

## Второе нейтрино, тяжёлый лептон и нарушенная зеркальная симметрия

А.В. Кузнецов

*Обсуждаются три научные идеи Э.М. Липманова, получившие в дальнейшем широкую известность и ставшие заметным вкладом в теорию элементарных частиц. Приведены биографические сведения об учёном.*

**Ключевые слова:** электронное нейтрино, мюонное нейтрино, тау-лептон, нарушенная лево-правая симметрия слабых взаимодействий

PACS numbers: 01.65.+g, 14.60.Lm, 14.60.Fg, 14.80.-j

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.06.t140>

### Содержание

1. Введение (1).
  2. Второе нейтрино (2).
  3. Тяжёлый лептон (2).
  4. Нарушенная зеркальная (лево-правая) симметрия (2).
  5. Детство. Война. Образование (3).
  6. Преподавание. Аспирантура (3).
  7. В Ярославском университете (3).
  8. Эмиграция (4).
- Список литературы (4).

### 1. Введение

17 октября 2024 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося физика-теоретика, доктора физико-математических наук, профессора Эммануила Моисеевича Липманова, внёсшего своими работами заметный вклад в теорию элементарных частиц. Наиболее важные научные результаты, обозначенные в названии данной статьи, были им получены в 1950–1960-е гг. во время работы в Волгоградском педагогическом институте. Затем, с 1970 по 1987 г., до своей эмиграции, Э.М. Липманов вложил много усилий в организацию физической специальности во вновь образованном Ярославском государственном университете, создав в 1973 г. кафедру теоретической физики. Несмотря на значительную организационную и педагогическую нагрузку, Э.М. Липма-



Эммануил Моисеевич Липманов  
(17.10.1924–12.07.2017)

#### А.В. Кузнецов

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,  
ул. Советская 14, 150003 Ярославль, Российская Федерация  
E-mail: avkuzn@uniyar.ac.ru

Статья поступила 12 марта 2024 г.

нов продолжал активно заниматься научными исследованиями, публикуя статьи и участвуя в ежегодных сессиях-конференциях Отделения ядерной физики Академии наук СССР. Хотя работы этого периода и не содержали столь же ярких научных результатов, как упомянутые выше, авторитет учёного среди коллег был

достаточно высок. Могу отметить, что в 1980-х гг., когда автор занимался подготовкой к защите своей кандидатской диссертации, в Москве, Дубне, Гатчине и Минске достаточно было представиться аспирантом профессора Липманова, чтобы встретить полное понимание, о ком идёт речь, и искренне доброжелательное отношение.

Остановимся подробнее на трёх научных идеях Э.М. Липманова, получивших в дальнейшем широкую известность, причём имя их автора, к сожалению, оказалось незаслуженно забытым.

## 2. Второе нейтрино

В 1959 г. Эммануил Моисеевич опубликовал статью [1], где предложил новую классификацию лептонов с использованием изотопических дублетов. Лептоны — класс элементарных частиц, получивших своё название от греческого слова *λεπτος* (лёгкий), состоявший в то время из трёх видов частиц — электронов, мюонов (которые тогда называли  $\mu$ -мезонами) и нейтрино. По классификации Липманова каждому из заряженных лептонов — электрону и мюону — должен соответствовать свой партнёр, т.е. своё нейтрино, электронное или мюонное. Отметим, что именно в статье [1] было впервые предложено объединение нейтрино и заряженного лептона в изотопический дублет, по аналогии с нуклонным изодублетом. В ключевом утверждении статьи [1]: "...невозможны реакции между нейтрино, образовавшимися при  $\mu$ -распаде  $\pi^\pm$ -мезонов ( $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm \pm \nu_\mu$ ), и нуклонами (ядрами), при которых образуются электроны:  $p + \bar{\nu}_\mu \rightarrow n + e^+$ ,  $n + \nu_\mu \rightarrow p + e^-$ " — фактически была предложена идея эксперимента по различению двух типов нейтрино. Много лет спустя Эммануил Моисеевич рассказывал на кафедре, что с идеей о двух нейтрино он приезжал к Льву Давидовичу Ландау в Институт физических проблем. Но реакция Дау была достаточно резкой и негативной, он произнёс, почти буквально, следующую фразу: "На кой ляд мне твоё второе нейтрино? Я и с одним-то не знаю, что делать!". Тем не менее статья [1], поступившая в редакцию *ЖЭТФ* 19 мая, была опубликована в октябрьском номере журнала за 1959 г., и, более того, оказалась не единственной. Через два месяца в декабрьском номере того же *ЖЭТФ* была напечатана статья Б.М. Понтекорво [2], поступившая в редакцию 9 июля, где была предложена та же идея эксперимента по различению двух типов нейтрино. В статье [2] автор благодарит Э.М. Липманова, "любезно предоставившего нам до опубликования статью, в которой приводятся аргументы в пользу существования двух пар нейтрино"; очевидно, речь идёт именно о статье [1].

Через три года в эксперименте [3], осуществлённом на ускорителе в Брукхейвенской национальной лаборатории, США, идея о двух нейтрино нашла блестящее подтверждение. В статье [3] процитирована работа Понтекорво [2], но нет упоминания о статье Липманова [1]. Вероятно, причина в том, что схема эксперимента по различению двух типов нейтрино была проработана в статье [2] более детально.

## 3. Тяжёлый лептон

В статьях [4, 5] Э.М. Липмановым впервые была высказана гипотеза о существовании, вслед за электроном и мюоном, нового заряженного тяжёлого лептона. Эмма-

нуил Моисеевич рассказывал, что эта идея также была сначала встречена "в штыхы". Рецензент одной из статей категорически возражал против её публикации, написав в отзыве примерно следующее: даже понятие "тяжёлый лептон" является бессмысленным, поскольку само слово "лептон" означает "лёгкий". Тем не менее, после того как идея Эммануила Моисеевича была поддержана Я.Б. Зельдовичем [6] и Л.Б. Окунем [7], в теоретической физике элементарных частиц появился *оксюморон* — тяжёлый лептон<sup>1</sup>.

Эта новая элементарная частица, получившая название "тау-лептон", была открыта в 1975 г. в экспериментах на Стэнфордском ускорителе в США. Руководитель эксперимента Мартин Перл, получивший за это открытие Нобелевскую премию в 1995 г., вспоминал в Нобелевской лекции [8] о работе Липманова [5], где впервые был рассчитан основной канал распада тау-лептона.

## 4. Нарушенная зеркальная (лево-правая) симметрия

Ещё одна фундаментальная идея Э.М. Липманова — модель нарушенной, но восстанавливающейся при высоких энергиях зеркальной (позднее за ней закрепилось название "лево-правой") симметрии слабых взаимодействий, где нарушение обусловлено различием масс векторных бозонов, связанных со слабыми "левым" ( $V - A$ )- и "правым" ( $V + A$ )-токами. Данная идея, также намного опередившая своё время, была им сформулирована в статьях [9–11] (статья [10] написана в соавторстве с аспирантом Н.В. Михеевым). Статьи отвечали на фундаментальный вопрос В. Паули, заданный за 10 лет до этого, после открытия несохранения пространственной чётности в слабых процессах: "Почему Бог оказался левшой в слабых взаимодействиях?" В работах [9–11] был подробно проанализирован возможный вклад в наблюдаемые характеристики слабых процессов от нестандартного взаимодействия гипотетического тяжёлого векторного бозона с "правым" ( $V + A$ )-током, и получена оценка нижнего предела на массу "правого"  $W$ -бозона. Было показано, что наиболее сильное ограничение на массу этого нового  $W$ -бозона можно установить на основе имевшихся экспериментальных данных по асимметрии вылета электронов в  $\mu$ -распаде. При этом оказалось, что масса нового  $W$ -бозона, связанного с "правым" ( $V + A$ )-током, может быть всего лишь в три раза больше массы "обычного" бозона, связанного с "левым" ( $V - A$ )-током. Однако приходится признать, что эта идея Э.М. Липманова появилась "слишком рано". Интерес к модели нарушенной, но восстанавливающейся при высоких энергиях лево-правой симметрии слабых взаимодействий, возродился уже на языке калибровочной теории почти через 10 лет, после выхода статей Р. Мохapatры с соавторами. В статье [12], где был выполнен наиболее подробный анализ экспериментальных следствий описанной модели и которая имеет на данный момент 306 цитирований, упоминается статья [9], но в последующих работах авторы чаще всего ограничивались цитированием статьи [12]. В настоящее время модели с нарушенной лево-правой симметрией рассмат-

<sup>1</sup> Оксюморон — образное сочетание противоречащих друг другу понятий, например, "Горячий снег" (роман Ю. Бондарева), "Led Zeprelin — Свиной дирижабль" (название музыкальной группы).

риваются как наиболее естественное расширение стандартной модели электрослабых взаимодействий элементарных частиц. Идея, по-видимому, получила статус "всем хорошо известной", а имя автора оказалось незаслуженно забытым.

## 5. Детство. Война. Образование

Эммануил Моисеевич Липманов родился 17 октября 1924 г. в г. Житомире Украинской ССР в учительской семье. Его отец, Моисей Абрамович, работал директором средней школы, имел правительственные награды. Закончив в 1941 г. девятый класс школы в местечке Лугины Житомирской обл., Эммануил вместе с семьёй эвакуировался в село Харьковку Сталинградской обл., где учился в школе и одновременно работал в канцелярии колхоза. В июле 1942 г. вторично эвакуировался в г. Джалал-Абад Киргизской ССР, где в 1943 г. окончил среднюю школу с золотой медалью. По состоянию здоровья он не подлежал призыву на воинскую службу: в детстве, в 1920-х гг., Эммануил тяжело перенёс заболевание скарлатиной, осложнением после которой были воспалительные процессы в костях и суставах. Это оставило его инвалидом на всю жизнь: он опирался на трость и носил на правой ноге специальный ортопедический башмак с высоким каблуком.

С сентября по декабрь 1943 г. Эммануил Липманов учился в Ростовском университете, эвакуированном в г. Ош Киргизской ССР, а затем был переведён во вновь образованный Ошский учительский институт. Здесь обучение проводилось по сокращённой программе, и в августе 1944 г. Эммануил Моисеевич окончил институт с дипломом учителя физики. В том же августе 1944 г. он поступил в Узбекский университет в г. Самарканде и через год перевёлся на физический факультет Ленинградского государственного университета. В 1949 г. Эммануил Моисеевич с отличием окончил Ленинградский университет, получив квалификацию "физик". Дипломная работа была им выполнена под руководством профессора Льва Эммануиловича Гуревича. В том же году появилась первая научная статья Э.М. Липманова, опубликованная в журнале *Доклады Академии наук СССР*. Статья была представлена в редакцию академиком Владимиром Александровичем Фоком.

## 6. Преподавание. Аспирантура

После окончания университета Эммануил Моисеевич в течение года работал учителем физики в средней школе № 278 г. Ленинграда. В это время он познакомился с Ревеккой Нахимовной Каганович, также выпускницей Ленинградского университета, но по классической филологической специальности "Латинский и древнегреческий языки, история и литература". Вскоре она стала его женой.

В октябре 1950 г. Эммануил Моисеевич поступил в аспирантуру Ленинградского государственного педагогического института им. А.И. Герцена по специальности "Теоретическая и математическая физика". Его научными руководителями были профессор Сергей Валентинович Измайлов и профессор Л.Э. Гуревич. В сентябре 1952 г. Э.М. Липманов досрочно окончил аспирантуру, защитив в ЛГПИ им. А.И. Герцена кандидатскую диссертацию на тему "Радиационные явления при распаде  $\mu$ -мезона".

Свою преподавательскую деятельность в высшей школе Э.М. Липманов начал в Новозыбковском педагогическом институте в г. Новозыбкове Брянской обл., где работал с 1952 по 1956 гг. Там же у Эммануила Моисеевича и Ревекки Нахимовны родились дети: в 1952 г. — сын Борис и в 1953 г. — дочь Жанна. В 1956 г. Эммануил Моисеевич переехал с семьёй в Волгоград (до 1961 г. — Сталинград), где затем до 1970 г. работал на кафедре теоретической физики Волгоградского педагогического института, сначала доцентом, а с 1965 г. — заведующим кафедрой.

В период работы в Волгоградском педагогическом институте Эммануил Моисеевич активно занимался научными исследованиями в области теории элементарных частиц, публикуя результаты в центральных физических журналах: *Журнал экспериментальной и теоретической физики*, *Письма в ЖЭТФ*, *Ядерная физика*, *Известия вузов. Физика*. Тогда же были опубликованы перечисленные выше статьи [1, 4, 5, 9–11].

Докторская диссертация на тему "Исследования по теории слабых взаимодействий элементарных частиц" была защищена Э.М. Липмановым в 1965 г. в Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Джелепова Объединённого института ядерных исследований в г. Дубна Московской обл. В 1966 г. Э.М. Липманову была присуждена учёная степень доктора физико-математических наук и присвоено учёное звание профессора.

В период работы на кафедре теоретической физики Волгоградского педагогического института у Эммануила Моисеевича появились первые ученики-аспиранты: Ю.Н. Гнедов, А.Б. Каганович, Н.В. Михеев, Г.Ф. Коимшиди.

## 7. В Ярославском университете

В 1970 г. Эммануил Моисеевич направил документы во вновь открываемый Ярославский государственный университет (ЯрГУ) и вскоре получил приглашение участвовать в создании физической специальности в университете. Здесь он работал сначала заведующим кафедрой физики, а с 1973 г. — заведующим созданной им кафедрой теоретической физики.

Э.М. Липмановым была разработана и впервые прочитана большая часть общих и специальных лекционных курсов по теоретической физике. Особенно важную роль в подготовке будущих физиков-теоретиков играли и играют лаборатории специализации по теоретической физике, разработанные Эммануилом Моисеевичем. Первыми преподавателями кафедры вместе с ним были В.С. Кузнецов, А.М. Алтухов, Н.В. Михеев, А.Д. Смирнов.

В первой половине 1970-х гг. началось формирование научного коллектива, носящего сейчас название Ярославской школы теоретической физики элементарных частиц. В аспирантуре ЯрГУ у Эммануила Моисеевича обучались Б.И. Ермолаев, А.В. Кузнецов, В.Б. Световой, Н.Г. Харитон, Т.Я. Дыскина. В дальнейшем три его аспиранта стали докторами наук — Н.В. Михеев, А.В. Кузнецов и В.Б. Световой.

Многие выпускники кафедры теоретической физики Ярославского университета, считающие Эммануила Моисеевича Липманова своим учителем, поступили в аспирантуру Московского университета им. М.В. Ломоносова, Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН,

Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна, Тихоокеанского океанологического института, других научных центров и стали кандидатами наук, некоторые из них впоследствии стали докторами наук (Л.А. Василевская, А.А. Гвоздев, И.А. Кузнецова, А.А. Осипов, В.А. Осипов, А.Н. Павлов, А.В. Проказников, Н.В. Сушилов).

## 8. Эмиграция

На начало 1980-х гг. приходятся резкие изменения в судьбе Эммануила Моисеевича. Его дети Борис и Жанна эмигрировали из Советского Союза. В университет из областного комитета КПСС поступило указание — улучшить работу с кадрами. Эммануилу Моисеевичу пришлось оставить в 1982 г. пост заведующего кафедрой и перейти на должность профессора. В то время в разговоре с коллегой из академического института автор пересказал ему подробности этой истории. А тот отметил, что с Эммануилом Моисеевичем обошлись ещё достаточно мягко, и что, например, в его институте в подобной ситуации меры были бы более жёсткими.

В 1987 г. Э.М. Липманов вышел на пенсию, и вскоре они с Ревеккой Нахимовной эмигрировали в Соединённые Штаты Америки, чтобы жить вместе с их дочерью и её семьёй в Бостоне, штат Массачусетс.

Во время жизни в США Эммануил Моисеевич продолжал активно заниматься научной работой в области теоретической физики и философии науки, размещая статьи на научных сайтах. Часть работ Эммануила Моисеевича посвящена актуальнейшей проблеме физики элементарных частиц, связанной с поисками абсолютных значений нейтринных масс. В истории физики имеются, по меньшей мере, два ярких примера того, как найденная эмпирическая закономерность обнаружила в дальнейшем глубочайшее физическое содержание — это формула Бальмера и формула Планка. Возможно, найденную Эммануилом Моисеевичем формулу для масс лептонов ожидает такая же судьба.

Преподаватели кафедры теоретической физики ЯрГУ, ученики Э.М. Липманова, постоянно поддерживали с ним связь через Интернет. В 2000 г. Н.В. Михеев был приглашён в США прочитать цикл лекций в Рочестерском университете и в Ускорительной лаборатории им. Э. Ферми в Батавии, штат Иллинойс, и заезжал в Бостон к Эммануилу Моисеевичу. Монографию [13], опубликованную в 2003 г. крупнейшим мировым научным издательством "Шпрингер-Ферлаг", авторы посвятили своему учителю, профессору Э.М. Липманову, и отослали ему авторский экземпляр. Эммануил Моисее-

вич написал в ответ, что был очень тронут. В том же 2003 г. при праздновании 30-летия кафедры теоретической физики ЯрГУ был выпущен сборник статей [14], названный так же, как и три сборника, вышедших в 1975–1983 гг. под редакцией Э.М. Липманова: "Исследования по теории элементарных частиц и твёрдого тела". Эммануил Моисеевич прислал для сборника две свои статьи. В 2004 г. к 80-летию юбилею профессора Липманова был выпущен сборник статей [15], где были воспроизведены исторические статьи юбиляра [1, 5, 9], а также две его новые статьи. На юбилей откликнулась областная газета "Юность", посвятив ему в номере от 20.10.2004 г. целую полосу, озаглавленную "Роман с физикой". В 2014 г. также предполагалось отметить научным мероприятием 90-летний юбилей профессора Липманова, но безвременный уход Н.В. Михеева в июне 2014 г. не позволил осуществить эти планы. Много добрых слов об этом выдающемся человеке было сказано в цикле интервью, размещённом на сайте Ярославского университета и посвящённом 40-летию физического факультета, отмечавшемуся в 2016 г.

Светлая память об Эммануиле Моисеевиче Липманове навсегда сохранится в сердцах его благодарных коллег и многочисленных учеников.

**Благодарности.** Выражаю благодарность дочери Э.М. Липманова Жанне Каплан за предоставленные материалы.

## Список литературы

1. Липманов Э М *ЖЭТФ* **37** 1054 (1959); Lipmanov E M *Sov. Phys. JETP* **10** 750 (1960)
2. Понтекорво Б М *ЖЭТФ* **37** 1751 (1959); Pontecorvo B *Sov. Phys. JETP* **10** 1236 (1960)
3. Danby G et al. *Phys. Rev. Lett.* **9** 36 (1962)
4. Липманов Э М *ЖЭТФ* **43** 893 (1962); Lipmanov E M *Sov. Phys. JETP* **16** 634 (1963)
5. Липманов Э М *ЖЭТФ* **46** 1917 (1964); Lipmanov E M *Sov. Phys. JETP* **19** 1291 (1964)
6. Зельдович Я Б *УФН* **78** 549 (1962); Zel'dovich Ya B *Sov. Phys. Usp.* **5** 931 (1963)
7. Окунь Л Б *ЖЭТФ* **47** 1777 (1964); Okun L B *Sov. Phys. JETP* **20** 1197 (1965)
8. Перл М Л *УФН* **166** 1340 (1996)
9. Липманов Э М *Ядер. физ.* **6** 541 (1967); Lipmanov E M *Sov. J. Nucl. Phys.* **6** 395 (1968)
10. Липманов Э М, Михеев Н В *Письма в ЖЭТФ* **7** 139 (1968); Lipmanov E M, Mikheev N V *JETP Lett.* **7** 107 (1968)
11. Липманов Э М *ЖЭТФ* **55** 2245 (1968); Lipmanov E M *Sov. Phys. JETP* **28** 1191 (1969)
12. Beg M A B et al. *Phys. Rev. Lett.* **38** 1252 (1977)
13. Kuznetsov A V, Mikheev N V *Electroweak Processes in External Electromagnetic Fields* (New York: Springer-Verlag, 2003)
14. Кузнецов А В, Михеев Н В (Ред.) *Исследования по теории элементарных частиц и твёрдого тела* Вып. 4 (Ярославль: ЯрГУ, 2003)
15. Кузнецов А В, Михеев Н В, Чистяков М В (Ред.) *Лептоны* (Ярославль: ЯрГУ, 2004)

## The second neutrino, heavy lepton and broken mirror symmetry (on the 100th anniversary of the birth of Emmanuel Moiseevich Lipmanov)

A.V. Kuznetsov

P.G. Demidov Yaroslavl State University, ul. Sovetskaya 14, 150003 Yaroslavl, Russian Federation

E-mail: avkuzn@uniyar.ac.ru

Three scientific ideas of E M Lipmanov are discussed, which later became widely known and became a significant contribution to the theory of elementary particles. Biographical information about the scientist is provided.

**Keywords:** electron neutrino, muon neutrino, tau lepton, broken left-right symmetry of weak interactions

PACS numbers: **01.65. + g**, 14.60.Lm, 14.60.Fg, **14.80. – j**

Bibliography — 15 references

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.06.t140>

Received 12 March 2024