

Аннотация цикла работ «Теоретическая поддержка экспериментов на коллайдерах» на конкурс научно-исследовательских теоретических работ ОИЯИ

Коллектив авторов:

А. Арбузов, С. Бондаренко, Е. Дыдышко, Л. Калиновская, А. Кампф, Л. Румянцев, Р. Садыков, В. Ермольчик, Ю. Ермольчик.

Область исследований цикла работ охватывает физику электрослабых и сильных взаимодействий частиц в рамках Стандартной модели, которая изучается на современных ускорителях высоких энергий. Особое внимание уделяется построению высокоточных предсказаний для процессов, изучаемых на современных и перспективных ускорителях, таких как Большой адронный коллайдер, электрон-позитронные линейные коллайдеры (ILC, CLIC, FCCee), мюонные фабрики и др. В частности, были рассмотрены радиационные поправки для процессов Дрелла-Яна с нейтральным ($pp[p\bar{p}] \rightarrow Z, \gamma \rightarrow \ell^+ \ell^-$) и заряженным током ($pp[p\bar{p}] \rightarrow W^- \rightarrow \ell^- \bar{\nu}_\ell$, $pp[p\bar{p}] \rightarrow W^+ \rightarrow \ell^+ \nu_\ell$), рассеяния Баба ($e^+ e^- \rightarrow e^- e^+$), рассеяния Мёллера ($e^- e^- \rightarrow e^- e^-$), мюон-электронного рассеяния ($\mu^+ e^- \rightarrow \mu^+ e^-$), рождения бозона Хиггса, ассоциированного с рождением Z-бозона ($e^+ e^- \rightarrow ZH$), рождения фермионной пары ($e^+ e^- \rightarrow \mu^- \mu^+$, $e^+ e^- \rightarrow \tau^- \tau^+$, $e^+ e^- \rightarrow t\bar{t}$), рождения пары фотонов ($e^+ e^- \rightarrow \gamma\gamma$). Прецизионные испытания Стандартной модели в экспериментах на коллайдерах приобретают все большее значение. Точность экспериментальных исследований непрерывно растет с увеличением собранной статистики, с улучшением калибровки детекторов, развитием методов анализа и т.д. Это приводит к постоянному повышению требований к точности теоретических прогнозов. В связи с планами по запуску экспериментов с поляризованными пучками (NICA, Belle II, ILC, CLIC), необходимы теоретические предсказания с учетом поляризации начальных и конечных частиц.

Основной целью работ является разработка компьютерной системы для полуавтоматических аналитических расчетов для различных процессов взаимодействия частиц. Результаты аналитических расчетов реализованы в компьютерных программах: Монте-Карло интеграторе MCSANSee и Монте-Карло генераторе невзвешенных событий ReneSANSe, которые позволяют учитывать экспериментальные условия. Данные программы позволяют получать результаты с полными однопетлевыми электрослабыми поправками и отдельными поправками высших порядков, с учетом масс всех частиц, в полном фазовом объеме. А также, что важно, как для неполяризованных, так и для поляризованных случаев. Эти уникальные свойства делают их востребованными для моделирования современных и будущих экспериментов. Данные программы переданы экспериментаторам и активно используются для симуляции и анализа данных в коллаборациях ATLAS, CMS, Belle II и др.

На будущих электрон-позитронных коллайдерах высоких энергий планируется изучить физику в области энергии порядка массы Z-бозона на принципиально новом уровне точности. Это вызвало новую волну интереса к программам, исполь-

зовавшимися при анализе экспериментальных данных на LEP. Наша группа продолжила поддерживать и развивать две такие программы: библиотеку электрослабых поправок DIZET и полуаналитическую программу для вычисления сечений процессов электрон-позитронной аннигиляции ZFITTER.

Таким образом, сделан вклад в теоретическую поддержку современных и будущих экспериментальных исследований в области физики высоких энергий, в частности, на существующих коллайдерах ВЭПП-2000 (Новосибирск), Belle II (Япония), BEPC-II (Пекин) и будущих установках, таких как Супер Чарм-Тау Фабрика (Саров), FCC_ee (ЦЕРН), CEPС (Китай) и др.

Результаты полученные участниками проекта, были представлены в публикациях в рецензируемых журналах и докладывались на многочисленных международных семинарах и конференциях.

Доклад по выдвигению цикла работ на премию ОИЯИ проведен 6 сентября 2023 на общелабораторном семинаре ЛЯП <http://www.jinr.ru/posts/165933/>.

Публикации, представленные на конкурс:

- 1 A. Arbuzov, S. Bondarenko, L. Kalinovskaya, R. Sadykov, V. Yermolchuk.
[Electroweak radiative corrections to polarized top quark pair production](#),
Phys.Rev.D 107 (2023) 11, 113006.
- 2 A. Arbuzov, J. Gluza, L. Kalinovskaya, S. Riemann, T. Riemann, V. Yermolchuk.
[Computer package DIZET v. 6.45](#),
Comput. Phys. Commun. 291 (2023) 108846.
- 3 A. Arbuzov, S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, R. Sadykov,
V. Yermolchuk, Yu. Yermolchuk.
[Electroweak Effects in Neutral Current Drell–Yan Processes within SANC System](#),
Phys. Part. Nucl. 54 (2023) 3, 552-555.
- 4 S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, A. Kampf, L. Romyantsev,
R. Sadykov, V. Yermolchuk.
[One-loop radiative corrections to photon-pair production in polarized positron-electron annihilation](#),
Phys. Rev. D 107 (2023) 7, 073003.
- 5 S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, R. Sadykov, V. Yermolchuk.
[EW One-Loop Corrections to the Longitudinally Polarized Drell–Yan Scattering. \(I\) The Neutral Current Case](#),
Phys. Part. Nucl. Lett. 20 (2023) 2, 77-83.
- 6 S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, R. Sadykov, V. Yermolchuk.
[Hadron-hadron collision mode in ReneSANCe-v1.3.0](#),
Comput. Phys. Commun. 285 (2023) 108646.
- 7 A. Arbuzov, S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, L. Romyantsev,

- R. Sadykov, V. Yermolchyk, Yu. Yermolchyk.
[Effects of Electroweak Radiative Corrections in Polarized Low-Energy Electron-Positron Annihilation into Lepton Pairs](#),
JETP Lett. 116 (2022) 4, 199-204.
- 8 S.G. Bondarenko, L.V. Kalinovskaya, L.A. Rumyantsev, V.L. Yermolchyk.
[One-loop electroweak radiative corrections to polarized Møller scattering](#),
JETP Lett. 115 (2022) 9, 495-501.
- 9 A.B. Arbuzov, S.G. Bondarenko, L.V. Kalinovskaya, L.A. Rumyantsev,
V.L. Yermolchyk.
[Electroweak effects in polarized muon-electron scattering](#),
Phys. Rev. D 105 (2022) 3, 033009.
- 10 Arbuzov Andrej, Bondarenko Serge, Kalinovskaya Lidia, Sadykov Renat
and Yermolchyk, Vitaly.
[Electroweak Effects in \$e^+e^- \rightarrow ZH\$ Process](#),
Symmetry, 13 (2021) 7, 1256.
- 11 A.B. Arbuzov, S.G. Bondarenko, L.V. Kalinovskaya.
[Asymmetries in Processes of Electron-Positron Annihilation](#),
Symmetry 12 (2020) 7, 1132.
- 12 S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, R. Sadykov, V. Yermolchyk.
[One-loop electroweak radiative corrections to lepton pair production
in polarized electron-positron collisions](#),
Phys. Rev. D 102 (2020) 3, 033004
- 13 Renat Sadykov, Vitaly Yermolchyk.
[Polarized NLO EW \$e^+e^-\$ cross section calculations with ReneSANCe - v1.0.0](#),
Comput. Phys. Commun. 256 (2020) 107445.
- 14 D. Yu. Bardin, P. Christova, L. V. Kalinovskaya, V. A. Kolesnikov, L. A. Rumyantsev,
R. R. Sadykov, A. A. Sapronov, E. D. Uglov, W. B. von Schlippe, A. B. Arbuzov,
S. G. Bondarenko, G. Nanava, A. Andonov.
[Precision Description of Processes at Colliders in the SANC System](#),
Phys. Part. Nucl. 50 (2019) 4, 395-432.
- 15 S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya, L. Rumyantsev, R. Sadykov,
V. Yermolchyk.
[One-loop electroweak radiative corrections to polarized \$e^+e^- \rightarrow ZH\$](#) ,
Phys. Rev.D 100 (2019) 7, 073002.
- 16 D. Bardin, A. Arbuzov, S. Bondarenko, Ya. Dydyshka, L. Kalinovskaya,
L. Rumyantsev, R. Sadykov.
[One-loop electroweak radiative corrections to polarized Bhabha scattering](#)
Phys. Rev. D 98 (2018) 1, 013001.

Конференции и рабочие совещания:

- 1 Arbuzov A. and Bondarenko S. and Kalinovskaya L..
[Electroweak Effects in Asymmetries of Electron–Positron Annihilation Processes](#),
Acta Phys. Polon. Supp., 15, number 2, pages 1–A11, 2022 year.
- 2 Sadykov R., Arbuzov A., Bondarenko S., Dydyska Y., Kalinovskaya L.,
Rumyantsev L. and Yermolchik V..
[ReneSANCe event generator for high-precision \$e^+ e^-\$ physics](#),
J. Phys. Conf. Ser.,
2438, 1, 012152, 2023 year
- 3 A. Arbuzov, S. Bondarenko, Y. Dydyska, L. Kalinovskaya,
L. Rumyantsev, R. Sadykov, V. Yermolchik.
[Electron-positron annihilation processes in MCSANCee](#),
CERN Yellow Reports: Monographs 3 (2020) 213-216.
Eds. A. Blondel, J. Gluza, S. Jadach, P. Janot and T. Riemann
- 4 A. Arbuzov, D. Bardin, S. Bondarenko, Y. Dydyska, L. Kalinovskaya,
L. Rumyantsev and R. Sadykov. [Electroweak radiative corrections
to polarized Bhabha scattering](#)
PoS LL2018 (2018) 010
- 5 A B Arbuzov, S G Bondarenko, Ya V Dydyska, L V Kalinovskaya,
L A Rumyantsev and R R Sadykov.
[QED and electroweak radiative corrections to polarized Bhabha scattering](#),
J.Phys.Conf.Ser. 1525 (2020) 1, 012011
- 6 R.R. Sadykov, A.B. Arbuzov, S.G. Bondarenko, Ya V. Dydyska,
L.V. Kalinovskaya, I.I. Novikov, L.A. Rumyantsev, V.L. Yermolchik.
[MCSANCee generator with one-loop electroweak corrections for processes
with polarized \$e^+e^-\$ beams](#),
J.Phys.Conf.Ser. 1525 (2020) 1, 012012