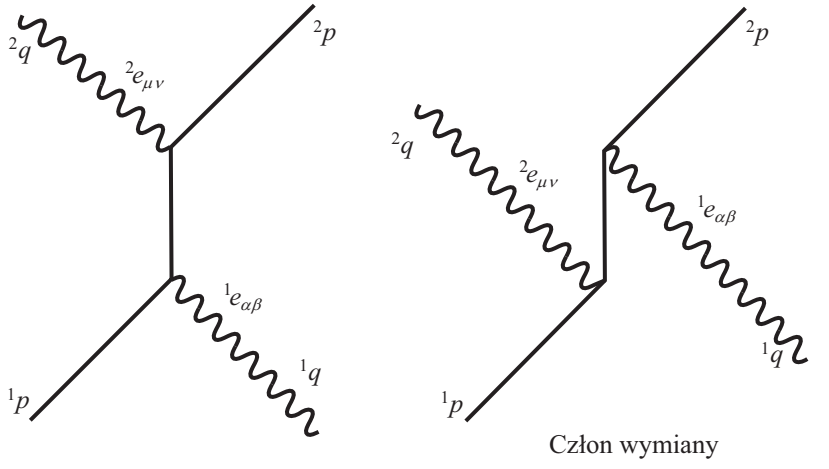
Amplitudzie dla comptonowskiego rozpraszania grawitonu przez cząstkę o masie m odpowiadają wykresy z rysunku 4.3. Polaryzacja grawitonu jest reprezentowana przez tensor $e_{\mu\nu}$; dla masy skalarnej składowe pędu w każdym wierzchołku wynoszą ${}^1p_\mu$, $({}^1p_\nu + {}^1q_\nu)({}^2p_\nu + {}^2q_\nu)$ oraz ${}^2p_\mu$. Korzystając z tych wielkości, mamy (dla pierwszego diagramu)

$$4\lambda^{22}\overline{e}^{\mu\nu}\left[{}^2p_\mu({}^2p_\nu + {}^2q_\nu) - \frac{1}{2}m^2\eta_{\mu\nu}\right]\frac{1}{({}^1p + {}^1q)^2 - m^2} \times {}^1\overline{e}^{\alpha\beta}\left[{}^1p_\alpha({}^1p_\beta + {}^1q_\beta) - \frac{1}{2}m^2\eta_{\alpha\beta}\right]. \tag{4.4.11}$$

Napisany przez nas propagator jest tym właściwym dla cząstki skalarnej. Pewne uproszczenia we wzorze wynikają z ograniczenia na fale płaskie $q^2 = 0$ i $q^\nu\overline{e}_{\nu\mu} = 0$.

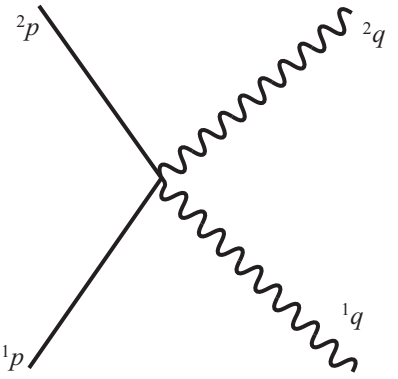


Rysunek 4.3

4.5. Nieliniowe diagramy dla grawitonów

Na podstawie niezmienniczości cechowania oczekujemy, że zmiana ${}^1e_{\mu\nu}$ na ${}^1e_{\mu\nu} + {}^1q_\mu a_\nu + {}^1q_\nu a_\mu$ nie będzie miała wpływu na amplitudę Comptona. Bezpośrednie zastąpienie pokazuje, że to *nie* jest prawda. Nasz wynik jest niezadowalający i niepełny. Co jest nie tak?

W comptonowskim rozpraszaniu fotonów przez elektrony istnieje trzeci diagram, rysunek 4.4, który nie jest analogiczny do jednej z par na rysunku 4.3. Odpowiada



Rysunek 4.4

on sprzężeniu kwadratowemu, w A^2, które pojawia się w lagrangianie, aby teoria miała niezmiennicze cechowanie. W analogii do sytuacji w elektrodynamice możemy podejrzewać, że rozważając tylko parę diagramów z rysunku 4.3, zbliżyliśmy się do prawdy poprzez linearyzację. Istnienie amplitudy z kwadratowym sprzężeniem (rysunek 4.4) może być wyprowadzone w elektrodynamice przez wymaganie, że podstawienie cechowania

$$e_1' = e_1 + qa \tag{4.5.1}$$

powinno prowadzić do braku zmiany amplitudy do danego rzędu. Procedura polega po prostu na porównaniu członów tego samego rzędu amplitud otrzymanych z e_1 i e_1' ze współczynnikami przed każdym członem, które należy wyznaczyć. Być może da się w analogiczny sposób wyprowadzić postać kwadratowych członów grawitonu, ale jak dotąd tego nie zrobiono, ponieważ sprzężenie własne grawitonu bardzo komplikuje sprawę w drugim rzędzie i właściwe postacie uzyskamy w inny sposób.

Próba wyprowadzenia tych pojęć w ten bezpośredni sposób może być kiedyś interesująca, więc poczynimy kilka uwag na ten temat.

Jeśli rozważymy dodanie do rozpraszania Comptona nie tylko amplitud takich jak przedstawia rysunek 4.4, ale także diagram z rysunku 4.5, prawdopodobnie nie będziemy mieli warunków do wyznaczenia wszystkich nieznanych parametrów pełniejszej teorii. Jeśli natomiast rozważymy rozpraszanie Comptona wirtualnego grawitonu, możemy zwiększyć liczbę regulowanych wielkości i być może uda się odzyskać poprawną teorię. Diagramy mogą być takie jak na rysunku 4.6 i możemy próbować zrobić tak, aby suma cechowania była niezmiennicza. W rzeczywistości rozwiążemy te problemy w inny sposób, ale może warto poznać szczegóły naszej teorii pola, podchodząc do rozwiązań różnymi metodami.