# Mechanika kwantowa III, zestaw 11

**Zad. 1.** Wychodząc z gęstości lagranżianu pola elektromagnetycznego w postaci

$$L = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - ej^{\mu}(x)A_{\mu}$$

gdzie $F_{\mu\nu} = \partial_{\mu}A_{\nu} - \partial_{\nu}A_{\mu}$, a $j^{\mu}(x)$ jest zewnętrznym prądem

a) Wyprowadzić klasyczne równania dla pól $A_{\mu}$ w cechowaniu Coulomba ($\vec{\nabla} \cdot \vec{A} = 0$).

b) To samo w cechowaniu Lorentza ($\partial_{\mu}A^{\mu} = 0$).

**Zad. 2.** W cechowaniu Coulomba znaleźć postać propagatora

$$\langle 0|T(A_i(x)A_j(y))|0\rangle.$$

**Zad. 3.** W cechowaniu Lorentza znaleźć postać propagatora

$$T(A_{\mu}(x)A_{\nu}(y)) - :A_{\mu}(x)A_{\nu}(y):$$

jeśli reguły komutacji dla operatorów kreacji i anihilacji mają postać

$$[a_{\mu}(\vec{k})a_{\nu}(\vec{k}')] = 0, \quad [a_{\mu}(\vec{k})a^{\dagger}_{\nu}(\vec{k}')] = -g_{\mu\nu}(2\pi)^3(2E_k)\delta^3(\vec{k} - \vec{k}')$$

Postać operatorów

$$A_{\mu}(x) = \int (dk)\left(a_{\mu}(\vec{k})e^{-ikx} + a^{\dagger}_{\mu}(\vec{k})e^{ikx}\right) = A^{(-)}_{\mu}(x) + A^{(+)}_{\mu}(x)$$

gdzie

$$(dk) = \frac{d^3k}{(2\pi)^3 2E_k}, \quad E_k = |\vec{k}|$$

Obliczyć

$$\langle 0|T(A_{\mu}(x)A_{\nu}(y))|0\rangle.$$

zakładając, że stan $|0\rangle$ spełnia warunek $\partial^{\mu}A^{(-)}_{\mu}(x)|0\rangle = 0$.