

Памяти Леонида Петровича Грищука

PACS number: 01.60.+q

DOI: 10.3367/UFNr.0182.201211n.1247

13 сентября 2012 г. после тяжёлой непродолжительной болезни скончался Л.П. Грищук — специалист по теории гравитации и космолог с мировым именем, профессор Государственного института им. П.К. Штернберга МГУ (ГАИШ), профессор Университета г. Кардифф (Великобритания), член редколлегии журнала *УФН*.

Леонид Петрович Грищук родился 16 августа 1941 г. в Житомире (Украина) и был младшим в большой семье (четыре старших брата и сестра). Окончив с золотой медалью среднюю школу, Грищук в 1958 г. поступил на физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, сначала на отделение физики, а с середины 1-го курса перешёл на отделение астрономии, верность которой он сохранил до конца своих дней.

Будучи хорошим математиком, Л.П. Грищук увлёкся космологическими проблемами и курсовую работу писал у известного космолога А.Л. Зельманова, который ясно понимал, что имеющиеся космологические модели недостаточно точны для описания реальной Вселенной, так как не учитывают отклонений от однородного и изотропного распределения космологического вещества. После окончания учёбы Грищук поступил в аспирантуру к А.Л. Зельманову и в 1967 г. успешно защитил диссертацию "К проблеме сингулярностей в решениях уравнений Эйнштейна". Этому предшествовала его бурная полемика с известными физиками Е.М. Лифшицем и И.М. Халатниковым (имевшими важные работы по этой тематике) о характере и физической природе сингулярностей, получающихся при решении уравнений ОТО. Леонид Петрович рассматривал решения этих уравнений для пылевидной материи (с начальными условиями, включающими вращение), которые приводили к физической особенности (сингулярности), характеризующей плотностью вещества и кривизной, стремящимися к бесконечности. В диссертации также были даны доказательства, что такая особенность на самом деле представляет собой каустику на времениподобной гиперповерхности (так называемую "голую сингулярность"). На такой каустике каждый элемент объёма увеличивает свою плотность в процессе уплотнения своей формы и превращения в блиноподобную конфигурацию, о чём несколько позже для нерелятивистского случая писал Я.Б. Зельдович. Доказанная в диссертации Грищука теорема являлась первым конструктивным опровержением утверждения, что решения уравнений ОТО (в вакууме или при наличии материи) не могут иметь физической сингулярности. Из этой теоремы можно было сделать вывод, что блиноподобные образования с неизбежностью могут определять картину движущейся материи в пострекомбинационную эпоху эволюции Вселенной. Этот вывод оказался очень важным для понимания особенностей формирования крупномасштабной структуры Вселенной и, как следствие, формирования галактик. В диссертации была развита теория космологических моделей, однородных по так называемому критерию Зельманова (иногда называемому в литературе критерием Зельманова–Грищука).

После защиты диссертации Л.П. Грищук был приглашён в Варшавский университет. Результатом этой поездки стало исследование совместно с известным польским космологом М. Демьянским о влиянии вращения на динамику однородной анизотропной Вселенной.

В последующие годы Леонид Петрович в своих работах обратился к проблемам гравитационного излучения, источников гравитационных волн и их взаимодействия с веществом, полями и квантовыми системами.

В начале 1970-х годов почти все были уверены, что уравнения, описывающие все фундаментальные физические поля, конформно инвариантны, из чего следовало, что быстро расширяющаяся Все-



Леонид Петрович Грищук
(16.08.1941 – 13.09.2012)

ленная никаких частиц рождала не могла. Грищук отнёсся к этому утверждению скептически. Из эйнштейновских полевых уравнений он вывел уравнение, описывающее гравитационные волны в ранней Вселенной, и показал, что это уравнение *не* конформно инвариантно. На основании этого он сделал предсказание, что Большой взрыв должен породить богатый спектр реликтовых гравитонов, которое имело два важных последствия. Во-первых, это инициировало интенсивный наблюдательный поиск свидетельств реликтового гравитационного излучения (ставший поиском "священного Грааля" для современных космологов). Во-вторых, был преодолен ошибочный догматизм, господствовавший среди космологов в начале 1970-х годов, что заставило их осознать, что, наряду с гравитонами, и другие частицы могли бы рождаться в ранней Вселенной в ходе её быстрого (как теперь говорят — "инфляционного") расширения.

На другие исследования Л.П. Грищука в области гравитационного излучения и космологии оказали решающее влияние взгляды Я.Б. Зельдовича, его сотрудников и аспирантов, зарубежных друзей-учёных (в первую очередь К. Торна из Калтеха (США)) и сотрудников лаборатории В.Б. Брагинского (Физический факультет МГУ). Вместе с учениками Л.П. Грищук обосновал фундаментальную концепцию, согласно которой квантово-механическая генерация космологических возмущений в ранней Вселенной может быть объяснена с помощью "сжатых" квантовых состояний, приводящих к феномену стоячих волн и модулированию отдельных пиков в спектре мощности флуктуаций реликтового микроволнового излучения (так назы-

ваемых сахаровских осцилляций). К этой концепции Гришук обращался впоследствии неоднократно, разойдясь во мнении на природу сахаровских осцилляций с большинством современных космологов; в мае 2011 г. Л.П. Гришук сделал большой приглашённый доклад на эту тему в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН) на конференции, посвящённой 90-летию А.Д. Сахарова (см. *УФН* **182** 222 (2012)). Работы Гришука (совместно с В.Б. Брагинским, А.Г. Дорошкевичем, Я.Б. Зельдовичем, И.Д. Новиковым и М.В. Сажиным) 1970-х годов по теории взаимодействия гравитационных волн с электромагнитными были востребованы при проектировании детекторов типа лазерного интерферометра (LIGO в США, VIRGO в Европе) и микроволновых ячеек. В 1980-е годы Л.П. Гришуком с соавторами было обращено внимание на новые физические эффекты, обусловленные гравитационными волнами: кинематический резонанс, потоки дрейфовых частиц, память положения (с В.Б. Брагинским) и скорости (с А.Г. Полнарёвым) свободных частиц после прохождения гравитационной волны. По этой тематике Леонид Петрович в 1977 г. в ГАИШе успешно защитил докторскую диссертацию "Гравитационные волны, их физические свойства и астрофизические проявления".

В последующие годы Л.П. Гришуком (совместно с М.В. Сажиным) было показано, что для случая "сжатого" квантового состояния за счёт подавления тепловых шумов можно заметно усилить чувствительность детекторов гравитационных волн типа резонансных цилиндров Вебера. А в дальнейшем для детекторов такого типа была разработана и более общая квантовая теория. В то же время вместе с С.М. Копейкиным Л.П. Гришук получил релятивистские уравнения движения для компактных тел (нейтронные звезды, чёрные дыры) с учётом реакции отдачи при излучении ими гравитационных волн.

Леонид Петрович плодотворно работал с Я.Б. Зельдовичем. Их особенно тесное сотрудничество началось после того, как по инициативе Л.П. Гришука с 1982 г. Зельдович стал заведующим Отделом релятивистской астрофизики в ГАИШе. Гришуком, совместно с Зельдовичем, было показано, что данные о величине квадрупольной компоненты во флуктуациях температуры космологического микроволнового фонового излучения накладывают жёсткие ограничения на величину неоднородности и анизотропии Вселенной на шкалах длин, в сотни раз больших сегодняшнего хаббловского размера (эффект Гришука–Зельдовича). В.А. Белинским, Л.П. Гришуком, Я.Б. Зельдовичем и И.М. Халатниковым было получено доказательство того, что "инфляционные траектории" для динамической системы, включающей скалярные и гравитационные поля, являются аттракторами для фазовых кривых этой системы. Работа Л.П. Гришука с Я.Б. Зельдовичем относительно возможности возникновения Вселенной "из ничего" в какой-то мере предвосхитила инфляционные модели Вселенной. Хотя впоследствии Л.П. Гришук к этим моделям относился скептически. Совместно с Зельдовичем Гришуком были написаны два обзора: "Гравитация" и "Космология" для энциклопедии *Физика космоса* (М.: Советская энциклопедия, 1976), а также две методические заметки для *УФН* (1986 г. и 1988 г.).

Исследуя космологические проблемы, Л.П. Гришук в большей степени использовал общую теорию относительности (ОТО) как самую признанную теорию гравитации. Но он не относился к ней, как к догме, застывшей раз и навсегда. Он размышлял о фундаментальных основах гравитационной теории, о её месте среди других физических теорий. Результатом этого стал ряд его работ по теории гравитации. Например, в 1990 г. совместно с Б. Бертоtti был проанализирован сильный принцип эквивалентности и сделан вывод, что в ОТО этот принцип при определённых ограничениях действует на параметры системы, в отличие от других метрических теорий. Большое место в исследованиях Гришука занимает так называемая полевая формулировка ОТО на произвольном искривлённом фоне, разработанная совместно с А.Н. Петровым и А.Д. Поповой. Годы её создания относятся к первой половине 1980-х годов. Смысл в том, что в таком представлении ОТО все поля, включая гравитационное, распространяются на фоне заданного пространства-времени. Обе формулировки — и геометрическая, и полевая — это два представления одной и той же теории, дающие одинаковый результат, а предпочтение отдаётся той или иной формулировке в зависимости от характера решаемой проблемы. Как показало дальнейшее развитие теории, метод полевого подхода оказался весьма продуктивным в построении сохраняющихся величин в любой метрической и многомерной гравитации.

В начале 2000-х годов Л.П. Гришук в соавторстве с С.В. Бабаком предложил вариант массивной теории гравитации (модификация ОТО), где массой, в отличие от уже известных аналогичных теорий, обладают два типа гравитонов: обычные, со спином 2, и скалярные, со спином 0. Основой этой теории стала полевая формулировка ОТО на плоском фоне. Авторы показали, что в их теории при предположении об очень малой массе гравитонов, $m_0 = 10^{-65}$ г, вместо обычных классических чёрных дыр с горизонтами событий имеются такие объекты, как "голые сингулярности"; обычный режим расширения Вселенной заменяется осциллирующим.

В период 1990–1991 гг. Л.П. Гришук работал в рамках соглашения по научному обмену в Колорадском университете, г. Боулдер (США), а с 1992–1993 гг. — в Университете Вашингтона, г. Сент-Луис (США). При этом он активно взаимодействовал с группой гравитационистов из Калтеха под руководством профессора Кипа Торна, которая занималась проектированием четырёхкилометровой лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (LIGO). Через десять лет Гришук указал на ошибку, которую совершали в LIGO при анализе данных, — ошибку, которая привела бы к неправильной интерпретации наблюдательных данных на высокочастотном конце спектра сигнала LIGO. Леонид Петрович с Кипом Торном связывали не только общие научные интересы, но и искренние, глубокие дружеские отношения ещё с конца 1960-х годов.

Начиная с 1995 г. Л.П. Гришук стал профессором в Университете г. Кардифф (Великобритания), где проработал до своего ухода на пенсию в 2009 г. и продолжал вести научную работу вплоть до своей преждевременной кончины. Оставался Леонид Петрович и профессором в МГУ, где у него были совместные гранты и соавторы. В Москву он приезжал два раза в год и активно обсуждал современные проблемы астрофизики с коллегами.

Он интересовался новыми наблюдательными данными относительно двойных чёрных дыр в ядрах галактик, считая их перспективными источниками гравитационных волн. Думал над проблемой гравитационных линз, особенно для случаев, когда такими линзами являются массивные двойные чёрные дыры в ядрах галактик. Живое реагировал на обнаружение очень далёких галактик и квазаров, обдумывал возможные пути их образования за короткое космологическое время (менее $0,5 \times 10^9$ лет). В 2006 г. Леонидом Петровичем совместно с А.Г. Полнарёвым и Д. Баскараном был разработан новый метод детектирования космологических гравитационных волн по корреляции анизотропии и E -поляризации в фоновом реликтовом излучении.

Остаётся только искренне сожалеть, что Л.П. Гришук не дождался ожидаемого обнаружения гравитационных волн на интерферометре LIGO, в неизбежность чего они вместе с К. Торном непоколебимо верили. Не дождал Леонид Петрович и до опубликования результатов со спутника "PLANCK" относительно вида спектра температуры и поляризации микроволнового излучения, которые, по убеждению Л.П. Гришука, будут расходиться с предсказаниями, не учитывающими значительного вклада космологических гравитационных волн (эти результаты будут опубликованы только в 2013 г.).

Остались неосуществлёнными и другие задумки Леонида Петровича. Например, он собирался написать книгу о проблеме обнаружения гравитационных волн и поиска их наиболее вероятных источников. Осталась незаконченной и его статья относительно гравитационно-волновой памяти в космологическом контексте. И ему так и не удалось развить идею о том, что за наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной ответственны гравитационные возмущения на длинах волн, много больших хаббловского масштаба. Но, по "гамбургскому счёту", Л.П. Гришук свои взгляды и понимание роли гравитационных волн в космологии и своё представление о возможных наблюдательных следствиях выразил в своих многочисленных работах и выступлениях.

Леонид Петрович был страстным человеком. Он любил жизнь, он любил физику, он любил свою семью и друзей. В физике он никогда не следовал моде. Он исследовал вопросы для себя, своим собственным образом и часто видел глубже, чем многие. Светлая память о Леониде Петровиче Гришуке навсегда останется в сердцах его друзей и коллег.

В.Б. Брагинский, Н.С. Кардашев, Б.В. Комберг, В.Г. Курт, И.Д. Новиков, А.Г. Полнарёв, К.А. Постнов, В.А. Рубаков, В.Н. Руденко, К.С. Торн, А.М. Черепанук, Н.И. Шакура