

Sylabus přednášky
Teorie relativity

Přednášející: Lukáš Richterek

Kód předmětu: KEF/TR, KEF/TRU

Zařazení do studijního programu: 2./3. ročník oborů Aplikovaná fyzika, Nanotechnologie, Obecná a matematická fyzika, Optika a optoelektronika, letní semestr

Rozsah výuky a způsob ukončení: 2/1, kolokvium

Náplň přednášky:

1. Úvod, výchozí principy, Lorentzova transformace

Speciální teorie relativity ve fyzikálním obrazu světa, prostor a čas v nerelativistické fyzice, éter a základní experimenty na jeho zjištění, Michelsonův-Morleyův pokus, Einsteinovy postuláty (princip speciální relativity, princip konstantní rychlosti světla), Lorentzova transformace a její důsledky (kontrakce délek, dilatace času, relativita současnosti a souměrnosti, transformace rychlostí).

2. Minkowského prostoročas

Prostoročas, událost, prostoročasový interval a vlastní čas, světelný kužel, světočáry, kauzální struktura prostoročasu, čtyřrozměrný formalismus a čtyřvektory, čtyřrychlost a čtyřzrychlení, Minkowského tenzor (metrický tenzor), tenzory v Minkowského prostoročase a důležité operace s nimi, Lorentzova transformace a inverzní Lorentzova transformace, Minkowského diagramy, princip kovariance, reálný a imaginární formalismus, různá číslování indexů a signatury.

3. Relativistická dynamika částice a soustavy částic

Rovnice relativistické dynamiky částice, čtyřsíla a čtyřhybnost, ekvivalence hmotnosti a energie, základní rovnice dynamiky soustavy částic, srážky a rozptyly částic, stabilita částic, vazebná energie, anihilace elektronového-positronového páru, Comptonův rozptyl, tenzor momentu hybnosti.

4. Nadsvětelné rychlosti a princip kauzality, paradoxy, vzhled pohybujících se objektů

Podsvětelné a nadsvětelné rychlosti, paradoxní důsledky nadsvětelných rychlostí a „tachyony“, paradox dvojčat (hodin) a jiné paradoxy, paradox rotujícího kotouče a neeuklidovská geometrie, relativistická aberace, deformace a relativistický Dopplerův jev, experimentální ověřování teorie relativity.

5. Relativistická elektrodynamika ve vakuu

Čtyřproud a čtyřpotenciál, Lorentzova kalibrační podmínka, vlnová rovnice pro potenciály pole, tenzory elektromagnetického pole a Maxwellovy rovnice, jejich transformace a invarianty pole, Lorentzova čtyřsíla a její hustota, rovinná harmonická elmag. vlna, vlnový čtyřvektor, tenzor energie a hybnosti elmag. pole, zákony zachování.

6. Poincarého grupa, „boosty“ a Thomasova precese

Poincarého grupa a její podmnožiny, Lorentzova grupa a omezená Lorentzova grupa, infinitesimální Lorentzova transformace. Lorentzova transformace s obecným směrem rychlosti, „boost“, skládání Lorentzových transformací v kolmých směrech, Thomasova precese.

7. Variační principy v relativistické mechanice

D'Alembertův princip, Lagrangeovy rovnice, Hamiltonův princip, pohybové rovnice v konkrétních případech (částice v elmag. poli, elmag. pole), tenzor energie a hybnosti a zákony zachování.

Požadavky k absolvování předmětu

KEF/TR, TRU – kolokvium

- aktivní účast na cvičení (výstup u tabule, referát);
- odevzdání domácích cvičení;
- test s minimálně polovičním bodovým ziskem;

Bodové hodnocení

50 %-ní účast na cvičení	5 bodů
výpočet úlohy u tabule	5 bodů
referát (rozsah cca 10–15 minut)	10 bodů
průběžně odevzdávaná DCV	5 × 5 = 25 bodů
test	max. 40 bodů

Hodnocení

59 a více bodů splnila
58 a méně bodů nesplnil(a)

Body navíc lze získat absolvováním ústní zkoušky (10 bodů).

Domácí cvičení jsou přístupná přes prostředí Moodle: <http://moodle.upol.cz>

Sylabus se seznamem doporučené literatury i zadání úloh je možné najít také na adrese:
<http://muj.optol.cz/~richterek/doku.php?id=vyuka>

V Olomouci 9. února 2020

.....
přednášející

Základní literatura

- Bartuška, K. (1991). *Kapitoly ze speciální teorie relativity*. Praha: SPN. ISBN 80-04-22915-8.
- Bartuška, K. (2010). *Fyzika pro gymnázia – Speciální teorie relativity*. Praha: Prometheus. ISBN 978-80-7196-388-2.
- Halliday, D., Resnick, R., a Walker, J. (2013). *Fyzika 2*. Brno: VUTIUM. ISBN 978-80-214-4123-1.
- Hartle, J. B. (2003). *Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity*. San Francisco: Addison Wesley. ISBN 0-8053-8662-9.
- Greiner, W. (2004). *Classical mechanics. Point particles and relativity*. New York: Springer-Verlag. ISBN 0-387-95586-0.
- Novotný, J., Jurmanová, J., Geršl, J. a Svobodová, M. (2005). *Základy teorie relativity*. Brno: MU. ISBN 1802-128X. Dostupné z: <http://is.muni.cz/elportal/?id=703391>.
- Richterek, L. (2013). *Teorie relativity a astronomie*. Olomouc: UP. ISBN 978-80-244-3335-6. Dostupné z: http://mofy.upol.cz/vystupy/02_texty/modul_trua.pdf.
- Rosser, W. G. V. (1991). *Introductory Special Relativity*. London-New York-Philadelphia: Taylor & Francis. ISBN 0-85066-838-7.
- Semerák, O. (2011). *Speciální teorie relativity* [online]. Dostupné z: <http://utf.mff.cuni.cz/~semerak/STR.pdf>.
- Šedivý, P. (2003). *Kapitoly ze speciální teorie relativity*. Knihovnička FO č. 60. Hradec Králové: MAFY. Dostupné z: <http://fo.cuni.cz/texty/str.pdf>.
- Tillich, J. (1984). *Teoretická mechanika*. Olomouc: PřF UP Olomouc.
- Votruba, V. (1977). *Základy speciální teorie relativity*. Praha: Academia.
- York-London-Sydney: John Willey & Sons. ISBN 0-471-30932-X.
- Kvasnica, J., Havránek, A., Lukáč, P. a Sprušil, B. (2004). *Mechanika*. Praha: Academia. ISBN 80-200-1268-0.
- Kvasnica, J. (1985). *Teorie elektromagnetického pole*. Praha: Academia.
- Lambourne, R. J. A. (2010). *Relativity, Gravitation and Cosmology*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-13138-4.
- Ландау, Л. Д. а Лифшиц, Е. М. (1973). *Теория поля*. Москва: Наука.
- Lightman, A. P., Press, W. H., Price, R. H. a Teukolsky, S. A. (1975). *Problem Book in Relativity and Gravitation*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. ISBN 0-681-08162-X.
- Noga, M. (1987). *Teória relativity*. Bratislava: MFF UK.
- Novotný, J. a Horský, J. (1985). *Teorie relativity*. Brno: PřF UJEP.
- Schutz, B. (2009). *A First Course in General Relativity*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-88705-4.
- Takeuchi, T. (2010). *An Illustrated Guide to Relativity*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-14100-0.
- Woodhouse, N. M. J. (1992). *Special Relativity*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. ISBN 3-540-55049-6.

Populární literatura

- Bodanis, D. (2002). *$E = mc^2$. Životopis nejslavnější rovnice na světě*. Praha: Dokořán. ISBN 80-86569-08-X.
- Einstein, A. (1905). „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“. *Annalen der Physik*. Vol. **322**, No. 10, s. 891–921. DOI 10.1002/andp.19053221004.
- Einstein, A. (1993). *Jak vidím svět*. Praha: Lidové noviny. ISBN 80-7106-078-X.
- Einstein, A. a Infeld, L. (2000). *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Praha: Aurora. ISBN 80-7299-020-9. Dostupné z: <http://ia331343.us.archive.org/1/items/evolutionofphysi033254mbp/evolutionofphysi033254mbp.pdf>.
- Fuka, J. (1973). *Základní poznatky teorie relativity*. Praha: SPN.
- Galison, P. (2005). *Einsteinovy hodiny a Poincarého mapy*. Praha: Mladá fronta. ISBN 80-204-1188-7.
- Gamow, G. (1986). *Pan Tompkins v říši divů*. Praha: Mladá fronta.
- Isaacson, W. (2010). *Einstein Jeho život a vesmír*. Praha: Paseka. ISBN 978-80-7432-020-0.
- Jelen, J. (2001). „Paradoxy prostoročasu“. *PMFA*, Vol. **46**, No. 1, s. 18–32.
- Joch, J. (2000). *Speciální teorie relativity* [online]. Olomouc. Dostupné z: <http://www.ktf.upol.cz/joch/>
- Kaku, M. (2005). *Einsteinův vesmír (Jak vize Alberta Einsteina změnily naše chápání prostoru a času)*. Praha: Dokořán/Argo. ISBN 80-7363-015-X.
- Landau, L. D. a Rumer, J. B. (1976). *Co je to teorie relativity*. Praha: Albatros.
- Smoljak, L. (1973). „Jára Cimrman (K 100. výročí narození)“. *Čs. čas. fyz. A*, Vol. **23**, s. 180–190.
- Bondi, H. (1964). *Relativity and the Common Sense*. Garden City, New York: Anchor Books, Doubleday & Company, Inc.
- Dvořák, L. (1984). *Obecná teorie relativity a moderní fyzikální obraz vesmíru*. Praha: SPN.
- Einstein, A. (2005). *Teorie relativity*. VUT Brno: VUTIUM. ISBN 978-80-214-3418-9.
- Epstein, L. C. (1985). *Relativity Visualized*. San Francisco: Insight Press. ISBN 978-0-935218-05-3.
- French, A. P. (1975). *Special Relativity*. London: Thomas Nelson and Sons Ltd. ISBN 0-17-771075-6.
- Havel, V. (1979). *Základy teorie relativity*. Plzeň: PdF Plzeň.
- Havelka, B. a Tillich, J. (1964). *Teorie relativity*. Praha: SPN.
- Horský, J. (1975). *Úvod do teorie relativity*. Praha: SNTL.
- Horský, J. a Novotný, J. (1998). *Teoretická mechanika*. Brno: Masarykova univerzita.
- Horský, J., Novotný, J. a Štefaník, M. (2001). *Mechanika ve fyzice*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0208-1.
- d'Inverno, R. (1992). *Introducing Einstein's Relativity*. Oxford: Clarendon Press. ISBN 0-19-859653-7.
- Jackson, J. D. (1998). *Classical Electrodynamics*. New