

Úvod do obecné teorie relativity

Přednášející: Lukáš Richterek

Kód předmětu: KEF/UOTR

Zařazení do studijního programu: OFMF, typ A, zimní semestr

Rozsah výuky a způsob ukončení: 2/0, kolokvium

Náplň přednášky:

Stručná charakteristika

Cílem přednášky je podat rámcový přehled základních myšlenek a principů obecné teorie relativity (OTR), která představuje jednu z fundamentálních součástí fyziky 20. století. Výklad se dotkne nejnужnějších základů tenzorového počtu na varietách, v závěru bude věnována pozornost astrofyzikálním důsledkům OTR (vývoj hvězd a jeho konečná stadia, vybrané partie teorie černých děr, gravitačních vln).

Tematické okruhy

1. Úvod

Geometrie a fyzika, teorie gravitace a její místo ve fyzikálním obrazu světa, historický vývoj názorů na gravitaci, prostor a čas, přehled hlavních východisek a předpovědí teorie relativity.

2. Výchozí principy OTR

Machův princip, princip ekvivalence a jeho různé formulace, Eötvösovy a Dickeovy experimenty, princip korespondence, princip kovariance, kovariantní zápis fyzikálních zákonů, gravitace jako zakřivení prostoročasu.

3. Popis zakřiveného prostoročasu

Souřadnice, metrika, znaménková konvence, lokální inerciální soustavy, světelné kužely, světočáry, délka, plocha, objem, vnořovací diagram, vektory v zakřiveném prostoročase, rovnice geodetických čar a integrály pohybu (zákony zachování).

4. Geometrie vně sféricky symetrické hvězdy

Schwarzschildova geometrie, gravitační rudý posuv, pohyb testovacích částic a fotonů (precese perihelia Merkura, ohyb světla v gravitačním poli a zpoždování elektromagnetických signálů).

5. Experimentální testy ve sluneční soustavě

Gravitační rudý posuv, PPN parametry a jejich měření (γ , β).

6. Relativistické jevy v astrofyzice

Gravitační čočky, akreční disky, binární pulsary, gravitační kolaps a černé díry, jejich pozorování v binárních soustavách, v centrech galaxií, Hawkingovo vypařování černých děr.

7. Gravitace okolo rotujících objektů

Strhávání inerciálních soustav, setrvačníky v zakřiveném prostoročase a jejich precese, prostoročas v okolí pomalu rotujících těles, Kerrova geometrie, pohyb v ekvatoriální rovině, ergosféra.

8. Gravitační vlny

Linearizované gravitační vlny, detekce gravitačních vln, energie a polarizace vln.

9. Einsteinovy rovnice

Vektory, kovektory, tenzory, kovariantní derivace, slapové síly, odchylky geodetických čar, tenzor křivosti, zákon zachování energie a hybnosti, Einsteinovy rovnice, newtonovská limita.

10. Relativistické hvězdy

Pauliho princip, relativistická hydrostatická rovnováha, modely hvězd, hmota v základním stavu, stabilita, limitní hmotnost neutronových hvězd.

Požadavky ke kolokviu:

referát během semestru o aktuálních novinkách vztahujících se k tematickému zaměření přednášky, odevzdání vypočítaných domácích úloh

Všichni zájemci jsou srdečně zváni !

Sylabus se seznamem doporučené literatury i zadání úloh je možné najít také na adrese:

<http://muj.optol.cz/~richterek/doku.php?id=vyuka>

Doporučená literatura

- Crowell, B. (2009). *General Relativity*. Dostupné z: <http://www.lightandmatter.com/genrel/>.
- Hartle, J. B. (2003). *Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity*. San Francisco: Addison Wesley. ISBN 0-8053-8662-9.
- Kulhánek, P. (2014). *TF4: VNF Obecná relativita* [online]. Dostupné z: <http://www.aldebaran.cz/studium/otr.pdf>.

Skripta

- Dvořák, L. (1984). *Obecná teorie relativity a moderní fyzikální obraz vesmíru*. Praha: SPN.
- Havel, V. (1979). *Základy teorie relativity*. Plzeň: PdF Plzeň.
- Havelka, B. a Tillich, J. (1964). *Teorie relativity*. Praha: SPN.
- Noga, M. (1987). *Teória relativity*. Bratislava: MFF UK.
- Novotný, J. a Horský, J. (1985). *Teorie relativity*. Brno: PřF UJEP.

Monografie

- Carroll, S. M. (2003). *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. San Francisco: Addison-Wesley. ISBN 0-8053-8732-3.
- Grøn, Ø. a Hervik, S. (2007). *Einstein's general theory of relativity: with modern applications in cosmology*. New York: Springer. ISBN 978-0-387-69199-2.
- Horský, J. (1975). *Úvod do teorie relativity*. Praha: SNTL.
- d'Inverno, R. (1992). *Introducing Einstein's Relativity*. Oxford: Clarendon Press. ISBN 0-19-859653-7.
- Kuchař, K. (1968). *Základy obecné teorie relativity*. Praha: Academia.
- Ludvigsen, M. (1999). *General Relativity – A Geometric Approach*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-63976-X.
- Lambourne, R. J. A. (2010). *Relativity, Gravitation and Cosmology*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-13138-4.
- Kenyon, I. R. (1990). *General Relativity*. Oxford University Press. ISBN 0-19-851996-6.
- McMahon, D. M. (2006). *Relativity Demystified*. New York: McGraw-Hill. ISBN 0-07-145545-0.
- Natário, J. (2011). *General Relativity Without Calculus: A Concise Introduction to the Geometry of Relativity*. Springer. ISBN 978-3-642-21451-6.

- Rindler, W. (2006). *Relativity. Special, General, and Cosmological*. Oxford University Press. ISBN 0-19-856732-4.
- Schutz, B. (2003). *Gravity from the ground up*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-44506-5.
- Schutz, B. (2009). *A First Course in General Relativity*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-88705-4.
- Ullmann, V. (1986). *Gravitace, černé díry a fyzika prostoročasu* [online]. Ostrava: ČAS. Dostupné z: <http://www.sweb.cz/AstroNuklFyzika/GravitCerneDiry.htm>.
- Weinberg, S. (1972). *Gravitation and Cosmology*. New York: John Wiley & Sons.
- Woodhouse, N. M. J. (2007). *General Relativity*. London: Springer-Verlag. ISBN 978-1-84628-486-1.

Doplňková literatura k případnému dalšímu studiu

- Begelman, M. a Rees, M. (2013). *Osudová přitažlivost gravitace*. Praha: Argo/Dokořán. ISBN 978-80-257-0806-4.
- Fecko, M. (2004). *Diferenciálna geometria a Lieove grupy pre fyzikov*. Bratislava: Iris. ISBN 80-89018-10-6.
- Hawking, S. W. a Penrose, R. (2000). *Povaha prostoru a času*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0745-8.
- Horský, J., Novotný, J. a Štefaník, M. (2001). *Mechanika ve fyzice*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0208-1.
- Chandrasekhar, S. (1998). *The mathematical theory of black holes*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-850370-9.
- Ландау, Л. Д. а Лифшиц, Е. М. (1973). *Теория поля*. Москва: Наука.
- Misner, Ch, Thorne, K. S. a Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. San Francisco: W. Freeman. ISBN 0-7167-0344-0.
- Lightman, A. P. et al. (1975). *Problem Book in Relativity and Gravitation*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. ISBN 0-681-08162-X.
- Padmanabhan, T. (2010). *Gravitation: Foundations and Frontiers*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-88223-1.
- Raine, D. a Edwin, T. (2009). *Black Holes: An Introduction*. London: Imperial College Press. ISBN 1-84816-382-7.
- Smoljak, L. (1973). Jára Cimrman (K 100. výročí narození). *Čs. čas. fyz. A*, roč. **23**, s. 180–190.
- Thorne, K. S. (2004). *Černé díry a zborcený čas (Pozoruhodná dědictví Einsteinova génia)*. Praha: Mladá fronta. ISBN 80-204-0917-3.
- Wald, R. M. (1984). *General Relativity*. The University of Chicago Press. ISBN 0-226-87033-2.