3.1 Obtenha a função de 4 pontos da eq. 112.2 das notas de aula (usando derivadas funcionais)

3.2 A partir de:

$$Z_2[J=0] = \frac{1}{2!}\int d^dx\, \frac{\lambda}{3!}\left(\frac{\delta}{\delta J(x)}\right)^3 \int d^dy\, \frac{\lambda}{3!}\left(\frac{\delta}{\delta J(y)}\right)^3 \left\{ \frac{1}{3!}\left(\frac{1}{2}\right)^3 \overbrace{\int d^dz_1 d^dz_2 d^dz_3\, d^dz'_1 d^dz'_2 d^dz'_3 \times J(z_1)\Delta(z_1,z'_1)J(z_1)\, J(z_2)\Delta(z_2,z'_2)J(z_2)\, J(z_3)\Delta(z_3,z'_3)J(z_3)}^{(J\cdot\Delta\cdot J)^3} \right\}_{J=0}$$

mostre que:

$$Z_2[J=0] = \frac{\lambda^2}{2^3}\int d^dx\, d^dy\, \Delta(x,x)\Delta(x,y)\Delta(y,y) + \frac{\lambda^2}{2\cdot 3!}\int d^dx\, d^dy\, \Delta^3(x,y)$$

(esta é a última passagem da pg 114 das notas de aula)

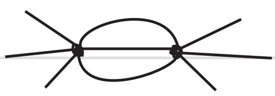
3.3 Obtenha as regras de Feynman (no espaço do momentos, Euclideano) para a teoria escalar com interação:

$$S_I(\phi) = \int d^4x \left[\frac{\lambda_3}{3!}\phi^3(x) + \frac{\lambda_6}{6!}\phi^6(x)\right] \qquad \lambda_3, \lambda_6 \text{ constantes}$$

Como ficaria a regra de Feynman da parte ϕ^6 se tivéssemos definido esta interação como:

$$S_I(\phi) = \int d^4x\, \lambda'_6\, \phi^6(x)$$

Escreva a regra de Feynman para o diagrama a baixo em ambas as versões (com λ_6 e λ'_6)



3.4 Obtenha as regras de Feynman (no espaço do momentos, Euclideano) para a teoria com N campos escalares (todos sem massa) com interação:

$$S_I(\phi_1,\dots,\phi_N) = \int d^4x \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left[(\partial^2\phi_i)(\partial_\nu\phi_j)\,\phi_i\,(\partial^\nu\phi_j)\right]$$

3.5 Faça o exercício 4.3 da seção 4 do Peskin & Schroeder (Modelo Sigma Linear)

3.6 Leia a discussão sobre as relações de (anti-)comutação para férmions no Peskin & Schroeder, pgs 52 a 58

3.7 Dada a decomposição do campo fermiônico (eq. 130.1), e as relações de comutação entre os operadores de criação e aniquiliação, obtenha o propagador de Feynman fermiônico via quantização canônica.

$$S_F(x-y) \equiv \langle 0 | T\{\psi(x)\bar{\psi}(y)\} | 0 \rangle = \int \frac{d^4p}{(2\pi)^4} \frac{i(\not{p}+m)}{p^2-m^2+i\epsilon} e^{-ip(x-y)}$$

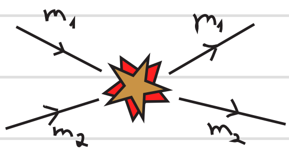
Lembre que: $T\{\psi(x)\bar{\psi}(y)\} = \begin{cases} \psi(x)\bar{\psi}(y) & x^0 > y^0 \\ -\bar{\psi}(y)\psi(x) & y^0 > x^0 \end{cases}$

3.8 Considere o modelo (no espaço de Minkowski):

$$\mathcal{L} = \bar{\Psi}_1(i\gamma^\mu\partial_\mu - m_1)\Psi_1 + \bar{\Psi}_2(i\gamma^\mu\partial_\mu - m_2)\Psi_2 + \frac{1}{2}\partial_\mu\phi\,\partial^\mu\phi - \frac{1}{2}m_\phi^2\phi^2 + g_1\bar{\Psi}_1\Psi_1\phi + g_2\bar{\Psi}_2\Psi_2\phi$$

é uma teoria com dois férmions diferentes (e seus respectivos anti-férmions) e um escalar real.

Calcule o elemento de matriz $|\mathcal{M}|^2$ do espalhamento entre o férmion Ψ_1 e o Ψ_2 em menor ordem de perturbação



Considerando que as partículas iniciais estão despolarizadas e não mediremos a polarização final, calcule:

$$\underbrace{\sum\sum\ldots\sum}_{\text{somas e médias apropriadas sobre o spin}} |\mathcal{M}|^2$$

E escreva sua resposta na forma de produtos ou traços das matrizes de Dirac.