Universidade de São Paulo

Instituto de Física

Amplitudes de espalhamento em teorias com derivadas de ordem superior

Relatório de atividades anual de Mestrado.

Projeto sob fomento da CAPES

Pesquisador Responsável: Gabriel Santos Menezes
Aluno: Vicente Viater Figueira

Vigência: 01/03/2025 a 01/03/2027
Período Coberto pelo Relatório: 01/03/2025 a 01/12/2025

São Paulo, 3 de dezembro de 2025

1. Resumo do projeto proposto

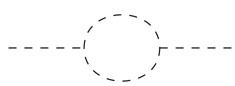
Este plano de atividades se propõe a realizar um estudo de amplitudes de espalhamento na chamada teoria $(DF)^2$ e, utilizando-se do método da cópia dupla, estender esses resultados para o caso da super- gravidade conforme do tipo Berkovits-Witten. Estes estudos também preveem uma maior compreensão do método da unitariedade generalizada para o caso de partículas instáveis. Além disso, também nos permitiria uma abordagem sistemática no estudo do comportamento a altas energias das amplitudes de espalhamento em gravidade quadrática.

2. Realizações no Período

Disciplinas feitas no primeiro semestre: Teoria de Cordas, Tópicos Avançados em Relatividade Geral
Eventos participados: CBPF, CPLF e II Agorá Meeting

2.1. **Comportamento no UV.**

Ao introduzir diagramas de *loops*, naturalmente estes introduzem **divergências**, porém, felizmente, atualmente está bem consolidado tanto conceitualmente, quanto algoritmicamente, procedimentos para "dar cabo" à esses "problemas". Teorias nas quais é possível de se controlar as divergências, **sem** perder o caráter preditivo da teoria, são ditas **renormalizáveis**, no caso contrário, **não–renormalizáveis**. Como exemplo de diagrama divergente podemos voltar à nossa teoria teste,



$$= \mathrm{i}\frac{g^2}{2}\int \frac{\mathrm{d}^4\ell}{(2\pi)^4}\frac{1}{(\ell^2+m^2)\big((\ell-p)^2+m^2\big)} \sim \lim_{\Lambda\to\infty}\int_0^\Lambda \mathrm{d}\ell\,\frac{1}{\ell} \sim \lim_{\Lambda\to\infty}\ln[\Lambda],$$

obviamente, essa análise da divergência é apenas pictórica e altamente ingênua. "Sabemos" que deve haver divergências na região de integração $\ell \to \infty$, o grande problema em analisar essa região é a métrica indefinida do espaço de Minkowski que força $\ell \to \infty \not\Rightarrow \ell^2 \to \infty$, tome como exemplo a região $\ell^\mu = \begin{pmatrix}\Lambda & 0 & 0 & \Lambda\end{pmatrix}$, que respeita $\ell \to \infty$, mas, $\ell^2 \equiv 0$. A análise é ainda mais dificultada quanto maior o número de loops presentes no diagrama.

A "única" maneira de se analisar fielmente o comportamento no UV é realizar uma rotação de Wick para o espaço euclidiano. Isto é, tomando em conta a prescrição de $\mathrm{i}\epsilon$, rotacionamos o contorno da integral de $\mathrm{d}\ell^0$ para o eixo imaginário, desviando dos polos, assim, $\ell^2 \to -\ell^2 < 0$, onde agora ℓ^2 é definido com a métrica euclidiana. Neste caso, o limite $\ell \to \infty \Rightarrow \ell^2 \to \infty$ faz sentido. Há apenas uma obstrução para este procedimento, que pode ser vista no exemplo de integral divergente que dêmos: em geral o integrando não é uma função somente de ℓ^2, mas também depende de contrações com momentos externos da forma $(\ell - p)^2$, portanto, é necessário realizar uma reparametrização antes de aplicar a rotação de Wick. Esses procedimentos não são em sua totalidade difíceis, porém, para grande número de *loops* e pernas externas, se tornam demasiado longas as contas, além de que esta análise é para somente um diagrama. Para topologias que permitem vários diagramas se torna impraticável a análise, além de ser obscuro a presença ou não de cancelamentos entre contribuições de diagramas. Este é o principal ponto que estamos interessados em analisar, em [1] foi de fato mostrado que cancelamentos entre certos diagramas divergentes ocorrem, gerando amplitudes que não possuem algumas das divergências esperadas por análise "ingênua" de *power–counting*.

Conforme mencionamos, é impraticável realizar uma análise de divergência para um número de pernas externas e *loops* arbitrário, ao menos utilizando-se o método usual. O algorítimo utilizado em [1] para se mostrar os cancelamentos foi de analisar a existência ou não de determinados polos no infinito de **cortes** de diagramas. O motivo dos cortes é: cortes eliminam parte da liberdade dos momentos de *loop*, assim, com uma escolha esperta de cortes podemos restringir a região dos momentos de *loop* para uma região do espaço de integração na qual o limite $\ell \to \infty$ faça sentido. Nossa teoria teste é muito simples para esperarmos qualquer tipo de cancelamento em cortes, porém, ela servirá como uma arena de aprendizagem das técnicas necessárias para se realizar o cálculo em teorias mais complexas.

3. Plano de Atividades

Referências

[1] Enrico Herrmann e Jaroslav Trnka. “UV Cancelations in Gravity Loop Integrands”. Em: *Journal of High Energy Physics* 2019.2 (fev. de 2019), p. 84. ISSN: 1029-8479. DOI: `10.1007/JHEP02(2019)084`. arXiv: `1808.10446 [hep-th]`.