Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

☐ posudek vedoucího ☒ posudek oponenta
☒ bakalářské práce ☐ diplomové práce

Autor/~~ka~~: Matěj Ryston
Název práce: Řešení pohybových rovnic testovacích částic v okolí černé díry
Studijní program a obor: obecná fyzika
Rok odevzdání: 2012

Jméno a tituly ~~vedoucího~~/oponenta: Petra Suková
Pracoviště: ÚTF MFF UK
Kontaktní e-mail: lvicekps@seznam.cz

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/oponenta:

Autor se v práci zabývá problematikou numerického řešení pohybových rovnic testovací částice ve Schwarzschildově prostoročase. V první kapitole uvádí stručný přehled nejdůležitějších metod používaných pro řešení soustavy obyčejných diferenciálních rovnic, a to jak jednokrokových, tak vícekrokových, společně s nástinem jejich odvození. Dále probírá problematiku stability získaného řešení a konvergence použité metody. Pro další analýzu vybere 4zástupce numerických metod, a to Runge-Kutteho metodu čtvrtého řádu a osmého řádu (Dormand-Princeova metoda), čtyřkrokovou Adams-Bashforthovu metodu a implicitní prediktor-korektorovou Adams-Bashfort-Moultonovu metodu, a tyto metody porovná při řešení logistické rovnice, u níž je známo přesné řešení.

V grafech 1.3 až 1.6 ukazuje vývoj odchylky od přesného řešení pro tyto metody v závislosti na čase pro různé velikosti pevného kroku a v závislosti na velikosti kroku pro pevný čas. V obrázku 1.7 a 1.8 ukazuje, že tři uvažované metody čtvrtého řádu pro velikosti základního kroku 0,05 a 0,005 a jejich dvojnásobku a čtyřnásobku konvergují v souladu se svým řádem.

V druhé kapitole autor shrnuje pojmy OTR důležité pro další výpočty a popisuje vlastnosti Schwarzschildova řešení. Ve třetí kapitole věnuje pozornost různým tvarům a způsobům odvození pohybových rovnic pro hmotné i nehmotné částice, jejichž numerickým řešením v případě Schwarzschildovy metriky se zabývá v kapitole 4. Zde autor prezentuje výsledky konvergence metod pro různé velikosti kroku a také pro různé metody výpočtu trajektorie částic pro jeden, dva a sto oběhů. Ukazuje, že konvergence metody se zlepší, pokud zmenšíme výpočetní krok v oblasti blízké singularitě ($r < 8M$) a empiricky nalezne vhodnou velikost zmenšení. Na obrázcích 4.14a a 4.14b ukazuje, že kvůli hromadění zaokrouhlovací chyby se zmenšováním kroku nedosáhne menší chyby než je jistá minimální hodnota. V další části kapitoly se autor zabývá ohybem světelného paprsku v okolí černé díry. I v tomto případě zkoumá závislost konvergence a přesnosti metody na velikosti použitého kroku. Ukazuje, že na rozdíl od výpočtu pohybu hmotné částice v tomto případě je možné zmenšením kroku dosáhnout téměř strojové přesnosti. Tuto skutečnost připisuje tomu, že rovnice popisující ohyb paprsku jsou mnohem jednodušší.

V kapitole 4 neodpovídají odkazy na obrázky a číslované rovnice.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Pokud by autor pokryl pravou část grafu na obrázku 1.6 více body, mohl by ze sklonu závislosti odchylky od přesného řešení vůči velikosti kroku před dosažením zlomu způsobeného zaokrouhlovacími chybami ověřit řád metody v tomto konkrétním případě. Podobný test ukazuje i na obrázcích 4.14a a 4.14b, kdy obchází skutečnost, že nezná přesné řešení. V daném případě lze přesnost metody ověřit ještě druhým způsobem. Jak autor uvádí, existují při pohybu geodetických částic ve Schwarzschildově prostoročase integrály pohybu. Pokud probíhá výpočet pohybu částice podle obecné rovnice geodetiky, je možné hlídat odchylku velikosti těchto integrálů pohybu od počátečních hodnot, případně normalizaci 4-rychlosti. Bylo by možné na podobném grafu vidět zlom ve stejné oblasti, kdy začíná převládat nahromaděná zaokrouhlovací chyba a na základě toho doporučit nejvhodnější integrační krok? Jakým způsobem by se měnila poloha tohoto zlomu s celkovou dobou integrace, tedy jak na ní závisí výběr vhodného kroku?

Práci

☒ doporučuji

☐ nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

☒ výborně ☐ velmi dobře ☐ dobře ☐ neprospěl/a

Místo, datum a podpis ~~vedoucího~~/oponenta: Praha, 12.6.2012