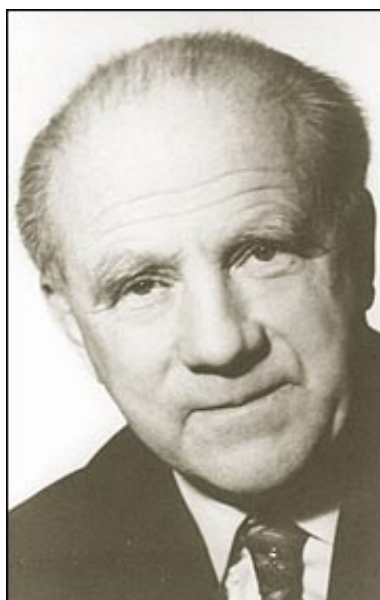


Fyzikální seminář

studenti SOBĚ

<http://fyzsem.fjfi.cvut.cz>

Letní semestr 2001/2002



An expert is someone who knows some of the worst mistakes that can be made in his subject and how to avoid them

Werner Heisenberg

Obsah

1 Program	3
2 Abstrakta	5
Příspěvky	8
Plazma (Milan Těšínský)	8
Pohyb elektronu v poli. (Matěj Navrátil,Libor Bittmann,Michal Nyklíček)	11
Millikanův experiment (Jan Kodovský,Tomáš Kalvoda,Petr Kolenko)	13
Teorie superstrun (Pavel Arátor,Jan Hýbl,Aleš Černý,František Havlůj)	16
Elektromagnetická kuchyně (Radek Mušálek,Dana Valachová,Martin Fibrich)	18
Elektromagnetická rezonance (Pavel Arátor,František Havlůj,Jan Hýbl)	20
Vysokoteplotní supravodivost, Meissnerův jev (Miroslav Vinš,Václav Vrba,Romana Žďár- ská)	22
Polovodiče (Jitka Stokučová,Kateřina Štyndlová)	26
Blesk (Linda Kašaová,Tomáš Brezula)	33
Dvojtěrbínové experimenty v kvantové teorii (Tušek Matěj,Válek Štěpán ,Vašíček Petr)	37
MHD generátor (Jan Podmajerský)	42
Stirlingovy motory (Adam Purkrt,Tomáš Ryčl)	45
Teslův transformátor (Michal Nevřkla,Michaela Martínková)	50

1 Program

Datum:28.2, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:-

autoři	název vystoupení	presentace
V. Svoboda	Úvod	

Datum:7.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Jan Kodovský,Tomáš Kalvoda,Petr Kolenko	Millikanův experiment	

Datum:14.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Kateřina Štyndlová,Jitka Stokučová	Experiment - Siločáry elektrického pole	
Jan Podmajerský	MHD generátor	
Jiří Voltr	Symetrie ve fyzice	

Datum:21.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Doc. Ing. Ivan Štoll, CSc.	Relativita za hranicemi přednášky	

Datum:28.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Matěj Navrátil,Libor Bittmann,Michal Nyklíček	Pohyb elektronu v poli.	
Tušek Matěj,Válek Štěpán ,Vašíček Petr	Určení e/m elektronu pomocí vychylování v mag. poli cívek	
zdeněk syptak	autonomní zdroje energie	

Datum:4.4, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Pavel Arátor,František Havlůj,Jan Hýbl	Elektromagnetická rezonance	
Radek Mušálek,Dana Valachová,Martin Fibrich	Elektromagnetická kuchyně	
Žofie Sovová,Anna Plavcová,Jiří Havelka	Jak zní Slunce	
Tomáš Kurtin	Fenomén zvaný Bumerang	

Datum:11.4, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Petr Lenhard	Van de Graaff	
Michal Nevrkla,Michaela Martínková	Teslův transformátor	
Linda Kašaová,Tomáš Brezula	Blesk	

Datum:18.4, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
RNDr. Jiří Grygar, CSc.	Žeň 2002	

Datum:25.4, Posterová sekce.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Milan Těšínský	Plazma	poster
Pavel Arátor,Jan Hýbl,Aleš Černý,František Havlůj	Teorie superstrun	poster
František Pokorný,Ondrej Konček,Ondra Janata,Petr Klíma	Roentgen	
Tušek Matěj,Válek Štěpán ,Vašíček Petr	Dvojštěrbínové experimenty v kvantové teorii	
Linda Kašaoová,Tomáš Brezula	Detekce blesku	
Michal Nevrkla	Základy hudební akustiky	
Zofie Sovova,Anna Plavcova,Jiri Havelka	Smeti ve slunecni soustave	
Martin Fibrich,Dana Valachová,Radek Mušálek	Dynamický model krystalové struktury	
Petr Lenhard	Ranque-Hilschova trubice	
Michaela Martinkova	OTEC - Ocean thermal energy conversion	
Jan Podmajerský	Bezpečnost jaderné energetiky	
Jiří Voltr	Pokročilé partie z fyzikálních symetrií	
Jitka Stokučová,Kateřina Štyndlová	Polovodiče	
Adam Purkrt,Tomáš Ryčl	Kulový Blesk	
Jan Kodovský,Tomáš Kalvoda,Petr Kolenko	Hromy blesky	
Petr Gronát,Jiří Michalík	Bodová svářečka	
Matej Tusek,Stepan Valek ,Petr Vasicek,Jan Zatloukal	Mereni e/m elektronu	
Matěj Navrátil,Libor Bittmann,Michal Nyklíček	Měření e/m v podélném magnetickém poli	
Václav Vrba,Romana Žďárská,Miroslav Vinš	Supravodivost - úvod k přednášce	
Jaroslav Kučera	Prostoročas s modely vesmíru	

Datum:2.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
RNDr. Jan Stockel, CSc.	Termojaderná fúze	

Datum:9.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Aleš Černý,Alexei Andreev	Mikrovlny	
Miroslav Vinš,Václav Vrba,Romana Žďárská	Vysokoteplotní supravodivost, Meissnerův jev	
Milan Těšínský	Foucoultovy proudy a jejich působení	poster
Petr Gronát,Jiří Michalík	Aplikace laserů, holografie	

Datum:16.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
Adam Purkrt,Tomáš Ryčl	Stirlingovy motory	
Petr Klíma,Franta Pokorný,Ondřej Konček,Ondra Janata	polarizace	
Jaroslav Kucera	Teorie superstrun	

Datum:23.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

autoři	název vystoupení	presentace
	Exkurze tokamak a PALS	

2 Abstrakta

- Datum:28.2, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:-

- V. Svoboda: Úvod

-

- Datum:7.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

- Jan Kodovský,Tomáš Kalvoda,Petr Kolenko: Millikanův experiment

Millikanův experiment je přímým způsobem stanovení elementárního náboje a zároveň dokazuje jeho kvantování. Při experimentu jsou do prostoru mezi deskami kondenzátoru vstříkovány kapičky oleje a mikroskopem je pozorován jejich pohyb.

- Datum:14.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

- Kateřina Štyndlová,Jitka Stokučová: Experiment - Siločáry elektrického pole

-

- Jan Podmajerský: MHD generátor

MHD generátor je desítky let stará myšlenka, která snad brzy najde uplatnění a pomůže lépe využít stávající i budoucí zdroje elektrické energie.

- Jiří Voltr: Symetrie ve fyzice

Prezentace srozumitelnou formou seznamuje s jedním ze základních pojmů teoretické fyziky, se symetriemi. Symetrie budou systematicky roztrženy, bude ukázáno jak souvisí se zákony zachování a jak jich lze využít pro výpočty ve fyzice.

- Datum:21.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:

- Doc. Ing. Ivan Štoll, CSc.: Relativita za hranicemi přednášky

-

- Datum:28.3, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - Matěj Navrátil,Libor Bittmann,Michal Nyklíček: Pohyb elektronu v poli.
-
 - Tušek Matěj,Válek Štěpán ,Vašíček Petr: Určení e/m elektronu pomocí vychylování v mag. poli cívek
doplníme
 - zdeněk syptak: autonomní zdroje energie
autonomni zdroje energie

- Datum:4.4, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - Pavel Arátor,František Havlůj,Jan Hýbl: Elektromagnetická rezonance
Experimentální ověření vztahu pro rezonanční frekvenci elektromagnetického oscilátoru v závislosti na R , L a C .
 - Radek Mušálek,Dana Valachová,Martin Fibrich: Elektromagnetická kuchyně
co se dá udělat i v kuchyni
 - Žofie Sovová,Anna Plavcová, Jiří Havelka: Jak zní Slunce
-
 - Tomáš Kurtin: Fenomén zvaný Bumerang
Proč se bumerang vrací

- Datum:11.4, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - Petr Lenhard: Van de Graaff
K Van de Graaffovu elektrostatickemu generatoru
 - Michal Nevřkla,Michaela Martínková: Teslův transformátor
Pokus s Teslovým transformátorem (transformace na obrovské hodnoty napětí)
 - Linda Kašáková,Tomáš Brezula: Blesk
-

- Datum:18.4, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - RNDr. Jiří Grygar, CSc.: Žeň 2002
-

- Datum:25.4, Posterová sekce.Chairman/Chairperson:
 - Milan Těšínský: Plazma
Poster obsahuje základní vysvětlení pojmu plazma, dále popisuje nejčastější projevy chování plazmatu, obzvláště ve vztahu k magnetismu a zaměřuje se rovněž na vyobrazení konkrétních příkladů plazmy. Samostatná část je věnována polární záři.
 - Pavel Arátor,Jan Hýbl,Aleš Černý,František Havlůj: Teorie superstrun
Teorie superstrun
 - František Pokorný,Ondrej Konček,Ondra Janata,Petr Klíma: Roentgen
-

- Tušek Matěj, Válek Štěpán, Vašíček Petr: Dvojštěrbinové experimenty v kvantové teorii
- Linda Kašaová, Tomáš Brezula: Detekce blesku
-
- Michal Nevrla: Základy hudební akustiky
-
- Zofie Sovova, Anna Plavcova, Jiri Havelka: Smeti ve sluneční soustavě
-
- Martin Fibrich, Dana Valachová, Radek Mušálek: Dynamický model krystalové struktury
-
- Petr Lenhard: Ranque-Hilschova trubice
K Ranque-Hilschově trubici.
- Michaela Martinková: OTEC - Ocean thermal energy conversion
Informace o zařízeních sloužících k využívání sluneční energie koncentrované v mořích a oceánech. Princip přenosu tepla v elektrárně, výroba dalších produktů (odsolená voda, ...) a jejich možné uplatnění.
- Jan Podmajerský: Bezpečnost jaderné energetiky
Jaderné elektrárny se zdají být v budoucích letech nezbytností a vzhledem k jejich stále rostoucímu počtu je nezbytné zvýšit i současnou vysokou bezpečnost.
- Jiří Voltr: Pokročilé partie z fyzikálních symetrií
Poster rozšiřuje základní znalosti o symetriích, které byly předvedeny v rámci prezentace "Symetrie ve fyzice".
- Jitka Stokučová, Kateřina Štyndlová: Polovodiče
-
- Adam Purkrát, Tomáš Ryčl: Kulový Blesk
Poster se pokusí popsat co možná nejvíce ze současných znalostí tohoto záhadného jevu. Jsou k dispozici i nějaké "zaručeně pravé" fotky a kresby kulového blesku.
- Jan Kodovský, Tomáš Kalvoda, Petr Kolenko: Hromy blesky
Hromy a blesky trochu do hloubky...
- Petr Gronát, Jiří Michalík: Bodová svářečka
-
- Matej Tusek, Stepan Valek, Petr Vasicek, Jan Zatloukal: Merení e/m elektronu
Měření e/m elektronu pomocí Helmholtzových cívek
- Matěj Navrátil, Libor Bittmann, Michal Nyklíček: Měření e/m v podélném magnetickém poli
-
- Václav Vrba, Romana Žďárská, Miroslav Vinš: Supravodivost - úvod k přednášce
Supravodivost je velice perspektivní jev, který poskytuje celou řadu využití. Poster je zaměřen na seznámení studentů s látkou, jež bude dále rozvinuta na přednášce.

- Jaroslav Kučera: Prostorčas s modely vesmíru
-
- Datum:2.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - RNDr. Jan Stockel, CSc.: Termojaderná fúze
 -
- Datum:9.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - Aleš Černý,Alexei Andreev: Mikrovlny
Ukázky některých vlastností elektromagnetického vlnění (mikrovlny) - lom, ohyb na štěrbině, ...
 - Miroslav Vinš,Václav Vrba,Romana Žďárská: Vysokoteplotní supravodivost, Meissnerův jev
Vysokoteplotní supravodivost velmi perspektivní jev, při kterém dochází k supravodivosti už při "vysokých teplotách" (přibližně něco kolem -150 stupňů Celsia), což nám nabízí celou řadu využití.
 - Milan Těšínský: Foucoultovy proudy a jejich působení
Teoretická podstata výřivých proudů a praktická ukázka jejich působení na kyvadlo.
 - Petr Gronát,Jiří Michalík: Aplikace laserů, holografie
 -
- Datum:16.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - Adam Purkrt,Tomáš Ryčl: Stirlingovy motory
Stirlinguv motor je pístový tepelný stroj. Narodil od bezneho spalovacího motoru, kde se plyn zahřívá/vznika spalováním paliva uvnitř pístu a po každém pracovním cyklu je nahrazen novým (sání), je napln pracovního plynu ve Stirlingově motoru konstantní a ohřívá/chladí se pomocí tepelných výměníků zevnějšku (lze jej zařadit mezi tzv. "motory s vnějším spalováním"). Zdroj tepla je však libovolný - kromě spalování (i méně kvalitních paliv než benzin) lze použít i koncentrované sluneční záření, geotermální zdroje tepla atd. V prezentaci bude popsán princip činnosti motoru, zhodnoceny jeho výhody/nevýhody a (pravděpodobně) předveden jeho funkční model.
 - Petr Klíma,Franta Pokorný,Ondřej Konček,Ondra Janata: polarizace
 -
 - Jaroslav Kucera: Teorie superstrun
Spojení zákonu mikrosvěta a makrosvěta.
- Datum:23.5, Ústní presentace.Chairman/Chairperson:
 - : Exkurze tokamak a PALS
 -

Plazma

M. Těšínský
FJFI CVUT Praha Břehová 7
mnisek@email.cz

Abstrakt:

Cílem tohoto posteru bylo seznámit zájemce s pojmem plazma. Konkrétně se jednalo o nejběžnější projevy chování plazmatu, o jeho výskyt ve vesmíru i na Zemi. Jako příklad esteticky krásného výskytu plazmy na Zemi sloužila polární záře s množstvím fotografií.

1 Úvod

Učená definice nám o plazmatu říká: "Plazma je kvazineutrální soubor částic s volnými nosiči nábojů, který vykazuje kolektivní chování". To nejdůležitější je, že se v plazmatu nachází volné nosiče náboje. Atomy jsou alespoň částečně ionizované. Stupeň ionizace nemusí být příliš veliký, je-li plazmový útvar dosti rozsáhlý. Právě volné nosiče náboje plazma zcela odlišují od plynů. Plazma je vodivé a silně reaguje na elektrická a magnetická pole.

2 Základní charakteristika

Další vlastností je kvazineutralita. Požadujeme, aby v makroskopických objemech bylo vždy v průměru stejné množství kladných a záporných částic. Navenek se plazma jeví jako nenabitá tekutina (kapalina či plyn). Požadavek kvazineutrality vyčleňuje z definice plazmatu nabitě svazky částic, které mají přece jen poněkud odlišné vlastnosti. Poslední součástí definice plazmatu je jeho kolektivní chování. Tím se rozumí, že plazma je schopné jako celek svými projevy generovat globální elektrická a magnetická pole a na takováto globální pole reagovat. Do plazmatu většinou nezahrnujeme různé svazky nabitých částic (nesplňují kvazineutralitu) a velmi slabě ionizované plyny - např. plamen svíčky (nesplňují kolektivní chování).

3 Plazmatické skupenství

můžeme rozdělit ještě na několik dalších skupin:

- Běžné plazma: elektronové obaly atomů jsou částečně poškozené (vysokou teplotou nebo tlakem). Volné elektrony jsou zodpovědné za plazmatické vlastnosti látky.
- Termonukleární plazma: atomární obaly neexistují, látka je směsicí holých jader a volných elektronů. V tomto stavu je plazma v jádrech hvězd, kde probíhá TJ syntéza.

- Nukleonové plazma: vysokou teplotou nebo tlakem jsou rozrušena sama jádra atomů. Látka je směsicí elektronů, protonů a neutronů. Nukleonové plazma se ve vesmíru objevilo v časech 10^{-5} s po vzniku, kdy se z kvarků tvořily první protony a neutrony. Nalezneme ho také ve vnějších obalech explodující supernovy, kde jeho vznik vyvolá stlačení plynů rázovou vlnou. V obálce krátkodobě probíhají překotné termonukleární reakce vedoucí ke vzniku těžkých prvků.
- Kvar-k-gluonová plazma: při vysokých energiích jsou roztaveny samotné nukleony na své konstituenty - kvarky a gluony. V tomto stavu byla látka asi do deseti mikrosekund po vzniku Vesmíru a uměle se podařilo tento stav látky vytvořit v CERNu v roce 2000.

Za plazma však již někteří autoři považují některé části ionosféry, zvláště vrstvu F, která odráží radiové vlny a umožňuje radiové spojení odrazem o ionosféru. Plazma se nachází ve van Allenových radiačních pásech. Sluneční vítr, nepřetržitý proud částic od našeho Slunce, ve kterém se nachází také naše Země, je opět plazmatem. V plazmovém skupenství jsou nitra i atmosféry hvězd, jádra galaxií, mlhoviny a většina objektů ve Vesmíru. Na Zemi se s plazmatem setkáváme v kanálech blesků, při různých výbojích a plazma je také uměle vytvářeno a zkoumáno v laboratořích.

Reference:

www.aldebaran.cz

www.seznam.cz a odkazy

Měření e/m v podélném magnetickém poli

L. Bittmann

M. Navrátil *

M. Nyklíček **

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

email

* matesnavr@centrum.cz

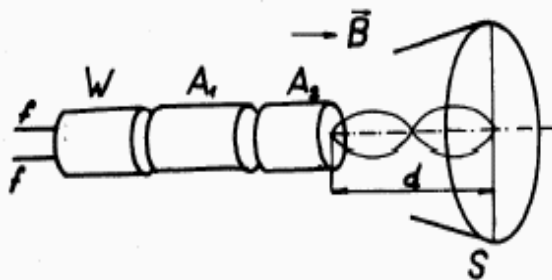
** michal.nyklicek@seznam.cz

Abstrakt

Měření měrného el. náboje v podélném magnetickém poli představuje druhý způsob, jak e/m změřit. Známější je měření v poli příčném, které prošlo dlouhým vývojem, a tak je tento způsob propracovanější a aparatury přesnější než naše.

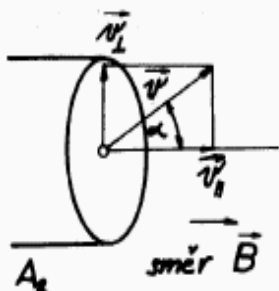
1. Úvod

Popis pokusu: Dráhy elektronů emitovaných v katodové trubici zakřívujeme pomocí magnetického pole cívky navinuté na této katodové trubici. Magnetické pole působí tak, že rozbíhavý svazek elektronů upravuje a vytváří „uzly“ ve kterých průmět svazku na stínítku odpovídá přesně tvaru emitoru. Tyto uzly hledáme a pomocí níže uvedených vzorců počítáme e/m .



Obr. 11a.1

Uspořádání elektronové optické soustavy obrazovky a trajektorie elektronů při fokuzaci podélným magnetickým polem



W - Wehneltův válec

A₁ - první anoda

A₂ - druhá anoda

S - stínítko

f - přívody žhavení katody

2. Pokus

Pro náš pokus jsme potřebovali vzorec č. 1 $\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{B^2 l^2}$, který ale funguje jen pro první uzel.

U ve vzorci je žhavicí napětí které urychluje elektrony. Délka l je vzdálenost otvoru anody, ze kterého vylétávají urychlené elektrony, od stínítka, na kterém pozorujeme jejich obraz.

Ovlivňováním magnetického pole vyvolaného cívkou se tento obraz snažíme co nejvíce

zaostřit. Pak už jenom dosadíme hodnoty do vzorce č. 2 $B = \mu_0 \frac{N}{l'} I$, kde N je počet závitů na cívce, I je proud přiváděný na cívku l' je délka cívky a μ je permitivita vakua.

3. Výsledky

Ve výsledcích se nám objevuje U_2 , což je napětí naměřené na cívce. Nevíme v jakém vztahu je toto napětí k rychlosti elektronů a tím pádem i k výsledku pokusu. To jsme bohužel nebyli schopni z dokumentace aparatury zjistit. Každopádně po přičtení k žhavicímu napětí nám vycházeli lepší výsledné hodnoty, alespoň řádově jsme se přiblížili tabulkové hodnotě e/m , která se rovná $1,759.1011 \text{ C.kg}^{-1}$

Výsledky pokusu:

U_1 [V]	Uzly	I [A]	U_2 [V]	$e/m (U_2)$ [C/kg]	U_1+U_2 [V]	$e/m (U_2+U_1)$ [C/kg]
200	1	2.85	182.5	8.69E+10	382.5	1.82081E+11
200	2	2.85	175	8.33E+10	375	1.78511E+11
200	3	2.925	180	8.13E+10	380	1.71733E+11
200	4	2.975	180	7.86E+10	380	1.66009E+11
500	1	3.1	5	2.01E+09	505	2.03185E+11
500	2	3.95	250	6.20E+10	750	1.85862E+11
700	1	3.525	162.5	5.06E+10	862.5	2.68388E+11
900	1	3.975	197	4.82E+10	1097	2.68445E+11
1000	1	4.25	175	3.75E+10	1175	2.51526E+11
300		2.21	85	6.73E+10	385	3.04789E+11

4. Shrnutí

Výsledky našeho měření nejsou moc dobré, ale bohužel jsme pracovali s neznámou a ne přesně zdokumentovanou (aparatura už byla velmi stará a nelze ručit za to, že parametry uvedené v dokumentaci ještě přesně odpovídají dokumentaci) aparaturou původně určenou k jinému účelu než měření e/m . (jednalo se o osciloskopickou trubici) Lepší výsledky bychom určitě získali i větším počtem měření a bližším prozkoumáním vlivu U_2 na urychlení elektronů. Ale myslím si, že za daných podmínek jsme získali to nejlepší, co bylo možno.

Millikanův experiment

J. Kodovský

P. Kolenko

T. Kalvoda

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

Rambonit@volny.cz

Petr.Kolenko@sh.cvut.cz

Tomas.Kalvoda@seznam.cz

Abstrakt:

Smyslem Millikanova experimentu jest určit velikost elementárního náboje. Základní myšlenkou je měření rychlosti kapiček oleje v elektrickém poli. Díky tomu není přesnost tohoto pokus největší, což se zjevně projevilo na našich výsledcích.

1 Úvod



Obr. 1 - Millikan

Robert Andrews Millikan (22. březen 1868 – 19. prosinec 1953) se narodil v Americe v rodině profesora organické chemie. Studoval fyziku na Columbijské univerzitě v New Yorku. V letech 1910 – 1921 byl profesorem na univerzitě v Chicagu a v roce 1921 se stal ředitelem fyzikální laboratoře v Pasadeně. Millikan byl velice čínorodý člověk, který se zabýval problémy mechaniky, molekulární fyziky, termofyziky, elektřiny, akustiky a optiky. Těžištěm jeho zájmu však bylo měření elektrického náboje elektronu, přímé určení kvanta záření, studium Brownova pohybu v plynech, expanze ultrafialového spektra a pohybové zákony částic, které dopadají z atmosféry na povrch Země.

2 Aparatura a teorie

Millikanův experiment představuje důmyslný způsob, jak určit hodnotu elementárního náboje a ověřit jeho kvantování. Aparatura je složena z vodorovně orientovaného deskového kondenzátoru, mezi jehož desky jsou vstříkovány olejové kapičky. Pokud nepřivádíme na desky napětí, kapičky padají v důsledku gravitační síly a zároveň proti směru jejich pohybu působí vztlačková a Stokesova síla

$$F_s = 6\pi\eta r v, \quad (1.1)$$

kde r je poloměr kapiček, v jejich rychlost a η dynamická viskozita vzduchu při daném tlaku. V případě, že na kondenzátoru není napětí, padá kapička rychlostí v_g a platí

$$F_g = mg - m'g - 6\pi\eta r v_g = 0, \quad (1.2)$$

kde m je hmotnost kapičky a m' hmotnost objemu vytlačeného vzduchu. Nyní na desky přivedeme napětí. V důsledku toho bude na nabitou kapičku působit i elektrické pole mezi deskami kondenzátoru

$$F_E = qE - mg + m'g - 6\pi\eta r v_E = 0, \quad (1.3)$$

kde q je náboj kapičky a v_E její rychlost. Z těchto rovnic určíme poloměr kapičky

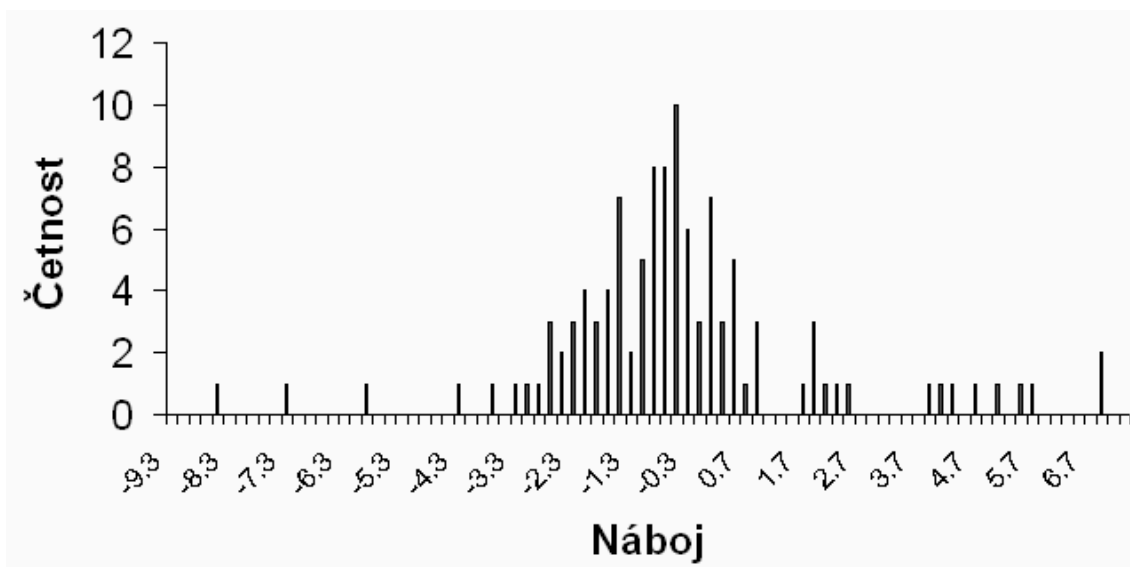
$$r = 3 \sqrt{\frac{\eta v_g}{2(\sigma - \rho)g}}. \quad (1.4)$$

Kde σ a ρ jsou hustoty oleje a vzduchu. Náboj kapičky tedy spočítáme jako

$$q = \frac{6\pi\eta r}{E} (v_g + v_E). \quad (1.5)$$

Kapičky sledujeme mikroskopem, což vyžaduje jistou dávku trpělivosti a soustředění, odsud patrně pramení ona nevelká přesnost našeho experimentu.

3 Výsledky



(hodnoty náboje jsou udávány v násobcích elementárního náboje)

4 Shrnutí

Přes veškerou snahu během experimentu se nám nepodařilo změřit elementární náboj, ani dokázat jeho kvantování. Nebyli jsme úspěšní ani při opakovaném měření za asistence ostatních kolegů z fyzikálního semináře, při velkoplošné projekci kapének oleje. Důležité však je, že se to podařilo panu Millikanovi, a fyzikové tak mohou být klidní.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat především panu inženýrovi Svobodovi za poskytnutí veškerých pomůcek a za čas, který nám během experimentu věnoval. Neradi bychom zapomněli poděkovat všem studentům, kteří se podíleli na druhém, hromadném měření. A v neposlední řadě děkujeme rovněž panu Millikanovi, bez něhož by tenhle experiment zajisté neproběhl.

Reference:

- [1] ŠTOLL, I. : Elektřina a magnetismus, Vydavatelství ČVUT, 1998, pp. 45 – 46.

Teorie superstrun

Jaroslav Kucera
Fakulta jaderna a fyzikalne inzenyrská, Praha
Delivery886@hotmail.com

Abstrakt:

Pro popis fyzikalnich jevu nam slouzi dve teorie. Tou prvni je obecna teorie relativity, která dokonale popisuje velmi hmotna a rozmerna telesa (napr.: planety, galaxie...). Tou druhou (mladsi) je kvantova mechanika popisující velmi mala telesa (napr.: fotony). Teorie superstrun je jakysi most mezi temito dvemi teoriemi a zabýva se popisem deju objektu mikrosveta, kde uz gravitacni pusobeni zanedbat nelze.

1. Co je teorie superstrun?

Představme si zhustenou hmotu nachazející se v oblasti cerne diry. Ta vyznacuje velmi silne gravitacni pusobeni na vsechny castice. Ty interaktivuji ve velmi malých vzdalenostech (tzv. Planckova delka, radove 10^{-33} m), tudiz musime vzít v uvahu kvantovy raz i velmi silne gravitacni pusobeni. Skloubime-li obecnou teorii relativity s kvantovou mechanikou, dostaneme nesmyslné vyjadreni deju, coby dusledek toho, ze ony dve teorie si navzajem odporuji. Teorie superstrun byva nekdy oznacovana jako *teorie vseho*, *teorie velkeho sjednoceni*, *finalni teorie*...

2. Skryte rozmery a matematicke vyjadreni

Aby bylo matematicke vyjadreni teorie velkeho sjednoceni mozne, musime uvazovat 9-rozmerny prostor (jinak by matematicke vyjadreni dospelo k zapornym pravdepodobnostem), tj. 6 skrytych rozmeru. Ty byvaji reprezentovany jako male uzavrene smycky (struny), coby hladiny energie uvnitr castic.

3. Supersymetrie a superpartneri

S teorií superstrun soucasne vzniká tzv.: teorie supersymetrie, která se snaží najít relaci mezi symetrií v prirode a symetrií strun. Ta predpoklada, ze ke kazde castici existuje prave jedna anticastice, tzv.: superpartner se spinem mensim o jednu polovinu. K elektronu by tedy melo existovat *elektrino*, se spinem 0, atd. Zaroven by mel existovat tzv.: graviton (nositel gravitace) se superpartnerem gravitinem.

4. Je teorie velkeho sjednoceni nadeji pro vedce?

Teorie velkeho sjednoceni vznika uz od prvni ctvrtiny dvacateho stoleti a neustale se vyviji, tudiz nemuzeme rict, jestli vedci dospeji ke konecne teorii, ktera by sjednocovala zakony mikrosveta a makrosveta. Urcite ale muzeme rici, ze teorie superstrun by zmenila chapani sveta jako takoveho.

References:

1. Brian Greene, Elegantni vesmir; 2001 MF
2. Web: www.superstringtheory.com

Elektromagnetická kuchyně

R. Mušálek
M. Fibrich
D. Valachová

1 Úvod

Rádi bychom představili dva zajímavé pokusy, které si podle našich postupů a rad může zkusit opravdu každý.

2 Leydenská láhev

- **Pomůcky:** zavařovací sklenice, vosk, 2 svíčky, plechovka, štětec, vodiče, alobal
- **Postup:** Zavařovací sklenici dobře očistíme. Připravíme si 2 proužky alobalu tak, aby dosahovaly ode dna sklenice do zhruba 2/3 její výšky, a jeden menší kousek alobalu



obr. 1: Konstrukce dle
Míšiných stránek

vystřižený do tvaru dna sklenice tak, aby jej trochu přečníval. Do plechovky dáme starý vosk nebo svíčku a nad plamenem svíčky ji dobře roztopíme. Vosk štětcem nanášíme na vnitřní stranu sklenice. Protože rychle tuhne, nanášíme ho na malé oblasti, na které postupně přikládáme pruh alobalu. Je třeba, aby mezi alobalem a sklenicí pokud možno nebyly vzduchové bubliny, což chce především pro vnitřní obložení trochu trpělivosti. Po zaschnutí vosk alobal na sklenici pevně drží. Postupně tímto způsobem obložíme celý vnitřek sklenice a posléze i její dno (dbáme na to, aby se obě vnitřní části dotýkaly) a pak obložíme vnější stranu sklenice. Spodek sklenice necháme bez obložení, aby se nám kondenzátor nevybíjel přes podložku. Nyní máme vytvořen válcový kondenzátor, jehož elektrody jsou hliníkové a dielektrikum tvoří sklo a vosk. Místo vosku se dá použít i lepidlo, ale hůře se s ním

pracuje. Na vnitřní a vnější elektrodu přiletujeme vodiče, které můžeme opatřit svorkami. Nyní je kondenzátor hotov. Pro vytvoření kompaktního vzhledu je možno opatřit sklenici víčkem, v němž je otvor pro vývod elektrody.

- **Závěr:** Kapacitu takto vzniklého kondenzátoru jsme určili na 193,5 pF.
- **Poznámka:** Vzhledem k tomu, že vzniklý kondenzátor je výrobkem vlastních neškolených rukou, nedoporučujeme na něj přivádět vysoké napětí!!! Jak jsme se přesvědčili, kondenzátor může probíjet.

3 Elektromotor

- **Pomůcky:** plochá baterie, izolovaný drát, dostatečně silný magnet
- **Postup:** Do elektrod baterie uděláme dírky tak, aby ležely na společné vodorovné ose. Z izolovaného drátu si uděláme vinutí motoru. Osvědčilo se nám navinout drát na předmět válcového tvaru a udělat 5 až 7 smyček. Je dobré, když drát drží po navinutí a sundání z válcového předmětu tvar, protože je třeba, aby byl dobře vyvážen. Oba vývody musí ležet na společné ose. Pokud bude cívka (rotor) excentrická, budou ztráty energie příliš velké na to, aby se motor rozběhl. Proto je třeba vyvážení věnovat velkou pozornost a mít opravdu velkou trpělivost. Pokud máme vinutí hotové, umístíme jej do děr v elektrodách baterie, takže vinutím začne procházet proud. Pokud máme rotor správně vyvážen, tak po přiblížení magnetu k cívce začne motor pracovat, což se nám opravdu podařilo.
- **Závěr:** Přestože takto vyrobený elektromotor je velice jednoduchý, je třeba vyrobit co nejpřesněji cívku, čemuž se vyplatí věnovat více času a pokusů. Pro uvedení motoru do chodu bylo nutno dodat mu počáteční impuls malým „drcnutím“.

Reference:

http://hp02.troja.mff.cuni.cz/~urbanova/bizarni_kramy.htm

<http://fly.hiwaay.net/~palmer/motor.html>

ELEKTROMAGNETICKÝ OSCILÁTOR

František Havlůj, Pavel Arátor, Jan Hýbl

Cílem našeho projektu bylo pozorovat děje v elektromagnetickém oscilátoru, srovnat jej s mechanickým a rozebrat jednotlivé metody měření charakteristik oscilátoru a srovnat je s metodami používanými u oscilátoru mechanického.

Elektromagnetický oscilátor se skládá z prvku s indukčností a prvku s kapacitou – tedy z cívky a kondenzátoru. Energie magnetického pole cívky a energie elektrického pole kondenzátoru jsou analogií potenciální a kinetické energie oscilátoru – jejich součet se v ideálním případě zachovává, jejich poměr se periodicky mění a jejich střední hodnoty jsou stejné. V reálném případě však musíme započítat i tlumící prvek, který v elektromagnetickém oscilátoru reprezentuje odpor jednotlivých členů a vedení.

Rovnice popisující stav oscilátoru jsou zcela analogické pohybovým rovnicím mechanického oscilátoru.

Měřili jsme dva parametry oscilátoru – rezonanční frekvenci (jednak přímým odečtem periody oscilátoru, jednak nalezením rezonance) a indukčnost neznámé cívky v obvodu (výpočtem z rezonanční frekvence pomocí Thomsonova vztahu a výpočtem z dekrementu útlumu, který byl odečítán přímo). Také jsme sestavili rezonanční křivku

Měřili jsme ve třech variantách obvodu:

1) Dodávali jsme periodicky pulzy s frekvencí dostatečně velkou, aby se mezi jednotlivými pulzy obvod zcela ztlumil. Měli jsme proto po vyladění k dispozici průběh samovolného kmitání oscilátoru (bez nucených kmitů). Z nich jsme přímo odečetli periodu oscilátoru a odečetli jsme také souřadnice prvních dvou maxim kmitů – získali jsme tak rovnici pro výpočet dekrementu útlumu (za použití vztahu $U=U_0 \cdot \exp(-\delta \cdot t)$).

Mohli jsme tedy ze vztahu $\delta=R/2L$ vypočítat indukčnost cívky a ze vztahu $f=1/T$ vlastní frekvenci oscilátoru. Pomocí Thomsonova vztahu ($f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$) jsme určili indukčnost cívky.

2) Nucené kmitání – připojili jsme do obvodu generátor sinusových kmitů a nechali jsme oscilátor kmitat nuceně. Frekvenci vynucujících kmitů jsme měnili a hledali jsme maximální amplitudu kmitů. Příslušná frekvence pak byla frekvencí rezonanční. Tuto rezonanční frekvenci jsme pak srovnávali s frekvencí získanou v předchozím kroku.

3) Sestrojení rezonanční křivky – u mechanických oscilátorů je toto velmi obtížnou a zdlouhavou úlohou, protože je třeba měřit amplitudu při mnoha frekvencích. Generátor v režimu „sweep“ (zametání) však umožňuje sestavit rezonanční křivku elektromagnetického oscilátoru během několika sekund.

V tomto režimu totiž generátor spojitě mění svoji frekvenci určenou rychlostí v určeném rozsahu. Při každé frekvenci obvod kmitá s jinou amplitudou a tak obalová křivka vzniklého grafu je právě rezonanční křivkou – leží na ní amplitudy kmitání při různých frekvencích.

Jednoduchost tohoto postupu je překvapivá tento experiment je velmi efektní, protože usnadnění práce je více než zřejmé.

Výsledky celého měření shrnuje následující tabulka:

C[pF]\R[Ω]	0		100		200	
200	308	313	307	313	304	313
	0.1863		0.2194		0.2563	
	1.5106	1.2928	1.3550	1.2143	1.4286	1.1324
700	196	195	195	195	191	195
	0.1680		0.2048		0.2523	
	1.3750	0.9516	1.0526	0.9122	1.1862	0.8613
1000	168	167	165	167	157	167
	0.1596		0.2088		0.2497	
	1.0163	0.8974	1.2225	0.8576	1.1099	0.8042

f_0 z tlumeného kmitání [MHz]	f_0 z rezonance [MHz]
δ z útlumu [$10^6/s$]	
L z δ [mH]	L z rezonance [mH]

Je vidět, že rezonanční frekvence byla určena s poměrně velkou přesností, na rozdíl od indukčnosti. To je pravděpodobně způsobeno především zanedbáním odporu obvodu a také složitým a nepřiliš přesným zjišťováním dekrementu útlumu přímým odečtem.

Literatura:

Štoll, Ivan : Mechanika, Skriptum ČVUT

Supravodivost

R. Žďárská *

M. Vinš *

V. Vrba *

* Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

vinsmiro@seznam.cz

Abstrakt

Projekt se snaží vysvětlit pojem supravodivosti, přiblížit problémy s ní spojené a její uplatnění v praxi. Součástí byla také praktická ukázka měření kritické teploty a demonstrace Meissnerova jevu.

1. Úvod do supravodivosti

Supravodivost je jev, prvně pozorovaný dánským fyzikem H. K. Onnesem v roce 1911, kdy u vodiče dochází k vymizení měrného elektrického odporu. Bohužel všechny dosud známé supravodiče přechází do supravodivého stavu jen při velmi nízkých teplotách (nejvýše kolem 140K), což přináší řadu technických komplikací s jejich využitím.

Kromě vymizení odporu mají supravodiče také několik dalších velice užitečných vlastností. Jednak dokáží vést daleko větší proud než srovnatelné běžné vodiče, a také se chovají jako perfektní diamagnetika (nicméně zde existují značné rozdíly), tedy vytěsňují ze svého objemu vnější magnetické pole a to až do určité hodnoty závislé na druhu supravodiče.

Všechny supravodiče se dají charakterizovat pomocí několika parametrů a to kritické teploty (teplota přechodu do supravodivého stavu, označení T_c), kritického vnějšího magnetického pole (maximální pole, které je supravodič schopen vytlačit ze svého objemu, H_c , závisí na teplotě) a kritické hustoty náboje (maximální hustota elektrického náboje, kterou je supravodič schopen vést, J_c , také závisí na teplotě). Po překročení těchto hodnot ztrácí supravodič své supravodivé vlastnosti.

První supravodiče (tzv. typ I) představovaly klasické kovy (rtuť, měď, cín, olovo, atd.) či jejich slitiny. Jejich kritická teplota vesměs nepřesahuje 23K, takže jako chladicí médium se musí používat drahé a nedostatkové kapalné helium. Měrný elektrický odpor klasických kovů nikdy nezmizí docela, zůstává malý zbytkový odpor. Klasické kovy nedokáží vytěsnit velké magnetické pole, jejich H_c dosahuje maximálně 800 gaussů. Naproti tomu jsou velice dobře tvárné a snadno se z nich dají vytvářet cívky či vodiče. Supravodivost u klasických kovů dobře vysvětluje BCS teorie (prezentována v roce 1972).

Druhým typem známým lidstvu od roku 1987 jsou vysokoteplotní keramické supravodiče. Jejich T_c se pohybuje v rozmezí od 35K (úplně první vytvořený vzorek) do 136K. Jako chladicí medium tedy stačí používat tekutý dusík. Magnetické pole vytěsňují částečně, zato však až do hodnot několika tesel. Keramické materiály jsou bohužel velice křehké a technologie umožňující jejich zpracování (např. do cívek) se nachází teprve v testovací fázi.

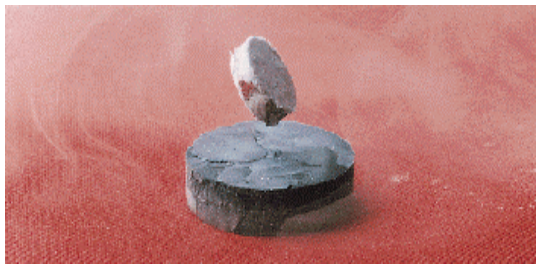
2. Použití supravodičů

I přes vysokou ekonomickou nákladnost provozu získaly supravodiče nezastupitelnou úlohu v některých oblastech. V současné době se s úspěchem využívají ve velice jemných detektorech magnetických polí (jako příklad může sloužit nejjemnější známá diagnostická metoda pomocí magnetické rezonance – MRI nebo Superconducting Quantum Interference Devices – SQUIDs, což jsou detektory schopné zachytit magnetické pole menší než 10^{-14} T). Dále se supravodiče pro svou schopnost generovat silné magnetické pole používají jako urychlovače částic (poprvé využity ve Fermilabu a dále ve všech vznikajících urychlovačích). Asi veřejnosti nejznámější použití supravodičů jsou Maglevy – vlaky vznášející se na magnetickém „polštáři“. Ty dosahují rychlosti až 550 km/h, ale stále se nachází v testovacím stadiu.

Budoucnost supravodičů je velice perspektivní. Celá řada dalších aplikací jako např. supravodivé kabely, elektromotory, zásobárny energie, transformátory či generátory už mají své první praktické zkoušky za sebou a nic nebrání jejich nasazení v průmyslu či energetice (snad až na ekonomická hlediska spojená s výrobou a zapojením).

3. Meissnerův jev (demonstrace)

Meissnerův jev poprvé pozorovali W. Meissner a R. Ochsenfeld v roce 1933. Jedná se o názornou ukázkou vytěsňování vnějšího magnetického pole ze supravodiče.



Věrné znázornění prováděného pokusu

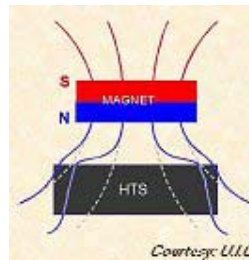
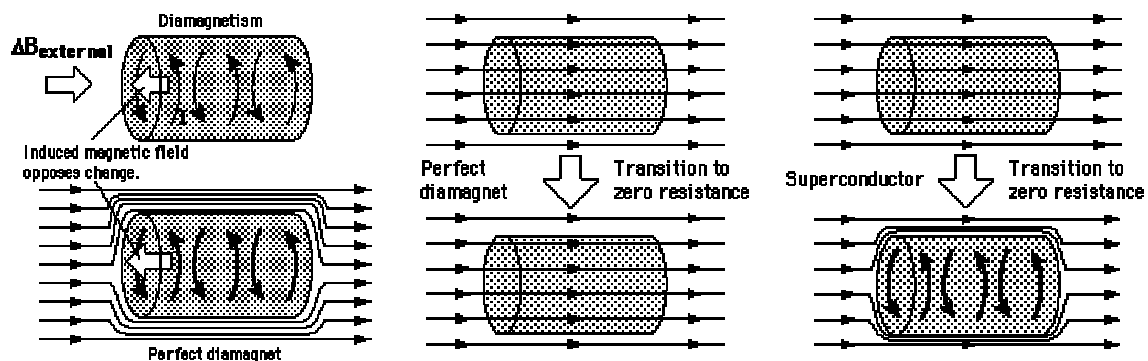


Schéma siločar magnetu nad supravodičem

Jak je vidět, magnet položený nad supravodičem v supravodivém stavu se bude volně vznášet (ve skutečnosti bude položen na siločarách magnetického pole). Zdůvodnění tohoto „zázraku“ je složitější, silně souvisí s magnetickými vlastnostmi supravodiče a nedá se zdůvodnit jen pomocí Faradyho zákona elektromagnetické indukce, neboť v okamžiku přechodu do supravodivého stavu vypudí supravodič ze svého objemu i magnetické pole,

kteří dříve supravodičem pronikalo. Tedy magnet by začal levitovat i kdybychom ho nejdříve položili na supravodič a ten poté uvedli do supravodivého stavu (samozřejmě pokud by hodnota H_c nepřesáhla kritickou). K pokusu byl použit supravodič typu II. Jím pole částečně proniká mikroskopickými „otvůrkami“ v materiálu (tzv. vortexy), což ve svém důsledku omezuje pohyb do stran a indukuje, že výsledek pokusu by se nezměnil pokud bychom magnet přiložili k supravodiči zespodu).



Reakce perfektního diamagnetika na změnu mag. pole

Rozdíl mezi perf. diamag. (nalevo) a supravodičem (napravo) při vymizení el. odporu.

4. Měření kritické teploty (experiment)

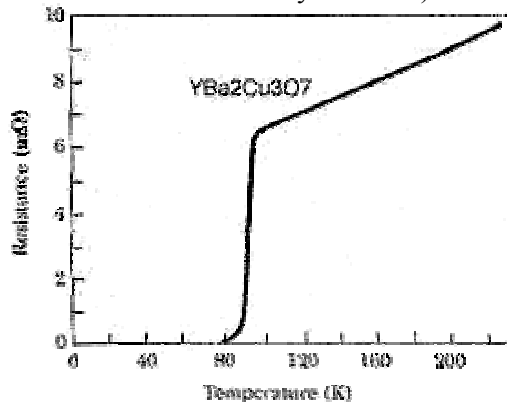
Pomůcky : supravodič typu II v ochranném hliníkovém pouzdře s připojeným termistorem a voltmetrem (pro větší přesnost byl voltmetr zapojen na supravodiči na jiných místech než zdroj)

zdroj elektromotorického napětí dávající stejnosměrný proud o velikosti 250 mA

digital-analogový převaděč

tekutý dusík

Cílem experimentu bylo získat graf závislosti odporu supravodiče na jeho teplotě a to zvláště v okolí přechodu do supravodivého stavu. K pokusu byla použita měřicí aparatura CASSEY LAB určená k tomuto experimentu. Převod napětí na termistoru na teplotu umožnil převodní vztah uvedený výrobcem. Celý experiment zabere delší časový úsek, neboť nejprve je třeba nechat vyrovnat teploty tekutého dusíku a supravodiče a teprve poté lze přistoupit k samotnému měření (při opačném postupu se brzy ustaví tepelná rovnováha mezi zahříváním supravodiče vlivem procházejícího proudu a chlazením tekutým dusíkem, která bohužel leží nad kritickým bodem).



Graf závislosti odporu na teplotě, až na drobné odchylky shodný s tím, který jsme získali v průběhu našeho experimentu.

Shrnutí

Výzkum supravodivosti je v současnosti velice perspektivní odvětví, jež si zcela plným právem zasluhuje pozornost.

Poděkování

Panu ing. V. Svobodovi za naprosto bezchybnou pomoc a podporu.

Reference

Internetové stránky

<http://pc233.fzu.cz/texty/brana/supravodivost1/supravodivost.php3>

<http://www.physnet.uni-hamburg.de/home/vms/reimer/htc/contents.html>

<http://www.superconductors.org/index.htm#top>

<http://www.superconductors.org/Links.htm> - stránka odkazů

POLOVODIČE

Kateřina Štyndlová, Jitka Stokučová
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
styndlova@cbox.cz, Stokucova@seznam.cz

Abstrakt:

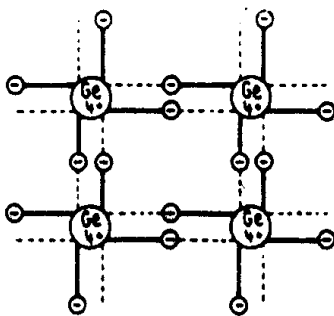
Práce se zabývá materiálním složením polovodičů, vysvětluje tento pojem, předkládá jednotlivé druhy polovodičů a jejich použití – například diody.

1 Úvod

Polovodičové materiály

Polovodiče tvoří zvláštní skupinu látek, které se při velmi nízkých teplotách v čistém stavu podobají izolantům. S rostoucí teplotou se zvyšuje jejich elektrická vodivost, což je jev přesně opačný než u vodičů. Nelze opomenout další zajímavou vlastnost, a to závislost vodivosti na osvětlení.

Do skupiny polovodičů patří různé látky, prvky, sloučeniny (Si, Ge, Se, ZnO, TiO₂, C...), z nichž však nejzajímavější pro polovodičovou techniku jsou germanium (Ge), křemík (Si) a v poslední době například galliumarsenid (GaAs).



**Dvourozměrné znázornění
atomové vazby germania**

Dotování

Je známo, že polovodičové součástky mohou spínat nebo vést poměrně velké proudy, avšak polovodiče jako materiály nejsou za normálních podmínek dobře vodivé. Možnost, jak zvýšit jejich vodivost spočívá v úmyslném znečištění polovodiče látkami s vyšším nebo nižším mocenstvím, než má základní materiál. Atomy těchto příměsí zaujmou místa původních atomů v mřížce polovodiče. Tento způsob zvyšování vodivosti nazýváme *dotování*.

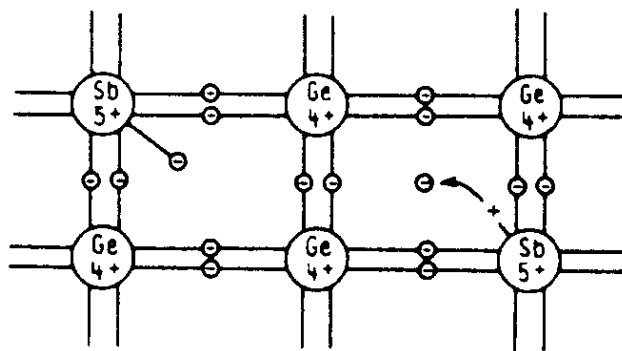
Při dotování se zvětšuje hustota jednoho nosiče na úkor druhého. Nosiče vyskytující-se ve větším počtu se nazývají *majoritní nosiče* a ty, které jsou v menšině se nazývají *minoritní nosiče*.

Polovodiče typu N

V případě, že dotujeme například čtyřmocné germánium pětímocným antimonem (Sb), mohou být v mřížce vázány pouze čtyři valenční elektrony antimonu. Pátý elektron zůstává nevázan a s vynaložením minimálního množství energie se stává volným nosičem.

V takto dotovaném materiálu převládá elektronová vodivost, hovoříme o polovodičovém materiálu *typu N*. Cizí atomy způsobující tento jev se nazývají *donory*.

Pro dotování N se nejčastěji používají látky: antimon (Sb)
fosfor (P)
arzén (As).

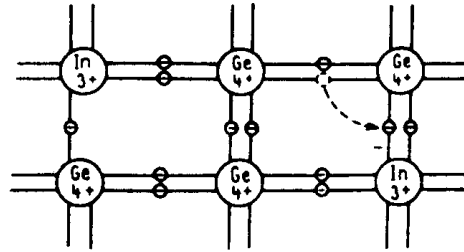


Germanium dotované antimonem

Polovodiče typu P

Jestliže budeme dotovat germanium například trojmocným indiem (In), mohou vstoupit do vazby s germaniem pouze tři valenční elektrony. Z vazby Ge - Ge se vytrhne valenční elektron a umístí se mezi In a Ge. Tak vznikne pohyblivá díra a nepohyblivý iont In. Protože zde převládá vodivost děrová, nazýváme takto dotovaný materiál polovodičem typu **P**. Atomy způsobující vodivost P se v tomto případě nazývají *akceptory*.

Pro dotování P se nejčastěji používají tyto materiály: indium (In)
gallium (Ga)
hliník (Al)



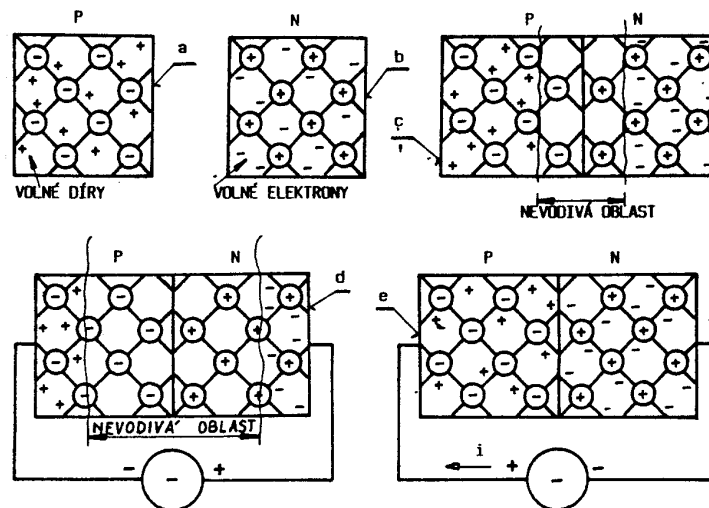
Germanium dotované indiem

2 Tělo přispěvku

Přechod PN

Stýkají-li se oblasti s vodivostí N a vodivostí P vzniká tzv. přechod PN, který je základem téměř všech polovodičových součástek. Probíhají zde určité děje, které lze popsat takto:

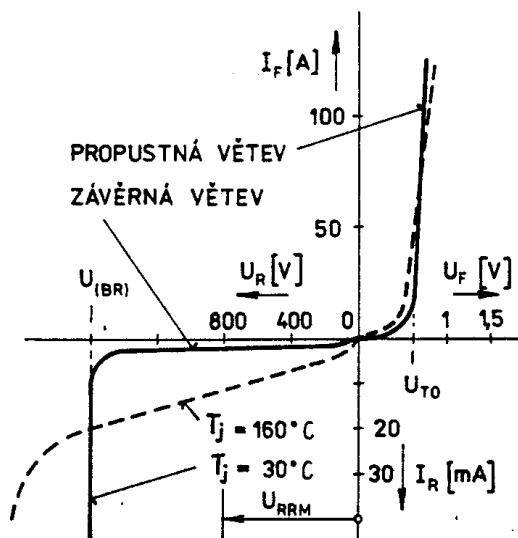
Obě oblasti jsou rozdílně dotovány, proto mají volné nosiče náboje snahu tyto rozdíly vyrovnat difúzí. Dostávají se z obou stran do hraniční oblasti a tam z větší části rekombinují s nosiči náboje opačných polarit na neutrální částice. Tím se však vzhledem k nepohyblivým iontům ruší neutralita uvnitř materiálu a v oblasti přechodu se vytváří elektrické pole, které zamezí přestupu dalších nosičů. Vznikne zde závěrná nebo-li bariérová vrstva.



-a) Polovodič typu P, b) polovodič typu N, c) PN přechod, d) závěrně polarizovaný PN přechod, e) propustně polarizovaný PN přechod

Polovodičové diody

Jsou to nelineární součástky s usměrňovacím účinkem.
Jejich charakteristika vypadá takto:

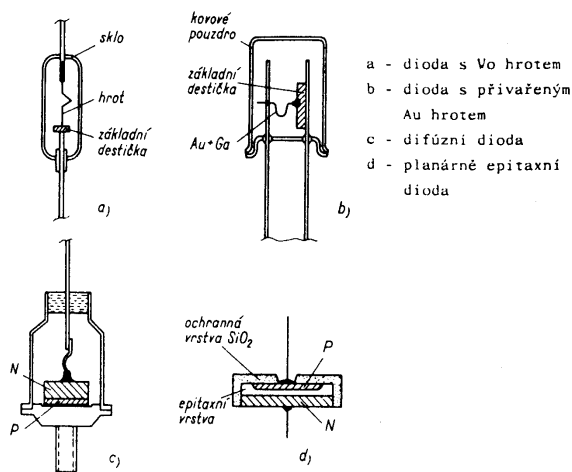


Statická charakteristika diody
ČKD 200A, 800V (T_j - teplota polovodiče).

Schématicky lze rozdělit diod následovně:

Diody: hrotové - s wolframovým hrotem
-s přivařeným zlatým hrotem
plošné - slitinové
- vyrobené difúzí

- difúzní
-planárně
epitaxní



Konstrukční uspořádání diod

Z hlediska proudové zatížitelnosti se jeví výhodnější diody plošné, diody hrotové jsou lepší z hlediska dynamického chování.

Usměrňovací diody

Jsou diody určené především pro usměrňování střídavých proudů pro napájení. Vyrábějí se jako plošné, většinou difúzní technologií. Jako materiál pro ně se používá křemík.

Demodulační a spínací diody

Vyznačují se velmi krátkou dobou zotavení.

Demodulační diody se často vyrábějí jako hrotové, z germánia nebo někdy i z křemíku.

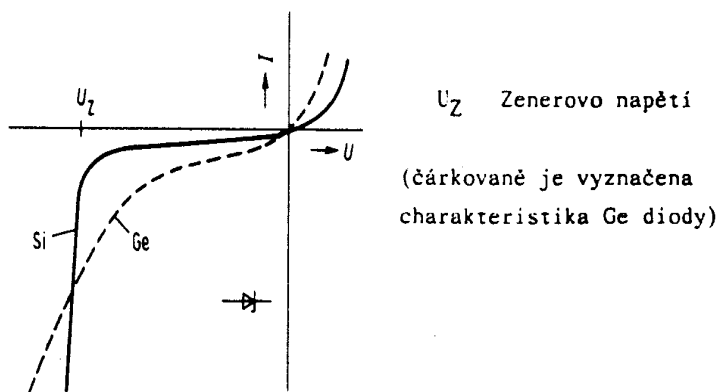
Spínací diody se vyrábějí také jako hrotové a přivařeným zlatým hrotem (germániové), nebo planárně epitaxní technologií (křemíkové).

Aplikace jsou značně specializované, nejčastěji jde o vysokofrekvenční techniku, nebo automatizační a výpočetní techniku.

Stabilizační (Zenerova) dioda

Je to v podstatě plošná křemíková dioda vyrobená difúzní technologií. Má zajímavou vlastnost, při určité hodnotě závěrného napětí se náhle zvyšuje závěrný proud a dioda se vyznačuje velmi malým odporem.

Jako pracovní oblast se využívá závěrná část charakteristiky. Diody tohoto typu se používají pro stabilizaci stejnosměrného napětí.

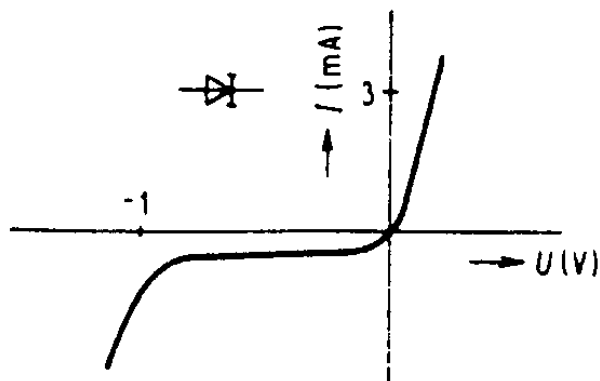


Charakteristika stabilizační diody
a schematická značka

Inverzní diody

Jestliže u polovodičového materiálu zvýšíme dalším dotováním jeho vodivost, sníží se hodnota závěrného průrazného napětí až k hodnotám potřebným k průchodu proudu v propustném směru. V případě, že takovou diodu zapojíme v závěrném směru, dostaneme paměťově citlivou součástku. Používá se tam, kde je třeba usměrnit malé střídavé signály řádově desetin voltu.

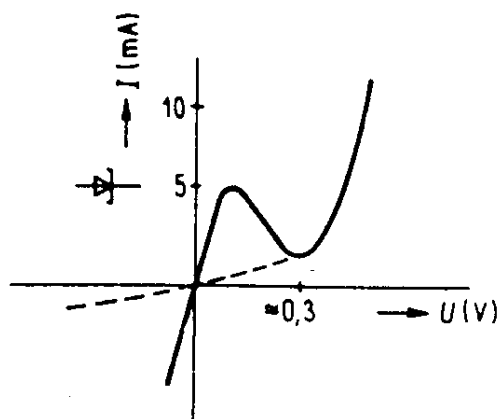
(znázorněná charakteristika je opačně-závěrná část na místě propustné)



Charakteristika a schematická značka inverzní diody

Tunelové diody

Dalším dotováním je u těchto diod zvýšena koncentrace příměsí natolik, že intenzita pole v závěrné vrstvě může vyvolat vnitřní emisi, a to dokonce v oblasti kladných napětí. Tato dioda se využívá pro kmitavé obvody ve vysokofrekvenční technice. Základním materiálem pro výrobu je především germanium a galiumarsenid.

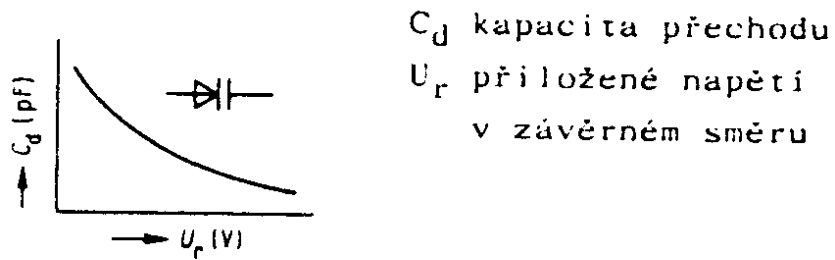


Charakteristika a schematická značka tunelové diody

Kapacitní diody

Kapacitní diody neboli varikapy jsou plošné křemíkové diody.

Tato dioda se chová v závěrném směru jako kapacitní prvek. Závěrná vrstva představuje dielektrikum, oblasti P a N vodivé vrstvy-toho se využívá v ladících obvodech rozhlasových a televizních přijímačů namísto běžných otočných kondenzátorů.



Charakteristika a schematická
značka kapacitní diody

Gunnovy diody

Využívá se pro vysokofrekvenční oscilátory.

Základem je destička z galliumarsenidu, která je různou měrou dotována na N. Přiložením stejnosměrného napětí vzniknou u katody, překročením kritické intenzity, proudové nestability. Na tomto místě vzrůstající intenzita se jako tzv. doména začne pohybovat směrem k anodě. Tento jev se opakuje a dioda je tak schopna ve spojení s vhodným rezonátorem představovat oscilátor ve frekvenční oblasti gigahertzů.

Reference:

- [1] Výkonná elektronika – vydala Univerzita v Plzni
- [2] Polovodičové součástky-vydala Pedagogická fakulta v Ústí nad Labem

Blesk

L. Kašaová, T. Brezula
Břehová ul. č.7, Praha – Staré Město 115 19
Toredid@seznam.cz

Abstrakt:

Navázání a shrnutí přednášky věnované bleskům.

1 Z historie

První oheň, který člověk poznal, byl pravděpodobně plamen vzniklý úderem blesku do keře nebo suché trávy. Podle báje tedy blesk „přišel z nebe“. Člověk věřil, že ho posílají bohové nebo mocné síly, že za trest zabíjí, straší člověka a zapaluje mu obydlí.

Řecký filozof Aristoteles, 4. stol. př. n. l., považoval blesk za hořlavé výpary země, které se náhle zapálí. Říman Lucretius, 1. stol. př. n. l., věnoval několik stran ve své knize Podstata věcí rozboru blesku a hromu. Uvedl, že blesk nezesílá Jupiter, který by přece nerozbíjel chrámy jemu zasvěcené. Vyvodil z toho, že blesk je přírodní jev.

2 Podstata vzniku blesku

Jiskry při česání vlasů a blesk mají stejnou podstatu. Je to výboj elektrických nábojů.

První vypracované teorie o vzniku náboje blesku se opírají o řadu pozorování a pokusů bratislavského rodáka Phillipa Lenarda. Dokázal, že v oblacích se oddělují záporně nabitě kapičky od kladně nabitých kapek. Ty potom padají k zemi jako déšť nebo vodopád nábojů. Silné elektrické pole rozkládá kapky vody na menší. Mezi pohybem teplého vzduchu nahoru, elektrickým polem mezi oblaky a zemí a dešťovými kapkami je přímá souvislost. Vodní kapky při výstupu pomocí vzdušných vírů a při pádu se třením s molekulami vzduchu zelektrizují. A to tak, že vnitřek kapky je nabitý kladně a povrch záporně. Padající dešťové kapky zachytává vítr a prudkými nárazy je rozbíjí na části. Částičky dešťových kapek, které se odštěpují, jsou nabitě záporně a zbývající části kapek kladně. Vítr tedy vykonává značnou práci při oddělování kladného a záporného náboje.

Rozdělení elektrického náboje v bouřkovém oblaku má formu svislého elektrického dipólu, přičemž v horní části je kladný náboj. Záporný náboj oblaku vzbudí elektrostatickou indukci kladný náboj na protilehlém nejbližším povrchu země. Kladný náboj se rozloží na všech blízkých výše položených vodivých předmětech. Mezi nejnižším místem nabitého bouřkového oblaku a nejvyšším místem zemského povrchu nastane silný výboj, přeskóčí jiskra- blesk. Čím menší je vrstva vzduchu, která odděluje dva různé elektrické náboje, tím snáze blesk udeří.

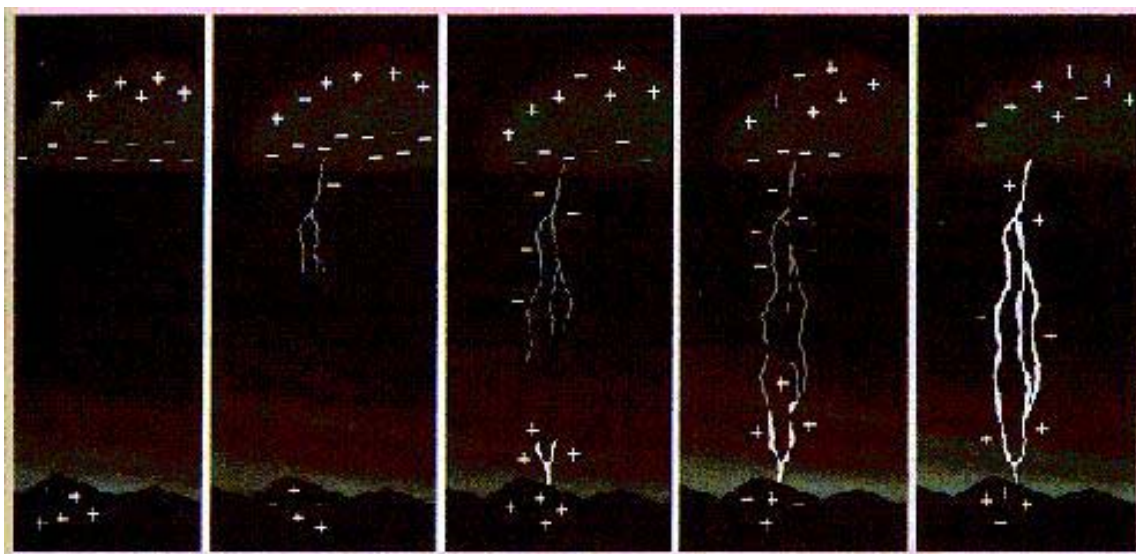
Blesk je tedy výboj atmosférické elektřiny mezi jednotlivými částmi oblaku, mezi oblaky navzájem, mezi oblakem a zemí, ze země do oblaku.

Aby mohl proběhnout bleskový výboj, musí se mezi oblaky nebo mezi oblakem a zemí vytvořit vodivá cesta. Vytvoří se jedině tehdy, pokud je napětí tak velké, že překoná odpor vzduchu. Ze spodní části oblaku, kde se nahromadilo velké množství záporného náboje, začnou náhle směrem

k zemi téct obrovskou rychlostí elektrony v úzkém kanále tvaru pramínku. Ty při srážkách s atomy vzduchu vyrazí elektrony z oblaku neutrálních atomů, vznikají kladné ionty a tím se cesta stává vodivou. Nárazem uvolněné elektrony směřují také k zemi a štěpí další atomy vzduchu. Rychlý let elektronů se podobá lavině.

Etapy průběhu blesku

První etapa vzniku blesku je přípravná, nazývá se LEADER. Elektrický náboj leadra představuje množství asi 5C záporného náboje. Ten indukuje na zemském povrchu silný kladný náboj, hlavně na vyčnívajících předmětech. Vznikají vzestupné výboje. Jeden z nich se dostane do styku s leadrem a tím určí místo, kde udeří blesk. Pohyb světelnosti směrem od země k oblaku se nazývá zpětný ráz. Je to vlastní oslnivý jev. Většina blesků spojených s vysokými budovami a horami má průběh opačného směru. Jsou to tzv. vzestupné blesky. Např. 75% výbojů na Empire State Building (380m) se pohybuje od budovy nahoru.



Druhá etapa se nazývá hlavní. Když dospěje kanál blesku k zemi, začíná jím protékat elektrický náboj rychleji a prudčeji. Kanál blesku se rozehřívá a září. Pozorovatel ale nemůže rozlišit leader od hlavní etapy, protože následují bezprostředně za sebou po stejné dráze. Po prvním spojení dvou opačných nábojů se proud přerušuje. Blesk tím obvykle nekončí. Často se vytvoří na dráze vyznačené prvním výbojem nový leader. Nejčastěji bývají 2 až 3 výboje, ale může jich být až 50.

Čárový blesk

Vyskytuje se nejčastěji. Má podobu čáry nebo úzkého pásu bílé, bleděmodré nebo růžové barvy. Délka dosahuje od několika stovek metrů až do tří kilometrů. Dráha čárového blesku není vždy přímá, to proto, že vodivost vzduchu není všude stejná. Blesk mezi oblaky je častější, k zemi udeří jen každý třetí až čtvrtý.



Hrom

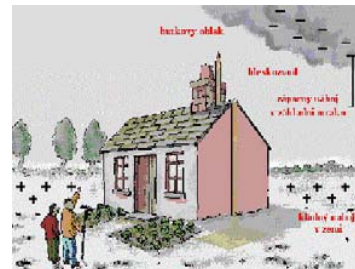
Náhlé silné zahřívání vzduchu a jeho rozpínání, vzápětí jeho prudké ochlazení a smršťování v kanále blesku při rychlém opakování těchto dějů vede přes mocné záchvěvy vzduchových vrstev ke vzniku pestrých zvukových vln. Ty vytváří zvukový efekt, tedy hřmění.

Bleskosvod

Bleskosvodem musí být chráněny všechny budovy, které slouží jako veřejné shromaždiště, ve kterých je uložen velký majetek, budovy stojící osamotě na vyvýšených místech a budovy historicky nebo kulturně cenné.

Hlavní částí bleskosvodu: zachytávač blesků, svod, uzemnění.

Bleskosvody: stožárový, radioaktivní, klecový, Gay-Lussacův, Findeisenův.



3 Druhy blesků

Eliášův oheň, čárový blesk, plošný blesk, perlový blesk, kulový blesk.

Ještě existuje spousta záhad kolem blesků (hlavně kulový blesk je opředen mýty) a bude ještě dlouho trvat, než se daná oblast prozkoumá a jsme si jisti, že přinese ještě nečekaná zjištění a užitku.

Obrázky:



Reference:

- 1 Hlaváč, A.: Bojíte sa blesku?, Alfa, Bratislava 1986
- 2 Štoll, I.: Tajemství kulového blesku, Horizont, Praha 1988

www adresy:

<http://www.eskimo.com/~billb/tesla/balgtn.html> – kulový blesk

<http://www.astrofoto.host.sk/blesky.htm> - fotky blesků



Dvojštěrbinové experimenty v kvantové teorii

M. Tušek, Š. Válek, P. Vašíček, J. Zatloukal

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

tmatej@seznam.cz, stepan.valek@centrum.cz,
vasicek6418@seznam.cz, jan.zatloukal@netpost.cz,

Abstrakt:

Dualismus a komplementarita .

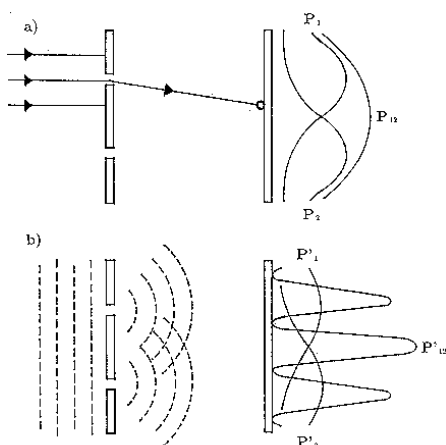
Základní úvod do dvojštěrbinových experimentů, od Youngova prvotního pokusu přes jeho variace (Einsteinova a Feynmannova verze pokusu) až ke „kvantovému smazávání informace“. Interpretace experimentů.

Úvod

Kvantová teorie je v dnešní době obecně uznávána a spolehlivě popisuje mnohdy bizarní jevy v říši mikroobjektů. Do mikrosvěta nemůžeme jednoduše přenést fyzikální pojmy a zákonitosti na které jsme zvyklí z každodenní zkušenosti. Zejména jsme nuceni vzdát se touhy dozvědět se o obyvatelích mikrosvěta úplně všechno. Poznatelnost přírody je zcela principiální způsobem omezena. Tento poznatek je znám jako princip komplementarity (Niels Bohr 1927). Podle zmíněného principu nelze mikrosoustavě zároveň připsat všechny klasické vlastnosti. To znamená, že zjistíme – li pomocí fyzikálního měření přesnou hodnotu jedné veličiny, mají všechny možné výsledky druhé (komplementární) veličiny stejnou pravděpodobnost. Nejznámějším příkladem dvojice komplementárních veličin je poloha částice a její hybnost (Heisenbergova relace neurčitosti).

Nejznámějším projevem komplementarity v mikrosvětě je vlnově částicový dualismus. Experimentálně bylo mnohokrát prokázáno, že elektron se projevuje jako částice, zatímco jindy jako vlnění. Objekty mikrosvěta mají současně obě tváře, a ukazuje se, že závisí pouze na konkrétní situaci, kterou z tváří nám odkryjí. Je skutečností, že jakmile máme byt' principiální možnost zjistit u mikroobjektu nějakou vlastnost typickou pro klasickou částici (trajektorie fotonu ve štěrbinovém experimentu), začne se mikroobjekt chovat jako částice. Touto problematikou se zabývají tzv. štěrbinové experimenty, které se po celé staletí zdokonalovali a my nabízíme jejich stručný přehled.

Pokus se dvěma štěrbinami



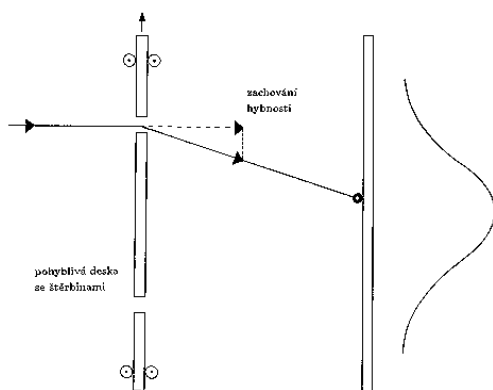
Schema Youngova pokusu

Provedeme-li pokus s klasickými částicemi, získáme rozložení pravděpodobnosti naznačené křivkou P_{12} (a). Provedeme-li tentýž pokus s klasickými vlnami, dostaneme naprosto odlišný výsledek naznačený křivkou P'_{12} (b). Křivka není v tomto případě prostým součtem obou jednošterbinových rozložení P'_1 a P'_2 . Má více maxim a minim. Hovoříme o tzv. interferenci. Interference je způsobena tím, že se v daném místě stínítka setkávají dvě vlny od obou štěrbin v různé fázi. Tento interferenční efekt ve dvojšterbinovém experimentu odlišuje vlny od částic. V pokusu se dvěma štěrbinami pozorujeme

interferenční rozložení míst dopadu - mikroobjekty se v tomto případě chovají jako t **vlnění**, ať už jde

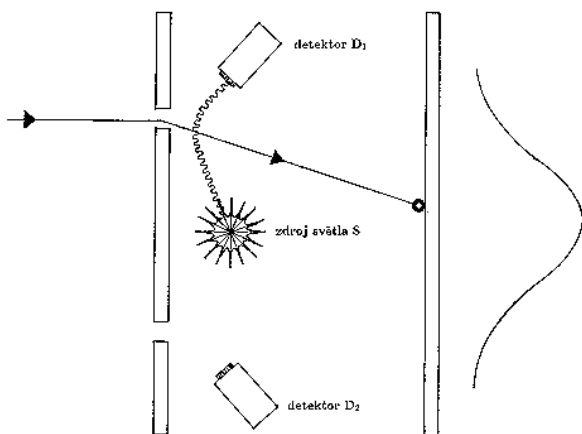
o fotony, elektrony, neutrony, atomy atd. Jestliže experiment navíc doplníme libovolným detektorem umožňujícím určit, kterou z obou štěrbin zkoumaný objekt prošel (t.j. získat informaci o realizované cestě), interferenční efekty zmizí a naměříme prosté **částicové** rozložení pravděpodobnosti dopadu (viz. a)).

Einsteinova verze pokusu se dvěma štěrbinami a světlem



přední desky a tedy i o realizované cestě získáváme. Je-li poloha desky naprosto jistá (např. při jejím upevnění), nevíme nic o její hybnosti ani realizované cestě a pozorujeme interferenční obrazec. Naopak při přesném změření hybnosti desky je realizovaná dráha již s jistotou určena, čemuž odpovídá rozmazaný "částicový" obrazec bez interference.

Feynmannova verze pokusu se dvěma štěrbinami a elektrony

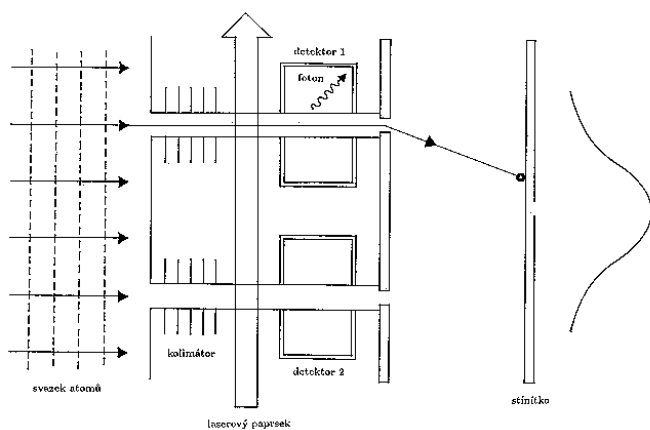


Namísto světla (fotonů) předpokládá vysílání elektronů. Zjišťování realizované dráhy pomocí detektorů způsobí rozmazání interferenčního obrazce, neboť použité světlo ovlivňuje při rozptylu prolétávající elektrony. Je totiž třeba uvážit, že proces rozptylu světla vysílaného ze zdroje S prolétávající elektron ovlivní: světlo se při rozptylu chová jako foton nesoucí jistou hybnost a energii. Jistá náhodná část hybnosti a energie se mezi fotonem a elektronem předá. Zkracujeme-li vlnovou délku použitého světla, zlepšuje se rozlišovací

schopnost detektorů a roste naše schopnost určit, kterou štěrbinou elektron proletěl. Současně ovšem roste hybnost i energie fotonů a v důsledku toho i poruchy způsobené v pohybu elektronů procesem rozptylu.

Závěr: Zařízení umožňující určit, kterým otvorem elektron prošel, nemůže být natolik "jemné", aby při měření podstatně neporušilo interferenční obrazec.

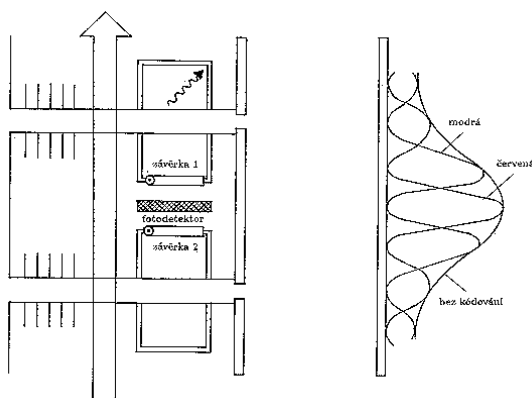
Verze pokusu s "jemnou" detekcí pomocí mikromaserů



Uvažujme proud atomů dopadající na desku se dvěma štěrbinami. Za nimi jsou kolimátory tvořící dva rovnoběžné svazky. Ty procházejí dalšími štěrbinami => interferenční obrazec. Podstata spočívá v použití atomů se složitou strukturou el. slupek a dodatečnými stupni volnosti. S jejich pomocí lze atomy označit. To se provádí excitací intenzivním laserovým paprskem.

Tendence elektronů přecházet do nižšího stavu způsobuje vyzáření nízkenergetických fotonů, pomocí nichž lze zjistit, zda atom prošel horní či dolní štěrbinou.

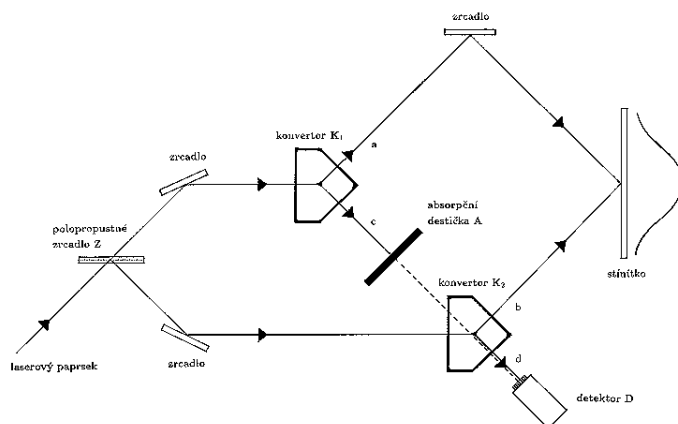
Problém kvantového "smazávání" informace



Podstata pokusu spočívá v tom, že experimentátor může ve dvojštěrbinovém pokusu odložit své rozhodnutí, zda bude svým měřícím zařízením zjišťovat realizovanou dráhu mikroobjektu či ne (a "donutit" ho tím chovat se buď částicově nebo vlnově) až do doby, kdy mikroobjekt již dopadl na stínítko. Oproti předchozího pokusu je zařízení doplněno fotodetektorem se dvěma závěrkami. Na počátku jsou obě závěrky zavřené. Excitovaný atom projde jednou z dutin (horní či dolní) a uloží zde emitovaný

mikrovlnný foton, reprezentující záznam o realizované cestě. Zatímco foton rezonuje v dutině, atom projde celým zařízením a dopadne na jistém místě stínítka, kde zanechá stopu. Teprve poté otevřeme současně obě závěrky. Foton v jedné z dutin má možnost dopadnout na fotodetektor. Stopu po dopadu atomu lze na stínítku označit barevně (červeně, jestliže foton detekován byl, modře, jestliže ne). Po průchodu mnoha atomů lze pozorovat interferenční obrazec složený střídavě z červených a modrých proužků. Ono paradoxní objevení se interferenčních proužků po otevření závěrek je vlastně jen pouhým rozkladem celkového obrazce do dvou disjunktních podmnožin definovaných podle toho, zda byl foton emitovaný průchodem atomu dutinami detekován či nikoli.

Vícečásticové interferenční pokusy využívající konvertory světla



Pokusy využívající namísto dvou štěrbin tzv. Konvertory světla. Konvertor je speciální nelineární krystal schopný rozštěpit každý dopadlý foton vždy na fotony dva.

Mandel, Zou a Wang 1991 : Laserový paprsek je polopropustným zrcadlem rozštěpen na dva paprsky odděleně dopadající na konvertory K1 a K2. Hlavní paprsky a a b dopadají na

stínítko. Zbylé dva c a d se rovněž skládají a výsledný signál je měřen detektorem D. Zařízení neumožňuje rozlišit, zda foton prošel horním nebo dolním konvertorem, a proto pozorujeme interferenční obrazec. Jakmile zablokujeme cestu vedlejšímu paprsku c, interferenční obrazec na stínítku okamžitě vymizí. Změnila se totiž pozorovatelova informace o měřeném systému. Experimentátor je schopen jednoznačně určit, kterým konvertorem foton dopadlý na stínítko prošel.

Shrnutí

Co jsme tedy zjistili? Fotony, elektrony, neutrony, ba dokonce i celé atomy se někdy chovají jako vlny, někdy jako částice a občas jaksi „obojím způsobem“. Ve skutečnosti však nejsou kvantové jevy ani vlnami, ani částicemi. Samy o sobě zůstávají naprosto „bez tváře“, nemají žádnou klasickou podobu. Až teprve v okamžiku měření usurpují jakousi „formu“, a to vždy v souladu s naší volbou: zjišťujeme-li při dvojštěrbinovém experimentu realizovanou dráhu, berou na sebe podobu částice, nejsme-li schopni dráhu ani v principu určit, má podobu vlny.

Reference:

- FEYNMANN R. P., LEIGHTON R. B., SANDS M.: *FEYNMANNOVY PŘEDNÁŠKY Z FYZIKY*/ ALFA, BRATISLAVA, 1990
- WEB MFF UK
- WWW.BREDLEY.EDU
- PHYSICSWEB.ORG
- WWW.QMW.AC.UK
- WWW.PHYSIK.UNI-MUENCHEN.DE/DIDAKTIK/COMPUTER/DOPPELSPALT/DSLIT.HTML-SIMULACE KE STAŽENÍ
- WWW.TELP.COM/PHILOSOPHY/QW1.HTM
- YEPES.RICE.EDU/PHYSICSAPPLETS/TWOSLITFRAME.HTML-APLET

MHD generátory

J. Podmajerský
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
jan.podmajersky@seznam.cz

Abstrakt:

Již od konce 19. století využíváme k výrobě elektrické energie parní turbínu (vynález K. G. Laval a Ch. A. Parsona). Její omezení jsou široce známa. Jedná se o čistě mechanické zařízení, které je tudíž nesmírně náročné na konstrukci a již se pohybujeme na hranici technických možností. Výraznou nevýhodou je i relativně malá účinnost – 40%. Je tedy zřejmé, že je nutné hledat alternativu a tou je právě MHD generátor.

1 Úvod

Přestože MHD generátory se zcela principiálně hodí zejména pro jadernou fúzi, která by měla produkovat nabitě částice, se ukazuje, že je velmi dobře použitelná i pro jiné zdroje elektrické energie. Jak je možné adoptovat výrobní cykly standardních energetických zdrojů na MHD generátor si povíme v následujících odstavcích.

2 Princip MHD generátoru

V zásadě je princip jednoduchý a vychází ze základů elektromagnetismu. Generátor se skládá ze dvou elektrod mezi kterými proudí plazma. Pomocí velmi silného magnetického pole se oddělí částice nabitě kladně a záporně. Každý druh se shromáždí na opačné elektrodě. Vzniká tak přímo elektrické napětí.



obr. 1. Schéma MHD generátoru

3 Výhody MHD generátoru

- přímá přeměna tepelné energie v elektrickou
- žádné mechanické součásti
- možná až 60% účinnost (ve spojení s parní turbínou)
- krátká doba uvedení generátoru na jmenovitý výkon

4 Zdroje plazmy

Fosilní paliva

Spalováním fosilních paliv lze sice dosáhnout teploty přesahující 3000 K, ale ani tato není dostatečná pro úplnou ionizaci. Stupeň ionizace se zvyšuje příměsemi, které tvoří alkalické kovy. U tohoto druhu paliva se předpokládá využití otevřeného cyklu, kdy je zbylý plyn po odloučení přísad vypuštěn ven.

Jaderný reaktor

Plazma je tvořeno výhradně z ionizačních přísad a plyn koluje v uzavřeném okruhu.

5 Technické komplikace

Žádná věc není bez komplikací a ani MHD generátor není výjimkou. Ionizační činnidla, která jsou nezbytná, mají řadu nepříznivých účinků. Jsou velmi reaktivní a kladou tak velké nároky na materiál elektrod.

Již od prvních pokusů z konce 30. let trpí MHD generátory nemalými ztrátami nejrůznějších příčin, které se nedaří úplně eliminovat a omezují tak použitelnost pouze na velké jednotky.

6 Budoucnost

Blízkou budoucností by se mohla stát ruská elektrárna na zemní plyn v Barentsově moři. Plánovaný výkon je 2100 MW za použití MHD generátoru o účinnosti 58%. Datum plánovaného dokončení však oznámeno nebylo.

Podrobnější informace internetové adrese: www.kiae.ru

Vzdálenějším cílem je využití MHD generátorů ve spojení s jadernými elektrárnami na principu jaderné fúze. Reakce s jejichž využitím se počítá produkují nabitě částice. Nejdříve je ovšem nutné zvládnout techniku samotné fúze. Když bude toho dosaženo, tak je nemyslitelné znehodnotit natolik převratnou technologii pouhou parní turbínou.



*Obr. 2. Ruská elektrárna
v Barentsově moři*

Reference:

- [1] Stach, V.: Plazma-čtvrté skupenství hmoty, SPN, 1989
- [2] Peřina, F.: Atomy slouží člověku, Práce 1976
- [3] Conrad, W.: Elektrotechnika středem zájmu, SNTL, 1985
- [4] Pekárek, L.: Termonukleární energie, Orbis, 1970

Stirlingovy motory, Stirlingův cyklus

Adam Purkrt ¹

Tomáš Ryčl ²

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

Břehová 7, 115 19 Praha 1

Abstrakt

Stirlingův motor je tepelný stroj, přeměňující teplo v mechanickou práci. Narozdíl od klasického spalovacího motoru je však náplň pracovního plynu konstantní, plyn teplo získává (a předává) v tepelných výměnících. Tento typ motorů je někdy též nazýváno motorem s vnějším spalováním. Zdroj tepla tak může být prakticky libovolný - spalování benzínu či i méně kvalitních paliv, např. uhlí; sluneční záření či geotermální zdroje energie. V článku je rozebrán fyzikální princip tzv. Stirlingova cyklu, na němž je Stirlingův motor založen. Jsou zmíněny též některé další aplikace tohoto cyklu a stručně shrnuta historie jeho použití.

Stirlingův cyklus

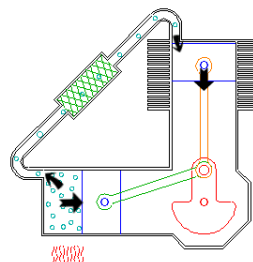
Stirlingův cyklus je pojmenován po svém objeviteli, reverendu Dr. Robertu Stirlingovi (1790–1878). Patent na „teplovzdušný motor“ získal v roce 1819 (zhruba 20 let před objevem Carnotova cyklu).

Rozeberme pro konkrétnost dvoupístové (tzv. alfa) uspořádání Stirlingova motoru.

- dva spojené písty, udržované (ohříváné/chlazené) na rozdílných teplotách
- konstantní náplň pracovního plynu (dusík, případně inertní plyny (He nejčastěji) - dobrá tepelná vodivost, nedochází k chemickým reakcím (korozi) na stěnách pístů)

Jednotlivé fáze Stirlingova cyklu:

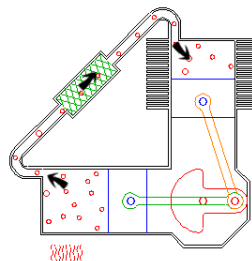
Expanze: Plyn se rozpíná, větší část v teplejším válci (píst je v polovině úvrati, klesá rychleji než píst ve studenějším válci, který je v horní úvrati), při expanzi odebírá teplo ohříváči.



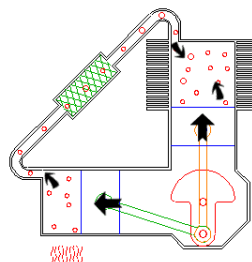
¹ apur@quick.cz

² trycl@volny.cz

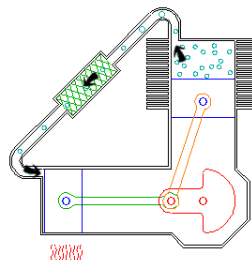
Přesun: Plyn se rozeplnul, většina (zhruba 2/3) je v teplém válci. Setrvačnick (minimální zpomalení) během následujících 90 stupňů přesune plyn z teplého do studenějšího válce.



Stlačení: Při stlačování je většina plynu v chladném válci. Plyn během stlačování odevzdává teplo chladiči, je stlačován za nižší teploty než expanduje, energie potřebná ke stlačení je proto menší než energie získaná expanzí v teplejším válci.



Přesun: Většina stlačeného plynu je stále v chladnějším válci. Setrvačnick posune klikový hřídel o dalších 90 stupňů, plyn je přesunut do teplejšího válce a cyklus se opakuje.



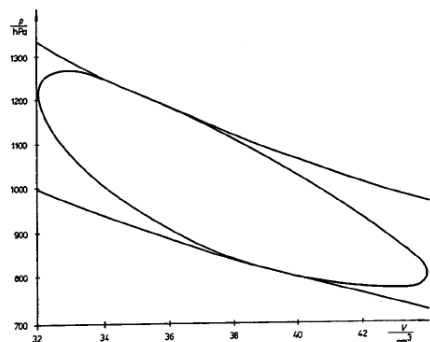
Podstatnou součástí motoru je tzv. **regenerátor** (též **ekonomizér**), znázorněný zeleně šrafovanou dutinou. Regenerátor podstatně zvyšuje účinnost celého cyklu a byl jedním ze základních bodů obsažených v patentu, který r. 1819 získal rev. Stirling.

Regenerátor a jeho vlastnosti:

- v podstatě tepelná izolace mezi teplým a studeným válcem
- minimální axiální tepelná vodivost
- maximální koeficient přestupu tepla mezi plynem a materiálem regenerátoru
- minimální odpor kladený prostupujícímu vzduchu (jinak snížení výkonu)
- minimální objem (velký by snižoval kompresní poměr → výkon)
- "předehřívá" a "předchlazuje" procházející plyn, významně zvyšuje účinnost

Pro dosažení maximálního výkonu/účinnosti je nutné nalézt kompromis mezi uvedenými vlastnostmi.

Pracovní diagram idealizovaného Stirlingova cyklu se skládá ze dvou izoterm a dvou izochor. Na grafu č. 1 je znázorněn p - V diagram pro reálný Stirlingův cyklus (protáhlý ovál), naměřený na funkčním modelu; jsou naznačeny též izotermy idealizovaného cyklu.



graf č.1

Výhody a nevýhody Stirlingova motoru

pozn.: Běžný spalovací motor = motor s vnitřním spalováním = internal combustion engine = ICE

Výhody ve srovnání s ICE:

- mechanická jednoduchost - minimum pohyblivých částí (nejsou potřebné ventily, vačky, rozdělovač, ...)
- snadno lze eliminovat vibrace (narozdíl od ICE)
- pracuje s libovolným zdrojem tepla, tj. sluneční záření (koncentrátory), geotermální energie, spalování méně kvalitního paliva, než je benzin - uhlí, biomasa, ...
- i pro benzin - možnost vnějšího spalování - kontinuálnější, kontrolovatelnější, čistší (méně emisí)
- lze dosáhnout vyšší termodynamické účinnosti než u ICE

Nevýhody

- nejlépe pracují za konstantních otáček, ve srovnání s ICE dlouhá doba rozběhu, pomalá odezva (řádově sekundy) → uvedené vlastnosti překážkou pro použití ve vozidlech
- vyšší poměr hmotnost/výkon než u ICE (v současnosti)
- nutná velká těsnost pístu, kvalitní materiály - překážka hlavně v době vzniku
- těž (kvalitní) materiál na tepelné výměníky zvyšuje cenu

Výsledek: při stejném výkonu je cena ICE v současnosti zhruba poloviční.

Další aplikace Stirlingova cyklu

Lineární elektrický generátor: Pohyblivý píst vykonává kmitavý pohyb, s pístem spojen magnet (resp. cívka protékána proudem), druhá cívka statická, kmitavým pohybem se generuje střídavý el. proud. Píst, resp. osa na níž je připevněn spolu s cívkou, je držena v tzv. ohybných ložiscích (flexure bearing), velmi přesně omezujících pohyb na jeden rozměr (lineární pohyb) (→ dobré utěsnění, velmi důležité).

Chladicí stroje: Stirlingův motor je vratný tepelný stroj. Pokud zahřívám jeden tepelný výměník a chladím druhý, získávám energii. Pokud energii dodávám, motor pracuje jako tepelné čerpadlo – ochlazuje chladnější konec, teplo přenáší na teplejší. Lze dosáhnout teploty až až -250^0 C (závisí na použitém pracovním plynu).

Teplota na chladnějším pístu klesá krok po kroku – klíčová je role regenerátoru, který od sebe musí dobře oddělovat chladný a teplejší píst (teplota teplého pístu je prakticky stále stejná).

Historie

První „teplovzdušné stroje“ vznikaly již koncem 17. století. Roku 1816 si nechal rev. Robert Stirling (1790-1878) patentovat tzv. „ekonomizér“, který zvyšoval účinnost motoru nad úroveň tehdejšího parního stroje. Na dalším vývoji motoru se podílel též jeho bratr, James Stirling (nejvýznamější vylepšení - zvýšení provozního tlaku; původní motory pracovaly při atmosférickém tlaku).

Stirlingův motor a cyklus s jistou pravděpodobností částečně inspiroval M. Sadi Carnota při psaní prací z termodynamiky. Byl též oblíben Williamem Thomsonem (Lordem Kelvinem), který na něm demonstroval reverzibilitnost.

V 18. století (hlavně v první polovině) se prosadil zejména v oblasti menších výkonů (stroje do 5 kW), neboť byl mnohem méně nebezpečný (pracoval s malými, zhruba atmosférickými, tlaky) a nevztahovaly se na něj proto tak přísná bezpečnostní opatření jako na parní stroj (mj. nebyla potřeba školená obsluha). Ve zmiňované oblasti výkonů byl též relativně konstrukčně jednoduchý.

V oblasti vyšších výkonů však jasně dominoval parní stroj. Největším problémem Stirlingova motoru bylo (je dosud) utěsnění pístů, které je značně náročné jak na použitý materiál, tak na přesnost opracování. Parní motor se postupně stával spolehlivějším (zejména se zvyšováním pevnosti používaných materiálů) a nakonec vytlačil Stirlingův stroj ze všech odvětví.

Zájem o Stirlingův motor se znovu zvýšil v období ropné krize (70. léta 20. stol.) vzhledem k jeho vyšší termodynamické účinnosti. Jeho užité vlastnosti (pro pohon vozidla) však přes značný pokrok stále zaostávaly za výbušným motorem. S koncem ropné krize ustaly pokusy o jeho použití ve vozidlech (dnes je budoucnost v tomto oboru spatřována spíše v palivových článcích/elektrickém pohonu).

Použití v současnosti

- Zkapalňování plynů – N. V. Philips Gloeilampenfabriek company v letech 1960-1970 vyráběla průmyslové ledničky, s chladicím výkonem až 25 kW, které mrazily na 77 K (dvouprůchodové až na 12 K).
- Tepelná čerpadla
- Koncentrátor ve spojení se Stirlingovým motorem je účinnějším a levnějším způsobem přeměny energie slunečního záření v elektřinu než solární články. Nevýhodou je však zpravidla mnohem vyšší hmotnost, a větší zaujatý prostor ve srovnání s fotovoltaickými panely.
- Pohon ponorek – důvod: velice malá hlučnost (ve srovnání s turbínami či výbušnými motory), relativně jednoduché chlazení. Zdrojem tepla běžné spalování uhlovodíkových paliv (nutná zásoba kyslíku).

Závěr

Přestože Stirlingův motor nedosáhl takového praktického využití jako např. pístový spalovací motor, jedná se nesporně o velmi zajímavou – a poměrně explicitní a přímočarou – aplikaci základních principů termodynamiky. Je proto škoda, že jde o věc veřejnosti (a to i fyzikální) poměrně málo známou (zřejmě též i proto, že o něm ve středoškolských učebnicích fyziky není nejmenší zmínka).

Autoři doufají, že jejich prezentace (a tento proceeding) alespoň trochu změnily (změní) uvedený stav v jejich okolí.

Zdroje a odkazy

- <http://www.bekkoame.ne.jp/~khirata/> – Koichi Hirata Stirling home page
- <http://www.keveney.com>
- <http://www.solstice.crest.org/renewables/dish-stirling/index.html> – A Compendium of Solar Dish/Stirling Technology
- <http://www.stirlingengines.ukgateway.net/sola5.html> – Flat plate solar/stirling power systems
- <http://www.ttcorp.com/> – Technology Transition Corporation
- <http://www.stirling-tech.com> – Stirling Technology, inc.
- <http://www.stirlingcycle.com> – American Stirling co.
- <http://www.stirlingengine.com> – Stirling engine
- <http://www.stirlinghotairengine.com> – Stirling hot air engine
- <http://www.sesusa.org> – Stirling engine society
- <http://www.sunpower.com> – Sun Power co.
- <http://www.upol.cz/resources/exfyz/zaci.htm>
- <http://sweb.cz/rexhammer/malavoda/uvod/stirling.htm>
- <http://www.techtydenik.cz/tt28/energet.html>
- <http://www.eurosolar.cz/ves/vesnice1.htm>
- <http://www.biom.cz/index.shtml?x=62865>

Teslův transformátor

Michal Nevrkla, Michaela Martínková
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
nev@quick.cz

Abstrakt:

Naším úkolem bylo popsat a demonstrovat funkci Teslova transformátoru. Přitom jsme objevili génia zapomenutého vynálezce Nikola Tesly.

1 Úvod

Teslův Transformátor nemá v praxi prakticky žádné uplatnění, maximálně se může využít v kuchyni filmových triků, neboť vytváří efektní jiskření a Eliášovy ohně. Díky vysoké frekvenci proudu a vysoké hodnotě napětí na sekundární cívce vzniká tzv. skin efekt, kdy proud protéká po obvodu vodiče (v případě lidského těla tenkou vnější vrstvou kůže), tudíž při doteku sekundární cívky můžeme rozsvítit zářivku kterou držíme v ruce druhé, aniž by protékající proud způsobil popáleniny nebo porušení nervové soustavy. Jsou to ale jen efekty bez širšího průmyslového využití. Uplatnění najde Teslův transformátor v laboratořích při výzkumu vysokofrekvenčních proudů a vysokého napětí. Není žádným problémem transformovat napětí na milióny voltů. Přitom je to přístroj velmi jednoduchý. Opomeneme-li nebezpečnost práce s vysokonapěťovými přístroji, není žádný problém si ho sestavit doma. V jeho jednoduchosti tkví jeho genialita. Stejně jako u mnoha jiných vynálezů Nikola Tesly.

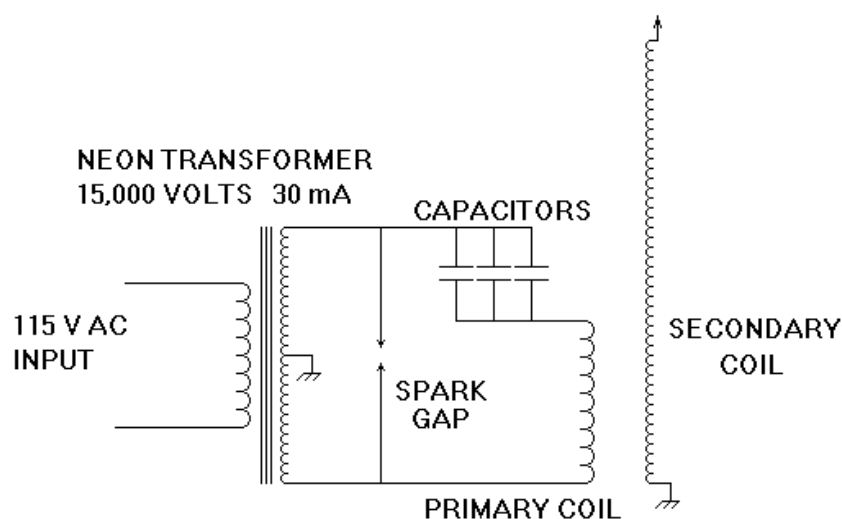
2 Nikola Tesla

Nikola Tesla (1856 Srbsko – 1943 USA) je bezesporu jedním z největších vědců a vynálezců přelomu 19. a 20. století. Ačkoliv Teslova osobnost leží ve stínu jeho více známých současníků, svým přínosem vědeckotechnické společnosti jim může směle konkurovat. Studoval vlastnosti dvoufázových a vícefázových proudů, zkonstruoval a patentoval četné elektrické stroje a přístroje. Zabýval se též výzkumem v oboru bezdrátové telegrafie. Tesla nebyl jen průkopník využití střídavého elektrického proudu. Je autorem mnoha vynálezů, které reprezentují několik tisíc stran textu a za nimiž se skrývá neúnavná práce mnoha let jeho plodného života. Dnešní mladá generace o mnoha z nich neví, neboť nachází ve svých učebnicích u Teslových vynálezů jiná jména, těch, kteří je upravili a přizpůsobili pro nové využití. Tak objev točivého magnetického pole byl přisouzen Ferrarisovi, fyziologické účinky vysokofrekvenčních proudů, které Tesla už v roce 1891, byly nazvány po d'Arsonvalovi, Teslovy vysokofrekvenční generátory jsou známy jako konstrukce Fesendena, Alexandersona a Goldschmidta. Totéž platí o jeho průkopnické práci v oboru bezdrátové telefonie a telegrafie, která byla přiznána Marconimu bez ohledu na to, že Marconi použil Teslovy

objevy a vynálezy. Přitom Tesla byl neúnavný, vědě věnoval celý svůj život. Dokázal pracovat celé dny a noci a od práce ho neodradilo ani zničení jeho laboratoře. Po své smrti nám zachoval tisíce mnohastránkových svazků zápisků a poznámek z jeho práce. Většina z nich je dodnes veřejnosti nepřístupná a patří mezi přísně tajné dokumenty vlády spojených států.

3 Popis Teslova transformátoru

Teslův transformátor je vysoko napěťový rezonanční transformátor se vzduchovým jádrem. Skládá se ze 6 ti základních komponent. První komponentou je primární transformátor, což je vysoko napěťový transformátor vyplněný železným jádrem. Druhou součástí je vysokonapěťový kondenzátor (Laydenská láhev). Třetí je pak jiskřiště, nejjednodušeji dva dráty oddělené vzduchovou mezerou. Čtvrtou je primární cívka skládající se povětšinou z 10 až 15 závitů silného drátu namotaného okolo sekundárního vedení. Pátá je pak sekundární cívka skládající se z tisíců závitů relativně tenkého smaltovaného drátu. Primární a sekundární vedení spolu tvoří transformátor se vzduchovým jádrem. Šestou komponentou je ukončení v podobě toroidu nebo jiné antény.

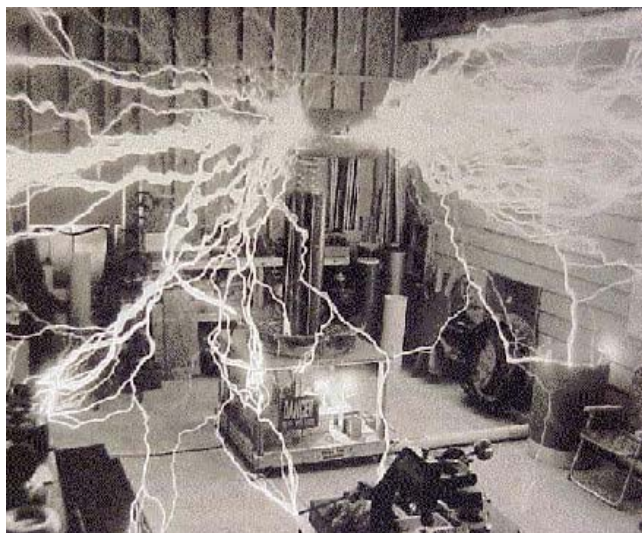


MY FIRST TESLA COIL	
W.E. Payne	www.altair.org
1998 JUL 22	altair@altair.org

Obrázek 1: Schéma transformátoru

4 Jak součásti pracují

Primární transformátor převádí střídavé napětí (120/240 V) na napětí přes 10 000 V. Místo tohoto transformátoru lze použít Ruhmkorffův induktor, který převádí stejnosměrné napětí o málo voltech na vysoké napětí přes 10 000 V střídavého charakteru. Tato energie je využita k nabití kondenzátoru. Kondenzátor je zapojen v sérii s primární cívkou na výstup transformátoru. Když se vytvoří napětí dost vysoké na prolomení dielektrické pevnosti vzduchu v jiskřišti, vzduch se ionizuje a stane se více vodivým. Obvod mezi kondenzátorem a primární cívkou se uzavře, kondenzátor se začne vybíjet a generovat napětí na primární cívce, což vytvoří elektromagnetické pole obklopující sekundární cívku. Sekundární cívka absorbuje tuto energii a dále umocní výstupní napětí. Tento proces probíhá velmi rychle od 120 do více než 1000 Hz. Výstupní napětí může dosahovat hodnot od pár set tisíc voltů pro malé transformátory, až po miliony voltů pro veliké. Proto je velmi důležité účinně uzemnit aparaturu. Uzemnění cívky je napojeno na druhou část toroidálního kondenzátoru (zem).



Obrázek 2: Teslův transformátor s toroidální anténou

5 Poděkování

Náš dík patří katedře fyziky FJFI ČVUT za zapůjčení notebooku, akumulátoru, Ruhmkorffova induktoru a samotného Teslova transformátoru, dále pak panu ing. Vojtěchu Svobodovi za jeho čas a nervy.

Reference:

- [1] <http://matrix-2001.cz/prispevky/exkluzivne/tesla/tesla01.htm>
- [2] http://www.gewo.cz/tesla/tesla_menu.htm
- [3] *How Tesla Coil Works.* <http://home.earthlink.net/~electronixlc/howworks.html>
- [4] <http://www.altair.org>