

Nämä tehtävät käsitellään viikolla 4. Loppukokeeseen saa osallistua vain jos on tehnyt vähintään 25% harjoitustehtävistä.

1. Approksimaatioiden tekeminen on keskeinen osa fysiikkaa. Laske

$$S = \gamma + \gamma^{-1} \quad \text{missä} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

alimmassa ei-triviaalissa kertaluvussa tekijän  $v/c$  suhteen. Kuinka suuren virheen teet? (Vihje: sarjakehitelmän voi tehdä muuttujan  $v^2/c^2$  suhteen.)

2. a) Osoita, että Newtonin 2. laki on kovariantti Galilei-muunnoksessa, kun voima on Newtonin gravitaatiolain mukainen, eli kappale  $i$  aiheuttaa kappaleeseen  $j$  voiman  $\vec{F}_{ij} = G_N \frac{\vec{x}_i - \vec{x}_j}{|\vec{x}_i - \vec{x}_j|^3}$ .  
b) Osoita, että Newtonin 2. laki ei ole kovariantti Galilei-muunnoksessa, jos voima on  $\vec{F}_{ij} = A(\vec{x}_i - \vec{x}_j)\vec{\dot{x}}_i \cdot \vec{\dot{x}}_j$ , missä  $A$  on vakio.
3. Osoita, että aaltoyhtälö  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0$  ei ole kovariantti Galilei-muunnoksessa. Nopeus  $v$  on vakio.
4. Johda aaltoyhtälöt sähkökentälle ja magneettikentälle lähtien Maxwellin yhtälöistä tyhjässä.