

**Oponentský posudok na habilitačnú prácu RNDr. Janky Vrlákovéj, PhD. na tému:
„Produkcia relativistických častíc v jadrových zrážkach“.**

Vyjadrenie k habilitačnej práci

V predkladanej habilitačnej práci sú zhrnuté hlavné výsledky kontinuálneho dlhoročného vedeckého výskumu autorky. V rámci tohto výskumu sa RNDr. Vrláková venuje štúdiu zrážok relativistických jadier prostredníctvom analýzy experimentálnych údajov získaných metodikou emulzného dráhového detektora. Štúdium zrážok relativistických jadier prispieva k možnosti zodpovedania fundamentálnych otázok o vzniku sveta okolo nás, o tom, z čoho sa skladá a ako funguje. Získané výsledky sa ale môžu uplatniť aj pri kozmických letoch, v jadrovej energetike, medicíne. Preto je problematika, ktorej sa autorka venuje, dlhodobo v centre pozornosti nielen jadrových a časticových fyzikov.

Použitá metodika patrí ku klasickým metódam detekcie častíc a napriek pracnosti spracúvania a teda malej štatistike v porovnaní s modernými elektronickými detektormi, má svoje výhody, ku ktorým patrí úplné uhlové pokrytie, dobré priestorové rozlíšenie, možnosť určenia náboja častice zo zmerania jej ionizácie, vysoká detekčná účinnosť, prenosnosť a cenová dostupnosť. Preto sa jadrové emulzie stále využívajú aj v súčasnosti pri štúdiu niektorých fundamentálnych procesov ako je rádioktívna premena a štiepenie jadier a aj v experimentoch v CERNe pri štúdiu oscilácií miónových neutrín (experiment OPERA).

V práci sú uvedené výsledky spracovania experimentálnych údajov zo zrážok jadier v širokom intervale hmotností $A = (11 - 208)$ a hybností $(2,75 - 200) A \text{ GeV}/c$ nalietaujúcich jadier s jadrami emulzie. Tieto výsledky boli získané v rámci medzinárodných výskumných projektov EMU01, BECQUEREL, Dubnenská a Kryptónová kolaborácia. V rámci tejto spolupráce sa autorka priamo podieľala na spracúvaní – prehliadaní, meraní, formovaní sumárnych výsledkov (DST) a následnej kontrole údajov z jadrových emulzií ožiarených zväzkami primárnych jadier B, S, Kr, Au, Pb v intervale hybností $(0,95 - 158) A \text{ GeV}/c$. Metodické výsledky prezentovala na niekoľkých pracovných poradách v rámci medzinárodných kolaborácií. Dôležitý prínos autorky spočíva najmä v príprave programov pre analýzu údajov použitím metódy škálovacích faktoriálnych momentov pri hybnostiach $(4,1 - 200) A \text{ GeV}/c$ aj so zahrnutím porovnania s modelovými dátami získanými vygenerovaním pomocou niekoľkých teoretických modelov a následnej fyzikálnej analýzy získaných výsledkov.

Habilitačná práca patrí svojim obsahom do študijného odboru 4. 1. 5. Jadrová a subjadrová fyzika. Tvorí ju vlastný text práce, ktorý sa skladá z úvodu, štyroch kapitol a záveru, a pätnásť priložených prác, ktoré boli publikované v karentovaných časopisoch alebo prednesené na zahraničných a domácich medzinárodných konferenciách. Autorka dôsledne cituje literatúru, celá práca pôsobí veľmi kompaktno, má výbornú logickú štruktúru, je prehľadná a jasná, čo svedčí o vysokej pedagogickej erudovanosti autorky. Prácu podľa môjho názoru bude preto možné využiť aj v pedagogickom procese.

Súčasný stav problematiky zrážok relativistických častíc je stručne opísaný v prvej kapitole. Je tu uvedený prehľad experimentov a základných teoretických prístupov k opisu jadro – jadrových zrážok pri vysokých energiách.

Druhá kapitola sa zaoberá opisom metodiky detekcie častíc emulzným dráhovým detektorom. Sú tu uvedené základné charakteristiky všetkých emulzných experimentov, do ktorých bola

v rámci medzinárodných kolaborácií zapojená Katedra jadrovej a subjadrovej fyziky ÚFV PF UPJŠ, a na spracovaní a analýze ktorých sa RNDr. Vrláková aktívne podieľala.

Nasledujúce dve kapitoly sú venované fyzikálnym výsledkom, ktoré autorka získala. Tieto výsledky sú veľmi komplexné, týkajú sa ako centrálnych, tak aj periférnych zrážok.

Tretia kapitola má dve časti. V prvej časti sú zhrnuté výsledky štúdia centrálnych zrážok – ich základné charakteristiky, ako rozdelenia multiplicít a pseudorapidít a ich porovnania s výsledkami iných experimentov aj s modelovými dátami (všeobecné charakteristiky mnohočasticovej produkcie v zrážkach ťažkých iónov sa dobre opisujú geometrickou superpozíciou a Monte Carlo generátorm – napr. model FRITIOF). Šírky pseudorapiditných rozdelení sú nezávislé od interakčného systému a s rastom energie primárnych jadier narastá interval pseudorapidoty produkovaných relativistických častíc. Kritériom centrality môže byť veľkosť nepreinteragovaného náboja alebo počet relativistických častíc. Detailná analýza rozdelení pseudorapidít produkovaných relativistických častíc ukázala komplexnú štruktúru týchto spektier, ktorá sa skladá z niekoľkých pikov. Bola ukázaná existencia platô v centrálnej oblasti rapidít. Existencia platô je dôležitá pre teoretické modely. Podrobné výsledky sú v priložených prácach I – V.

Druhá časť tretej kapitoly sa týka skúmania periférnych zrážok (priložené práce VI – IX). Bolo ukázané, že parameter fragmentácie klesá s rastom protónového čísla primárneho jadra. Výsledky boli porovnané s poloempirickým modelom jadrovej fragmentácie vyvinutým v kozmickej fyzike. Štúdium fragmentácie ľahkých relativistických stabilných i rádioaktívnych jadier je zdrojom informácie o ich štruktúre. Priestorové rozlíšenie umožnilo pozorovať všetky možné rozpady jadrových excitovaných stavov na fragmenty. Náboj viacnásobne nabitých fragmentov je možné merať pomocou merania počtu delta elektrónov, keďže ich hustota je priamo úmerná druhej mocnine náboja fragmentu. Prvýkrát boli takto pozorované prípady nábojovej výmeny jadra ^{11}B na jadro $^{11}\text{C}^*$ v excitovanom stave.

Štvrtá kapitola sa venuje štúdiu signifikantných fluktuácií v rapiditnej a pseudorapiditnej hustote produkovaných častíc metódou faktoriálnych momentov (priložené práce III, X – XV). Štúdium týchto javov je veľmi významné, pretože fluktuácie by mohli byť prejavom fázového prechodu hadrónovej látky do stavu kvarkovo-gluónovej plazmy. Prvýkrát boli získané výsledky analýzy metódou faktoriálnych momentov na takom širokom rozsahu hmotností primárnych jadier (O, Ne, Si, S, Au, Pb) a ich hybností (od 4,1 A GeV/c do 200 A GeV/c). Vo všetkých experimentálnych údajoch bola potvrdená prítomnosť neštatistických fluktuácií, pričom výsledky získané metódou horizontálnych, vertikálnych a zmiešaných faktoriálnych momentov sú porovnateľné. Teoretické modely dávajú odlišné výsledky – slabo popisujú skúmané veličiny, teda zrejme v nich nie sú zahrnuté zdroje fluktuácií. Bola študovaná tiež závislosť intermitenčného parametra od rádu faktoriálneho momentu, pretože existencia minima tejto závislosti by mohla byť prejavom netermálneho fázového prechodu, minimum nebolo nájdené.

Získané výsledky sú významným príspevkom k súčasnému stavu poznania problematiky produkcie relativistických častíc v jadro – jadrových zrážkach. Práca prináša mnoho rozširujúcich a nových poznatkov a metodických postupov, podáva ucelený pohľad na danú problematiku.

Námet na diskusiu

V rámci habilitačnej rozpravy by ma zaujímalo vyjadrenie habilitantky k jej súčasnému vedeckému bádaniu – či a ako naväzuje na uvedené výsledky, aké experimentálne údaje v súčasnosti spracúva a ako vidí možnosti aplikácie svojich vedeckých výsledkov v pedagogickej práci.

Záver a odporúčanie

RNDr. Janka Vrláková je erudovanou vedeckou a pedagogickou pracovníčkou. Je spoluautorkou 260 pôvodných vedeckých prác s veľkým počtom ohlasov a dvoch vysokoškolských skrípt. Bola spoluriešiteľkou 14 grantových projektov, jeden v súčasnosti vedie. Zúčastnila sa mnohých medzinárodných konferencií, sympózií a pracovných porád. Podieľala sa na organizovaní domácich i medzinárodných vedeckých konferencií, bola na viacerých krátkodobých a strednodobých zahraničných pobytoch (SÚJV, University of Lund, CERN). Viedla diplomové (10) a bakalárske (3) práce. Počas svojej dlhoročnej pedagogickej činnosti pripravuje a vedie cvičenia a prednášky pre študentov fyzikálnych študijných programov na PF UPJŠ a tiež sa veľmi výrazne podieľa na podujatiach popularizujúcich fyziku najmä pre stredoškolských študentov (napr. Hands on Particle Physics – European Physics Masterclasses for High School Students v rokoch 2005 – 2018).

Habilitačná práca RNDr. Janky Vrlákovvej, PhD. spĺňa všetky kritériá v súlade so zákonom č. 131/2002 Z.z. a vyhlášky č. 6/2005 Z.z. o habilitácii docentov a vymenúvaní profesorov, preto jednoznačne odporúčam predloženú prácu prijať ako podmienku pre habilitáciu a po jej úspešnom obhájení, berúc do úvahy všetky vyššie uvedené skutočnosti, **odporúčam vymenovanie RNDr. Janky Vrlákovvej, PhD. za docentku v študijnom odbore 4.1.5. Jadrová a subjadrová fyzika.**

V Košiciach, 5.12.2018

Júlia Hlaváčová
oponent