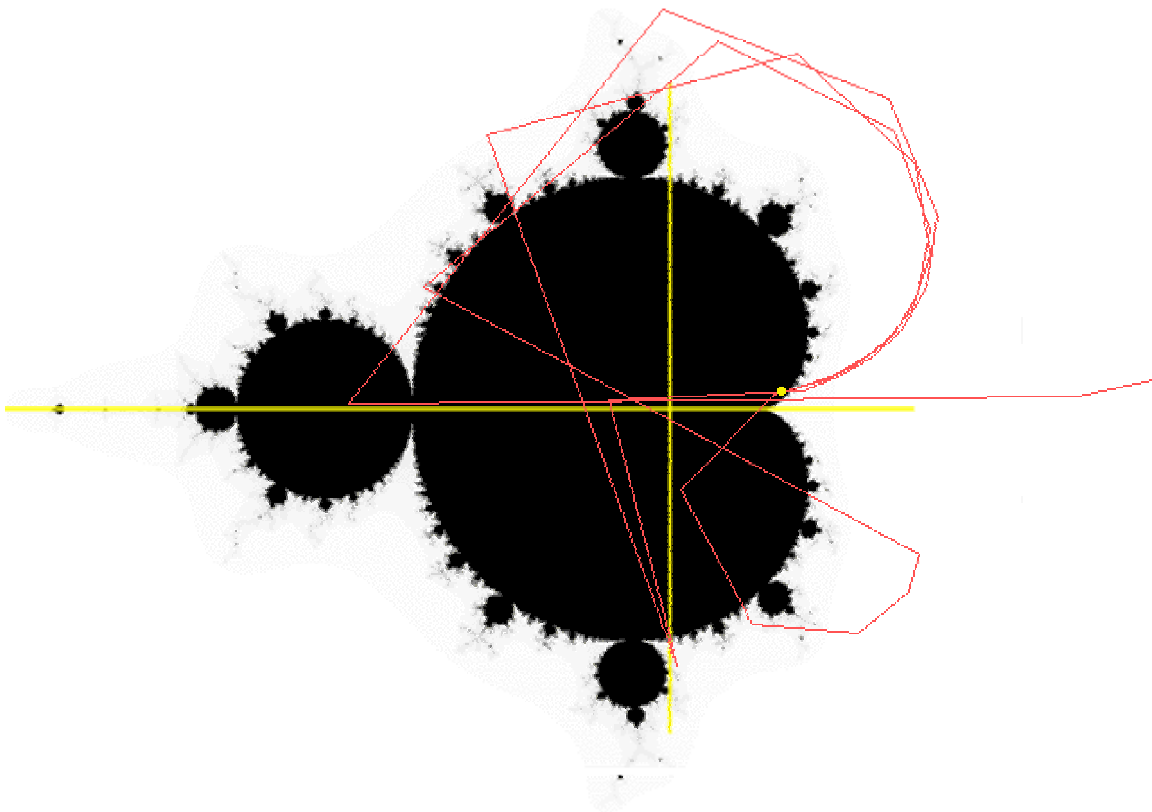
Graf 4:



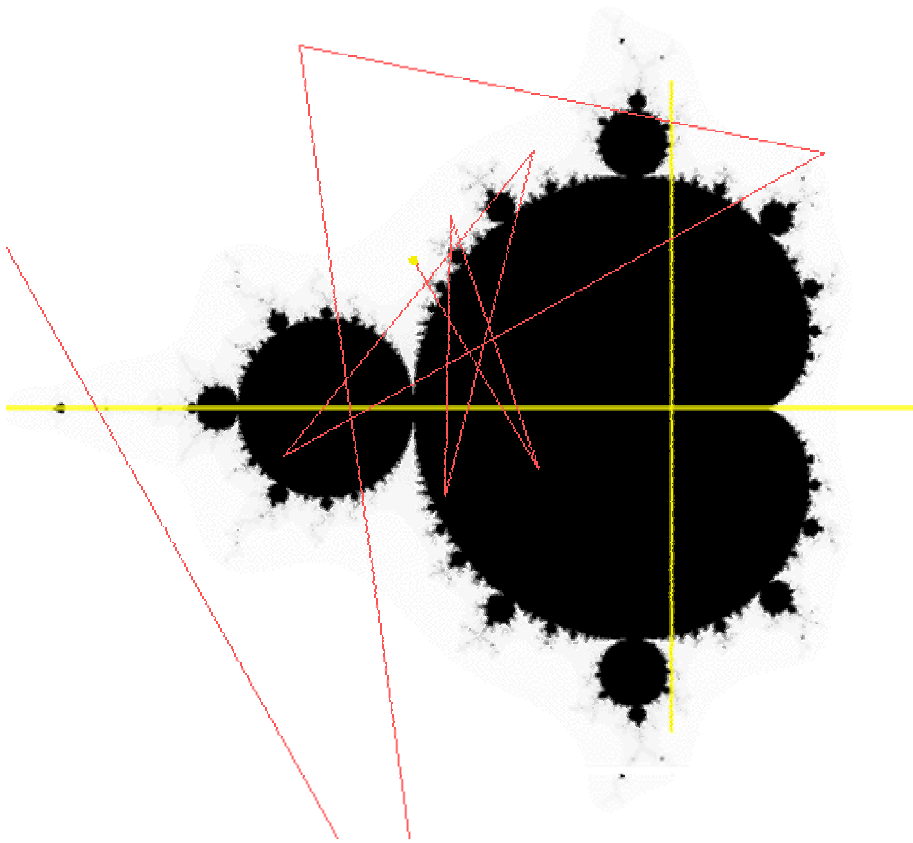
Graf 5:



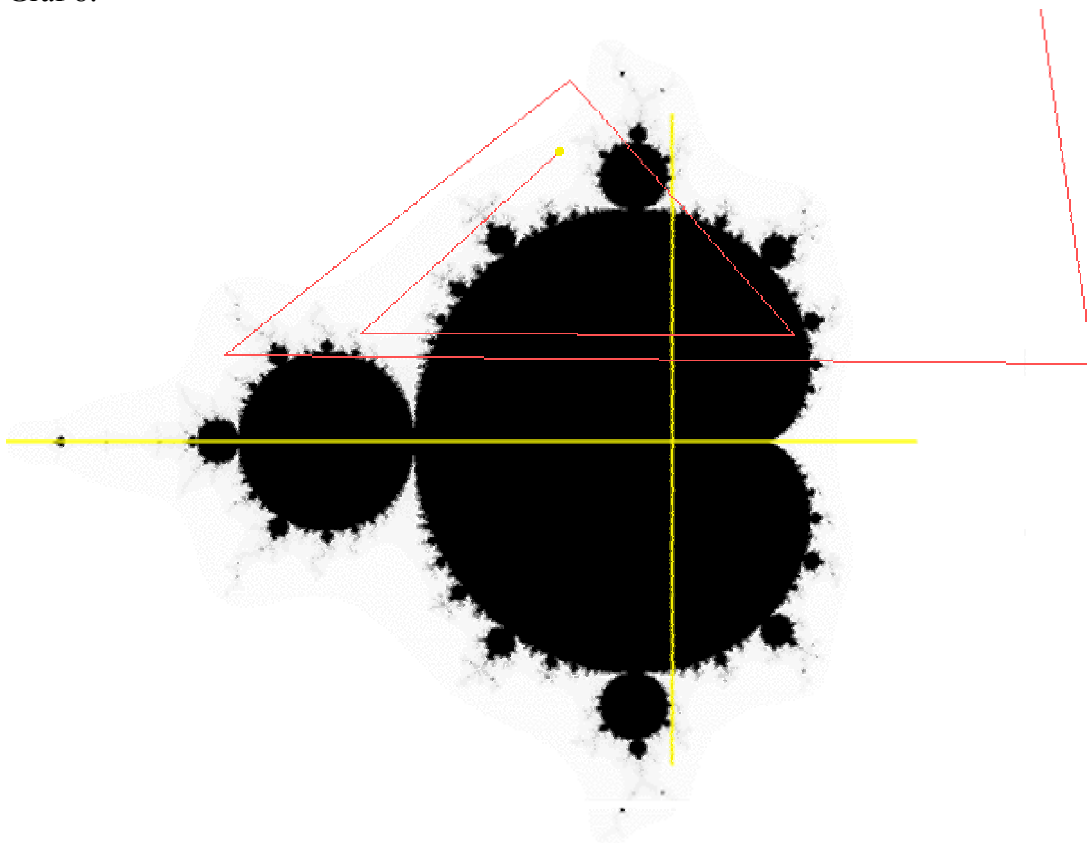
Graf 6:



Graf 7:

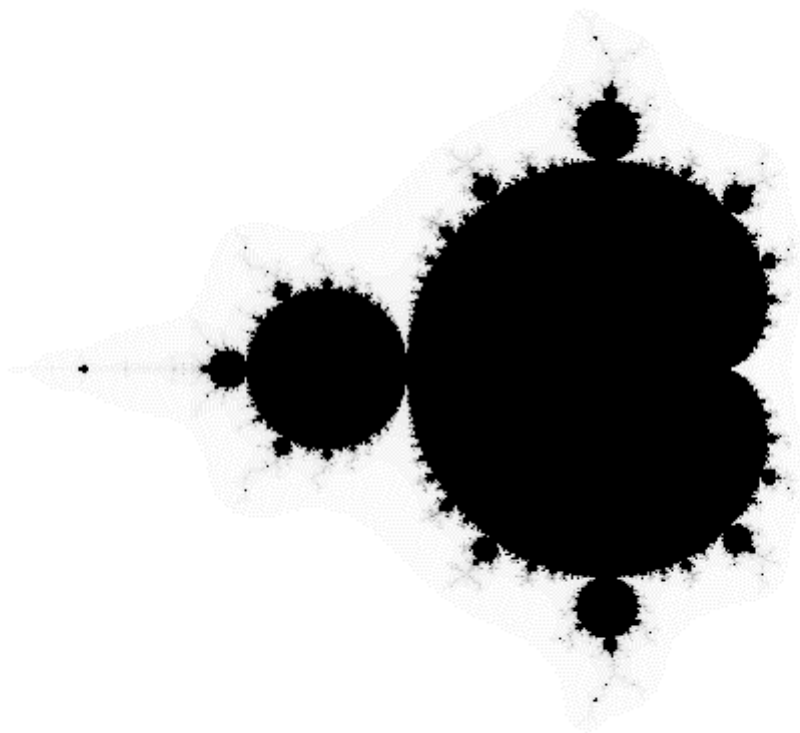


Graf 8:



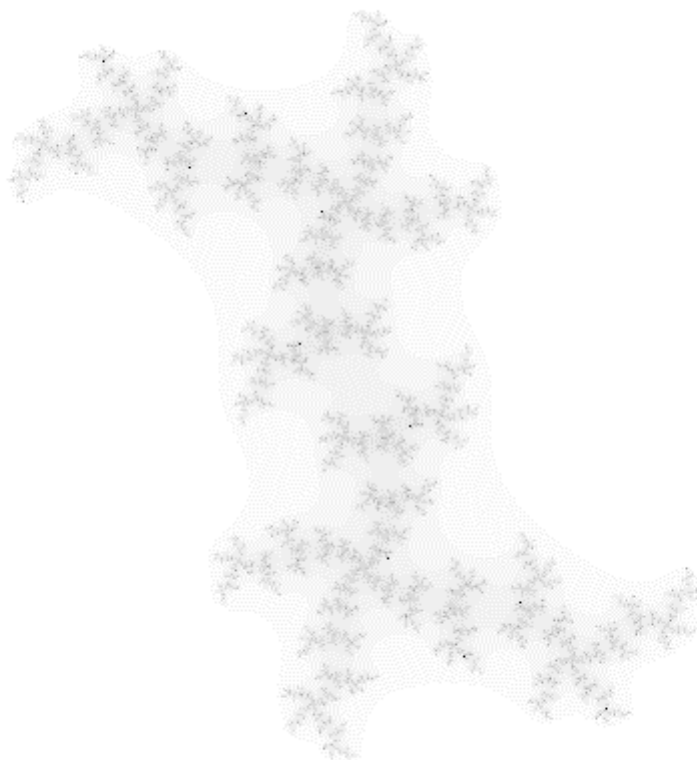
Na obrázku 1. je množina bodů jejichž trajektorie byly přitaženy atraktorem. V tomto případě se zjišťuje kolik interakcí bylo nutno provést, než bod opustil vzdálenost 2 od počátku. Pokud k tomu je nutno nekonečno interakcí je zakreslen bod černě. Této množině se říká Mandelbrotova. Množina Juliova (obrázek 2) je definována obdobně, ale parametr c ve vzorci 1 je konstantní pro všechny body, zatímco v mandelbrotově množině je parametr c roven z_0 a tudíž je pro každý bod množiny jiný. Atraktor je množina bodu ve stavovém prostoru odpovídající ustálenému stavu systému.

Obrázek 1:



Fraktály mohou vznikat také pomocí donekonečna se opakujících transformací původního objektu. Jako je otočení, posunutí a změna měřítka. Jsou to obrazce vzniklé vlastně přímo z definice fraktálu. Fraktály vykazují tzv. sobě podobnost nebo sobě příbuznost. A je možné jejich části stále zvětšovat. Znamená to, že nikdy není možné narazit na část fraktálu, která by se již z ničeho neskládala. Pak ovšem nastává otázka, jak například změřit délku hranic států (které svou členitostí připomínají fraktál) nebo pobřeží, když žádná z částí se neskládá například z přímky, ale z dále a dále členěných fraktálů. Pro fraktály je možné definovat Hausdorffovu dimenzi.

Obrázek 2:



Efekt motýlího křídla

Chaotické systémy mají tu vlastnost, že jejich chování ovlivňují hlavně vstupní podmínky (viz. začátek). Jestli že je například atmosféra a počasí pokládáno za chaotický systém může vzniknout zajímavý efekt tak zvaného motýlího křídla. Například, že nepatrná odchylka na počátku systému (mávnutí motýlího křídla) může mít dalekosáhlé důsledky na jeho konci (například na druhé straně planety). Člověka může napadnout jak se chaos může vyrovnat s obecnými zákony, jako dynamická rovnováha. Vždyť chaos jde přímo proti takové rovnováze. Je to pravděpodobně způsobeno mezními hodnotami reálného světa, kde všechny extrémně se zvyšující děje jsou těmito mezemi bržděny.

[Program pro výpočet mandelbrotovy množiny v jazyku C.](#)

[Program pro výpočet mandelbrotovy množiny v jazyku Pascal.](#)

Literatura:

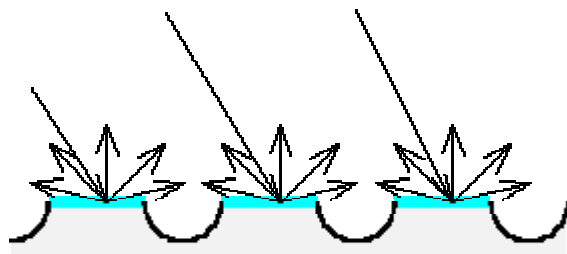
Chip 10/99, 11/99, 12/99, 1/99 - Když rozkvetou fraktály. - Ivan Zelinka.

Softwarové novinky 8/1995 - Fraktály a jejich vlastnosti. - Doc.Ing.Pavel Slavík, Csc, RNDr. Viktor Seige.

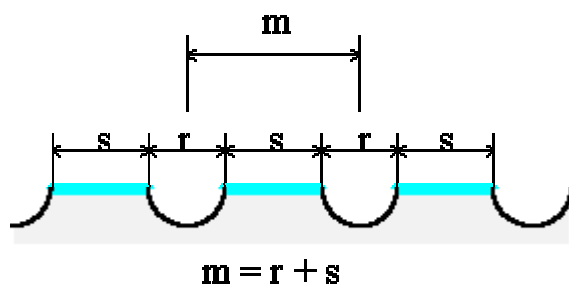
Měření mikrostruktur nosičů informací

- CD jako difrakční mřížka

Vladimír Pospíšil



Difrakční mřížka – soustava N identických ekvidistantních štěrbin (vrypů). Může světlo buď propouštět, nebo odrážet. Tento pokus je zaměřen pouze na difrakční mřížku, která světlo odráží. Dopadá-li na reflexní mřížku paprsek, pak každý bod mřížky je podle Huygensova principu zdrojem kulových vlnoploch, tedy zdrojem rozbíhavých paprsků. Jejich interferencí vznikají charakteristická maxima a minima.



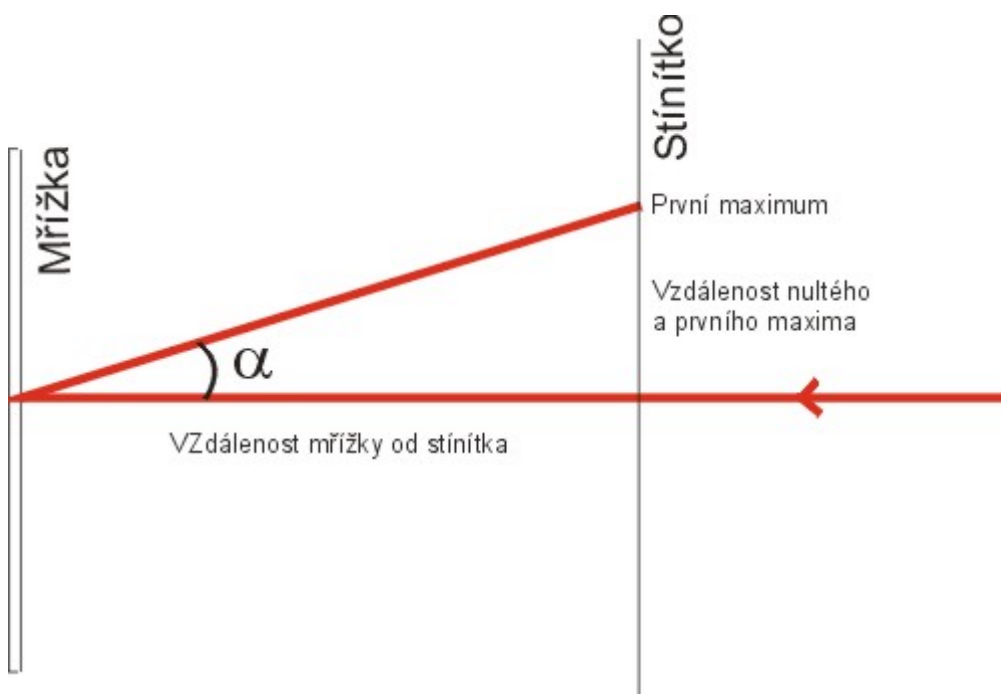
Difrakční mřížka ("reflexní") je deska z určitého materiálu, do níž jsou velmi přesně vyryty identické ekvidistantní vrypy. Předpokládejme, že všechny vrypy mají stejnou šířku r a jsou od sebe stejně vzdáleny. Mezeru mezi dvěma vrypy nazveme proužek (místo neporušeného povrchu desky) a jeho šířku označíme s . Soustavu vryp+proužek nazveme difrakční element. Vzdálenost stejně položených částí dvou sousedních difrakčních elementů je $m=r+s$, kde m je mřížková konstanta (perioda mřížky). Pro

vytvoření si názornější představy o hodnotě mřížkové konstanty se často používá její převrácené hodnoty $1/m$. Ta vyjadřuje počet difrakčních elementů mřížky na jednotku délky. N vyjadřuje celkový počet difrakčních elementů mřížky.

Dopadá-li paprsek na mřížku kolmo, platí pro jednotlivá maxima rovnice

$$m \sin \alpha = n \cdot \lambda$$

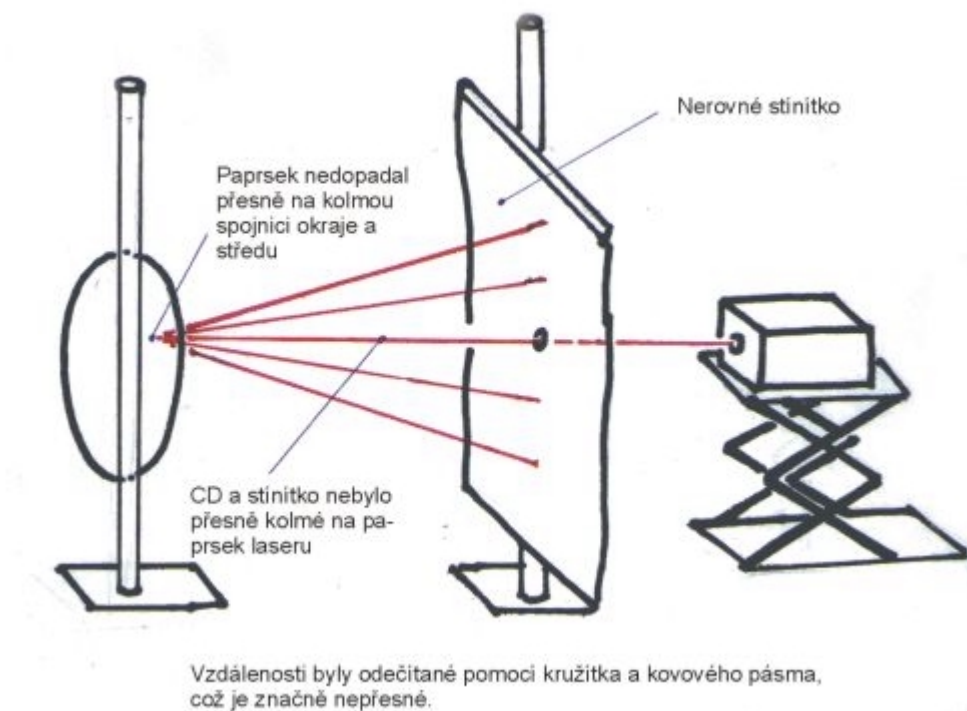
Je ovšem třeba



Pro měření byl použit standartní červený He-Ne laser s vlnovou délkou přibližně 630 nm, CD a stínítko, jež tvořil list tuhého papíru, bylo upevněno pomocí jednoduchých stojanů. Odečítání vzdáleností se provádělo pomocí kružítko s dvěma hroty a kovového pásma (viz obrázek). Takto "na koleně" sestavená aparatura samozřejmě nemůže zajistit dostatečnou přesnost, nicméně s ní lze dosáhnout alespoň řádově správných výsledků. Na obrázku jsou zaznamenány hlavní vnesené nepřesnosti.

S důvodu časové tísně byla provedena pouze čtyři měření - pro dvě různé vzdálenosti stínítka od mřížky byly změřeny vzdálenosti maxima nultého od maxima prvního a druhého řádu a spočítány úhly, které spolu paprsky svírají. Pomocí výše zmíněné rovnice pak byla zjištěna domělá hodnota mřížkové konstanty pro každé měření a utvořen aritmetický průměr (na lepší

statistické metody jsou čtyři měření málo).



Nyní k vlastnímu měření. V první tabulce jsou zaznamenány naměřené vzdálenosti maxim vzhledem ke vzdálenosti CD od stínítka. V druhé tabulce jsou zaneseny siny úhlů spočtené pomocí naměřených vzdáleností, ve třetí pak již vlastní hodnoty v mřížkové konstanty v nanometrech.

Naměřené vzdálenosti			Siny příslušných úhlů			Hodnoty mřížkové konstanty		
Maximum	Délka 1 - 50 mm	Délka 2 - 65 mm	Maximum	Délka 1	Délka 2	Maximum	Délka 1	Délka 2
1	20.5 mm	29 mm	1	0.38	0.41	1	1657.89 nm	1536.59 nm
2	65 mm	83.5 mm	2	0.79	0.79	2	1594.9 nm	1594.9 nm

Celkový výsledek je tedy aritmetickým průměrem - 1596.07 nm. Tato hodnota se až příliš blíží skutečné hodnotě - 1600 nm; věřím tedy, že všechny uvedené nepřesnosti se vrušily a tento úžasný výsledek je pouze shodou náhod.

Použitá literatura a zdroje:

- Encyklopedie fyziky
- [Elektronické studijní materiály na pedagogické fakultě Masarykovy Univerzity](#) - odtud jsem čerpal většinu teorie. Každému zájemci o fyzikální praxi "po domácku" vřele doporučuji shlédnout.

V Praze dne 21. listopadu 1999

Vladimír Pospíšil

gdermog@seznam.cz

[Má homepage u Video OnLine](#)

[Homepage skupiny XPD](#)

[FJFI CVUT](#)

Generátor chaosu

Jan Hadač a Jiří Hejbal

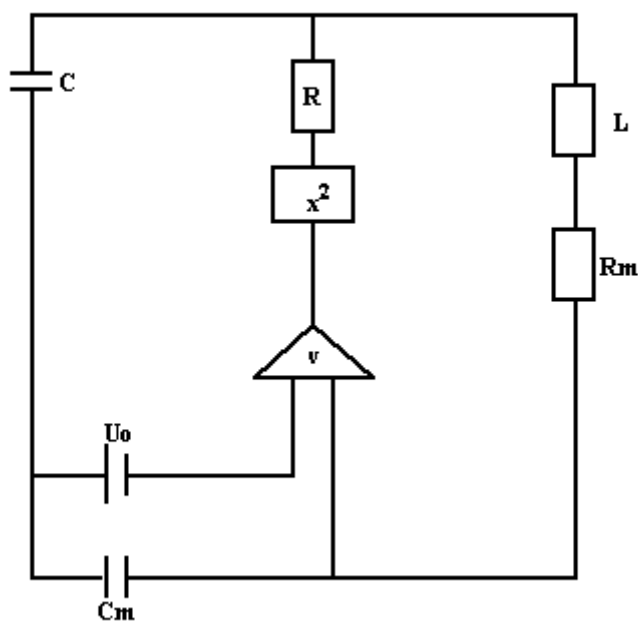
Přednáška se zabývá demonstrací počítačového simulátoru generátoru chaosu, pokus a srovnání praxe s počítačovými výpočty bude provedeno v letním semestru na Fyzikálním semináři. Generátor chaosu je jednoduchý nelineární elektrický RLC obvod zapojený v sérii (viz.obr). Pokus je založen na sledování napětí na C_m , které závisí na hodnotě odporu nastaveného na rezistoru. Pro velké hodnoty R_m je proud I přibližně nula a napětí U je konstantní. Když začneme snižovat hodnotu R_m závislost napětí na čase $U(t)$ se začne nejprve periodicky měnit a od určité hodnoty R_m se systém začne chovat chaoticky. Napětí na C_m lze charakterizovat pomocí Kirchofových zákonů diferenciální rovnicí :

$$U''' + a.U'' + b.U' + c.U = c.v^2.(U - U_0)^2$$

$$\text{kde : } a = 1/R.C + R_m/L$$

$$b = (1 + R_m/R + C/C_m)/L.C$$

$$c = 1/L.C.R.C_m$$



v	...	zesilovač
x^2	...	umocňovací modul
R_m	...	rezistor
R	...	odpor
C, C_m	...	kondenzátor
L	...	cívka
U_0	...	zdroj

Program umožňuje výpočty ve sférických souřadnicích (Phase space picture), kdy program znázorňuje vzájemnou závislost U , U' (vzhledem k I) a U'' nebo jejich závislost na čase. Program má možnost znázornění i tříprostorového grafu prostřednictvím Poincarého mapy, která se aktivuje automaticky v závislosti na zvolených osách grafu. Poincarého mapa nezobrazuje celou křivku, ale pouze body kdy třetí hodnota (znázorněna v rámečku) dosáhne určité hodnoty – Poincarého hodnoty.

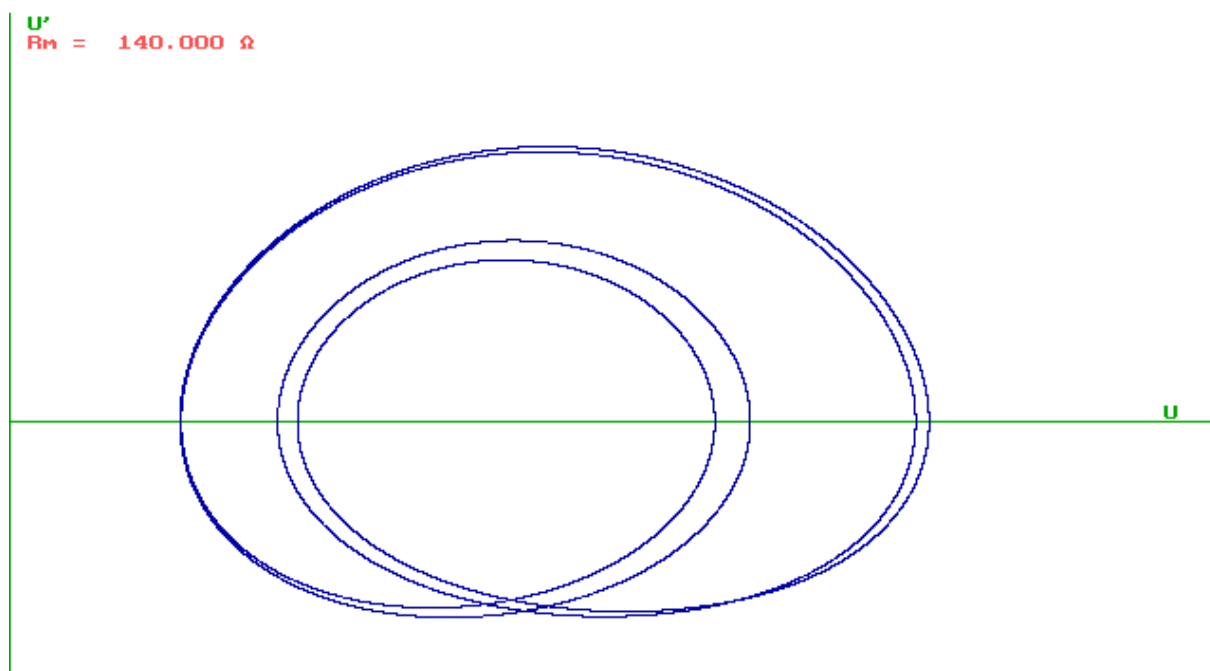
Další funkcí programu je znázornění tzv. diagramu vidlicového rozvětvení (Bifurcation diagram), který na rozdíl od sférických souřadnic zobrazuje chování celého systému v závislosti na proměnném odporu R_m . R_m je znázorňováno na horizontální souřadnici (logaritmická stupnice

), na vertikální ose je znázorněna závislost, která charakterizuje systém (např.: $t \rightarrow U$ = dobu mezi kterou nabude hodnota U Poincarého hodnoty).

Program umožňuje používání tří metod výpočtu – Eulerovu, Heuneovu a Runge-Kuttovu. Metody jsou různě přesné a rychlé (nejrychlejší : Euler $\rightarrow$ nejpřesnější : Runge – Kutta), ale při použití počítače s vyšším procesorem než Intel Pentium 100Mhz lze bez problému používat nejpřesnější metodu – Runge-Kutta s přesností řádově $10.E-05$.

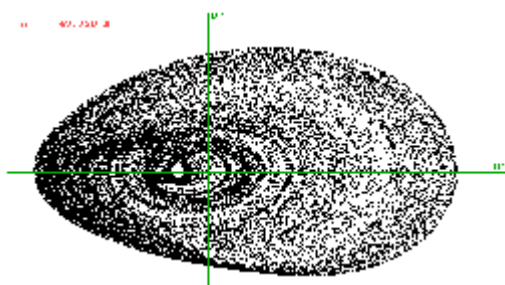
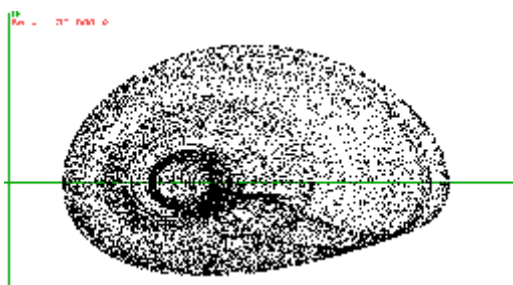
: Výpočty ve sférických souřadnicích (Phase space)

Obr.1 : závislost U na U'



Obr.2 : závislost U na U' - Poincarého hodnota se vztahuje k U''

Obr. 3 : závislost U' na U'' - Poincarého hodnota se vztahuje k U

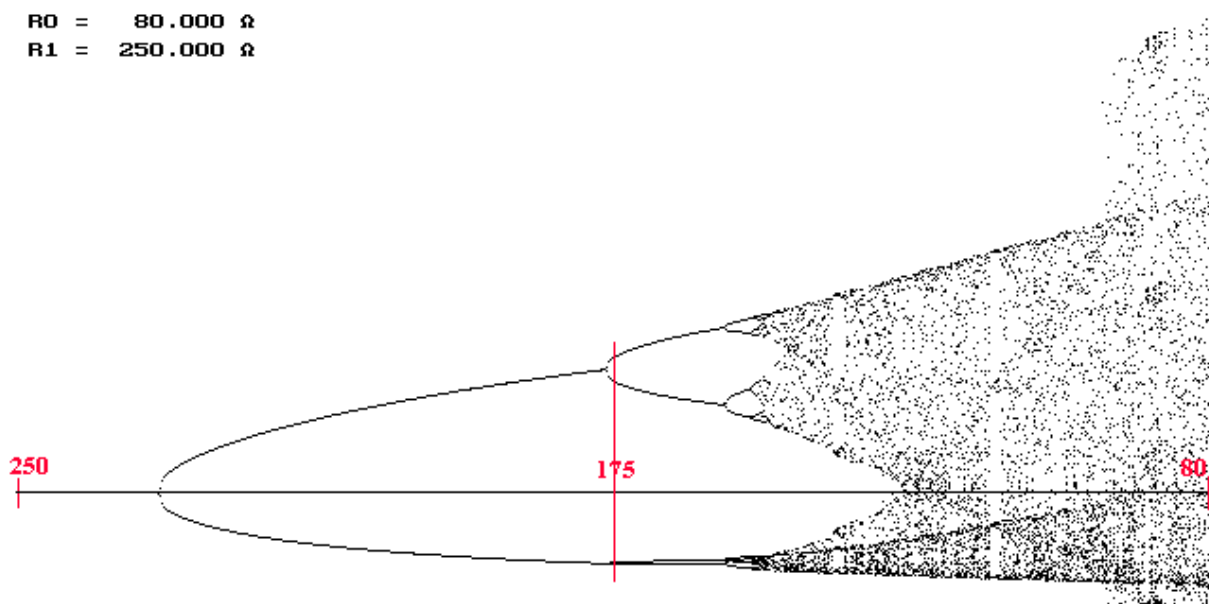


Bifurcation diagram :

Tato část programu je založena na výpočtu chování systému jako funkce proměnného odporu. Následující obrázek zobrazuje počet hodnot napětí naměřených na C_m v závislosti na R_m – od 250Ω (vlevo) do 80Ω (obr.1) do 25Ω (obr.2 – umožňuje pozorovat pravidelnosti v chaotickém chování systému), je patrný přechod od periodicity chování systému k chaosu.

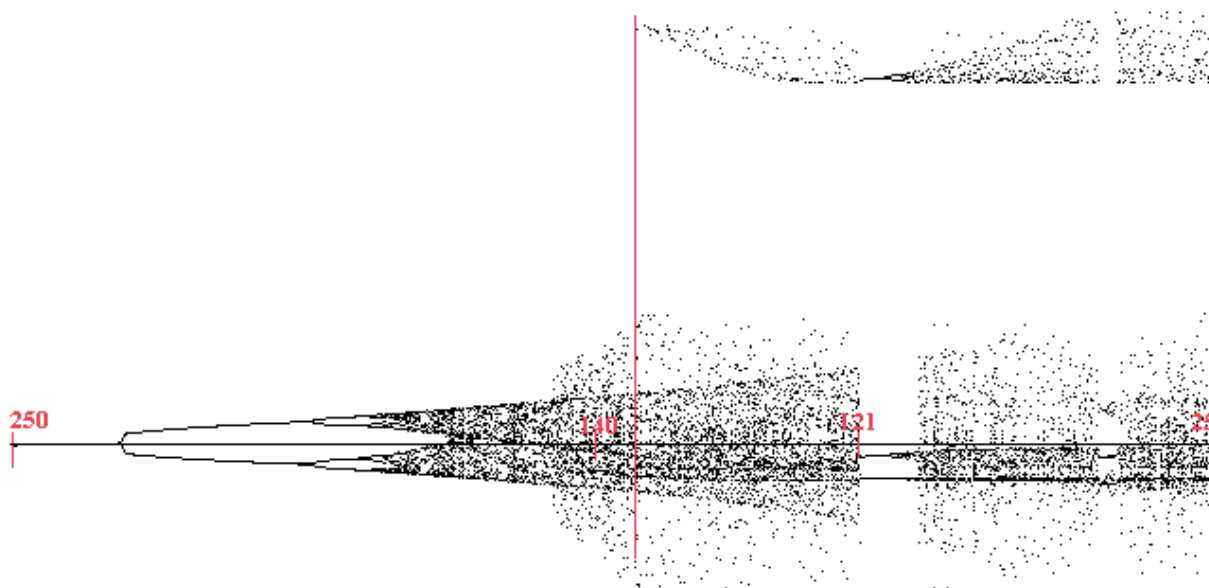
Obr.1 : hodnota charakterizující systém – závislost $U \rightarrow U'$

$R_0 = 80.000 \Omega$
 $R_1 = 250.000 \Omega$



obr. 2 : závislost $U' \rightarrow U''$

$R_0 = 25.000 \Omega$
 $R_1 = 250.000 \Omega$



Newtonovo vědro

Jana Kamanová a Hana Sedmidubská

Jeden z největších vědců všech dob, britský fyzik, matematik a astronom **sir Isaac Newton** (1643 -1727), se zabýval také hydromechanikou. Newton provedl asi před třemi sty lety experiment s vědrem naplněným vodou. Vědro nechal roztáčet na stočeném laně zavěšeném na stropě. A potom se již jen díval... Pozoroval jak se na vodorovné hladině postupně vytváří rotační paraboloid. Pokusme se objasnit proč.

Nejprve si však řekněme něco o obecných vlastnostech kapalin. Kapaliny zaujímají tvar nádoby v níž právě jsou. Jejich povrch stojí vždy kolmo k silám, které působí na jejich jednotlivé částice. Pokud je kapalina v klidu, tak se její povrch vlivem zemské tíže zakřivuje dle tvaru zemského geoidu. Toto zakřivení lze u malých povrchů zanedbat a považovat jejich hladinu za rovinou.

Vysvětlení z hlediska neinerciální vztažné soustavy:

Při rotaci nádoby kolem svislé osy působí v soustavě mimo síly tíhové i síla odstředivá. Povrch kapaliny se opět zakříví tak, aby stál kolmo k výslednici sil v tomto případě k výslednici síly tíhové $G = \Delta mg$ a síly odstředivé $F_o = \Delta m x_o \omega^2$. Výslednice sil leží na přímce jejíž směrnice se shoduje se směrnicí normály k parabole.

Vysvětlení z hlediska inerciální vztažné soustavy:

Z hlediska této soustavy vysvětlujeme parabolický tvar hladiny působením sil vnitřního tření. Jímí je pohyb postupně přenášen od stěn vědra až k ose rotace.

Co by se však dělo, kdyby v rotující nádobě byla ideální kapalina v níž žádné síly vnitřního tření nepůsobí?! Zřejmě hladina zůstane vodorovná.

Vysvětlení z hlediska inerciální vztažné soustavy:

Situace je velmi jednoduchá. Vědro neuvede kapalinu do pohybu a hladina zůstává vodorovná. Působí zde pouze tíhová síla.

Vysvětlení z hlediska neinerciální vztažné soustavy:

Zde zavádíme ještě setrvačnou Coriolisovu sílu. Složením této síly s pravými silami dostáváme opět vodorovný tvar hladiny.

Teorie je věc sice hezká, ale jako budoucí experimentální fyziky nás zajímalo jestli to opravdu chodí i v praxi. Kdo jste nebyl při tom, když jsme tento pokus předváděly tak litujte. Nic jiného vám totiž nezbyvá. Přesto nám ale budete muset věřit, že to vážně funguje. Pokud nevěříte tak si to doma vyzkoušejte sami. Fyzikální zákony se za tři sta let ještě nestihly změnit. No co, do konce světa je času ještě dost.

Jak jsme tento pokus vůbec předváděly? Sáhly jsme k modernějším prostředkům než měl chudák Newton. Nádobu s kapalinou jsme připevnilly na rotující plošinku u které jsme mohly ovládat rychlost otáčení. Pokus jsme předváděly s dvěma kapalinami o různých vazkostech. Byla to voda a olej. Vodu jsme nabarvily zeleným inkoustem, aby byl tvar hladiny dobře patrný. U oleje to nebylo potřeba a ve skutečnosti by to ani nešlo. Shledaly jsme, že to aby

se vytvořil rotační paraboloid na hladině trvá déle v případě oleje než v případě vody. Viskozita oleje je větší. S radostí jsme však konstatovaly, že k vytvoření rotačních paraboloidů došlo v obou případech.

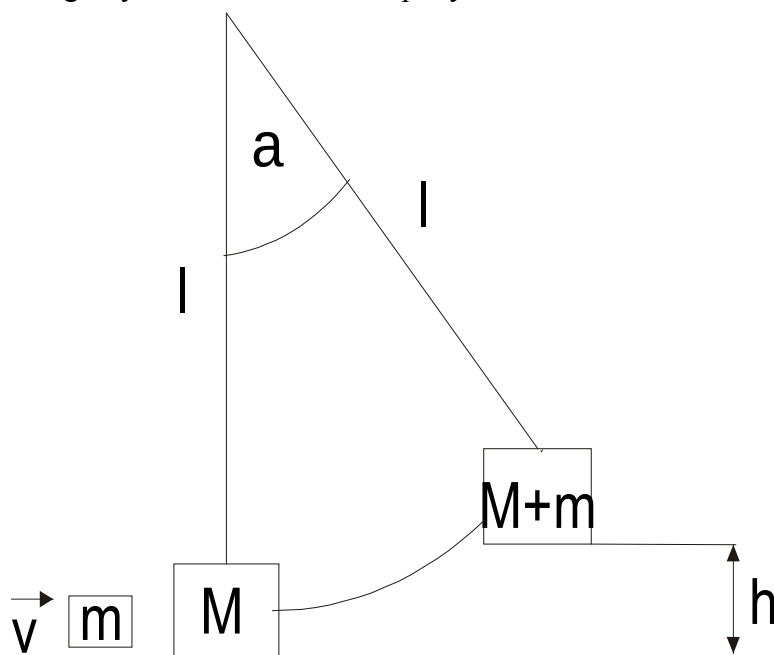
Na oltář našeho pokusu padla houba na tabuli. Vzdejme ji minutu ticha. Došlo k jejímu polití olejem, dodnes jsme však nezjistily jak se to stalo. Bohužel ne všechno lze vždy vysvětlit.

Použitá literatura: Ivan Štoll Svět očima fyziky

Balistické kyvadlo

Edita Dufková, Tomáš Polách, Jiří Mezenský

Balistické kyvadlo je jednoduché zařízení, pomocí kterého se dá změřit rychlost kulky vystřelené z pistole. Tvoří ho závaží (bednička s pískem, plastelína nebo jiná měkká hmota) upevněné na závěsu - kyvadlo. Do závaží se vystřelí střela, jejíž rychlost chceme měřit. Vzdálenost zbraně, ze které střílíme, od kyvadla musí být taková, aby se dráha střely dala ještě považovat za přímku a zároveň aby pohyb kyvadla nebyl ovlivněn plyny vycházejícími z pistole. Předpokládá se, že kulka v kyvadle uvízne, dá se však počítat i s možnostmi, že kulka po nárazu ztratí svou kinetickou energii a spadne nebo se odrazí. Po nárazu předá střela svou kinetickou energii kyvadlu a uvede ho do pohybu.



Náčrtek balistického kyvadla:

m - hmotnost střely

v - rychlost střely

M - hmotnost kyvadla

l - délka závěsu

α - úhel o který se kyvadlo vychýlí

h - výška, do které kyvadlo vystoupí

Při maximálním vychýlení kyvadla se veškerá jeho kinetická energie přemění v potenciální. Z toho lze vypočítat původní rychlost kulky. Ze zákona zachování

energie platí, že celková energie izolované soustavy se zachovává. Soustavu balistického kyvadla a kulky považujeme za izolovanou. Kinetická energie kyvadla po nárazu střely se rovná potenciální energii při maximální výchylce kyvadla s kulkou.

$$\frac{1}{2}(M+m)v^2 = (M+m)gh$$

Výška, do které kyvadlo vystoupilo, se dá spočítat z úhlu o který se kyvadlo vychýlilo.

Máme střelu o hmotnosti m a rychlosti v , která narazí do kyvadla o hmotnosti M a vychýlí ho o úhel α . Pokud střela po nárazu v kyvadle uvízne, jako se stalo v našem případě, má vzorec pro výpočet rychlosti střely takovouto podobu:

$$v = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$$

Jakob a Johann Bernoulli a jejich brachistochrona

Tomáš Polách

➤ *Stručný obsah této práce :*

Jakob a Johann Bernoulli jako málo známí matematici a fyzikové , stojící ve stínu svého následovníka – Daniela Bernoulliho (řešitel rovnice pro proudění tekutin v gravitačním poli) Jejich přínos pro fyziku i matematiku , včetně řešení úlohy o brachistochroně .

➤ Motivace :

- Při výběru svého úkolu jsem se snažil skloubit můj veliký zájem o historii a také fyziku .
- Chtěl jsem , aby úloha souvisela s právě probíraným učivem – mechanika .
- Dalším důvodem byla snaha o rozšíření vlastních znalostí v matematice a fyzice .

➤ Nejdůležitější body :

Jakob a Johann BERNOULLI – švýc. matematikové a fyzikové (jejich životopis viz. práce)

Tito bratři často řešili a pracovali nad stejným problémem . Jeden z takovýchto případů byla právě úloha o brachistochroně .

Úloha o brachistochroně

Jedná se o nalezení křivky mezi všemi křivkami spojujícími dané body A , B , po níž hmotný bod , pohybující se z bodu A působením tíže s počáteční rychlostí rovnou nule , dospěje v nejkratší době do bodu B .

Johann po krátké době předložil řešení , a to úsek křivky zvané cykloida . Díky této úloze vznikla nová část matematiky , a to variační počet .

Základy variačního počtu

Variační počet studuje podmínky pro extrémy funkcí , jejichž definičním oborem je nekonečně rozměrný prostor , prostor křivek .

➤ *Použitá literatura :*

- Britannica – Ready and Reference
 - Mechanika – Doc. Ing. Ivan Štoll , CSc.
 - Teoretická fyzika – Doc. Ing. Ivan Štoll , CSc.
Doc. Ing. Jiří Tolar , CSc.
 - Malá československá encyklopedie
 - Slavní myslitelé
-

Schrödingerova kočka

Pavel Krejča

Použitá literatura : **Roger Penrose**, Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl, *MF, Praha 1999*
Einstein-Infeld, Fyzika jako dobrodružství poznání, *Orbis, Praha 62*
R.E.Peierls, Zákony přírody, *Orbis, Praha 1963*
Ivan Úlehla, Od fyziky k filosofii, *Orbis, Praha 1963*
A.Einstein, Jak vidím svět, *NLN, Praha 1993*
časopis Vesmír, ročník 1998, čísla duben-červenec
vybrané stránky WWW

Myšlenkový experiment „kočky“

V roce 1935 publikoval Erwin Schrödinger (nar.1887) článek popisující základní pojmy a problémy kvantové fyziky. Krátký odstavec byl věnován také tzv. „*paradoxu kočky*“, elegantnímu příkladu toho, jaké překvapivé výsledky přináší aplikace kvantové teorie na reálný (makroskopický) svět.



„Myšlenkový pokus“ probíhal takto : Do uzavřené krabice je vložena živá kočka (jakožto makroskopický objekt) spolu s ampulkou kyanidu a radioaktivní substancí. Množství radioaktivní látky je takové, aby v průběhu jedné hodiny byla padesátiprocentní pravděpodobnost vyzáření atomu. Pokud se tak stane, ampule kyanidu připojená ke spouštěcímu mechanismu je rozbíta a plyn usmrtí kočku, pokud se atom nevyzáří, zůstává kočka naživu (a je připravena k dalším pokusům).

Po uplynutí jedné hodiny se radioaktivní atom, popsateľný *vlnovou funkcí* Ψ , v superpozici stavů **vyzářen** a **nevyzářen**. Kvantová mechanika jako univerzální teorie popisuje ale celý uzavřený systém. To znamená, že neurčitost stavu atomu přechází v neurčitost stavu spínacího mechanismu a ten dále v neurčitost stavu kočky, která se nyní nachází v superpozici **živá - mrtvá**. To zřejmě zcela odporuje naší každodenní zkušenosti s kočkami. To, že pozorovatel

rozhodne o tom, v kterém ze známých klasických stavů (živá nebo mrtvá) se zvíře nachází je až výsledkem *kvantového měření*.

Jak je to ale s kočkou doopravdy ? Vidíme, že neurčitost světa na mikroskopické úrovni se v určité fázi transformuje do zcela určitého konkrétního stavu makroskopického objektu. Ale kdy a kde dochází k tomuto důležitému přechodu a uskutečňuje se vůbec ? Není konkrétnost stavu kočky daná jen určitým stavem mysli pozorovatele ? Toť otázka. Podívejme se nyní blíže na některé důležité pojmy kvantové mechaniky.

Charakter kvantové mechaniky

Mezi klasickou mechanikou, která úspěšně popisuje jevy světa makroskopických měřítek, a kvantovou mechanikou, která vysvětluje jevy světa mikroskopického se v určitých pohledech objevuje značný rozdíl. Do zákonů kvantové fyziky přímo vstupuje pravděpodobnost jako co nejvýstižnější postižení fyzikální reality (a ne jako důsledek našich nedostatečných znalostí mechanických podrobností). Částice mikrosvěta mají *korpuskulárně-vlnový charakter*, jsou popisovány charakteristickými *vlnovými funkcemi*, z kterých lze vypočítat pravděpodobnost jejich výskytu v daném místě, nelze jim však podle *principu neurčitosti* zároveň přiřadit přesnou polohu a rychlost v daném čase.

Osvětleme si podrobněji tyto pojmy :

korpuskulárně-vlnový charakter částic | Objekty mikrosvěta při určitých fyzikálních jevech vyhovují spíše chování částic (tj. lze je popisovat zákony klas. mechaniky), jindy mají typické vlastnosti vln. Toto chování je matematicky vyjádřeno řadou přesných zákonů vtělených do Schrödingerovy vlnové rovnice.

V kvantové mechanice nelze nikdy částicím přesně přiřadit zároveň polohu i hybnost | ***princip neurčitosti***

přiřadit zároveň polohu i hybnost. Podobné omezení platí i pro různé další dvojice fyz. veličin. Čím více zpřesňujeme hodnotu jedné veličiny, stává se druhá stále neurčitější. Souvisí to s kvantovým popisem stavu systému, který je zcela odlišný od popisu klas. mechaniky, fyz. veličiny jsou zde do značné míry definovány způsobem jejich měření.

princip superpozice | Stav systémů v kvantové mechanice bývá většinou kombinací dvou či více stavů - objekt se nachází v *superpozici* těchto stavů. Stavů kvant. systému se většinou označují spec. závorkami $| \rangle$, do nichž se vpisují fyz. charakteristiky daných stavů. Např. pokud se částice může nacházet v místě $\mathbf{r}_1$ a v místě $\mathbf{r}_2$, můžeme její stav označit jako $\alpha|\mathbf{r}_1\rangle + \beta|\mathbf{r}_2\rangle$, což vyjadřuje právě superpozici stavů $\mathbf{r}_1$ a $\mathbf{r}_2$ (ale nepopisuje vůbec částici v jednom určitém místě prostoru). Komplexní koeficienty α a β nemají klas. interpretaci, jejich absolutní hodnoty vyjadřují jakousi míru významnosti odpovídajícího členu v celkovém stavu.

vlnová funkce | Mějme superpozici $|\Psi\rangle$, do níž vstupuje velký počet stavů $|\mathbf{r}\rangle$, každý s koeficientem $\alpha_{\mathbf{r}}$. Každému místu v prostoru je tak přiřazeno kompl. číslo tj. koeficienty $\alpha_{\mathbf{r}}$ tvoří komplexní funkci proměnné $\mathbf{r}$. Takto je definována *vlnová funkce* $\Psi(\mathbf{r})$, částice je současně „přítomna“ ve všech místech, kde je její vlnová funkce různá od nuly. Důležitou funkci hraje kvadrát absolutní hodnoty vlnové

funkce, tj. $|\Psi(\mathbf{r})|^2$ - je to míra určující, jak „ráda“ se částice vlnovou funkcí v tom kterém místě vyskytuje.

popsaná

danou

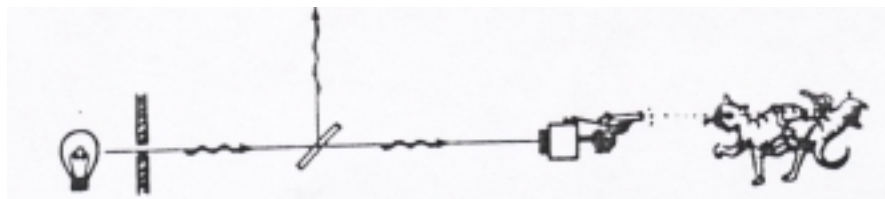
V klasické fyzice měření zjišťuje stav sledovaného objektu, je možno určit stav těsně | **kvantové měření**

před měřením a v ideálním případě i těsně po něm. V kvantové fyzice je výsledek měření prováděného na stavu $|\Psi\rangle$ vyjádřen pouze jednou naměřenou hodnotou příslušné veličiny, zatímco stav $|\Psi\rangle$ může být superpozicí stavů odpovídajících několika různým hodnotám. Prostor stavů obsahujících kvantové superpozice je tak bohatší než množina možných výsledků měření. Kvantová teorie nepředpovídá, která z možných hodnot bude v daném řešení zjištěna - to je podle ní náhodné. Pravděpodobnosti odpovídající těmto alternativám však určit dovede - jsou úměrné kvadrátům absolut. hodnot koeficientů α_r v kvantové superpozici $|\Psi\rangle$. Kvantové měření *mění stav měřeného systému*. Pokud byl objekt v superpozici $|\Psi\rangle = \alpha|E_1\rangle + \beta|E_2\rangle$, pak měření může změnit stav na takový, že bude přítomna pouze jedna z přípustných alternativ: $|E_1\rangle$, bylo-li naměřeno E_1 nebo $|E_2\rangle$, bylo-li naměřeno E_2 . Tomuto procesu redukce kvantových alternativ se říká **kolaps vlnové funkce**. Jde o skokový proces, jehož výsledkem je obecně náhodný stav.

Vidíme, že důsledkem náhodnosti výsledku kvantového měření je *indeterministický charakter kvantové teorie*. Tyto nezvyklé vlastnosti kvantového měření jsou dodnes zdrojem četných diskusí. Právě problém Schrodingerovy kočky je jedním z takto diskutovaných témat.

Diracovo značení a různé pohledy na věc

Zavedeme si nyní trochu odlišné uspořádání „pokusy s kočkou“. V krabici je nyní zdroj fotonů, polopropustné zrcátko, dále pak spouštěcí mechanismus pistole a kočka umístěná před její



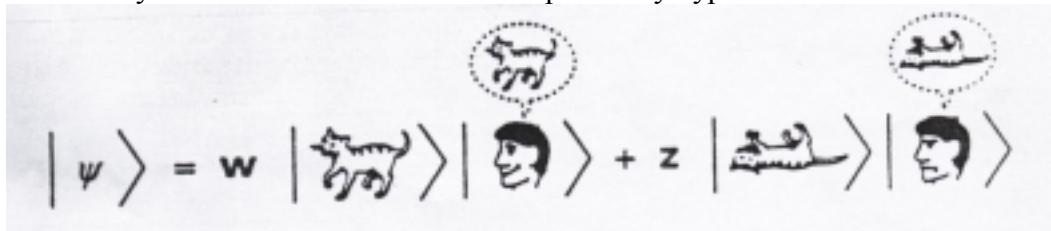
hlaveň.

Vidíme, že výsledný efekt pokusu se nezmění, kočka je opět v superpozici obou stavů v závislosti na superpozici stavů prošlého a odraženého fotonu.

„Zvažme“ obě různé alternativy výsledku kvantového měření komplexními čísly w a z . Známý teoret. fyzik P.A.M.Dirac zavedl pro toto uspořádání pokusu zvláštní značení, vycházející z označení superpozic stavů vlnovou funkcí. Jedna z možných interpretací pokusu je takováto :

$$|\psi\rangle = w \left| \begin{array}{c} \text{photon} \\ \text{pistol} \end{array} \right\rangle \left| \begin{array}{c} \text{cat} \end{array} \right\rangle + z \left| \begin{array}{c} \text{photon} \\ \text{wall} \end{array} \right\rangle \left| \begin{array}{c} \text{cat} \end{array} \right\rangle$$

Kvantová superpozice $|\Psi\rangle$ zde vystupuje jako něco reálného (tj. opravdu popisuje reálný svět) a kočka je v určitém smyslu superpozicí stavů „živá“ a „mrtvá“. To vede až k tzv. *mnohosvětové interpretaci*, kdy kočka je opravdu zároveň živá i mrtvá, jsou to vlastně dvě kočky existující ve dvou různých vesmírech. Znázornění této představy vypadá takto :



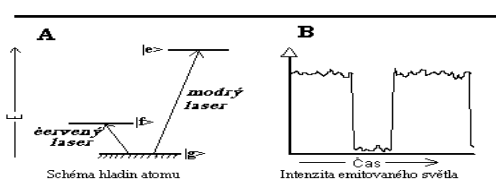
Existuje tedy jeden stav mrtvé kočky doprovázený osobou vnímající mrtvou kočku a stav živé kočky s odpovídajícím stavem mysli pozorovatele. Člověk účastnící se pozorování existuje tedy ve dvou kopiích umístěných do dvou vesmírů. Otázka je, jestli bychom se obešli bez zavádění paralelních vesmírů ?

Na tuto otázku kladně odpovídá druhá interpretace, zároveň však odmítá také popis situace pomocí superpozice $|\Psi\rangle$ (k tomu by bylo třeba úplné informace o okolí kočky) a zavádí popis pomocí tzv. *matice hustoty*, která je matematickým prostředkem k popisu systému, o němž nemáme úplnou informaci. Při tomto postupu ale opět narážíme na problém - matice hustoty není realitou. Jak tedy dál ?

Reálný experiment s kočkou

Pomocí prostředků moderní experimentální fyziky lze dnes přímým pozorováním odhalit některé ze zvláštností světa malých rozměrů. Ukažme si nyní na příkladu přítomnost jevu, který známe jako *kolaps vlnové funkce*.

S použitím důmyslného zařízení, známého jako Paulova iontová past, odizolujeme působením nehomogenních elektrických polí jediný atom látky a vystavíme ho působení laserového paprsku. Atomem bude v tomto případě kladný ion barya Ba^+ a použitý laserový paprsek bude modré barvy. Po absorpci laserového fotonu se atom dostává do excitovaného stavu $|e\rangle$ a posléze se v procesu spontánní a indukované emise vyzářením fotonu stejné vlnové délky dostává do základního stavu $|g\rangle$. Pod dalším působením laseru se může atom znovu dostat do excitovaného stavu atd. Přechod z excitovaného stavu do stavu základního probíhá za dobu Δt , která je velmi malá ve srovnání s dobou života τ stavu $|e\rangle$ (τ je doba, za kterou pravděpodobnost nalezení stavu $|e\rangle$ poklesne na určitý zlomek původních 100%). Za určitou dobu působení laserového svazku se tedy vytvoří jakési rovnovážné rozdělení pravděpodobností pro nalezení atomu ve stavech $|e\rangle$ a $|g\rangle$. O stavu atomu potom vypovídá registrace fotonů vyzářených při spontánní emisi. Protože však kvantové měření je prováděné na objektu, kterým je velmi malá částice, měla by každá taková detekce vyzářeného fotonu způsobit *kolaps vlnové funkce* iontu do stavu $|g\rangle$. Přidejme



ještě druhý působící laser, tentokrát červený.

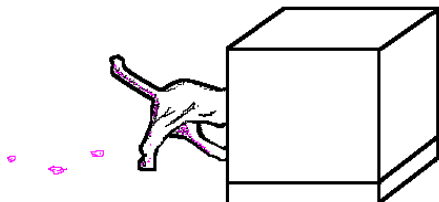
Excitace stavu $|f\rangle$, způsobeného absorpcí fotonu červeného laseru, je přitom mnohem méně pravděpodobná než excitace stavu $|e\rangle$ modrým světlem a také rozpad $|f\rangle$ je mnohem pomalejší než rozpad $|e\rangle$. Když atom čas od času absorbuje červený foton a vytvoří stav $|f\rangle$, projeví se to zastavením registrace modrých fotonů z rozpadu stavu $|e\rangle$. Obnovením jejich registrace pak signalizuje, že stav $|f\rangle$ se rozpadl. Vypadá to tak, že si atom mezi jednotlivými stavy jen tak přeskakuje !

Záhady a paradoxy

Roger Penrose ve své knize Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl uznává ve světě kvantové fyziky dvojí tajemna : tzv. tajemna Z a tajemna X. Jako Záhady označuje ty věci, které sice odporují našim zkušenostem s reálným světem, přesto však lze z některých experimentů ukázat, že jsou zcela jistě součástí přírody (tj. nepopírají zákony kvantové mechaniky). Na druhou stranu paradoxy jsou problémy, které nás vedou k úvaze, že naše teorie je zřejmě neúplná nebo částečně chybná. I kdyby jsme přijali a ověřili všechny možné záhady v naší teorii, přesto nemůžeme beze změny či rozšíření naší teorie uspokojivě vysvětlit všechny paradoxy.

Asi nejznámější ze záhad je tzv. problém *kvantové nelokality* (často se objevuje také termín *EPR paradox*). Myšlenka vyšla původně od pánů Einsteina, Podolského a Rosena a vypadá zhruba takto:

Částice s nulovým spinem se rozpadne na dvě v opačných směrech se pohybující částice s poločíselným spinem (např. elektron a pozitron). Pokud měříme spiny částic v nějakých vzdálených bodech A,B musí vždy jejich součet dát spin původní částice, tedy 0. Podle přívrženců EPR by měl být výsledek měření určen již bezprostředně po rozpadu (nebo dokonce bezprostředně před), měření spinu jedné částice by pak rozhodně (okamžitě) nemělo ovlivnit spin částice druhé. Tyto předpoklady však zřejmě odporují závěrům kvantové mechaniky - proto kvantová mechanika nemůže být úplnou teorií k popisu fyzikální reality. Jak však předpověděl Niels Bohr a jak později dokázal John Bell, „reálný svět“ se opravdu chová podle předpovědí kvantové fyziky - pojmy jako poloha a hybnost nemají v kvantovém světě smysl samy o sobě; fyzika se zabývá tím, co ukazují měřicí přístroje. Bellovy výsledky byly experimentálně potvrzeny Alainem Aspectem v 80.letech.



Nu a nejznámějším paradoxem kvantové mechaniky je již zmíněná **Schrodingerova kočka**, která je stále předmětem ostrých diskuzí bez jednoznačných výsledků. Povede tedy nakonec tento paradox spolu s několika dalšími k rozšíření nebo částečnému přepracování teorií kvantové mechaniky? Nechme se překvapit.

Závěr z mnoha různých pohledů

Dejme nyní slovo těm zasvěcenějším :

„Účinnost matematiky ve fyzikálních vědách je nepochopitelná.“
Wigner

„Pokud skutečně věříte kvantové mechanice, nemůžete ji brát vážně.“
Wald

*„Věřím, že bude možné vytvořit model skutečnosti, to jest teorii,
která bude znázorňovat věci samy a ne jen pravděpodobnost jejich výskytu.“*
Einstein

„Náhoda je neodstranitelnou součástí fyzikálního světa.“
Bohr

*„V reálném světě kvantové fyziky žádný elementární jev není jevem,
dokud není pozorovaným jevem.“*
Wheeler

„Elektron je individuum nadané vlastní vůlí.“
Eddington

*„Z hlediska moderní fyziky je představa světa existujícího
v prostoru a čase jen idealizovaná skutečnost.“*
Heisenberg

*„Samostatnou fyzikální realitu není možno v běžném smyslu přikládat
ani jevu ani pozorovacímu přístroji ...“*
Bohr

*„Byly časy, kdy noviny psaly, že pouze dvanáct lidí rozumí teorii relativity. Nevěřím, že tomu tak
kdy bylo. Možná bylo období, kdy ji rozuměl pouze jeden člověk, protože byl tím jediným, kdo ji
měl v hlavě dřív, než napsal svůj článek. Ale potom si lidé článek přečetli a mnoho z nich teorii
relativity tak či onak porozumělo, rozhodně jich bylo víc než dvanáct. Naproti tomu si myslím, že
mohu bezpečně prohlásit, že není nikdo, kdo by rozuměl kvantové mechanice.“*

Feynman

Způsoby měření Avogadrovy konstanty

Jakub Černý

Můj dosavadní průzkum tohoto tématu odhalil data a skutečnosti důležité v životě Avogadra. Také jsem objevil, že Avogadro sám vlastně metodu na měření konstanty nevymyslel, pouze jako první na problematiku upozornil. Do dneška se jsou známy tři hlavní metody a ty jsou:

Metoda Brownova pohybu

Tato metoda spočívá v pozorování částic vykonávajících Brownův pohyb v kapalině nebo plynu.

Metoda radioaktivního rozpadu

Tato metoda spočívá v přesném určení radioaktivních přeměn, které se ve zkoumané látce odehrají za určitou dobu.

Metoda rentgenové difrakce

Metoda spočívá v tom, že se pomocí rentgenova záření určí vzdálenost mezi atomy ve zkoumané látce. Poster bude obsahovat jak popis experimentu, tak rovnice a vysvětlující obrázky.

Použitá literatura a zdroje:

1. **Základní fyzikální konstanty:**Jaromír Brož, Vladimír Roskovec SPN 1987
2. **Tajemství přesnosti:**Pavel Augusta, Jindřich Klůna Albatros 1983
3. **Internet**

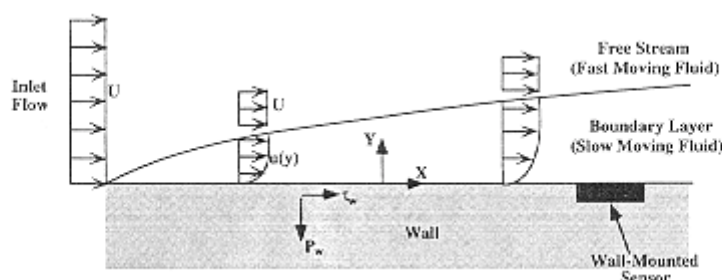
Čidlo s plovoucím prvkem

M. Janáček,

Z článku časopisu Journal of Microelectromechanical systemes, vol. 5, no. 4, December 1996: A Wafer-Bonded Floating-Element Shear Stress Microsensor with Optical Position Sensing by Photodiodes
leden 2000.

1. Úvod

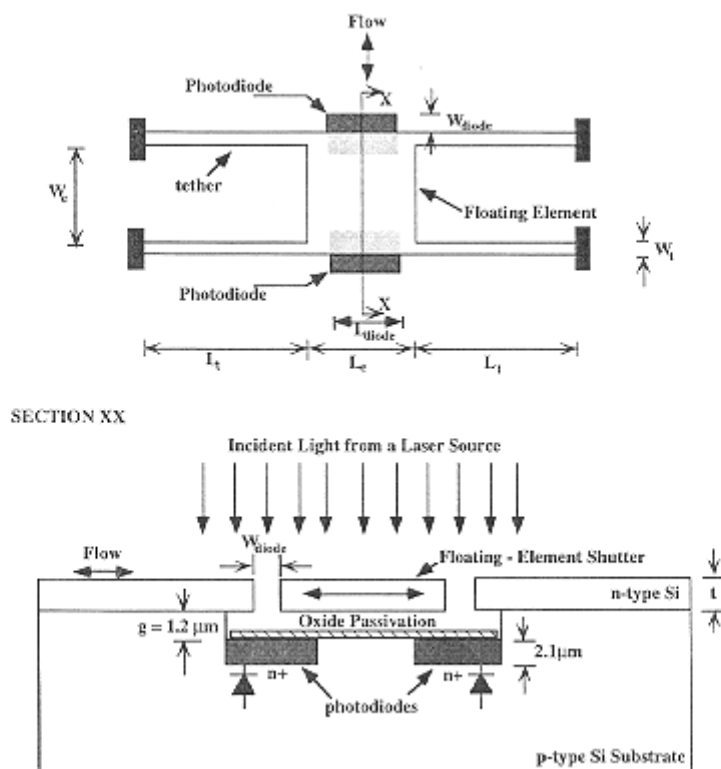
Při vývoji aerodynamických profilů v aerodynamických tunelech potřebují vývojáři změřit, jak se chová tok vzduchu okolo vytvářeného modelu. Toto chování je popisováno tečným tlakem v daném bodě. Znalost tečného tlaku umožňuje nalézt místa, kde na profilu dochází k přechodu k turbulenci, popřípadě k turbulenci. Při měření tečného tlaku ve vysokorychlostních aerodynamických tunelech např. při vývoji aerodynamických profilů pro letadla je optimální používat piezoelektrická čidla, neboť při těchto měřeních jsou tlaky poměrně „vysoké“ a tedy dostatečné pro vybuzení málo citlivých piezoelektrických čidel. Piezoelektrická čidla jsou však pro měření v nízkorychlostních aerodynamických tunelech nevhodná, neboť tlaky, které je zapotřebí měřit, jsou velice „malé“. Nízkorychlostní aerodynamické tunely jsou používány při vývoji např. aerodynamických profilů karosérií automobilů. Nemožnost exaktního měření tečného tlaku v nízkorychlostních aerodynamických tunelech vedla k vývoji **čidla s plovoucím prvkem**.



2. Princip čidla s plovoucím prvkem

Čidlo na Si substrátu je tvořeno Si plovoucím prvkem, čtyřmi Si provazci a párem fotodiod. Si plovoucí prvek je k Si substrátu upevněn Si provazci, které mají výrobou danou direktivitu k .

Když je čidlo umístěno v toku, vazebná vrstva toku při povrchu profilu působí na plovoucí prvek tečným tlakem τ_w . Toto působení se projeví posunem plovoucího prvku ve směru působícího

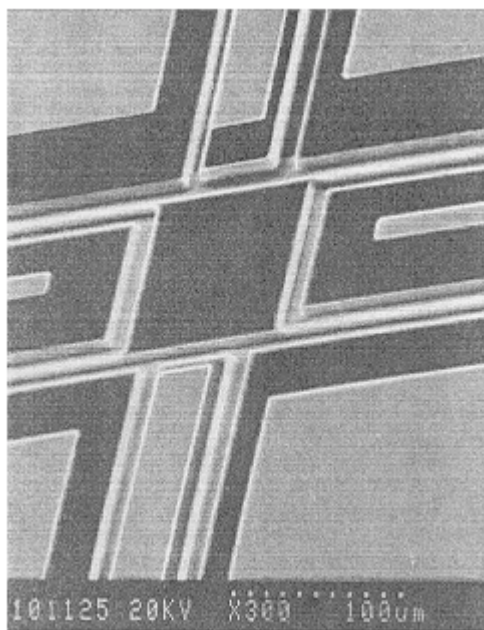


tečného tlaku a deformací Si provazců.

Vlastní měření je dosahováno tím, že plovoucí prvek cloní světelný tok, jdoucí do oblasti přechodu PN páru fotodiod, které jsou umístěny pod plovoucím prvkem. Světelný tok je vytvářen pomocí polovodičového laseru. Laser je vybírán tak, aby jeho vlnová délka byla co nejbližší vlnové délce maxima spektrální charakteristiky páru fotodiod. Obě fotodiody pracují v hradlovém režimu. Vytváří proudy úměrné kvantu obdrženého záření za jednotku času. Tyto proudy jsou odečteny v rozdílovém zesilovači. Tento rozdíl na výstupu zesilovače je úměrný působícímu tečnému tlaku.

3. Charakteristika čidla s plovoucím prvkem

Čidlo je schopno snímat tečný tlak s citlivostí 0.01 Pa, s měřicím rozsahem 0 – 10 Pa. Čidlo však není možno použít pro měření ve vysokorychlostních aerodynamických tunelech, neboť tam vlivem značného stlačování, či zředování vzduchu dochází ke značné změně absolutního indexu lomu prostředí. To má za následek např. nežádoucí lom laserového paprsku a jeho vychýlení mimo měřicí polovodičovou strukturu.



Fotografie čidla s plovoucím prvkem o rozměrech 120x120x7 μ m

Pozorování černých děr

Vladimír Pospíšil

gdermog@seznam.cz

Úvodem

Tento poster pojednává o tom, jak pozorovat nepozorovatelné – objekty, které by měly být absolutně neviditelné. Ale fyzici jsou vynalézaví, zvědaví a nemožné obvykle plní na počkání, zázraky do tří dnů. Zkusme jim tedy nahlédnout přes rameno do rozdělané práce a ukrojit si pro sebe byt' jen malinký kousek toho úžasného světa divů – vesmíru.



Pohled na černou díru z nedaleké planetky

Poster je dělen na tři logické části – několik slov o teorii, dále část o nepřímých pozorováních, která popisuje způsoby odvozování existence a vlastností černých děr z průvodních jevů, a na závěr zmínka o pozorování

přímých, zatím, žel, neúspěšných.

Co je černá díra, její vznik

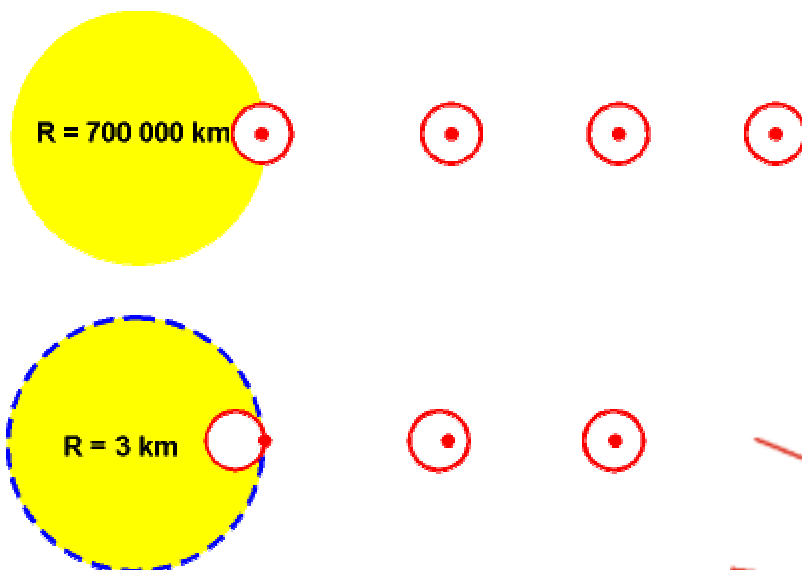
Vyčerpá-li hvězda palivo, poklesne uvnitř teplota a tlak, který působil proti gravitačním silám a udržoval stabilní velikost a hvězda se začne smršťovat. Pokud má příliš velkou hmotnost (Chandrasekharova mez), převýší gravitace další odpudivé síly, které se mohou uvnitř hvězdy vyskytnout a kolaps objektu bude neustále pokračovat. V okamžiku, kdy se poloměr zmenší natolik, aby úniková rychlost na povrchu tělesa byla vyšší než je rychlost světla, objekt přestává být viditelný a mění se v černou díru. Tento poloměr se nazývá Schwarzschildův. Pro černou díru o hmotnosti slunce je asi 3 kilometry.

Pojmenování černá díra pochází od John. A. Wheelera a je až z roku 1967. Samotnou myšlenku existence tělesa, ze kterého by nemělo unikat světlo poprvé zformuloval John Michell již v roce 1783 a hodnotu Schwarzschildova poloměru z newtonovské mechaniky odvodil Laplace v roce 1798.

Černé díry budou patrně nejčastěji vznikat výše uvedeným procesem, nicméně mohou existovat i další, mnohem více i mnohem méně hmotné. Zkolabovat mohou například celá centra galaxií do gigantických černých děr o velikosti celé sluneční soustavy; za vysokých tlaků panujících v počátcích vesmíru naopak mohly vzniknout miniaturní černé díry o hmotnosti tisíců tun, jejichž poloměr je srovnatelný s velikostmi atomových jader.

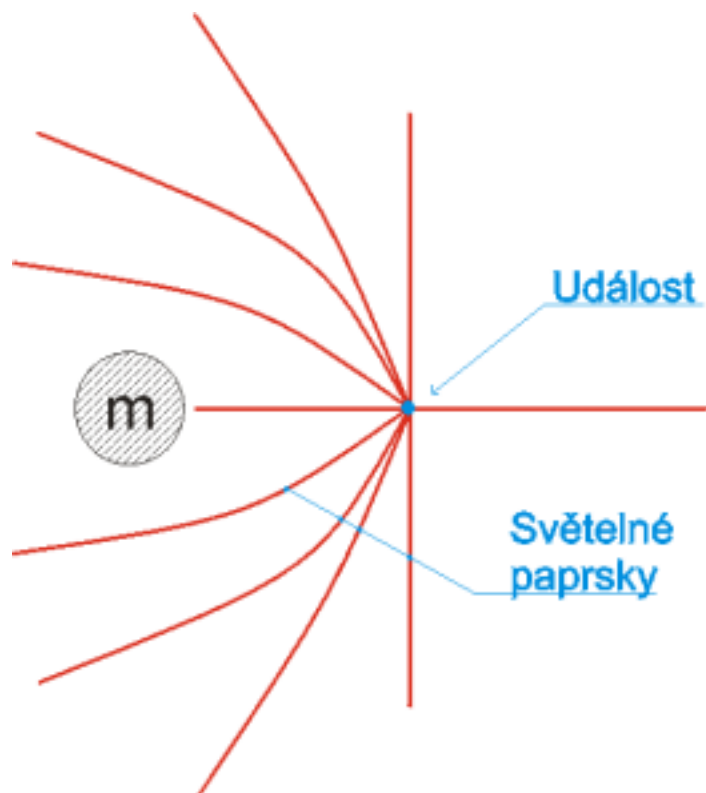
Každá hmota, která zkolabuje do černé díry či která do ní spadne, ztrácí veškeré informace o předchozích vlastnostech – každá černá díra je popsána pouze třemi vlastnostmi a to hmotností, momentem hybnosti a el. nábojem.

Vlastnosti černých děr – výrazné zakřivení prostoru v okolí

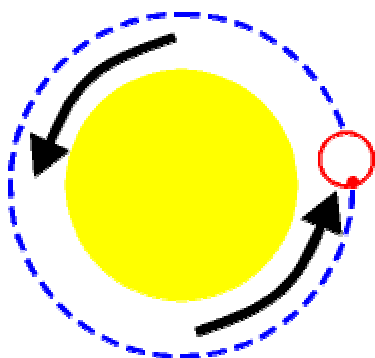


Blízko silně gravitujícího objektu, jakým je například černá díra, bude světlo díky gravitačnímu zakřivení prostoru „strháváno“ směrem k objektu. Vlnoplocha ve stejnou dobu vyslaných paprsků se bude šířit způsobem jako na obrázku.

Velmi hmotný objekt zakřivuje prostor tak, že trajektorie paprsků mají k přímkám značně daleko. Na Schwarzschildově poloměru je zakřivení již tak výrazné, že ani světlo nemůže prostor černé díry opustit. Nic, co se nachází na horizontu či pod ním nemůže žádným způsobem ovlivnit události nad horizontem.

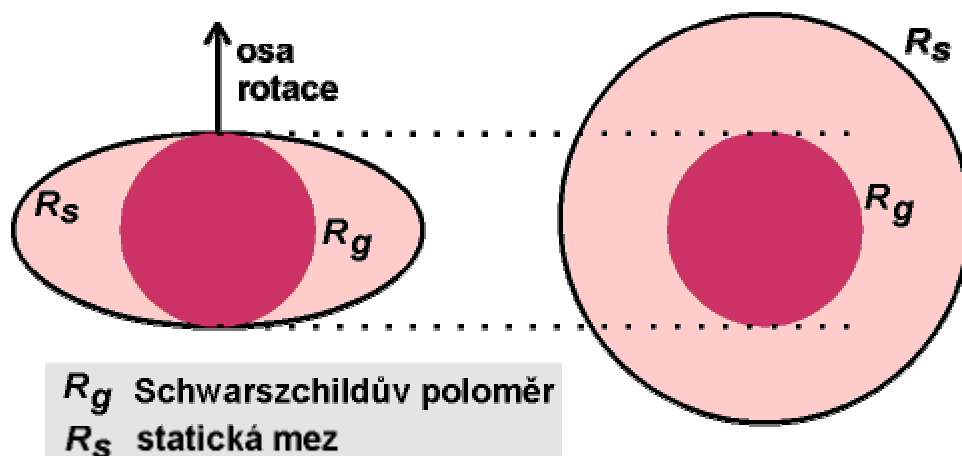


Vlastnosti černých děr – rotující černé díry



Bude-li objekt rotovat, přidá se další efekt. „Strhávání“ časoprostoru s rotujícím tělesem způsobuje i „strhávání“ fotonů ve směru rotace. Mez

za kterou se foton již nemůže pohybovat proti směru rotace se nazývá *statická mez*.



Prostor mezi Schwarzschildovým poloměrem a statickou mezí se nazývá ergosféra. Částice mohou do ergosféry vletat i z ní vylétat. Částice, která prolétne ergosférou získá energii z rotace černé díry a ergosféru opouští s vyšší energií než s jakou do ní vstoupila. S každou vylétající částicí tak klesá rotační energie černé díry a ergosféra se zmenšuje.

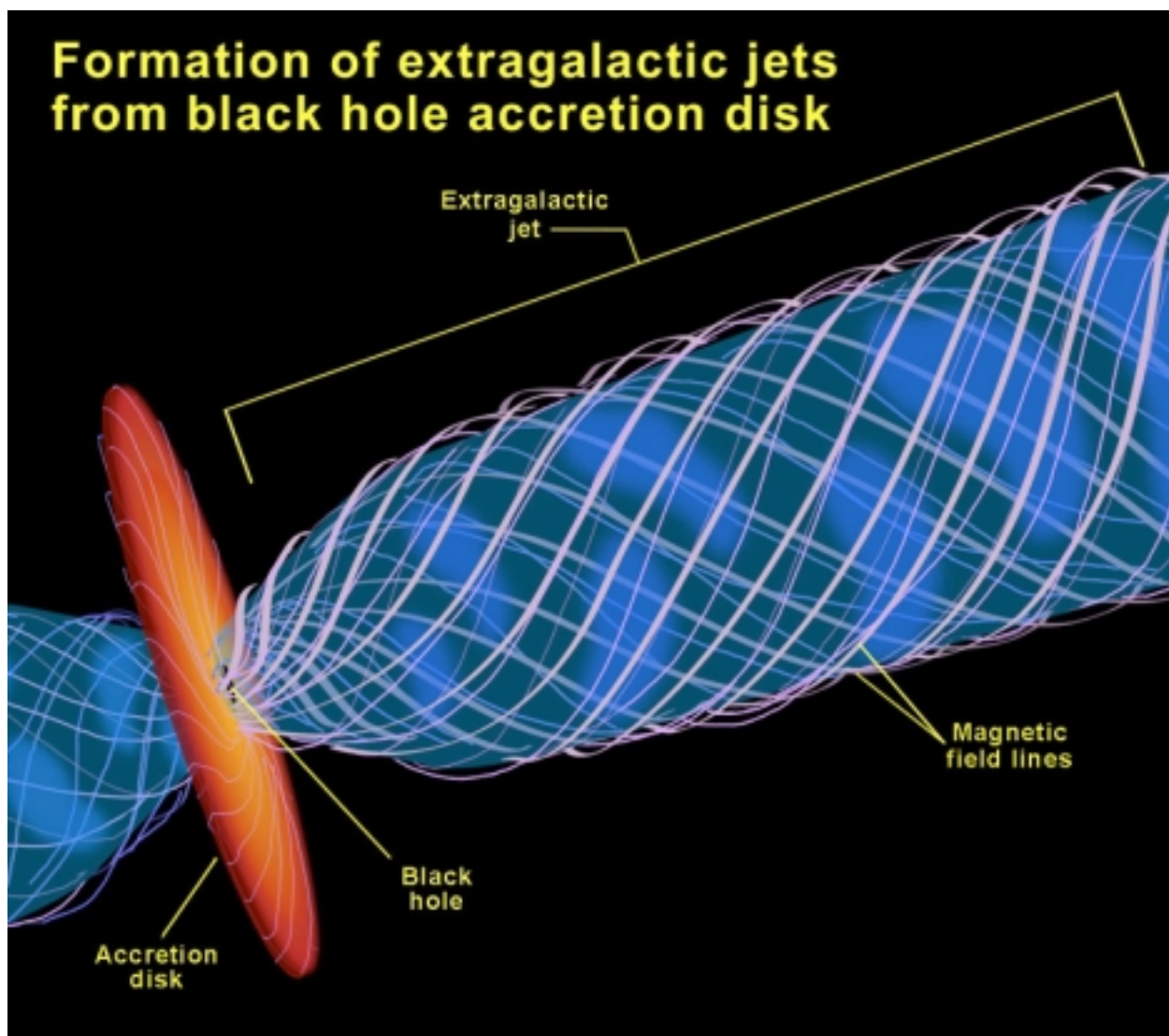
Vlastnosti černých děr – kvantové vypařování

Kvantově mechanický proces v blízkosti horizontu má za následek únik energie z černé díry v podobě vznikajících částic. Tepelné spektrum záření odpovídá absolutně černému tělesu, maximální vlnová délka je rovna Schwarzschildovu poloměru. Čím menší je černá díra, tím intenzivnější je vypařování. Poprvé tento proces popsal S. Hawking. Různé pohledy na tento proces:

- *Kreace virtuálního páru částice-antičástice*: V blízkosti horizontu černé díry se mohou vytvářet jakoby z ničeho virtuální částice, které odnášejí část energie černé díry. Tento jev je způsoben kvantovými procesy. Ve vakuu neustále vznikají a zanikají páry částice-antičástice (střední kvadratické fluktuační pole musí být díky relacím neurčitosti pro pole nenulové). V blízkosti horizontu zůstane jeden člen páru pod horizontem a druhý se pro vnějšího pozorovatele vynoří jakoby z ničeho v blízkosti horizontu. Pár nezanikne, ale jeden člen se dostane pod horizont a druhý se objeví nad horizontem jako vyzářená částice.
- *Pohyb nadsvětelnou rychlostí*: kvantová teorie díky principu neurčitosti připouští, že částice se po určitou dobu může pohybovat nadsvětelnou rychlostí – ta pak může uniknout zpod horizontu. Je samozřejmé, že s daleko vyšší pravděpodobností se částice bude pohybovat nadsvětelně na krátkou vzdálenost než na dlouhou. Proto je také mnohem pravděpodobnější, že se částice dostane pryč z černé díry o poloměru několika nanometrů než z gigantu širokého skoro světelný rok. Je tedy logické se domnívat, že čím je díra menší, tím intenzivněji září.

Nepřímá pozorování – akreční disk

V okolí rotující černé díry se obvykle vyskytuje značné množství hmoty, která vytváří tzv. tlustý akreční disk. Jde o analogii prstenců v okolí velkých planet (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun) - tyto prstence jsou ale naopak tenké. Ve směru rotační osy může unikat záření a velké množství urychlených nabitých částic. Vytvoří se dva výtrysky, jež jsou pozorovatelné jako mohutné zdroje rentgenového záření.



Nepřímá pozorování - dvojhvězdy

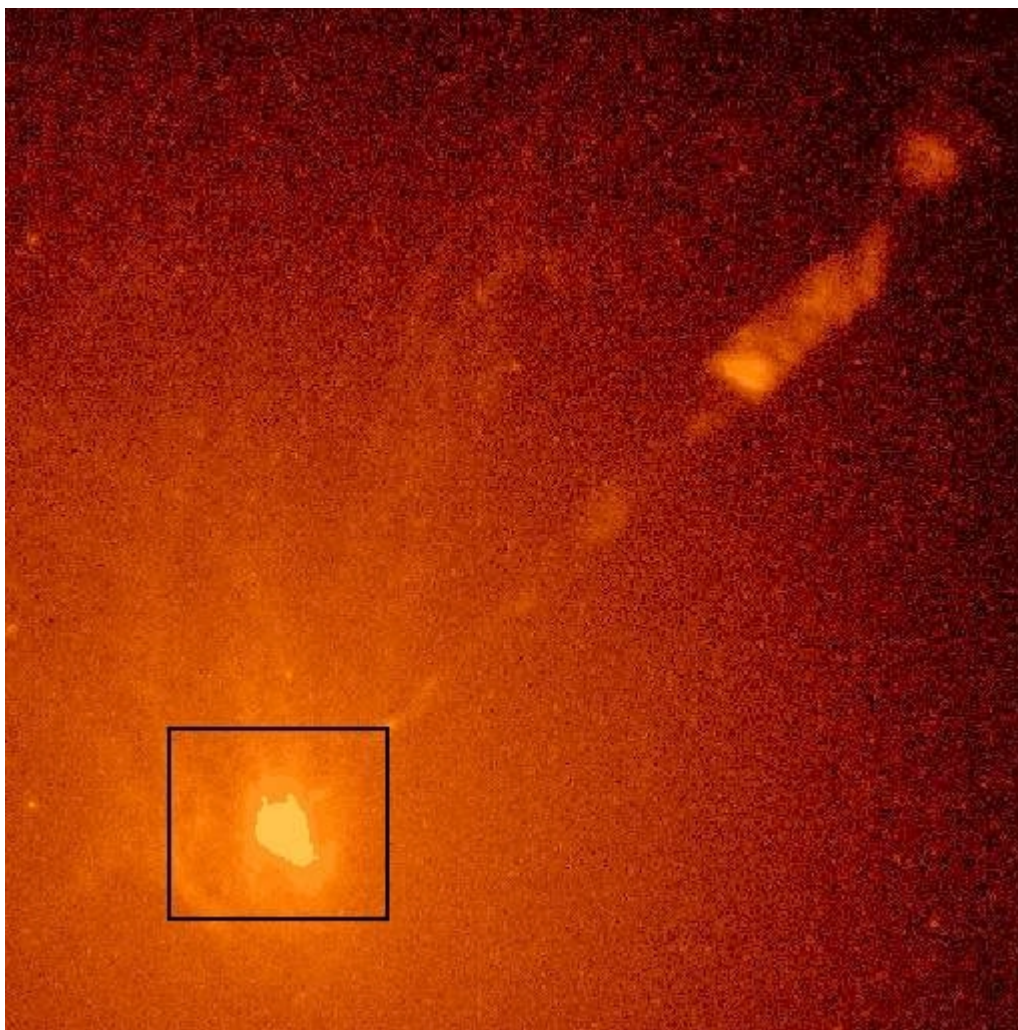
Zatím nejspolehlivější způsob pozorování černých děr je analýza rádiových záblesků výtrysků akrečního disku, jemuž hmotu dodává blízká hvězda a její soustava. V kombinaci s měřením pohybu, periody spektra a dalších astronomických veličin soustavy, kde jednu složku nelze pozorovat přímo, lze poměrně dobře určit hmotnost neviditelného tělesa. Tak lze poměrně spolehlivě určit, zda se opravdu jedná o soustavu hvězda – černá díra.

Nejstarší kandidát na černou díru s typickými dvěma rádiovými skvrnami je rentgenový zdroj Cygnus X-1. Cygnus X-1 je mezihvězdný zdroj rentgenového záření objevený na jaře 1971 sondou UHURU. Tento zdroj je vysoce proměnný a nepravidelný. Rentgenové záblesky mají trvání cca 10 milisekund. To ale znamená, že zdroj těchto záblesků musí být velmi malý (za dobu trvání záblesku musí mít světlo možnost prolétnout z jednoho okraje objektu na druhý). Rozměry zdroje vycházejí dokonce menší než rozměry naší Země a jeho hmotnost je větší než $9 M_{\text{Slunce}}$ a nemůže být nic jiného než černá díra. Objekt je gravitačně vázán s

blízkým modrým veleobrem HDE 226868. Vzájemná oběžná perioda obou těles je 5,6 dne, vzdálenost 0,27 AU, precesní pohyb má periodu 294 dnů.

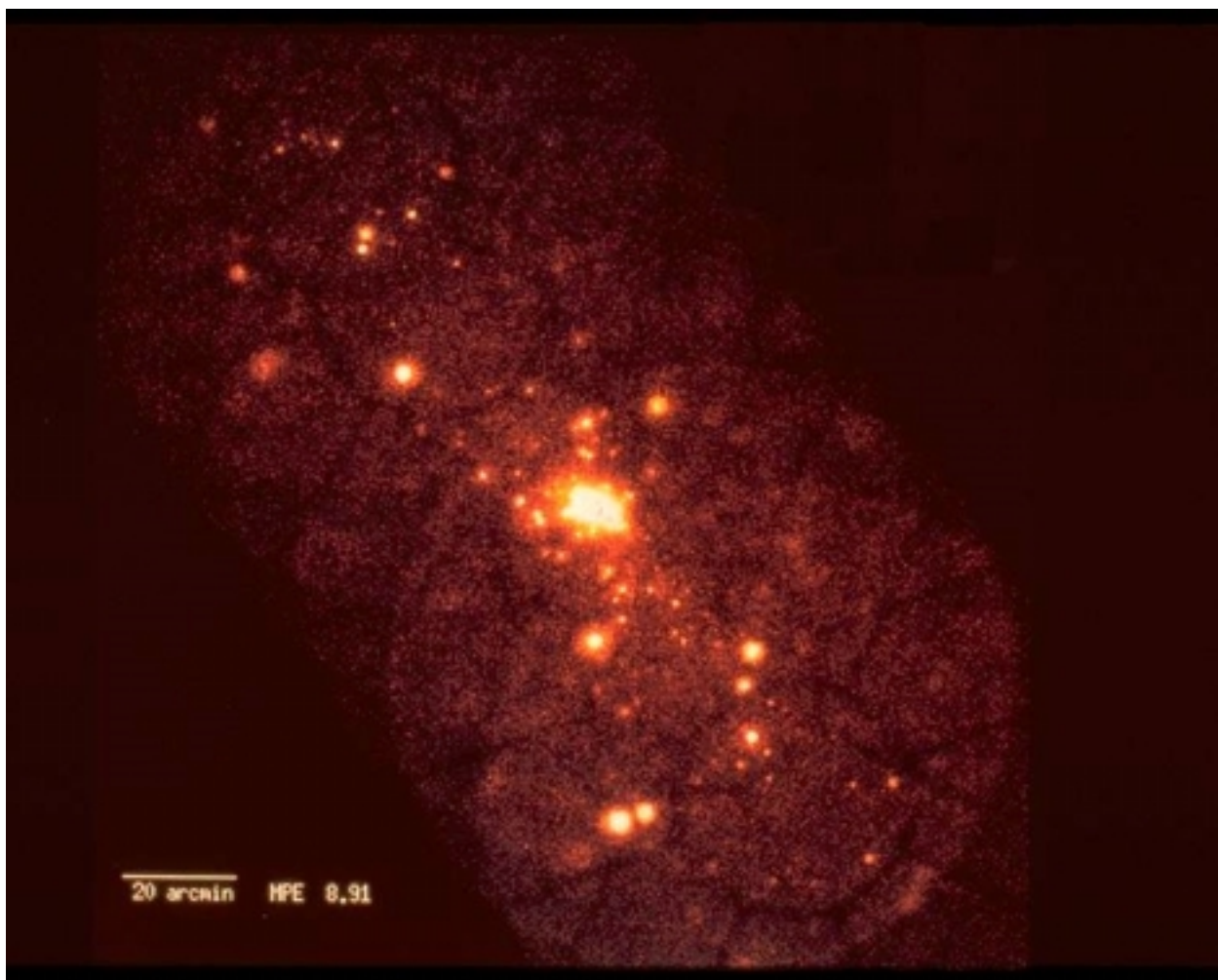
Nepřímá pozorování – další objekty

Černá díra v centru galaxie M87. Centrum blízké obří galaxie M87 je velmi husté. Na této fotografii z HST (1994) byl nalezen disk horkých plynů rotující kolem centra obří galaxie. Disk je patrný v levé dolní části snímku. Známá jsou i spektra různých částí disku. Z rychlosti rotace disku lze určit hmotnost centrálního objektu a z rozměru disku lze odhadnout maximální rozměr objektu. Tyto výpočty vedou k natolik vysoké hustotě centrálního objektu, že v úvahu připadá jediné černá díra. Na fotografii je také patrný vysoce energeticky výtrysk (jet) mířící od centrálního objektu. Výtrysk obsahuje rychle se pohybující nabitě částice a je složen z vláken příčných rozměrů 10 světelných let. Charakter výtrysku odpovídá modelům černých děr s tlustým akrečním diskem.



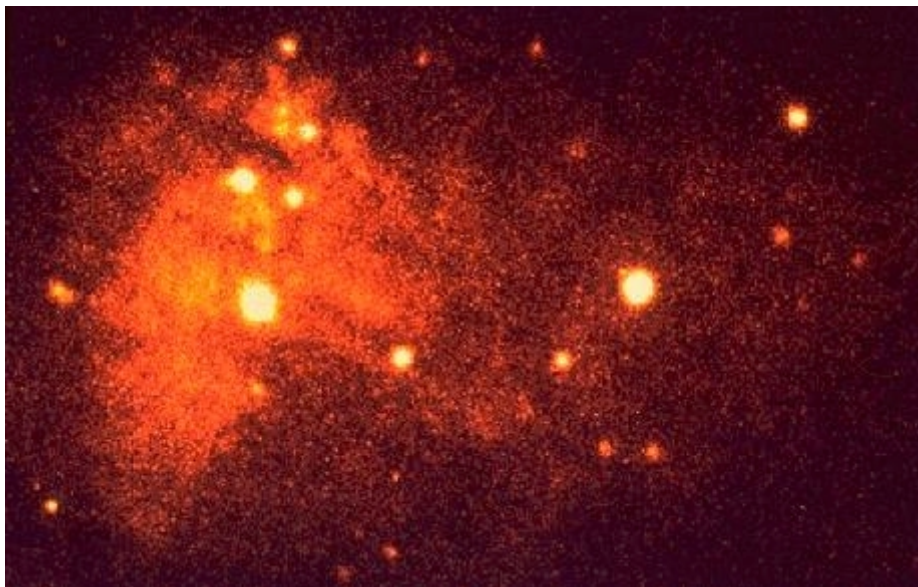
Nepřímá pozorování – další objekty

Rentgenové zdroje v galaxii M31. Velká galaxie v Andromedě je nejbližší spirální galaxie (3 miliony s.l.) a je dosti podobná naší Mléčné dráze. Mnoho hvězdných systémů v této galaxii vyzařuje vysoce energetické záření v rentgenovském oboru. Toto záření bylo pozorováno například na družici ROSAT, ze které pochází tato fotografie. Rentgenové zdroje se nacházejí v kulových hvězdokupách, ve spirálních ramenech a v blízkosti centra galaxie. Většina zdrojů jsou pravděpodobně akreční disky binárních systémů a snad i černých děr. Galaxie M31 má v blízkosti centra větší množství rentgenových zdrojů než naše galaxie. Příčina není známa.



Nepřímá pozorování – další objekty

ROSAT LMC X-1: Vážný kandidát na černou díru ve Velkém Magellanove mračnu. Jde o silný rentgenový zdroj pocházející z dvojhvězdy. Jedna složka je pravděpodobně normální hvězda, druhou složku tvoří kompaktní průvodce. Plyn z normální hvězdy dopadá na povrch kompaktní složky, ten se zahřívá a emituje rentgenové záření. Rentgenové záření ze systému vytrhává elektrony z atomových obalů v okruhu několika světelných let. Rekombinující elektrony potom září opět v rentgenovském oboru spektra. Z charakteru pohybu dvojhvězdy vyplývá, že kompaktní průvodce je s vysokou pravděpodobností černá díra s hmotností zhruba $5 M_{\text{Slunce}}$.



Mléčná dráha : rovněž v centru naší galaxie leží objekt Sag A obklopený hustou hvězdokupou. Keckův 10 m dalekohled zjistil (Andrea Ghez, University of California) v IR oboru, že tyto hvězdy rotují rychlostí 1400 km/s kolem masivního objektu o hmotnosti 2,6 milionu Slunci - černé díry.

Přímá pozorování – hypotézy

Prvotní černé díry : během raných fází vesmíru mohlo vzniknout značné množství malých černých děr o hmotnosti větší hory a velikosti

atomového jádra. Tyto díry by měly intenzivně zářit v oblasti rentgenových paprsků a záření gamma. Životnost takové průměrné prvotní díry by měla být přibližně stejná jako stáří vesmíru. Jejich zářivý výkon by dosahoval desítky tisíc megawattů. Gamma záblesky lze zjišťovat například sledováním Čerenkovova záření, které vyvolávají v atmosféře, bohužel žádná pozorování zatím existenci těchto černých děr nepotvrdila. Pokud existují, bude jich méně než 300 v jednom krychlovém světelném roce.

Gravitační vlny : při hroucení hvězdy a vzniku černé díry by objekt měl emitovat silné gravitační vlny, obdobu vln elektromagnetických. Stejně tak pohybující se velmi hmotný malý objekt (přesněji řečeno, každý pohybující se hmotný objekt, ovšem čím menší a čím hmotnější, tím větší vlny) vyzařuje gravitační vlny. Při měření gravitačních vln ale narážíme na značné obtíže technického rázu – naše přístroje nejsou dost přesné na to, aby zjistily vůbec nějaké gravitační vlny, natož pak dokázaly identifikovat jejich zdroj. Na podobná měření si budeme muset nějaký ten pátek počkat (holt to čeká na nás).

Literatura a zdroje

- **S. Hawkin : Stručná historie času**
- S. Hawkin : Černé díry a budoucnost vesmíru
- Aldebaran.feld.cvut.cz/vyuka/astrofyzika/hvezdy/stars_4.html
- Další internetovské zdroje

Převod deformace na změnu odporu

Měření pomocí odporových tenzometrických snímačů je založeno na poznatku, že silou, která působí na těleso, deformuje se toto těleso jednak ve směru působení síly, jednak kolmo ke směru síly. Deformace ve směru síly je dána **Hookeovým vztahem**, který platí v oblasti pružné deformace.

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad [\text{kp/cm}^2]$$

$$\epsilon = \Delta l / l$$

$$\Delta R / R = K \cdot \epsilon$$

σ je napětí materiálu [kp/cm^2]

E - modul pružnosti materiálu [kp/cm^2]

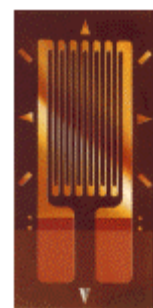
ϵ - poměrná deformace

l - délka, na které měříme deformaci

Δl - změna délky způsobená deformací

K - konstanta snímače

$\Delta R / R$ je poměrná změna odporu



Historie:

1856 – Lord Kelvin objevil a popsal fyzikální jev lineární změny odporu kovového drátku na působící síle, poprvé použil zapojení do Wheatstoneova můsku.

1938 – Edward Simmons a Arthur Ruge (USA) nezávisle na sobě realizovali technickou aplikaci přímým nalepením drátkového meandru na objekt (přez izolační vrstvu).

1952 – Sanders a Roe (GB) výroba prvních fóliových tenzometrů fotografickým kopírováním a leptáním. Dosud rozsáhlý technologický vývoj, ale žádná revoluční změna.

Odporové tenzometry:

Jsou čidla k měření povrchového napětí materiálu. Dříve se pod tímto označením rozuměli jen snímače vinuté z drátků čili drátkové. Dnes jsou nejvíce rozšířené snímače fóliové. Ať již jde o jakýkoli druh snímače, musí odporový materiál splňovat následující podmínky:

1. Citlivost jednotlivých snímačů (jejich konstanta K) , musí být co možná největší.
2. Celkový odpor snímače musí být co možná největší, aby se nežádoucí vliv odporů v měřicím obvodu a jejich změny udržely na co možná nejmenší hodnotě.

3. Teplotní koeficient odporu musí být malý, aby se chyby, způsobené kolísáním teploty, zmenšily na minimum.
4. Termoelektrický efekt se nesmí projevit na místech, kde je drátek připájen k přívodu (platí pro stejnosměrné napájení).
5. Drátek snímače musí vykazovat v co největším rozsahu lineární závislost mezi poměrnou deformací a změnou odporu drátku.

Některé z těchto požadovaných vlastností odporového materiálu jsou protichůdné, takže nelze najít materiál, který by vyhovoval všem požadavkům. K nejlepším materiálům, kterých se dnes ve světě používá k výrobě drátkových a fóliových snímačů, patří konstantan (slitina mědi a niklu).

Využití snímačů:

Krátkodobé využití jako snímač přilepený k měřenému materiálu.
Trvalé využití v siloměrech i v jiných měřících přístrojích.

Vývoj názorů na Perpetum mobile

Irena Pavlásková

Co je to vlastně perpetum mobile?

Někdo to nazve bláznovstvím, jiný fantazií nebo bludným světlem. **Perpetum mobile je nějaký stroj, který se z důvodů blíže neuváděných sám od sebe neustále točí.** Ale co je to „neustále“? Je to snad „věčně“? A co to znamená „sám od sebe“? Je to snad „vlastní síla“? Ale odkud se bere tato síla? Učenci různých dob se snažili přijít na kloub těmto výrazům. Bohužel i oni museli posléze uznat jisté pochybnosti o tyto síly. Jeden učenec si dělal starosti s věčným pohybem. „Cožpak se může něco věčně pohybovat, když i ten nejtvrdší kov podléhá opotřebení a zub času koná své dílo?“ Druhý si zase dělal starosti s tím, že definice neříká nic o tom, zda se perpetum mobile roztočí samo po utažení posledního šroubku, nebo až po šetrném pobídnutí lidskou rukou.... Ti, co měli sklony k větší účelnosti, si zase dělali starosti, zda bude perpetum schopno vykonat pro člověka kus užitečné práce...

Věda nakonec ustoupila od některých svých dřívějších požadavků a definici trochu upravila.

Perpetum mobile je každý stroj, který dokáže přeměnit beze zbytku všechnu dodanou energii v užitečnou práci, který byl jednou uveden do pohybu, setrvává v něm tak dlouho, dokud ho nějaká vnější síla nezastaví.

Hledá se první vynálezce!

Bylo nebylo.. Kdysi dávno a hodně daleko od Evropy, se indický matematik Bhaskara v jedné ze svých básní zmínil o jakémsi kole, na jehož obvodu byly válcové nádoby, do půli naplněné rtuťí a upravené tak, aby se vždy poněkud odchylovaly od křivky kola. Toto kolo se prý samo od sebe točilo. Tu báseň napsal kolem roku 1150 n. l. a dovedl nás k prvnímu perpetu mobile středověku. Po přečtení této básně se čtenář cítí poněkud zklamán. Zklamán tím, že první zmínka není starší. Říká se přece, že kolébkou vzdělanosti je Asie. Vzniká důvodné podezření, že starověká mechanika, podepřená důkladnou teorií, musela na samohybný stroj narazit a nějak se s ním vypořádat. Hledali se nějaké nepatrné zmínky o věčném pohybu. Ale marně. Jen z Claudianovy zprávy svitne naděje, kde se píše: „Archimédes, největší matematik a inženýr starověku, si pro svou potěchu zhotovil kouli s nebeskou klenbou, na níž zachytil pohyb všech známých nebeských těles. Byl to přístroj plně automatický, sám od sebe se stále otáčející. Pohyb koule obstarávali duchové, které Archimédes uzavřel v jejím vnitřku.“ Je to tedy alespoň zmínka, ale důkaz to není. Odůvodnění této skutečnosti je takové, že v době starověku lidstvo nepotřebovalo stroje, které by ulehčily práci. Bylo dost otroků..... První vynálezce byl tedy jistý indický básník. Do západní Evropy se samohybný stroj dostává z islámských krajů současně s původními indickými číslicemi počátkem 13. století. V této době český panovník předsedává z knížecího stolce na královský trůn zatímco se do Francie dostává první perpetum mobile, aby roku 1245 zahájilo svoji kariéru.

První perpetum mobile.

První stroj pochází od jistého všestranného konstruktéra Villarda z Honnecourtu. Jeho

návrh se z funkčního hlediska podobá návrhům asijských předchůdců. Rozdíl byl v ramenech připojených ke kolu. Místo rtuti použil sedm kladiv. On a spousta dalších konstruktérů se spoléhalo na gravitační sílu, která střídavě vyklápěla a zase zaklápěla závaží na obvodu kol jejich strojů. S novou myšlenkou přišel jistý pan Pierre de Maricourt. Ve svých strojích využívá totiž úplně jiné síly. A to síly magnetické. Magnetické vlastnosti připisoval nadpřirozené síle a tím si uzavřel další cestu. Přesto svým nápadem obohatil počáteční prameny o perpetu mobile. Pomalu se dostáváme do doby života Leonarda da Vinciho. I on podlehl touze zkusit štěstí se samohybnými stroji, ale mnoho si od toho nesliboval. Jeho perpetua jsou jen malé strojky. Založené na gravitační síle a obdobné jako měli ostatní dychtiví vynálezci. Leonardo nemohl znát důležité zákony o energii, ale vytušil, že perpetum sestrojít nedokáže. Pochopil, že neúspěch jeho pokusů není v nedostatečných vědomostech, ale že příčina je mnohem závažnější. Nedával naději nikomu.

Vodní živel a samohyb.

„Kdyby se mi nějak podařilo vytlačit vodu zpátky na kolo,“ řekl si kovář Heine z Lemsalu, „postavil bych si suchý vodní mlýn a dělal bych kováře i mlynáře. V létě bych poháněl kolem mlýnské kameny a na zimu bych je zapřáhl do práce v kovárně.“ Dlouhé týdny přemýšlel, až mu jednou poradil správce místní farnosti. „Zkus to s archimédovým šroubem.“ To neměl velebný pán ubohému kováři říkat. Ráno, ještě za šera vstal, rozdělal oheň a dal se do práce. Den za dnem ozývalo se pak bušení perlíku z jeho kovárny a rudá záře ohně svítila okny do tmy. Konečně byl hotov. Ohromné vodní kolo, obehnané ochrannou dřevěnou stěnou, aby ani kapka drahocenné vody nepřišla nazmar, dvě nádrže na vodu, jedna nad vodním kolem, s krátkým náhonem na kolo, druhá dole pod jeho lopatkami, a podivné, na hřídeli navinuté potrubí – Archimédův šroub, nejdůležitější článek kovářova stroje. Heine naplnil obě nádrže vodou a svalnatými pažemi roztočil kolo. Chvilí se točilo, ale pak se zastavilo. Znovu a znovu otáčel zklamaný kovář loukotěmi kola, ale marně. Archimédův šroub vytlačil jen nepatrné množství vody a horní nádrž se za chvíli vyprázdnila. „Nestačí jeden šroub, postavím ke kolu dva,“ a jak řekl, tak udělal. Ale ani dva šrouby vodní kolo neroztočily. Archimédův šroub samohybnému stroji mnoho užitku nepřinesl. Nepomohl-li Archimédes jednou, snad pomůže podruhé, řekli si ti, kdo měli na mysli zákon o vztlaku v kapalinách. Sir William Congreve uvažoval takto: Ponořím-li stroj do vody tak, aby byly pod hladinou ještě obě dolní kladky, nasákne ponořená část pásu vodou. Voda ale bude vzlínat po svislé stěně pásu do určité výšky nad hladinu. Závaží na šikmé část pásu vytlačí postupně z houbovité hmoty všechnu vodu, která pronikla do jejích pórů ve chvíli, kdy byla tato část ponořená pod hladinou. Vytlačením vody se poruší rovnováha sil mezi svislým a šikmým pásem, protože svislý pás bude těžší o množství kapaliny vystouplé působením kapilárních sil nad hladinu vody v nádobě. Nutno podotknout, že Congreve měl na tehdejší dobu slušný přehled o zákonech mechaniky. Dokonce ani tak známý matematik, jako byl Bernoulli, se nenechal zviklat ve víře, že jeho osmotický samohybný systém svou důkladností a věrohodností vyvrátí jakékoliv pochybnosti o správnosti jeho principu.

Zdroj pohybu je magnet!

Některým středověkým vědcům se magnetismus pletl s gravitační silou. Není proto náhodou, že ti, kdo věnovali dny svého života stavbě samohybů poháněných gravitační silou, velmi často opouštěli pole gravitace, když poznali marnost svého počínání, a snažili se upravit princip svého stroje na magnetický pohon. Spence, obyčejný skotský švec, žijící na přelomu 18. a 19. století, vymyslel magnetické perpetu mobile, které je typickou ukázkou naivních názorů, jichž se ještě v tak pozdní době věda jen velmi těžce zbavovala. Jeho stroj byl založen na kývání hrotu ocelové jehly mezi dvěma magnety. Jiný nesmysl uvedl na veřejnost pan Wilkins. Ocelová

koule šplhá vzhůru žlábkem z nemagnetického materiálu ke kusu magnetovce – zdroji přitažlivé síly na konci šikmé dráhy, avšak těsně před dosažením jejího vrcholu propadá otvorem a klouže po jiné zakřivené dráze zpátky dolů na své původní místo. Nebo třeba pan Kircher zveřejnil zajímavý vynález. Kolo s paprskovitě vybíhajícími železnými hroty na svém obvodu se mělo podle Kircherových předpokladů neomezeně otáčet ve statickém magnetickém poli čtyř magnetů, rozložených podél obvodu kola. Pokusy s magnetickými silami nevedly k úspěšnému vyřešení samohybného mechanismu. Vynálezci od samého počátku zápolili s překážkami, které jim do cesty kladly statické magnetické síly. Podstata magnetismu zůstávala stále nevyjasněna a ti, kdo s magnetismem přicházeli do styku, vykládali si jej po svém.

Církev a perpetuum mobile.

V 17. a 18. Století, v době, o které se právem říká zlatý věk perpetua mobile, musela své stanovisko zaujmout i církev. Lidé byli moudřejší a hromadili zkušenosti. Začali se církve ptát, co je to či ono a proč to tak je. Otázky byly stále všetečnější a pro církevní pastýře často dost nepříjemné. Nebylo jiné cesty a církev musela vyškolit své odborníky. Předpokládali bychom, že církev se v případě perpetua mobile stáhne do své konzervativní ulity a stvoření věčného pohybu prohlásí za výsadu boží moci. Naskytla se však i druhá možnost, jak chápat tuto otázku. Podaří-li se člověku napodobit, třeba jen v malém měřítku, dílo samotného boha, nemusí být kárán za rouhání se a znevažování nejvyšší bytosti, protože takový úspěch lze pokládat za projev souhlasu nebes a současně i za hmotný důkaz existence boha a oslavu jeho veledíla. Bylo nalezeno mnoho nákrešů strojů věčného pohybu. Ale kolik jich bylo vlastně vůbec sestrojeno? Mnoho ne, protože to nebylo v zájmu církve. Přes mnohé neznalosti mohly už tehdejší zkušenosti potvrdit, že uskutečnění perpetuálního pohybu není v lidských silách. Ale scholastickému duchu lépe vyhovovaly předpoklady, které do jeho teorie, ovlivňované náboženstvím, zapadaly a které v tomto případě mluvily pro existenci samohybného stroje. Ještě jeden prvek hrál významnou roli při posuzování, zda má či nemá být perpetuální pohyb předmětem zájmu scholastiků. Byla to víra v zázrak. Zázrak byl nejúčinnějším argumentem všude tam, kde selhaly běžné světské prostředky.

Názory učenců na perpetuum mobile.

Doba kdy, církev zaujímalá své postavení k věčnému pohybu, byla neproduktivní období pro fyziku. Vědci a filozofové měli co dohánět. Na počátku vědecké práce bývá mnoho tápání a často dochází k nejedné chybě. A z chyb vzniká názorová odlišnost a s ní spory, které většinou neznají kompromismu, protože v nich jde o pravdu. Roku 1645 ohlásil filosof Descartes veřejnosti, že součet všech produktů je na celém světě konstantní. Netušil, že objasnění podstaty síly a její matematické vyjádření bude zanedlouho hrát významnou úlohu ve sporech mezi přívrženci a odpůrci samohybného stroje. Willem Jacobus 's Gravesande patřil k těm, kteří díky špatnému výkladu základních fyzikálních veličin byli ochotni uvěřit v reálnost perpetua mobile. Domníval se totiž, že síla volně padajícího tělesa narůstá s jeho rychlostí, čili že zdrojem síly pro padající tělesa je volný pád. Byl to neblahý vliv Descartova omylu, že síla je dána součinem hmoty a rychlosti jejího pohybu. Falešným výkladem podstaty síly a jejího růstu pohybem tělesa přesvědčil Gravesande sám sebe o tom, že samohybný mechanismus není pouhou utopií. Ochotně přijímaná mylná definice síly nebyla jediným důvodem, aby rostl tábor vyznavačů perpetua. Pružností materiálu se dnes zabývá celý vědní obor, ale tehdy byl tento úkaz tajemným, neprobádaným zdrojem síly získávané z ničeho. Dvacet šest let po smrti Descarta vydává Gottfried Wilhelm Leibniz knihu, kde se staví proti definici síly uvedené Descartem. Leibniz tvrdil, že za měřítko síly jako projevu pohybu tělesa je nutno brát součin hmoty a druhé mocniny rychlosti pohybu. Podle této definice síly není možné sestrojít perpetuum mobile. A tak

se kolem nešťastné definice rozpoutal nemilosrdný boj mezi zastánci Leibnizovými a Descartovými. Početná část odpůrců samohybného stroje upozorňovala na to, že všechny děje v přírodě probíhají v prostředí, které klade pohybu vždy nějaký odpor. I kdyby měli pravdu ti, kdož věří v perpetuum mobile, a sestrojili stroj, který by principiálně této myšlence vyhovoval, pak tření součástí mechanismu a odpor vzduchu nedovolí, aby se stroj sám trvale točil. Přišli i jiní s námitkou velmi vážnou. Tvrdili, že každá akce může vyvolat nanejvýš jen stejně velkou reakci. Podle toho těleso, které uvede do pohybu jiné těleso, musí ze svého vlastního pohybu ztratit tu část, kterou druhému tělesu předalo. Proto výsledný účinek nesmí být větší než příčina. Z toho plyne, že perpetuum mobile se točit nebude.

Konečně jsou tu zákony!

Francouzská revoluce a napoleonské války změnily tvář staré Evropy. Leibniz, Bernoulli, Lomonosov a Euler patřili k těm, kdo cítili potřebu vypořádat se s nedořešenou otázkou silových a energetických vztahů. Chyběl jim pouze vhodný model, na němž by si mohli správnost svých předpokladů ověřit. Tím modelem se stal parní stroj. Otevřel cestu ke zkoumání tepelné energie, a co víc, odhalil možnost vzájemné přeměny různých forem energie. Klíčem k úspěchu bylo správné pochopení podstaty tepla. Když si Němec Julius Robert Mayer ve svých deseti letech sestrojil o prázdninách svůj, jak se domníval, samohybný strojek, dožil se prvního zklamání. Jeho vodní kolo s malým Archimédovým šroubem, které novopečený vynálezce obkreslil z výkresu údajně spolehlivého perpetua mobile, se nechtělo otáčet. Málo úspěchu, ale o to více užitečné látky k přemýšlení přinesl nezdařený pokus chlapci, jemuž se později jako prvnímu podařilo přesně vyjádřit nejdůležitější zákon mechaniky. Zákon o zachování energie, všeobecný zákon přírody. Množství energie v libovolném uzavřeném systému je při pochodech v něm probíhajících stálé, přičemž energie se přeměňuje z jedné formy v druhou a změna jednoho stavu ve druhý závisí jen na těchto stavech, nikoliv na způsobu přeměny. Změnou stavu těles nebo jejich soustav, pádem závaží, vody, hořením paliva..., se pak koná práce. Rok 1842 přinesl jednou pro vždy jasno do vztahů mezi strojem a energií. Zákon o zachování energie byl pohřební písní teorii samohybného principu.

Několik slov závěrem.

Před dvěma sty lety se poprvé postavil nejvyšší vědecký tribunál v kulturním centru západní Evropy proti demagogické víře v realizaci věčného pohybu na naší planetě a od toho dne navršl čas spousty nezvratných důkazů, pečetěných jmény slavných vědců a filosofů. I tak nebylo marné ztratit trochu času s neplodným lidským úsilím pro poučení těm, kdo se s perpetuem mobile v životě nesetkali, a pro výstrahu jedincům, kteří přes veškeré důkazy setrvávají v pošetilé naději, že se jim podaří je uskutečnit.

Použitá literatura: Ing. Stanislav Michal
PERPETUM MOBILE VČERA A DNES
Ludvík Souček
BLÁZNIVÝ VYNÁLEZCI

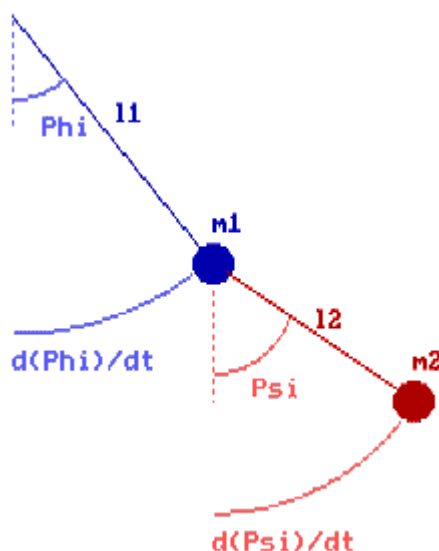
Dvojité kyvadlo

Jeden z nejjednodušších chaotických systémů.

Adam Popel

Popis

Model dvojitého kyvadla se skládá ze dvou hmotných bodů m_1 , m_2 a pevných spojníc délek l_1 , l_2 mezi závěsem a m_1 a mezi m_1 a m_2 . Způsob uspořádání je patrný z následujícího nákresu:



Pro určité hodnoty parametrů l_1 , l_2 , m_1 , m_2 se může jednat o normální jednoduché kyvadlo (např. pokud $m_1 \rightarrow 0$ nebo $l_1 \rightarrow 0$). V našem případě však budeme uvažovat $m_1 = m_2 = 1$ kg a $l_1 = l_2 = 1$ m.

Pohyb takovéto soustavy kyvadel lze popsat diferenciální rovnicí o čtyřech neznámých $\varphi, \dot{\varphi}, \psi, \dot{\psi}$, kterou nelze analyticky řešit. Můžeme však použít k výpočtu numerické metody řešení diferenciálních rovnic. Nejznámějšími jsou asi Eulerova, Leapfrog, jednoduchá Runge-Kuttova a adaptovaná Runge-Kuttova (Δt se upravuje podle výsledku testu na zákon zachování celkové energie). Budeme tedy simulovat pohyb kyvadla ve speciálním počítačovém programu.

Prahové energie

Podívejme se, jaký pohyb může kyvadlo vykonávat při určité energii. Vyjdeme ze vzorce pro výpočet potenciální energie:

$$E_p = mgh.$$

Protože $h = 2l$, musíme dodat energii

$$E_1 = 2m_2gl_2,$$

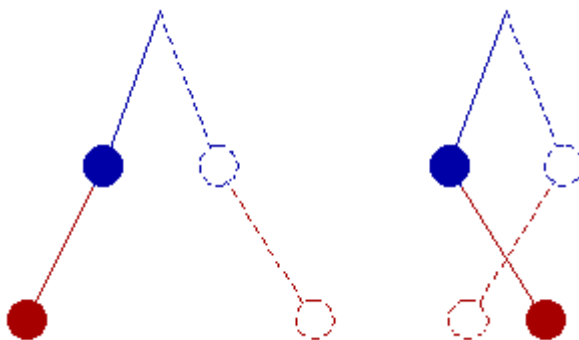
aby hmotný bod m_2 mohl rotovat kolem m_1 . Podobně vypočítáme i energii rotace vnitřního kyvadla a rotace obou kyvadel zároveň:

$$E_2 = 2(m_1 + m_2)gl_1,$$

$$E_3 = E_1 + E_2.$$

Protože v našem případě je $m_1 = m_2$ a $l_1 = l_2$, jsou od sebe jednotlivé energetické hladiny stejně vzdálené. Pro $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ je tedy $E_1 = 16,92 \text{ J}$, $E_2 = 39,24 \text{ J}$ a $E_3 = 58,86 \text{ J}$.

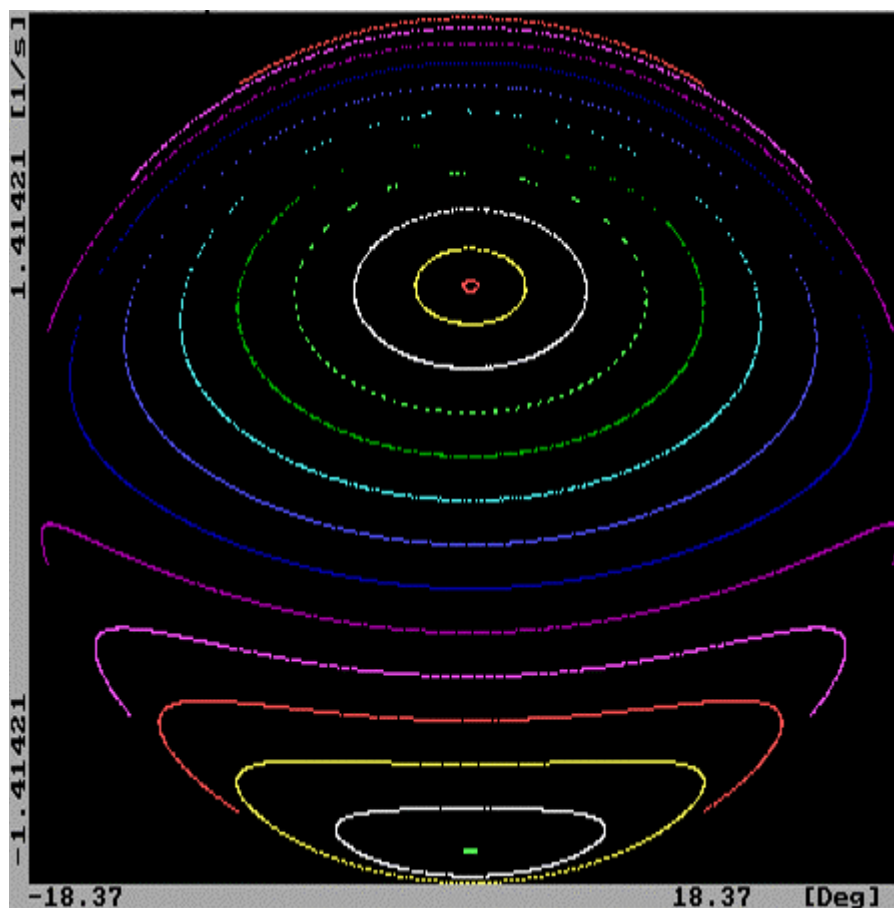
Při malých výchylkách můžeme rozlišit dva základní typy pohybu – v prvním případě kývá vnější kyvadlo stejně jako vnitřní, ve druhém kývají proti sobě.



Poincarého řez

Nyní se podívejme, můžeme-li pohyb kyvadla znázornit v nějakém grafu. V rovnici popisující jeho pohyb se vyskytují čtyři neznámé a potřebovali bychom tedy čtyřrozměrný prostor. Naštěstí můžeme jednu z těchto proměnných dopočítat ze zákona zachování energie (jedná se o netlumené kmity) a tak by nám stačil prostor trojrozměrný. My tímto prostorem povedeme Poincarého řez v rovině $\varphi\dot{\varphi}$ – bod se tedy zobrazí pouze v případě, že $\psi = 0$ (vnější kyvadlo prochází rovnovážnou polohou).

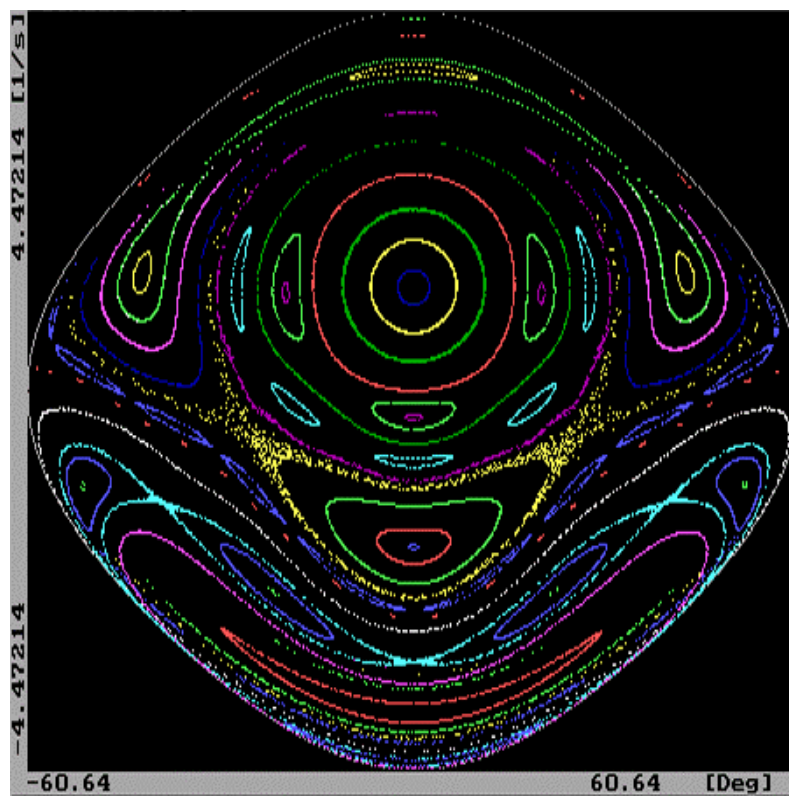
Pro celkovou energii $E = 1 \text{ J}$ dostaneme následující graf (φ je na ose x , $\dot{\varphi}$ na ose y):



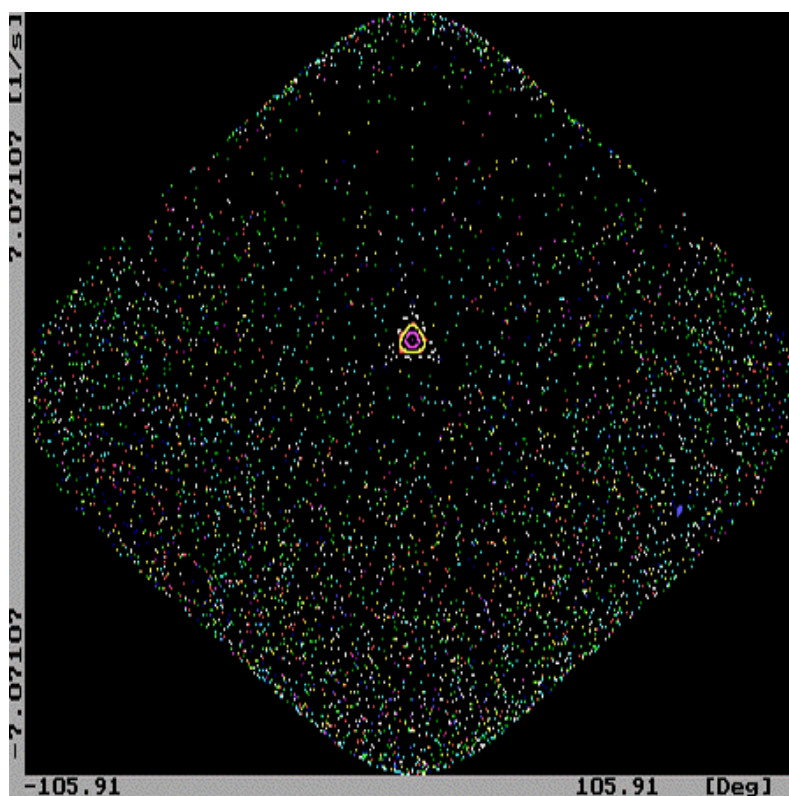
Obr. 1. *Poincarého řez při energii 1 J.*

Každá uzavřená křivka odpovídá určitým počátečním podmínkám. Kdybychom sledovali vykreslování Poincarého řezu v reálném čase, viděli bychom, jak se postupně objevují jednotlivé body, až začne vznikat jedna z křivek. Po jejím vykreslení musíme zvolit nové počáteční podmínky a takto pokrýt celou rovinu grafu.

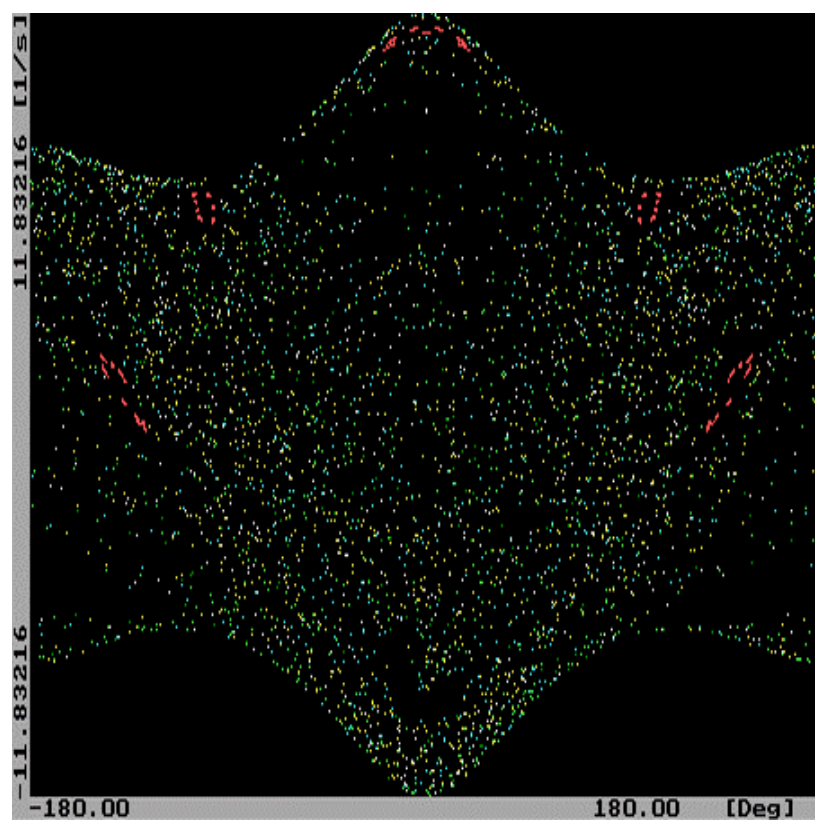
Na [obrázku](#) vidíme, že při energii 1 J se jedná o celkem pravidelný pohyb. Co se však stane, pokud zvýšíme celkovou energii systému? Následují Poincarého řezy pro energie [10 J](#), [25 J](#), [70 J](#), [120 J](#) a [500 J](#):



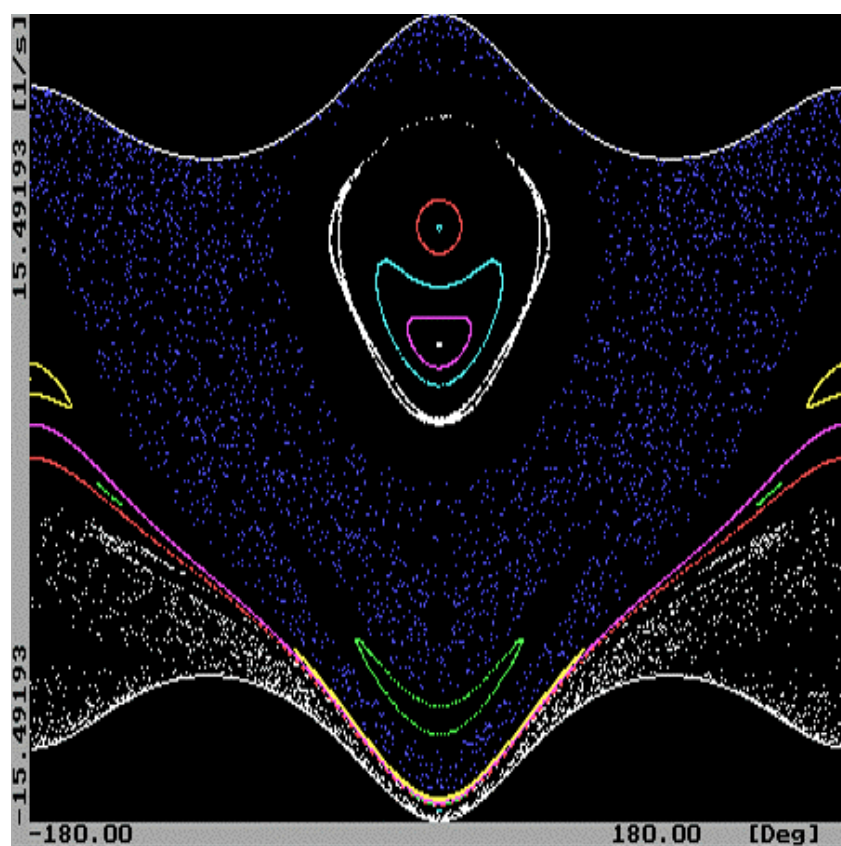
Obr. 2. Poicarého řez pro celkovou energii $E=10$ J.



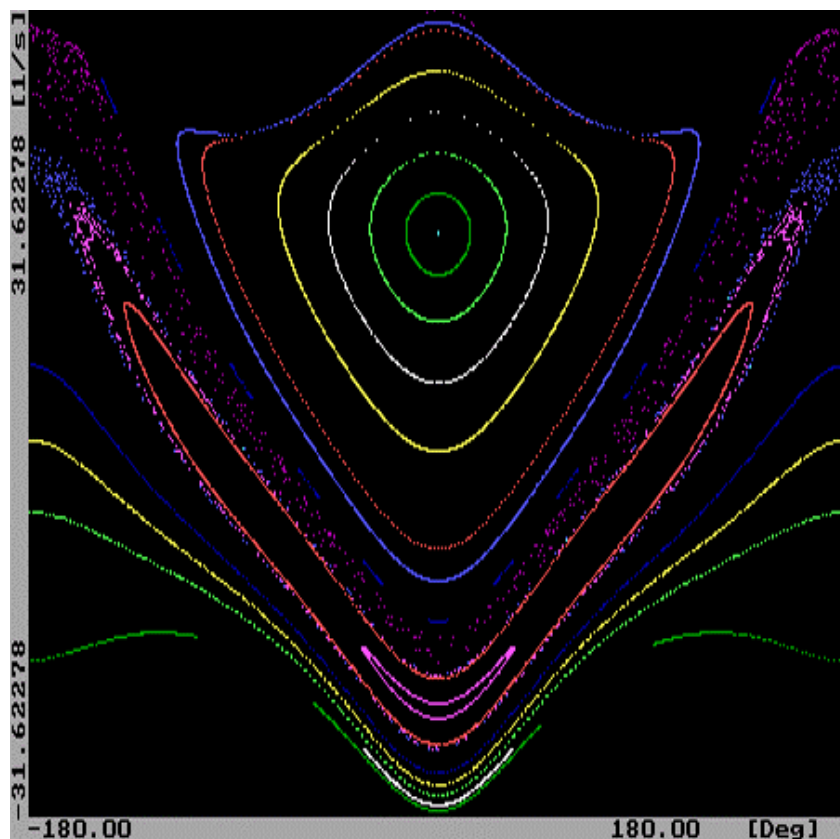
Obr. 3. $E=25$ J.



Obr. 4. $E=70$ J.



Obr. 5. $E=120$ J.



Obr. 6. $E=500 \text{ J}$.

Vidíme, že v naprosto chaotickém systému při energii 70 J (obr. 4) se po dodání další energie začnou objevovat ostrůvky stability. Ty odpovídají takovým počátečním podmínkám, při kterých rotuje celá soustava. Uspořádanost se s narůstající energií zvyšuje a při 500 J (obr. 6) chaos takřka vymizí - kyvadlo již nemůže konat jiný pohyb než úplnou rotaci.

Jiné počáteční podmínky

My jsme se zabývali chováním kyvadla pouze pro konkrétní, námi zvolené parametry m_1 , m_2 , l_1 a l_2 . Při jiných hodnotách parametrů však může docházet i k jinému pohybu. Například pokud bude platit

$$l_1 < l_2 \frac{m_2}{m_1 + m_2},$$

může vnitřní kyvadlo rotovat, zatímco vnější nikoli. Pro různé parametry se tedy chová dvojité kyvadlo různě. I takové modely se dají použít ke studiu chaosu.

Použitá literatura a software:

- Christian Laue, Boris Ruffing, Ralf Getto, Björn Basser: *Double Pendulum v2.1e*. FB Physik, Universität Kaiserslautern, 1991 – 1994.
- James Gleick: *Chaos: Making a New Science*. Ando Publishing, 1996.

Rakety a raketová paliva.

Ladislav Kožíšek

Z historie

První rakety byly vyrobeny kolem 11. Století v Číně. Jednalo se o bambusové stvolý plněné střelným prachem.

Podobné jednoduché raketové motorky se přivazovaly k šípům či kopím a byly z proutěných košů hromadně vypouštěny na nepřítele.

Ve středověku se v Asii běžně používalo raket k bojovým účelům. Odtud se rakety rozšířily do Evropy. V druhé polovině devatenáctého století byly v důsledku masového rozšíření dělostřelectva z výzbroje armád vytlačeny.

Velkým visionářem raketové techniky byl K.E.Tsiolkovsky Ruský vědec, který pracoval pouze teoreticky. Určil základní pravidla konstrukce raket a rovnice popisující principy a pohyb raket.

Významnou událostí pro raketový vývoj, bylo vypuštění první kapalinové rakety na světě. Tuto 4,2 kg vážící raketu zkonstruoval raketový odborník dr. Robert H. Goddard. Jako palivo bylo použito kapalného kyslíku a benzínu. Tato raketa dosáhla výšky 12.5 metrů a vzdálenosti 36 m.

Cílený a dobře organizovaný vývoj raket, nastal před druhou světovou válkou v Německu. V roce 1933 za účasti Vernhera von Brauna byla zkoušena raketa s motorem na kapalně pohonné látky (KPL) o hmotnosti 150 kg. O rok později bylo se zdokonalenou verzí této rakety dosaženo výšky asi 2 km. Následovala raketa A3 : 7,5 m. dlouhá, 0,75 m průměr a 750 kg těžká. V roce 1936 se již pracovalo na V-2 (A-4).

Po 2. Světové válce si německé vědce a rakety rozdělili USA a SSSR. USA je plně využilo, SSSR nedůvěřovalo a postavilo raketový program na sovětských vědcích. Vernher von Braun X Koroljov.

V první fázi raketového vývoje bylo úspěšnější SSSR se svou řadou raket Vostok (Sputnik, Gagarin).

První rakety USA (do r. 1957) byly spíše improvizacemi. Např. první raketa Vanguard, Juno1, Juno2.

Jen dva státy na světě jsou skutečnými raketovými velmocemi Rusko a USA ostatní jsou z hlediska množství raket a materiálu vneseného do vesmíru příštípkáři.
dva hlavní typy raketových paliv kapalná a pevná. (PIUT)

Raketová paliva

Jsou dva hlavní typy raketových paliv kapalná a pevná.

Kapalná paliva

Okysličovadla : jako okysličovadel se používá zejména kapalný kyslík. Kapalný kyslík je samozřejmě výborným okysličovadlem ale manipulace s ním není vždy snadná proto se využívá též oxid dusičitý, kyselina dusičná a peroxid vodíku.

Hořlaviny užívané spolu s těmito okysličovadly jsou voleny tak aby směs měla co největší specifický impuls ve vakuu(Ns/kg). S kyslíkem kapalným vodík kterážto směs je z raketových směsí nejúčinnější. Dále pak Etylakoholu, kerosinu a Asymetrického dimethylhydrazinu. S

oxidem dusičitým potom výlučně metylhydrazinu a to Monomethylhydrazinu, Asymetrického dimethylhydrazinu a jejich směsí. S kyselinou dusičnou je to Kerosin a Asymetrický dimethylhydrazin. A s peroxidem vodíku výlučně petrolej(napřV-2).

Pevná raketová paliva

Pevná raketová paliva jsou méně účinné a mnohem dražší než kapalná raketová paliva, proto se jich pro pohon kosmických raket využívá jen zřídka. Jiná situace je ovšem v oblasti bojové raketové techniky. Tam pro svou nenáročnost na skladování, snadnost výroby a absenci nutnosti složitého raketového motoru nacházejí báječné uplatnění. Možnosti složení pevného raketového paliva jsou Velmi velké. Je možno použít jednoduchých dvojsložkových složí, složí kombinovaných, různých nitrátů a jejich solí, od nich odvozených prachů, je možno použít mnoho různých okysličovadel a to nejen na kyslíkové bázi. Tyto složky je možno do raketových motorů odlévat, lisovat či je tam prostě strkat v podobě svazků prutů.

Vhodnými okysličovadly jsou zejména tyto:

Chlorečnan Draselný, Chloristan Draselný, Chloristan Amonný(Space Shuttle),
Pro domácí potřebu též: Dusičnan Draselný, Dusičnan Sodný

Z hořavin můžeme jmenovat především kovy:

Hliník, Hořčík, Berylium, Zinek

A také ostatní:

Dřevné uhlí, Asfalt, Síra, Laktosa a vůbec každou látku která na vzduchu alespoň trochu hoří.

Používané Slože:

Pomocné rakety raketoplánů : Chloristan Amonný, Hliníkový prášek, polyurethan.
Bojové rakety často např : tyčkové nitrocelulóзовые prachy.
Zábavná pyrotechnika a malé rakety : Černý střelný prach.