

Suhteellisuusteoria (FYS T 320), loppukoe 20 V 2011

- Mitä yleisessä suhteellisuusteoriassa tarkoitetaan geometrisellä objektilla?
- Osoita: Tensorin T^α absoluuttinen derivaatta $\frac{\delta T^\alpha}{\delta u}$ maailmanviivaa $x^\alpha = x^\alpha(u)$ pitkin on tensori. Oletus: Tiedetään että tensorin T_α absoluuttinen derivaatta $\frac{\delta T_\alpha}{\delta u}$ on yhtä kuin tensori $\frac{dT_\alpha}{du} - \left\{ \begin{matrix} \beta \\ \alpha \gamma \end{matrix} \right\} T_\beta \frac{dx^\gamma}{du}$.
- Annetusta tensorista voidaan muodostaa uusia tensoreita kasvattamalla kertakukua kovariantilla derivoinnilla. On kuitenkin eräs maailmantensori, jolle tämä ei toimi – mikä? Mainitse myös sellainen maailmantensori, jolle toimii.
- Muotoile kelloulukemiin liittyvä Riemannin hypoteesi.
- Määrittele (lyhyesti): Riemannin-Einsteinin avaruusaika. Kuvaille: "Einsteinin illuusiota" noudattava avaruusaikaluokituksen (matemaattinen) luokittelu.
- Kolmiulotteisessa "avaruusajassa" Riemannin tensori on $R_{\alpha\beta\gamma\delta} = g_{\alpha\gamma} R_{\beta\delta} + g_{\beta\delta} R_{\alpha\gamma} - g_{\alpha\delta} R_{\beta\gamma} - g_{\beta\gamma} R_{\alpha\delta} + \frac{1}{2} (g_{\alpha\delta} g_{\beta\gamma} - g_{\alpha\gamma} g_{\beta\delta}) R$ ($\alpha, \beta, \gamma, \delta = 1, 2, 3$), missä $g_{\alpha\beta}$ on metrisen tensori, $R_{\alpha\beta}$ on (symmetrisen) Riccin tensori ja R on Riccin invariantti. Kuinka monta riippumatonta komponenttia $R_{\alpha\beta\gamma\delta}$:lla ja $R_{\alpha\beta}$:lla on? Vedoteu Einsteinin I gravitaatio-

postulaattiin päättelee, kuinka mielekiintoinen gravitaatiomielessä on kolmiulotteinen yleinen suhteellisuusteoria?

7. Minkälainen on suhteellisuusteorian pölypilvimalli?

8. Perustele: Einsteiniin geodeettiseen hypoteesiin voidaan katsoa olevan seurausta Einsteiniin II gravitaatiopostulaatista.

9. Määritä Einsteiniin gravitaatiovakio Newtonin gravitaatiovakion avulla. (Avuksi: Riemannin vuorovesi-invariantti on $R = R_{\mu\nu} V^{\mu} V^{\nu}$ ja Newtonin vuorovesiskalaari on $\mathcal{W} = -4\pi G_N \rho$.)

10. Mihin "sormi osoittaa", jos (1) kvanttiteoria muotoillaan ilmaan geometriaa, (2) gravitaatioteoria muotoillaan ilmaan geometriaa?
