

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

posudek vedoucího  
 bakalářské práce

posudek oponenta  
 diplomové práce

Autor: **Martin Beránek**

Název práce: **Systém pro levitaci prachových zrn**

Studijní program a obor: Fyzika, Fyzika povrchů a ionizovaných prostředí

Rok odevzdání: 2007

Jméno a tituly oponenta: RNDr. Ivo Čermák, PhD.  
Pracoviště: CGC Instruments, Chemnitz, Germany  
Kontaktní e-mail: ivo.cermak@cgc-instruments.com

## Odborná úroveň práce:

vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Věcné chyby:

téměř žádné  vzhledem k rozsahu přiměřený počet  méně podstatné četné  závažné

## Výsledky:

originální  původní i převzaté  netriviální kompilace  citované z literatury  opsané

## Rozsah práce:

veliký  standardní  dostatečný  nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Tiskové chyby:

téměř žádné  vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet  četné

## Celková úroveň práce:

vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Předložená diplomová práce prezentuje teoretický návrh elektrodynamické pasti pro levitaci prachových částic. Autor detailně rozebírá dva systémy. První z nich je založený na kombinaci čtyř axiálně uspořádaných prstenců a byl již dříve diskutován a testován i v jiných skupinách. Autor práce však tento systém detailně teoreticky popisuje a získává nový pohled na použitelnost tohoto uspořádání v praxi. Další část práce představuje teoretická analýza lineárního systému s nově navrženou konfigurací elektrod. Výsledky analýzy tento systém favorizují pro použití v dalších experimentech.

Kvalitu práce bohužel poněkud znehodnocují nepřesnosti, zvláště v úvodních kapitolách. V anglickém abstraktu práce jsou jazykové nepřesnosti jako např. "deale" místo správného "deal". V kap. 1.1 je  $\beta$  uveden jako poměr gravitace a síly tlaku záření, ve skutečnosti je tomu naopak. V kap. 2.1 chybí v rovnici (2.7) u 2. členu hmotnost a tento má navíc i špatné znaménko. V kap. 2.5 autor udává v grafech na obr. 1.1-1.3 frekvenci  $\Omega=2\pi f$  v Hz. Ve skutečnosti je to kruhová frekvence a správná jednotka je rad/s. Kromě toho se v experimentu měří skutečná frekvence  $f$  v Hz a bylo by proto vhodnější tuto udávat i v grafech. Hodnoty v obr. 1.3 jsou evidentně chybné: pro částici s poloměrem  $5\mu\text{m}$  a hustotou  $1.5\text{g/cm}^3$  vychází např. amplituda asi 3kV a ne 200V. Podobná nepřesnost je i v kap. 3.1, kde je pro částici o hmotnosti  $2.316\text{kg}$  a hustotě  $1.5\text{g/cm}^3$  udáván poloměr  $1.9\mu\text{m}$ , správná hodnota je  $0.7\mu\text{m}$ . Omylem je v kap. 5 udána platnost vztahu (5.6) pro  $c_{2k}=0$  s  $k\neq 2$ , ve skutečnosti má být  $k>1$ . Dále má integrál ve vztahu (5.10) a (5.11) přehozené meze, tj. nesprávné znaménko. V kap. 6 neudává vztah (6.3) efektivní potenciál, chybí v něm např. frekvence a hmotnost. Sekulární frekvence ve směru  $z$  je také dvojnásobná a ne poloviční ve srovnání se směrem  $r$ , jak plyne např. ze vztahu (2.13). V kap. 6.3 je tisková nepřesnost u polohy smyčky: tato symetricky umístěná má být patrně v místě  $(r_i, -z_i)$  a ne  $(r-i, -z_i)$ .

Práce si zaslouží ještě několik komentářů: Graf na obr. 7.7 v kap. 7.2 ukazuje absolutní hodnotu odchylky, názornější by ale bylo přímé zobrazení odchylky bez absolutní hodnoty. Odchylka od kvadratického pole diskutovaná v kap. 7.3 by nevadila, pokud by se kmity podél osy kvadrupólu utlumily, tento způsob provozu je později stejně diskutován. V kap. 7.3 je analyzován lineární systém napájený tak, aby vytvářel pole tří navzájem kolmých kvadrupólů. Vzhledem k poměru  $C = a_x/a_z = 1.73V_{xy}/0.99V_z$  je při  $V_{xy}=V_z$  hodnota  $C = 1.73/0.99 = 1.75$ , což dává zbytečně velké hodnoty sekulárních frekvencí ve směrech obou prvních vlastních vektorů. Pro praktické použití budou určitě stačit podobné hodnoty jako v dosavadní 3D pasti, tj.  $\lambda_{1,2}\geq 1/4$ , na což je třeba přibližně  $C = 0.6$ , tj.  $V_{xy} = 0.99/1.73 C V_z = 0.34 V_z$ . Toto povede k maximálnímu potřebnému napětí na elektrodách  $V_z+2V_{xy}=1.69 V_z$ , čímž se znatelně zredukuje požadavky na napájecí zesilovače.

Přes všechny nepřesnosti je práce na velmi dobré vědecké úrovni a ukazuje nové výsledky, které budou využity v plánovaných experimentech.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Výraz (2.16) udává souřadnicovou závislost adiabaticity v kvadrupólovém poli. Efektivní potenciál je přitom parabolický, pohyby ve třech význačných směrech jsou vzájemně nezávislé a adiabaticita spočítaná pro jeden z těchto tří význačných směrů na souřadnicích nezávisí. Jaké je proto vysvětlení? Je výraz (2.16) správný?

Závislosti na obr. 7.6 neodpovídají plně výpočtům jiných autorů. Výsledky potvrzují očekávání, podle něhož se má kvadrupólový term se snižujícím se průměrem elektrod zmenšovat. Stejnou tendenci má ukazovat i 20-pólový term, což není z grafu patrné. Je možné, že je to způsobené konečnou přesností použité metody? Jak se dá tato přesnost kvantifikovat?

Pokud nejsou elektrody lineárního kvadrupólu přesně symetricky uspořádané, vykazuje systém příspěvek od oktapólového termu (viz. kapitola 7.7). Systém založený na kombinaci čtyř axiálně uspořádaných prstenců je tomuto uspořádání podobný (má podobný průřez např. v rovině  $\varphi=0$ ). Zde je však zjištěný vliv změny geometrie podstatně větší. Jaké je pro to vysvětlení? Tento vliv závisí na zvoleném průměru řezu prstenců. Jaké je očekávání vlivu geometrie v případě rozdílných průměrů řezů prstenců?

Lineární systém provozovaný tak, aby vytvářel pole tří navzájem kolmých kvadrupólů předpokládá symetrii obou pomocných kvadrupólů. Tato je dána kromě mechanické také elektrickou symetrií. Jaké chyby se zde dají očekávat?

Jaké je vysvětlení pro minimální pozorovatelnou sekulární frekvenci v současném experimentu? Je možné ji snížit?

### **Práci**

- doporučuji
  - nedoporučuji
- uznat jako diplomovou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

- výborně
- velmi dobře
- dobře
- neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta: Chemnitz, 12.05.2007,

