

Кафедра теоретической физики программа 'Физика нейтрино'

Для студентов и аспирантов по программе «Физика нейтрино» читаются курсы лекций:

- «Введение в физику нейтрино» (на английском языке)
- «Взаимодействия элементарных частиц в электромагнитных полях»
- «Осцилляции и электромагнитные свойства нейтрино: теория и астрофизические приложения»
- «Модели генерации массы нейтрино»
- «Квантовая теория столкновений» (читается на кафедре квантовой теории и физики высоких энергий)

По инициативе кафедры теоретической физики на физическом факультете открыта специальная магистерская программа «Физика нейтрино» (руководители – К.А.Кузаков и А.И.Студеникин, её описание имеется на сайте физического факультета.



Важным элементом образовательной программы по физике нейтрино являются ежегодно проводимые на физическом факультете **Международные школы по физике нейтрино**. Также для всех интересующихся данной проблемой А.И.Студеникин читает общий межфакультетский курс:

- «Невидимая элементарная частица нейтрино».

- К.Л. Станкевич, «Эффекты осцилляций нейтрино в сверхновых» (2018 г.)
- А.Р. Попов, «Спиновые осцилляции нейтрино в поперечно движущейся среде» (2017 г.)
- П.Г. Пустошный, «Флейворные осцилляции нейтрино в магнитном поле и произвольно движущейся среде» (2017)
- К.Л. Станкевич, «Эффекты смешивания нейтрино и матрица плотности» (2016 г.)
- Р. Фаббрикаторе, «Нейтрино в сильных полях и плотных средах астрофизических объектов» (2016 г.)
- А.И. Дмитриев, «Энергетический спектр и осцилляции нейтрино в магнитном поле» (2015 г.)

Кандидатские диссертации, защищенные в последние годы членами группы по физике нейтрино:

- И.В. Токарев, «Нейтрино в движущихся замагниченных средах и новые эффекты в астрофизике» (2014 г.)
- А.В. Лохов, «Развитие методов статистики и квантовой теории поля в физике нейтрино» (2013 г.)
- И.А. Баланцев, «Движение нейтрино и электронов в среде и магнитном поле в рамках метода точных решений» (2012 г.)



Участники группы по физике нейтрино А.И.Студеникин (справа), А.И.Тернов (слева) и И.В.Токарев (в центре) после успешной защиты последней диссертации на физическом факультете МГУ в 2014 году

Докторские диссертации, подготовленные и защищенные в последние годы участниками группы по физике нейтрино:

- А.И.Тернов, «Массивные нейтрино во внешних полях и плотных средах» (2015 год)
- К.А.Кузаков, «Процессы ионизации при взаимодействии быстрых частиц с веществом» (защита назначена на апрель 2017 года)

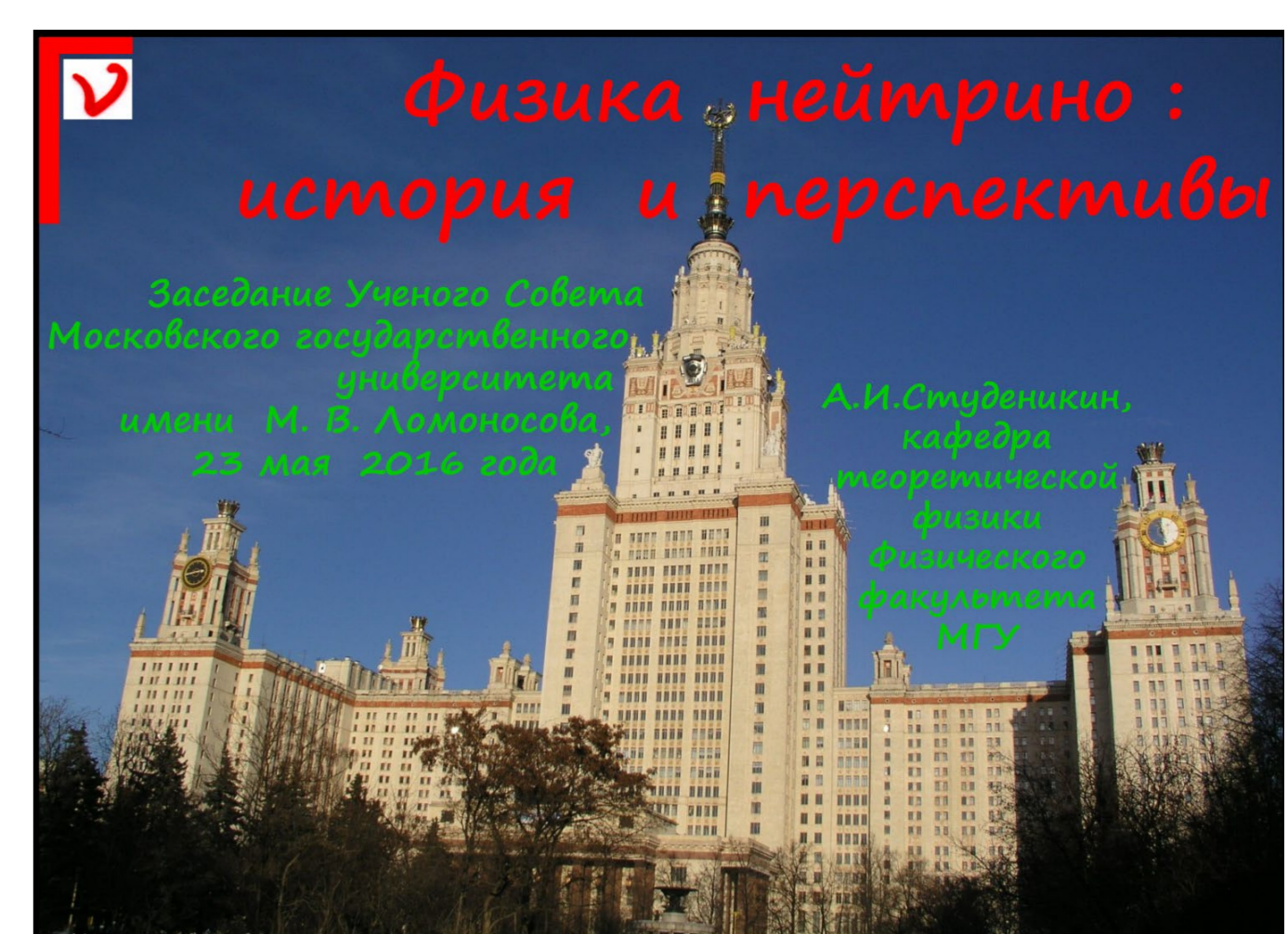
Основные направления научных исследований группы по физике нейтрино:

- развитие теории смешивания и осцилляций нейтрино в экстремальных внешних условиях (сильные внешние электромагнитные поля и плотные среды)
- изучение электромагнитных свойств нейтрино (электромагнитные форм-факторы нейтрино, миллизаряд, дипольные магнитные и электрические моменты, анапольные моменты)
- развитие теории рассеяния нейтрино на мишени
- получение новых ограничений на электромагнитные характеристики нейтрино при анализе данных лабораторных экспериментов (ГЕММА и др.)
- рассмотрение новых явлений в астрофизике, в основе которых лежат электромагнитные взаимодействия нейтрино
- получение астрофизических ограничений на электромагнитные характеристики нейтрино
- разработка программы научных исследований для нейтринного мега-проекта ДЖУНО
- участие в создании европейского компьютерного кластера проекта ДЖУНО

Некоторые из публикаций участников группы по физике нейтрино:

- C.Giunti, A.Studenikin, "Neutrino electromagnetic interactions: A window to new physics", *Rev. Mod. Phys.* 87 (2015) 531
- K.Kouzakov, A.Studenikin, "Electromagnetic properties of massive neutrinos in low-energy elastic neutrino-electron scattering", *Phys. Rev. D* 95 (2017) 055013
- P.Kurashvili, K.Kouzakov, L.Chotorlishvili, A.Studenikin, "Spin-flavor oscillations of ultrahigh-energy cosmic neutrinos in interstellar space: The role of neutrino magnetic moments", *Phys. Rev. D* 96 (2017) 103017
- C.Giunti, K.Kouzakov, Y.-F. Li, A.Lokhov, A.Studenikin, Sh. Zhou, "Electromagnetic neutrinos in laboratory experiments and astrophysics", *Ann. Phys. (Berlin)* 528 (2016) 198
- I.Balantsev, A.Studenikin, "From electromagnetic neutrinos to new electromagnetic radiation mechanism in neutrino fluxes", *Int. J. Mod. Phys. A* 30 (2015) 1530044
- I.Tokarev, A.Studenikin, "Millicharged neutrino with anomalous magnetic moment in rotating magnetized matter", *Nucl. Phys. B* 884 (2014) 396
- A.Studenikin, "New bounds on neutrino electric millicharge from limits on neutrino magnetic moment", *Eur. Phys. Lett.* 107 (2014) 21001
- K.Kouzakov, A.Studenikin, "Theory of neutrino-atom collisions: The history, present status, and BSM physics", *Adv. High Energy Phys.* 2014 (2014) 569409
- A.Grigoriev, A.Lokhov, A.Studenikin, A.Ternov, "The effect of plasmon mass on spin light of neutrino in dense matter", *Phys. Lett. B* 718 (2012) 512

Опубликованное А.И.Студеникиным (*Eur. Phys. Lett.*, 2014) ограничение сверху на величину миллизаряда нейтрино включено международным Комитетом по свойствам элементарных частиц в обзор «The Review of Particle Physics 2016», содержащий информацию об основных характеристиках элементарных частиц (Particle Data Group, *Chinese Physics C* 40, 2016, 100001).



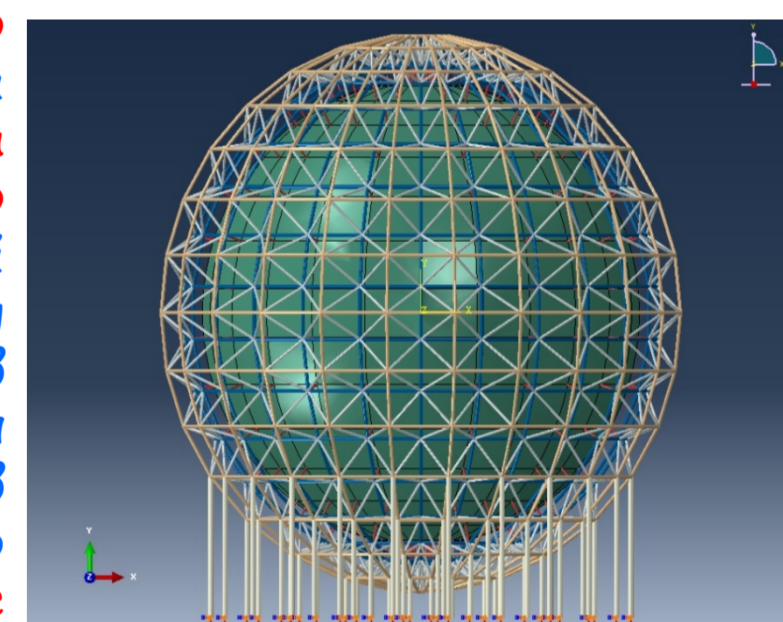
Презентация доклада А.И.Студеникина о развитии исследований по физике нейтрино и участии МГУ в нейтринном мегасайенс проекте ДЖУНО на заседании Ученого Совета МГУ

Участие в международных конференциях и ведущих мировых нейтринных исследовательских проектах является важным направлением деятельности группы по физике нейтрино. Члены группы приняли участие в крупных мировых конференциях и выступили с докладами более, чем в 20 странах мира.

Лауреат Нобелевской премии 2015, присужденной за открытие осцилляций нейтрино, Такааки Каджита и А.И. Студеникин на Международной конференции по осцилляциям нейтрино NOW-2016 (Италия, сентябрь 2016 года).



По инициативе группы по физике нейтрино при поддержке руководства МГУ и физического факультета Московский университет в 2015 году вошел в число участников крупнейшего готовящегося в настоящее время в Китае международного нейтринного мегасайенс проекта ДЖУНО (А.И.Студеникин возглавляет группу участников от МГУ и представляет университет в руководящих органах проекта).

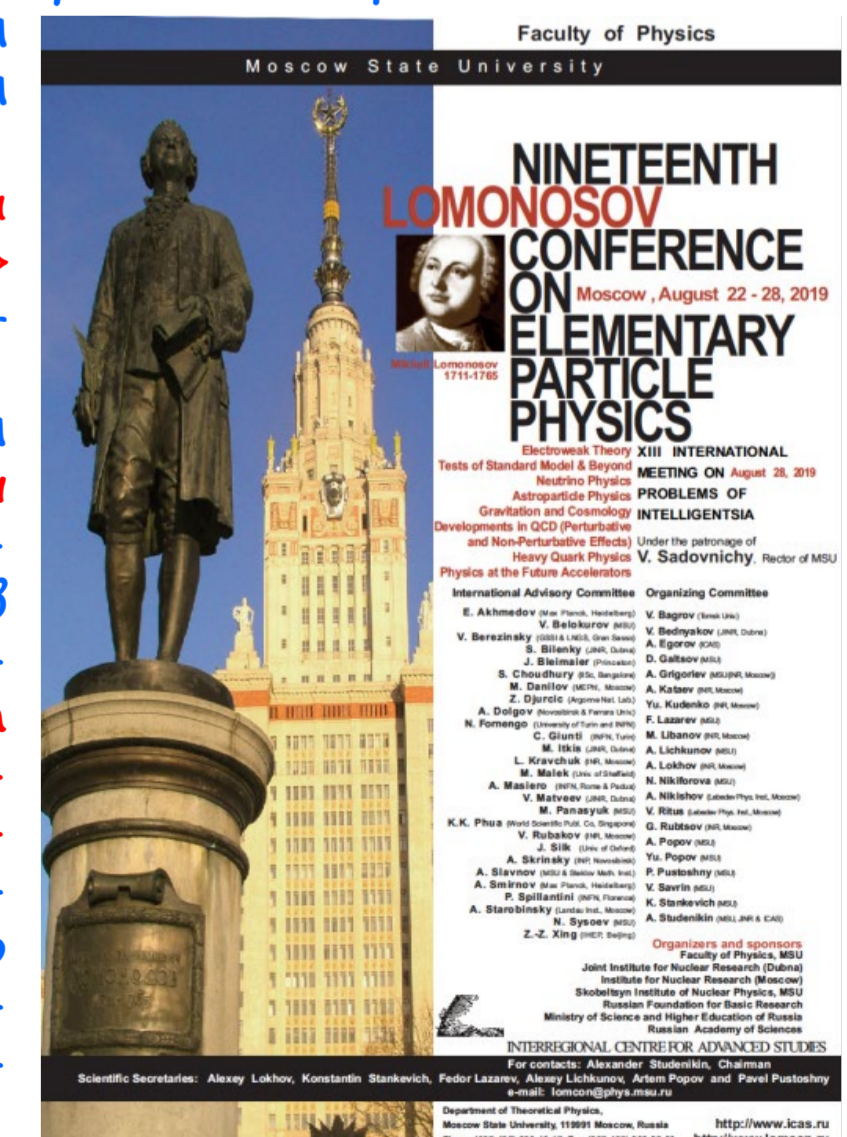


Жидкостинцилляционный нейтринный детектор ДЖУНО (20 килотонн, R = 40 м, 700 м под землей)

Работа группы МГУ в проекте ДЖУНО поддерживается грантами РФФИ и Государственного фонда естественных наук Китая, в том числе грантом

«Электромагнитные свойства и осцилляции массивных нейтрино» (руководитель – А.И.Студеникин).

Важным направлением работы научной группы А.И. Студеникина является организация в МГУ уже на протяжении 25 лет Ломоносовских конференций по физике элементарных частиц, которые входят в число крупнейших международных форумов, проходящих в России.

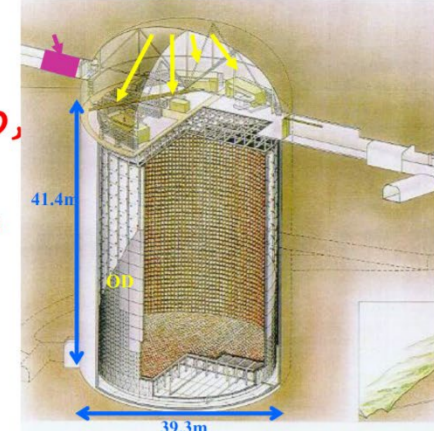


Нобелевская премия 2015 года по физике объявлено Шведской королевской академией наук

Артур Макдональд, Нейтринная обсерватория Садбери (Канада)

Такааки Каджита, Нейтринный телескоп «Супер-Камиоканде» (Япония)

«за открытие осцилляций нейтрино, что доказывает наличие у нейтрино ненулевой массы»



Одним из важных направлений научных исследований и учебного процесса, которые реализуются на кафедре теоретической физики, является физика нейтрино.

Об актуальность данного раздела фундаментальной науки свидетельствует присуждение Нобелевской премии в 2015 году «за открытие осцилляций нейтрино».

Впервые возможность осцилляций нейтрино предсказал в 1957 году выдающийся ученый Бруно Максимиович Понтекорво, который работал в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна) и с 1966 по 1988 год возглавлял на физическом факультете кафедру физики элементарных частиц.

Продолжая заложенные Б.М.Понтекорво традиции и для координации учебного и исследовательского процессов по инициативе кафедры теоретической физики и при поддержке Отделения экспериментальной и теоретической физики на физическом факультете многие годы работает НОЦ «Лаборатория физики нейтрино и астрофизики имени Б. М. Понтекорво» (директор – профессор А.И. Студеникин).

На кафедре теоретической физики почти четверть века активно работает Группа по физике нейтрино под руководством А.И.Студеникина (+7-903-751-74-57). В состав группы входят сотрудники, аспиранты и студенты не только указанной кафедры, но и кафедры физики атомного ядра и квантовой теории столкновений (профессор К.А.Кузаков), других подразделений физического факультета и МГУ, а также ИЯИ РАН и ФИЗТЕХа.

Научная группа размещается на физическом факультете в аудитории 1-51, тел.: 8-495-939-16-17. Участниками группы были подготовлены и защищены многочисленные дипломные работы, десять кандидатских и шесть докторских диссертаций. Проводимые научные исследования поддерживаются грантами РФФИ и Минобразования.



Совещание участников группы по физике нейтрино и исполнителей проекта РФФИ «Электромагнитные свойства и осцилляции массивных нейтрино» (ауд. 1-51, физический факультет МГУ, 2 октября 2018 года)

Кафедра теоретической физики

программа 'Физика нейтрино'

(дополнение «2018-2020»)



Рабочее совещание Группы по физике нейтрино (физический факультет МГУ, январь 2019 года)

Дипломные работы участников группы по физике нейтрино (2019-2020 годы):

Магистратура 2019 г.

А. Попов, «Собственные состояния и флейворные, спиновые и спин-флейворные осцилляции нейтрино в постоянном магнитном поле» (2019 г.)

П. Пустошный, «Спиновые и спин-флейворные осцилляции нейтрино в поперечных потоках вещества в теориях со стандартным и нестандартным взаимодействиями» (2019 г.)

Бакалавриат 2019 и 2020 годов

Ф. Лазарев, «Упругое рассеяние нейтрино на ядре с учетом электромагнитных форм-факторов нейтрино» (2019 г.)

А. Личкунов, «Осцилляции нейтрино в случае трех флейворов в экстремальных внешних условиях» (2019 г.)

В. Шахов, «Осцилляции нейтрино в произвольно направленных магнитных полях и токах вещества» (2019 г.)

У. Абдулаева, «Майорановское нейтрино в движущейся среде и магнитном поле» (2020 г.)

Г. Донченко, «Рассеяние нейтрино на конденсированной системе в режиме малой передачи энергии» (2020 г.)

В. Боков, «Осцилляции нейтрино от сверхновых с учётом коллективных эффектов» (2020 г.)



Основные результаты магистерской диссертации А. Попова опубликованы в статье:

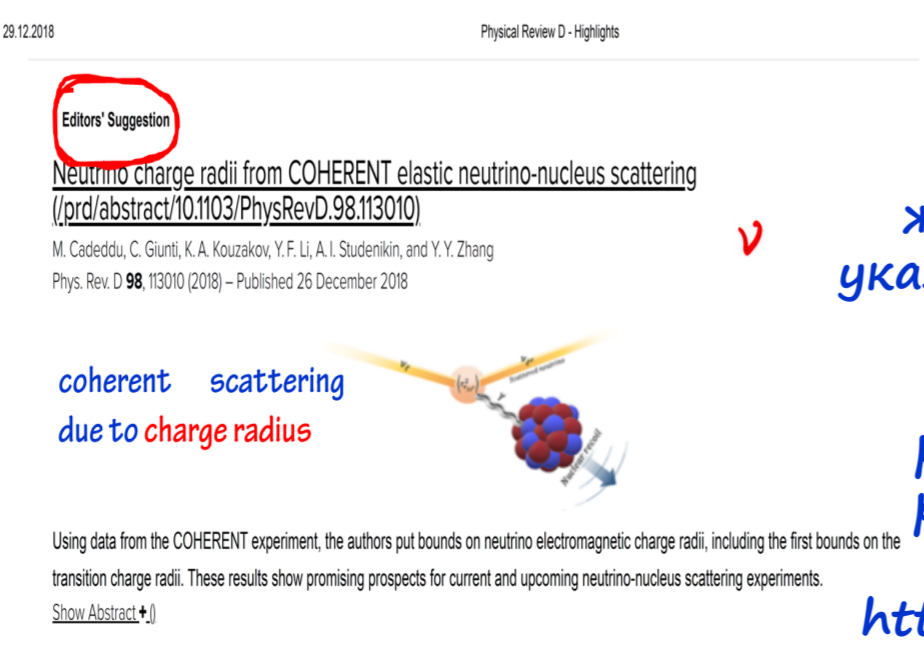
A. Popov, A. Studenikin, «Neutrino eigenstates and flavour, spin and spin-flavour oscillations in a constant magnetic field», *Eur. Phys. J. C* 79 (2019)

По итогам конкурса научных студенческих работ имени Р.В. Хохлова А. Попов стал одним из его победителей.

Статьи участников группы по физике нейтрино в журнал из списка «Топ-25» (2017-2020 годы):

- K. Stankevich, A. Studenikin, Neutrino quantum decoherence engendered by neutrino radiative decay, *Phys.Rev. D* 101 (2020) no.5, 056004
- A. Studenikin et al, (IceCube-Gen2 and JUNO Colls.), Combined sensitivity to the neutrino mass ordering with JUNO, the IceCube Upgrade, and PINGU, *Phys.Rev. D* 101 (2020) no.3, 032006
- M. Cadeddu, F. Dordei, C. Giunti, K. Kouzakov, E. Picciau, A. Studenikin, Potentialities of a low-energy detector based on 4 He evaporation to observe atomic effects in coherent neutrino scattering and physics perspectives, *Phys.Rev. D* 100 (2019) no.7, 073014
- A. Popov, A. Studenikin, Neutrino eigenstates and flavour, spin and spin-flavour oscillations in a constant magnetic field, *Eur. Phys. J. C* (2019) 79:144 (7 p.)
- A. Grigoriev, E. Kupcheva, A. Ternov, Neutrino spin oscillations in polarized matter, 134861, *Phys. Lett. B* 797 (2019)
- P. Pustoshny, A. Studenikin, Neutrino spin and spin-flavour oscillations in transversal matter currents with standard and non-standard interactions, *Phys.Rev. D* 98 (2018) 113009 (14 p.)
- M. Cadeddu, C. Giunti, K. Kouzakov, Y.F.Li, A. Studenikin, Y.Y.Zhang, Neutrino charge radii from COHERENT elastic neutrino-nucleus scattering, *Phys. Rev. D* 98 (2018) 113010 (11 p.)
- P. Kurashvili, K. Kouzakov, L. Chotorlishvili, A. Studenikin, Spin-flavor oscillations of ultra-high-energy cosmic neutrinos in the interstellar space: The role of neutrino magnetic moments, *Phys. Rev. D* 96 (2017) 103017 (8 p.)
- A. Grigoriev, A. Likhov, A. Studenikin, A. Ternov, Spin light of neutrino in astrophysical environments, *J. Cosmol. Astropart. Phys.* (2017) 068P_0517 (23 p.)
- K. Kouzakov, A. Studenikin, Electromagnetic properties of massive neutrinos in low-energy elastic neutrino-electron scattering, *Phys. Rev. D* 95 (2017) 055013 (9 p.)

Опубликованное К.А. Кузаковым и А.И. Студеникиным с соавторами (*Phys. Rev. D* 98 (2018) 113010) новое ограничение сверху на величины недиагональных зарядовых радиусов нейтрино включено международным Комитетом по свойствам элементарных частиц (Particle Data Group) в обзор «The Review of Particle Physics 2018» update 2019, содержащий информацию об основных характеристиках элементарных частиц (*Physics C* 40, 2016, 100001).



Решением редколлегии (Editors' Suggestion) журнала *Physical Review D* указанная статья отмечена как наиболее важная достижение 2018 года и размещена в специальном разделе "Highlights 2018" на странице журнала <https://journals.aps.org/prd/>

2017 - 2019 - за истекшие три года участниками группы сделан 31 доклад, в том числе на ведущих международных конференциях:

- 1) European Physical Society Conference on High Energy Physics, Italy, 2017;
- 2) 15th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics, Canada, 2017;
- 3) 28th International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, Germany, 2018;
- 4) 39th International Conference on High Energy Physics, Korea, 2018;
- 5) 20th International Seminar on High Energy Physics "Quarks-2018", Valday, Russia, 2018;
- 6) Neutrino Oscillation Workshop, Italy, 2018;
- 7) 33rd Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste on Results and Perspectives in Particle Physics, Italy, 2019;
- 8) 31st Les Rencontres de Blois on Particle Physics and Cosmology, France, 2019;
- 9) European Physical Society Conference on High Energy Physics (EPS-HEP2019), Belgium, 2019;
- 10) 16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics, Japan, September 9-13, 2019.



В программу главной Международной конференции по физике элементарных частиц 2020 года - 40-я Международная конференция по физике высоких энергий (40th International Conference on High Energy Physics, Prague, Check Republic, 30 July - 5 August, 2020)

включены 7 докладов участников группы по физике нейтрино:

- A. Studenikin, Electromagnetic neutrino properties: new constraints and new effects
- A. Kouzakov, Y.F.Li, K. Stankevich, Yuan, A. Studenikin, Neutrino spin-flavour and collective oscillations in supernovae (Ru-Ch сотрудничество)
- A. Likhunov, A. Popov, A. Studenikin, Neutrino oscillations in a magnetic field: The three-flavor case
- V. Shakhov, K. Stankevich, A. Studenikin, Neutrino oscillation accounting for neutrino charge radii
- M. Cadeddu, F. Dordei, K. Giunti, K. Kouzakov, Picciau, A. Studenikin, Revealing new processes with superfluid liquid helium detectors: The coherent elastic neutrino-atom scattering (Ru-It сотрудничество)
- K. Kouzakov, F. Lazarev, A. Studenikin, Electromagnetic neutrino interactions in elastic neutrino-proton scattering
- K. Stankevich, A. Studenikin, Collective neutrino oscillations accounting for neutrino quantum decoherence



Лауреат Нобелевской премии 2015 Такааки Каджита и А.И. Студеникин на Международная конференция TAUP-2019 (сентябрь 2019 г., Тояма, Япония)

По решению руководства МГУ с 2019 года началась реализация программы участия МГУ в новом международном нейтринном мегасайенс проекте Hyper-Kamiokande (Япония).



Приглашение от российской стороны от Такааки Каджиты - руководителя международной нейтринной коллаборации Hyper-Kamiokande - войти в состав данного мегасайенс проекта.

По решению руководства МГУ в соответствии с предложением руководства физического факультета А.И. Студеникин вошел в состав Российско-японской группы по координации исследований по физике нейтрино и уполномочен представлять МГУ в коллаборации Hyper-Kamiokande.



Глубокоуважаемый Григорий Владимирович!

В ответ на Ваше письмо МВ-2288ТТ от 16.10.2019 года Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова предлагает кандидатуру в состав Российско-японской группы по координации исследований по физике нейтрино и по проекту ГиперКамиоканде профессора физического факультета А.И. Студеникина.

Профессор физического факультета А.И. Студеникин является известным специалистом по проблемам физики нейтрино, автор многочисленных статей в журналах из списка Top-25, в том числе большой обзор статьи в журнале Reviews of Modern Physics, руководитель группы по физике нейтрино, член Научного совета РАН «Физика нейтрино и нейтринная астрофизика».

Физический факультет предлагает кандидатуру профессора А.И. Студеникина в состав Российско-японской группы по координации исследований по физике нейтрино и по проекту ГиперКамиоканде.

Профессор А.И. Студеникин является известным специалистом по проблемам физики нейтрино, автор многочисленных статей в журналах из списка Top-25, в том числе большой обзор статьи в журнале Reviews of Modern Physics, руководитель группы по физике нейтрино, член Научного совета РАН «Физика нейтрино и нейтринная астрофизика».

Профессор МГУ А.А. Фезинин Декан физического факультета МГУ, профессор И.Н. Сысоев



Московский университет был представлен докладом на коллаборационном митинге Hyper-Kamiokande (февраль 2020 г., Токио, Япония)