

Отчет за изпълнението на проект

“Study of rare kaon decays and searching for New Physics at the experiments NA48/2 and NA62 at SPS accelerator“

I. Научен отчет

През изминалата година научният колектив от СУ „Св. Кл. Охридски“ продължи своето активно участие в серията от експерименти NA48 и NA62, чиято основна задача е измерване на прякото CP-нарушение в каонните разпади както и изследването на редки каонни разпади. Получени са следните по-важни резултати (списък на публикуваните статии е приведен в края на отчета):

1. Експеримент NA48/2.

През изминалата година продължи анализа на разпада $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm}\pi^0 e^+ e^-$. Този рядък разпад е наблюдаван за първи път на експеримента NA48/2 и е интересен поради възможността за наблюдаване на директно CP нарушение в системата на заредените каони. Беше реконструирана извадка от 4919 кандидати с фон от порядъка а 5%. Това позволи измерването на вероятността за този разпад, а именно $\text{Br}(K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm}\pi^0 e^+ e^-) = (4.24 \pm 0.14) \times 10^{-6}$. Изучаването на фазовото пространство позволи да се определи структурно-зависимият принос и той е в съгласие с киралната теория на пертурбациите. Също така при изследването на избрани асиметрии не беше наблюдавано CP нарушение. Подготвена е публикация, която е достъпна като препринт от ЦЕРН: CERN-EP-2018-246 (arXiv:1809.02873 [hep-ex]).

Беше завършен и анализът по измерването на форм-факторите, използвани за описанието на полулептонните разпади на заредени K-мезони. За целта бяха използвани 4.4×10^6 и 2.3×10^6 реконструирани събития, идентифицирани съответно като $K^{\pm} \rightarrow \pi^0 e^{\pm} \nu$ и $K^{\pm} \rightarrow \pi^0 \mu^{\pm} \nu$ кандидати. Определянето на форм-факторите изискваше прецизна симулация на отклика на експеримента, както и на радиационните поправки към двата разпада. Различни методи за анализ на данните бяха приложени – отделен фит на Далиц-плотовете за електронната и мюонната мода на разпад, отделни фитове съответно за K^+ и K^- и общ фит, обхващащ всички реконструирани събития. Всички те доведоха до съгласуващи се помежду си резултати. Резултатите също така се съгласуват и с тези, получени от други експерименти, като прецизността им е съпоставима или по-добра. Резултатите са публикувани в списание с

импакт фактор - JHEP **1810** (2018) 150.

2. Експериментът NA62

В рамките на експеримента NA62 колективът от Софийския университет се ангажира с участие в разработката на системата за регистрация на фотони и по специално на два вето детектора – SAC и IRC (Small Angle Calorimeter и Intermediate Ring Calorimeter), предназначени за регистрация на фотони, летящи под малки ъгли спрямо каонния сноп.

През изминалата година беше поддържана системата за набор на данните от двата вето детектора (SAC и IRC). Тя е базирана на разделянето на сигналите от детекторите и независимата им обработка от две различни по архитектура системи, даващи прецизно време (разделителна способност по-добра от 1 ns) и измерване на депозираната в калориметрите енергия.

Двата детектора, SAC и IRC, бяха успешно използвани в набора на данните през 2018 година. През изминалата година основният приоритет на групата беше именно надеждният набор на данни и навременната оценка на тяхното качество. Това се определяше от факта, че 2018 г. е последната възможност за набор на данни преди ускорителят SPS в ЦЕРН да бъде спрян за 2 години за планов ремонт и профилактика. Опитът от предишни години позволи навременното отстраняване на възникващите в хода на работата проблеми по детекторите SAC и IRC, като най-често срещаните бяха свързани със системата за набор на данни (липсващи канали поради неправилно функциониране на времецифровите преобразуватели), загуба на комуникацията със системата за контрол на предулсивателите и формирователите на сигналите и повишен шум заради повреда в конекторите на кабелите.

Беше следено и качеството на записаните данни от детекторите SAC и IRC. Достигната времева разделителна способност е около 700 ps, а неефективността е по-малка от $7 \cdot 10^{-4}$.

През 2018 г. продължиха подобренията по системата за четене и набор на данни от магнитния спектрометър на експеримента, базиран на тръбни детектори, което доведе до повишаване на ефективността на работата на експеримента. Беше проведен предварителен анализ на разделителната способност на спектрометъра по импулси, като беше достигната $0.001 \text{ GeV}^2/c^4$ разделителна способност по квадрата на липсващата маса в $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0$ разпадите – стойност, сравнима с плануваната.

През 2018 година беше завършен анализът по търсене на съществуването на нови тежки лептони в разпадите на заредените К-мезони. За целта беше проведено търсене на излишък на събития в спектъра по лисваща маса за K^+ разпадите с един мюон или един електрон в крайно състояние. Такъв излишък не беше наблюдаван за нито една от модите и бяха поставени горни граници за параметрите на смесване между „тежките неутрина“ и съответно мюонното и електронното неутрино $|U_{\mu 4}|$ и $|U_{e 4}|$ достигащи до 10^{-7} . Резултатите са публикувани в списание с импакт фактор - Phys.Lett. **B778** (2018) 137-145

Едно от основните достижения през изминалата година е завършването на анализа по търсенето на $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \nu \bar{\nu}$ събития в данните, набрани от експеримента NA62 през 2016 г. За целта бяха използвани 1.2×10^{11} K^+ разпада. Набраната статистика заедно с ефективността за регистрация за $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \nu \bar{\nu}$ събитията водят до очакван принос от този разпад (използвайки предсказаната от Стандартния модел вероятност за разпад) в селектираната извадка от 0.27 събития. Очакваният фон е 0.15 събития. Анализът е проведен по така наречения метод „сляп анализ“, при който селекцията, оценката на фона и определянето на ефективностите се правят, използвайки само събития, попадащи извън предварително дефинирана сигнална област. Това води до намаляване на влиянието на човешкия фактор вследствие на „нагласяне“ на селекцията при търсене на малък брой събития. След фиксирането на анализа в сигналната област попада 1 събитие. Това води до получаването на горна граница по измерването на относителната вероятност за разпад $Br(K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \nu \bar{\nu}) < 14 \times 10^{-10}$. Подготвена е публикация.

Важността на получения резултат се определя от това, че представеното измерване е първото, което използва К-мезони, които се разпадат в полет. Също така, той дава увереност във възможностите за надеждна идентификация както на неутрални, така и на заредени частици от детекторните системи на експеримента NA62 – включително и от тези, за които отговарят членовете на екипа по настоящия проект.

Данните от експеримента NA62, набрани през 2017 и 2018 г., вече са в процес на анализ с цел получаване на предварителен резултат по измерване на относителната вероятност за разпад $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \nu \bar{\nu}$.

Списък на публикациите

1. First search for $K^+ \rightarrow \pi^+ \bar{\nu} \nu$ using the decay-in-flight technique
By NA62 Collaboration (Eduardo Cortina Gil et al.). arXiv:1811.08508 [hep-ex].
2. First Observation and Study of the $K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} \pi^0 e^+ e^-$ Decay
By NA48/2 Collaboration (J.R. Batley et al.). arXiv:1809.02873 [hep-ex].
3. Measurement of the form factors of charged kaon semileptonic decays
By NA48/2 Collaboration (Cristina Lazzeroni et al.). JHEP 1810 (2018) 150.
4. Search for heavy neutral lepton production in K^+ decays, By NA62
Collaboration (Eduardo Cortina Gil et al.). Phys.Lett. B778 (2018) 137-145.

София
6.12.2017

Съставил отчета:
проф. дфзн Л. Литов