

Eksamen i
Teoretisk fysikk IIIB (715 60)
Lørdag 16. mai 1970
kl. 9 - 16.

(Tillatte hjelpemidler: Regnestav og logaritmetabell)

I

a) Vis at i en Lorentz kovariant teori for et felt ψ_σ med Lagrangetetthet $\mathcal{L} = \mathcal{L}(\psi_\sigma, \psi_{\sigma,\nu})$ er den kanoniske energi-impulstensoren gitt ved

$$S_{\mu\nu} = \mathcal{L} \delta_{\mu\nu} - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \psi_{\sigma,\nu}} \psi_{\sigma,\mu} .$$

b) Det opplyses at variasjonslikningen utledet av

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{2} \rho_0 [(\nabla\phi)^2 - \frac{1}{c_1^2} \dot{\phi}^2] \quad (c_1 = \text{lydhastigheten})$$

er identisk med lydfeltets bølgelikning. Vis at \mathcal{L} likevel fører til et uriktig uttrykk for den kanoniske impulstetthet. Hvorfor må en vente at den kanoniske formalisme svikter i dette tilfellet? Den fullstendige Lagrangetetthet for lydfeltet er

$$\mathcal{L}^1 = \mathcal{L} - \rho_0 \dot{\phi} .$$

Finn herav feltets impulstetthet.

Finn også strålingstrykket pr. flateenhet (til laveste orden) ved normalt innfall mot en totalt absorberende flate.

Oppgitt:

$$-\rho_0 \dot{\phi} = c_1^2 (\rho - \rho_0) = p - p_0 .$$

II

Gitt et felt med Lagrangetetthet

$$\mathcal{L} = - \frac{1}{2\mu_0} A_{\mu,\nu} A_{\mu,\nu} ,$$

der A_μ er en 4-vektor. Finn feltlikningene. Vis at totalenergien kan bli negativ. For å unngå dette er det nødvendig å pålegge feltet en bibetingelse. Vis at med bibetingelsen $A_{\mu,\mu} = 0$ vil feltet for det første oppfylle Maxwells likninger $\partial_\nu F_{\mu\nu} = 0$, der $F_{\mu\nu}$ er den elektromagnetiske felttensor. Vis dernest, ved å sette inn Fourierutviklingene

$$A_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} \int \frac{d^3k}{\sqrt{2\varepsilon_0\omega}} [e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}} A_i(\mathbf{k}) + e^{-i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}} A_i^*(\mathbf{k})]$$

$$A_0(x) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} \int \frac{d^3k}{\sqrt{2\varepsilon_0\omega}} [e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}} A_0(\mathbf{k}) + e^{-i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}} A_0^*(\mathbf{k})]$$

og ved å innføre \mathbf{k} -avhengige enhetsvektorer, at totalenergien alltid vil være positiv.

III

Forklar kort hva som menes med det generelle relativitetsprinsipp, og finn komponentene av den metriske tensor i et koordinatsystem som roterer med frekvens ω . Finn også sammenhengen mellom egentidselementet $d\tau$ og koordinattidselementet dt , som funksjon av avstanden r fra rotasjonsaksen.

Et atom som befinner seg i ro på en roterende skive, emitterer lys av egenfrekvens ν_0 . Finn frekvensen ν av lyset når det observeres i skivens sentrum.