

2022/2023 I. féléves beszámoló

Magasabb rendű sugárzási korrekciók tömeges folyamatokban

Hallgató: Fekésházy Levente

Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

Témavezető: dr. Somogyi Gábor (Wigner FK)

1. Bevezetés

A jelenlegi és a következő generációs részecskeütköztetőkből rejlő tudományos lehetőségek teljes kiaknázása érdekében a rendkívül pontos kísérleti méréseket pontos elméleti előrejelzésekkel kell összevetni. Ennek oka az, hogy a mért adatok és az elméleti előrejelzések közötti esetleges finom eltérések megfigyelése a standard modellen túli fizika felbukkanásának közvetett bizonyítékeként szolgálhat. Ezért a mérések megfelelő értelmezéséhez elengedhetetlen a kvantumszindinamikai (QCD), valamint az elektrogyenge (EW) és kvarktömeg hatások kifinomult modellezése.

Kutatásunk célja olyan eszközök és technikák kifejlesztése és alkalmazása, amelyek lehetővé teszik a tömeges részecskéket is tartalmazó részecskeütközési folyamatok hatáskeresztmetszeteinek nagy pontosságú kiszámítását. Konkrétan, az ilyen folyamatokhoz tartozó perturbatív korrekciók NNLO (next-to-next-to-leading order) pontosságú kiszámítására szolgáló levonási eljárásokon dolgozunk. A félév során két kutatási projektben vettem részt:

1. a leptonütköztetőkből történő b-kvarkpár keltésben mérhető úgynevezett „előre-hátra” aszimmetriához tartozó vegyes QCD+EW korrekciók NNLO szintű korrekcióinak kiszámolásában.
2. az említett levonási séma (CoLoRFulNNLO) kiterjesztése tömeges folyamatok és színes kezdeti állapotok esetére.

2. Kutatás

Mindkét kutatáshoz szükséges különböző felsőbb matematikai integrálási technikák, új függvények és matematikai eszközök megismerése.

2.1. $e^-e^+ \rightarrow b\bar{b}$

Ezen projekt keretein belül, elsajátítottam az Integration-By-Parts (IBP) módszert. Ennek segítségével a számolásokban megjelenő integrálok egy részét kifejezzük egy kisebb számosságú integrál halmaz vagy család lineáris kombinációjaként; így szignifikánsan megkönnyítve a számolásinkat. Valós fizikai problémák esetén az IBP redukció technikailag körülményes, így előre megírt programokat (KIRA, FIRE6, ratracer) érdemes használni.

Továbbá megismerkedtem az integrálok differenciálegyenlettel történő kiszámolásával is. Bár ennek a technikának a teljes körű megtanulása és készségszintű használata még időbe telik.

2.2. CoLoRFulNNLO módszer

A legtöbb időt a CoLoRFulNNLO séma színes kezdőállapotokra történő kiterjesztésével töltöttem. Ezen kutatás során, több integrált is direkt módon számoltunk ki.

A számolások során megismerkedtem a harmonikus polilogaritmusokkal és az ezeket implementáló PolyLogTools nevezetű Mathematica csomaggal. Sajnos néhány levonási tag esetében a fentebb említett csomag függvényei nem voltak elég gyorsak vagy épp alkalmasak a megjelenő közttes kifejezések nagyságának és/vagy komplexitásának kezelésére. Jelentékeny időt töltöttem ezen függvények újraírásával és optimalizálásával.

Példaként szeretném felhozni a parciális törtekre bontó algoritmust, mely jelen pillanatban egy $1/\mathcal{O}(58)$ alakú tört esetén a műveletet 0,03s alatt végzi el és körülbelül 15'000 tagot eredményez. Szemben a FORM több órás futási idejével és 100+Gb tárhelyigényével.

3. Tanulmányok

A félév során két kurzust hallgattam, a fizika iskola által meghirdetett listából.

1. Evolúciós játékelmélet (FIZ/3/059E), melyből kiváló eredménnyel vizsgáztam.
2. Válogatott fejezetek a kísérleti nagyenergiás fizikából (FIZ/2/117), melyből közepes érdemjegyre vizsgáztam.

4. Oktatás

Ezen félévben a dr. Györgyi Géza által tartott Haladó Elméleti Mechanika kurzus szorgalmi csoportjának voltam a gyakorlatvezetője. A gyakorlat időtartalma heti 1x2 óra volt.

5. Egyéb

1. Novemberben benyújtottam egy DAAD pályázatot kettős témavezetésű nemzetközi doktori képzésre. A pályázat elnyerésével Prof. Dr. Sven-Olaf Moch társtémavezetőm lenne és a német kormány a pályázat ideje alatt pénzügyi támogatást nyújtana a Németországi tartózkodásomhoz.
2. 2023.01.21 és 2023.02.05 között hamburgi kiküldetésen vettem részt, mely során elmélyítettem tudásomat az IBP módszerről és megismerkedtem a rateracer automatikus IBP számoló programmal.
3. Prof. Dr. Sven-Olaf Moch beleegyezett, hogy 2023. júliusában újra kiutazhassak. Kiutazási szándékomnak két fő célja van:
 - szeretném folytatni a TDK dolgozatomban megkezdett kutatásomat.
 - szeretnék a Computer Algebra and Particle Physics (CAPP) nevezetű nyári iskolán részt venni.

A kiutazás pénzügyi fedezetére Erasmus pályázatot tervezek benyújtani, melyet ezen félév hivatalos lezárultával tudok megtenni.