

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Veselý Jiří

Název práce: Charged Particles in Spacetimes with an Electromagnetic Field

Studijní program a obor: Fyzika, Teoretická fyzika

Rok odevzdání: 2017

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Martin Žofka

Pracoviště: UTF MFF UK

Kontaktní e-mail: zofka@mbox.troja.mff.cuni.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/opponenta:**

The present thesis investigates the problem of motion of charged particles, both massive and massless, within the Kerr-Newman-(anti)de Sitter spacetime. The first chapter introduces the spacetime as a solution to Einstein-Maxwell equations and examines all possible cases of causal structure involving (multiply) degenerate horizons along with the corresponding Penrose diagrams. It concludes with a section on frame dragging and the properties of the ergosphere resulting from the non-zero angular momentum of the central black hole.

The second chapter first deals with the general derivation of motion of charged particles based on the Lagrangian formalism. It gives the related integrals of motion including the Carter constant, which is later worked out in detail in Appendix B. It proceeds to discuss the static solutions and finds the corresponding positions of test particles on the axis of symmetry and in the equatorial plane. Next, it studies the astrophysically most interesting case of circular orbits within the equatorial plane. It further introduces an effective potential for particles that also move radially to find the turning points of their trajectories. These results are verified by numerical integration of the equations of motion. Another interesting case considered by the author is motion purely along the axis where he first reviews near-horizon approximation for null paths and then establishes an effective potential for a general particle.

The last chapter concerns the topic of semi-classical quantum tunneling of test particles through horizons in relation to the concept of horizon thermodynamics and horizon temperature. When looking for the corresponding Boltzmann factor, then instead of dealing with the whole machinery of quantum field theory on a curved background one simply calculates the imaginary part of the action for null particles crossing the horizon along classically forbidden trajectories. The author reviews the extensive literature on the subject and clarifies several subtle points and criticized aspects of the method to finally apply it to the KN(a)dS horizons. This yields a formula giving the temperature of horizons of multiplicity one. The author discusses its relation to other formulas in the literature and the ambiguity of the definition of temperature itself in asymptotically non-flat spacetimes. Finally, it is argued that the temperature of degenerate horizons vanishes but caution is recommended due to the possible problems with naked singularities resulting from emission of particles.

The three appendices discuss an alternative Lagrangian describing motion of particles; Carter constant; and how to determine the number of positive roots of polynomials.

The author exemplifies his results with a number of very illuminating graphs. He combines both analytical and numerical work where required to either check the exact solutions or our intuition. The thesis is based on using both Maple and Mathematica software systems to check the results independently. Overall, I believe the student has done an excellent job and the present thesis fully conforms to the assignment. Some of the results will be included in a future paper on the subject.

**Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:****Práci** doporučuji nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

**Navrhuji hodnocení stupněm:** výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta: Praha, 25.8.2017