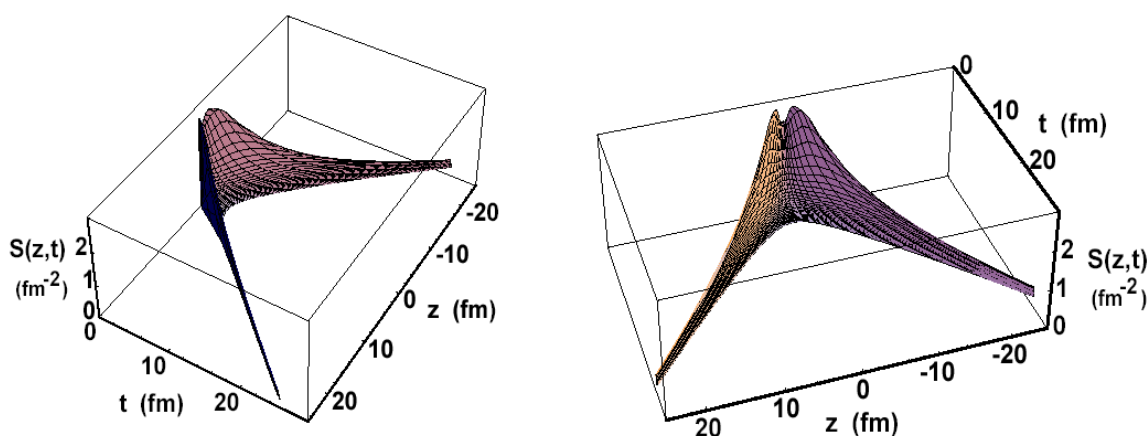


A femtoszkópia és a világ legrövidebb filmje doktori értekezésben

Egy mikrométer egy milliomod méter (10^{-6} méter), egy nanométer 10^{-9} méter, egy femtométer azonban egy milliomod nanométer, vagyis 10^{-15} méter. A femtoszkópia nem más, mint a 10^{-15} méter, vagy ennél is kisebb méretű struktúrák láthatóvá tétele. Hasonlóan a mikroszkópiához és nanoszkópiához, a nem rég született femtoszkópia is alapvető kutatási terület, amelynek fő célja a természeti törvények megismerése és megértése, eredményeinek gyakorlati alkalmazására, a betakarításra később lesz lehetőség.

Novák Tamás 2008 szeptember 4-én védte meg doktori (PhD) értekezését a Nijmegeni Radboud Egyetemen (Hollandia), melyben bemutatta az elektron-pozitron ütközések során keletkező részecskékről készített femtoszkópiai filmfelvételét. Munkájához a CERN LEP gyorsítójánál épült L3 kísérlet 1994-ben felvett adatait használta fel. *(A LEP gyorsítót és az L3 kísérletet is leszerelték azóta, hogy felépíthessék az LHC gyorsítót és az ALICE kísérletet, melyek jelenleg beüzemelési szakasznál tartanak - a ford. megjegyzése).*

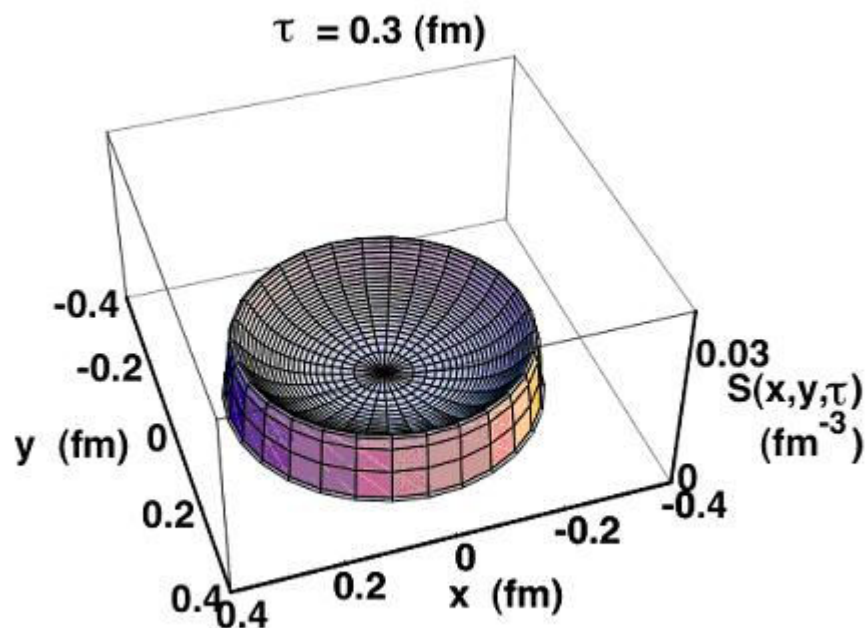
Az elektronoknak és pozitronoknak nem mérhető a nagysága, pontszerű részecskék, legalábbis sokkal kisebbek, mint egy femtométer. Egy elektron és pozitron nagy energián történő ütköztetése során több tucat elemi részecske keletkezik, főleg pionok, melyek kettős vagy többszörös nyalámban (csomagban), úgynevezett *jet*ekben repülnek szét. Ezek megfigyelésére a detektorban az ütközési ponttól számított néhány cm és néhány méter közötti távolságban történik. Novák Tamás *(2002-ben elkezdett - ford. megj.)* doktori dolgozatának központi kérdése volt az ütközés során kibocsátott pionok térbeli és időbeli eloszlásának a meghatározása, négy dimenziós rekonstruálása. Ez a folyamat az ütközési ponttól néhány fm/c, vagy annál is rövidebb intervallumban történik. Egy fm/c az az idő, amire a fénynek 1 fm távolság megtételéhez szüksége van, kerekén 3 yocta másodperc, ami háromszor 10^{-24} másodperc. A femtométeres mérések bemutatásához/szemléltetéséhez Novák Tamás az azonos töltésű pionok Bose-Einstein interferenciáját használta. Módszerének alapjai az asztrofizikából származnak, ahol a fotonok (az elemi fényrészecskék) Bose-Einstein interferenciáját először alkalmazták a fősorozatbeli csillagok látszólagos átmérőjének meghatározására. *(Mintegy 50 évbe telt, mire a fényképfelvételekre emlékeztető statikus képek után eljutottunk oda, hogy ma már részecskefizikai videót is tudunk készíteni - a ford. megj.)*



1. ábra

A mért eredmények pontossága ilyen kis távolságon, amit Novák Tamás az 1+3 dimenziós téridőben bemutat, több mint elképesztő. Az 1. ábra a pionok keletkezésének 4 dimenziós valószínűségét vetíti le két dimenzióba, a z és ct tengelyekre, ahol a z tengely a

részecskesugarak repülési irányát, a t pedig az időt jelenti, és ahol az ütközési pont $z=0$ és $t=0$ pontban található. A struktúra szinte bumeráng alakú. A legerősebb pionkibocsátás a $z=2$ és $t=2$ pont körül található, de ezen kívül van két olyan nyúlvány, amely 20 fm feletti és a z - t sík átlóinak irányában helyezkednek el, ahol $z=ct$ és $z=-ct$, az úgynevezett fénykúpon. Mind a kisebb, mind a valamivel nagyobb z és t értékeknél a fénykúp közvetlen közelében történik a részecske-kibocsátás, az úgynevezett, sajátidő 0.3 fm/c értékénél, vagyis a részecskével együttmozgó rendszerben tekintett 10^{-24} másodpercnél.



2. ábra

Nagyon érdekes továbbá a négy-dimenziós emissziós függvény transzverz irányú projekciója is az x - y síkban. A 2. ábra a kibocsátás erősségét szemlélteti a 0.3 fm/c ($=10^{-24}$ másodperc) sajátidőben. Ebben a pillanatban egy eredetileg nulla értékű hullámgyűrű terjed ki fénysebességgel 0.3 fm-ig. Ennek analógiájára egy kiterjedő hullámra gondolhatunk, amely egy tóba dobott kavics kelt a vízbe felszínén, de mindez a femtométerek kis világában történik. Erről a folyamatról filmfelvételt is bemutatott Novák Tamás, amely ismereteink szerint világ legrövidebb filmcskéje, mivel véget ér 10^{-24} másodperc alatt. Ezt a folyamatot drasztikusan, néhány másodperces időre lelassítva mutatva mégis megláthatjuk ezt a hullámzást. A világ legrövidebb mozija letölthető a www.hef.ru.nl/~novakt/movie/ honlapról.

Az utolsó bekezdésben a pionkeletkezést egy kerti locsolóhoz hasonlítja, melynek két végén egy-egy locsolófej található, viszont a közepe majdnem üres. A locsolófejekből ellentétesen kirepülő részecskesugarak szinte fénysebességgel terjednek a longitudinális és transzverz irányokban, de a távolodás során a részecskekeltés erőssége alábbhagy.

Novák Tamás doktori disszertációja Wes Metzger kutatási irányát követte a Nijmeni Rabdoud Egyetem HEFIN (nagyenergiás fizikai) tankszékén, majd pedig az IMAPP-nál. Témavezetői W. Kittel (Nijmegeni Egyetem, Hollandia) és Csörgő Tamás (MTA KFKI RMKI, Budapest) professzorok voltak, konzulensként, társ-témavezetőként pedig dr. W. Metzger (Nijmegeni Egyetem, Hollandia) járult hozzá a sikerhez.

Néhány érdekesség és magyar vonatkozás:

Ritka jelenség, hogy egy doktori védés eredményéről olyan rangos kutatóegyetemek, mint a Nijmegeni Radboud Egyetem, sajtóközleményt hozzon nyilvánosságra.

A magyar szöveg a Nijmegeni Egyetem Kísérleti Nagyenergiás Fizikai Intézetének sajtóközleménye alapján készült. Ennek rövidített változata megjelent a Nijmegeni Egyetem honlapján, a védés időpontjában.

A kísérleti adatok felvételétől az új elemző módszerek kifejlesztésén át mozi elkészítéséig 14 év telt el. A disszertáció elkészítése 6 éves munka volt, melyet felerészben a Nijmegeni Egyetemen, felerészben Magyarországon töltött a jelölt.

- A film hossza mindössze 10^{-24} másodperc, amit mindegy 2 másodpercre lassítottunk le, mivel az eredeti jelenség olyan gyors, hogy enélkül szabad szemmel NEM lenne követhető...
- Ha a Budapest-Vámosgyörk között, mintegy 80 km/h átlagsebességgel közlekedő gyorsvonatot ilyen arányban lassítanánk le, akkor a vonat az 1 óra 10 perces menetideje alatt egy arany atommag átmérőjének csupán a százvezred részét tenné meg, amely sebességhez képest a csigabiga mozgása valóságos száguldásnak számít.
- A számítógépekben a processzor órajele néhány gigahertz, ami azt jelenti, hogy másodpercenként néhány milliárd órajelen alapul a számítástechnika. Egyetlen ilyen, számítógépet vezérlő órajel alatt a részecskekeletkezésről készített filmfelvétel valós időben milliárdszor milliószor, azaz 10^{15} alkalommal lenne lejátszható.

A fordítás hitelül: Csörgő Tamás témavezető, az MTA Doktora, MTA KFKI RMK Kelt Nijmegenben, Hollandiában, 2008 IX. 5.-én. Javított verzió, v 1.1.

Néhány ajánlott honlap:

A Nijmegeni Radboud Egyetem Matematikai, Asztrofizikai és Részecskefizikai Intézetének teljes sajtóközleménye hollandusul:

<http://www.ru.nl/imapp/>

http://www.ru.nl/asp/download.aspx?File=/contents/pages/98741/tamas_novak.pdf&structuur=imapp

A Nijmegeni Radboud Egyetem rövidített sajtóközleménye hollandusul:

<http://www.ru.nl/home/nieuws/>

http://www.ru.nl/home/nieuws/algemeen_oznieuws/nieuw_femtoscopie_en/

Novák Tamás honlapja a Nijmegeni Egyetemen:

<http://www.hef.kun.nl/~novakt/>

A világ legrövidebb mozija:

<http://www.hef.ru.nl/~novakt/movie/movie.gif>

Novák Tamás honlapja a gyöngyösi Károly Róbert Főiskolán:

http://alia.karolyrobert.hu/cms/netalon.xml?data_id=2515

Novák Tamás doktori értekezésének népszerű összefoglalása:

http://www.hef.kun.nl/~novakt/phd/defense_novak.ppt

Novák Tamás doktori értekezés:

http://www.hef.kun.nl/~novakt/phd/phd_final.pdf