

# Badanie naładowanych hadronów produkowanych w centralnych zderzeniach Pb+Pb w CERN SPS

Syed Uzair Ahmed Shah, M.Sc.  
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach  
December 2025

Promotor: prof. dr hab. Maciej Rybczyński  
Promotor Pomocniczy: dr Maciej Piotr Lewicki

## Streszczenie

Pomiar produkcji cząstek w zderzeniach ciężkich jonów stwarza możliwość badania materii oddziałującej silnie w stanie gazu hadronowego oraz w stanie plazmy kwarkowo-gluonowej, a także przejścia fazowego zachodzącego między nimi. Eksperyment NA61/SHINE, działający przy akceleratorze SPS w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN, realizuje unikalny, dwuwymiarowy skan poprzez zmianę pędu wiązki w zakresie od  $13A$  do  $150A$  GeV/ $c$  oraz rozmiaru zderzających się układów ( $p+p$ ,  $p+Pb$ ,  $Be+Be$ ,  $Ar+Sc$ ,  $Xe+La$ ,  $Pb+Pb$ ) w celu zbadania produkcji naładowanych hadronów. Jednym z kluczowych celów eksperymentu NA61/SHINE jest zbadanie właściwości materii oddziałującej silnie w obszarze progu spontanicznego uwolnienia kwarków (onset of deconfinement) poprzez pomiar stosunku produkcji naładowanych kaonów oraz pionów  $\langle K^+ \rangle / \langle \pi^+ \rangle$  w różnych układach zderzeń. Program ten został zainspirowany zaobserwowaniem w eksperymencie NA49 wyraźnego maksimum w stosunku  $\langle K^+ \rangle / \langle \pi^+ \rangle$  (tzw. „rogu” – ang. horn) w centralnych zderzeniach Pb+Pb przy pędzie wiązki około  $30A$  GeV/ $c$ .

Głównym celem niniejszej analizy jest identyfikacja oraz pomiar widm naładowanych hadronów ( $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $K^+$ ,  $K^-$ ,  $p$ , oraz  $\bar{p}$ ) powstających w centralnych zderzeniach Pb+Pb przy pędach wiązki  $13A$  and  $30A$  GeV/ $c$ . W pracy wyznaczono stosunki  $\langle K^+ \rangle / \langle \pi^+ \rangle$  oraz  $\langle K^- \rangle / \langle \pi^- \rangle$  i zbadano ich zależność od energii zderzenia oraz rozmiaru układu. Uzyskane wyniki porównano z dostępnymi danymi z innych eksperymentów oraz z modelami teoretycznymi. Nowe dane dla zderzeń Pb+Pb przy pędzie  $13A$  GeV/ $c$  stanowią istotny punkt niskoenergetyczny, wypełniający lukę między wcześniejszymi pomiarami z akceleratora AGS (Alternating Gradient Synchrotron) w Brookhaven a wynikami z CERN SPS.

13/01/2026 Syed Uzair Ahmed Shah