

## PERSONALIA

## Владимир Евгеньевич Захаров

(к 70-летию со дня рождения)

PACS number: 01.60.+q

DOI: 10.3367/UFNr.0179.200908n.0917

1 августа 2009 г. исполняется 70 лет выдающемуся физику-теоретику академику Захарову Владимиру Евгеньевичу. С его именем связано становление и развитие современной нелинейной физики. Многогранная деятельность Владимира Евгеньевича в этом направлении принесла ему мировую известность, отражением которой является высочайший рейтинг его научных работ (его индекс цитирования более 17000, четвёртый среди российских учёных).

В.Е. Захаров принадлежит к замечательной плеяде первых выпускников физического факультета Новосибирского государственного университета и школы академика Р.З. Сагдеева. Научная деятельность В.Е. началась в знаменитом Институте Будкера — Институте ядерной физики Сибирского отделения АН СССР. С 1974 г. он работает в Институте теоретической физики (ИТФ) им. Л.Д. Ландау АН СССР, возглавляя его с 1992 г. более десяти лет. С 2004 г. он — сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, руководит сектором математической физики.

Научные интересы В.Е. Захарова охватывают практически все области современной физики. Ему принадлежит целый ряд фундаментальных результатов в нелинейной теории плазмы, гидродинамике, физике твёрдого тела, нелинейной оптике, океанологии, общей теории относительности, теории поля, а также в математической физике. Пионерские результаты в теории интегрируемых систем, связанные с развитием метода обратной задачи рассеяния — жемчужины математической физики XX в., принесли ему признание не только физиков-теоретиков, но также и математиков.

Главный вклад В.Е. Захарова в науку связан с развитием трёх важнейших направлений нелинейной физики — теории волновых коллапсов, теории солитонов и теории волновой турбулентности.

В теории волновых коллапсов основополагающим достижением В.Е. является предсказание коллапса ленгмюровских волн, данное в его работе 1972 г. Существующая до этой работы теория ленгмюровской турбулентности, основанная на приближении случайных фаз, предсказывала образование ленгмюровского конденсата при  $k = 0$ , что никак не могло объяснить многие экспериментальные факты. Такой сценарий развития плазменной турбулентности, как выяснилось, является невозможным в силу неустойчивости конденсата. Коллапс ленгмюровских волн, как нелинейная стадия развития этой неустойчивости, приводит к сжатию ленгмюровских пакетов до размеров нескольких дебаевских радиусов, сопровождающемуся генерацией быстрых электронов. В основе теории ленгмюровского коллапса лежит метод усреднения, с помощью которого были выведены уравнения взаимодействия ленгмюровских и ионно-звуковых волн в плазме (в частности, взаимодействия высокочастотных и низкочастотных волн звукового типа), которые сейчас называются уравнениями Захарова. Эта работа кардинально изменила представления о плазменной турбулентности, а также о механизмах диссипации высокочастотной волновой турбулентности при коллективных методах нагрева плазмы, таких как нагрев электронными пучками или высокочастотным электромагнитным полем.



Владимир Евгеньевич Захаров

Создание теории волновых коллапсов, начиная с работ В.Е. по теории ленгмюровского коллапса, самофокусировке света в двумерной и трёхмерной геометрии и кончая исследованиями взаимодействия коллапсов и слабой турбулентности, а также влияния плазменных коллапсов на спектры частиц, является его фундаментальным вкладом в физику нелинейно-волновых процессов. Согласно концепции, сформулированной в работах В.Е. и его учеников, реализация волнового коллапса либо солитонов зависит от того, является ли гамильтониан волновой системы ограниченным снизу или нет. В случае ограниченности минимуму гамильтониана соответствуют устойчивые солитоны. Именно таким образом были найдены устойчивые трёхмерные ионно-звуковые солитоны в замагниченной плазме, как решения уравнения Захарова–Кузнецова.

Создание теории колмогоровских спектров волновой турбулентности, которые сейчас часто называют спектрами Колмогорова–Захарова, — одно из главных достижений В.Е. в теории турбулентности. Это спектры степенного типа, соответствующие постоянному потоку энергии или числа квазичастиц. Они представляют собой точные решения кинетических уравнений для волн, которые находятся с помощью

специальных конформных преобразований, называемых ныне преобразованиями Захарова. Эти спектры описывают перекачку волн в коротковолновую область (прямой каскад) или в область больших масштабов (обратный каскад). Созданная В.Е. теория колмогоровских спектров волновой турбулентности, проявляющихся при морском волнении, звуковой турбулентности и возбуждении плазменных колебаний, стала крупным вкладом в океанологию и физику плазмы, в существенной мере определившим их современный облик. За выдающийся вклад в теорию турбулентности, в частности, за предсказание обратного каскада, в 2003 г. В.Е. Захаров был удостоен Международной медали Дирака.

В.Е. Захаров — один из основоположников теории солитонов, начало которой положено созданием тонких математических методов интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с помощью формализма обратной задачи рассеяния. Совместно с А.Б. Шабатом им проинтегрировано нелинейное уравнение Шрёдингера, описывающее самофокусировку и самомодуляцию света в нелинейных диэлектриках. Математическая основа этой работы связана с решением обратной задачи для оператора Захарова–Шабата, спектр которого остаётся во времени неизменным. Солитоны задаются положением дискретного спектра для оператора Захарова–Шабата. По этой причине солитоны, как нелинейные когерентные локализованные структуры, оказываются структурно устойчивыми — их форма остаётся неизменной как при рассеянии на солитонах, так и на несолитонных возбуждениях.

Эта теория открыла возможности применения оптических солитонов в световолоконных линиях связи в качестве бита информации. Благодаря работам В.Е. и предшественников его школы это направление в последнее время получило интенсивное развитие и многочисленные приложения в новейших методах и технологиях телекоммуникаций.

Определяющее воздействие на современное состояние теории нелинейных волн и солитонов оказал метод одевания Захарова–Шабата 1974–1979 гг. В основе этого метода, разработанного в рамках теории интегрируемых моделей, лежит способ построения солитонных и любых других решений нелинейных уравнений путём деформации произвольного затравочного решения. Другой подход, предложенный и развиваемый В.Е. совместно с его учениками, основан на решении нелокальной спектральной задачи Римана и его модификациях. Венцом этой деятельности стало решение В.Е. классической проблемы описания ортогональных криволинейных систем координат в евклидовом пространстве произвольной размерности, которая была поставлена ещё в начале XIX века и связана с именами великих математиков Римана, Бианки и других. Развитие этих методов показало свою эффективность в решении ряда задач теории поля, гравитации, нелинейной оптики и гидродинамики.

Совместно с В.А. Белинским в 1978 г. В.Е. Захаровым была решена важная общерелятивистская проблема интегрирования уравнений Эйнштейна для двумерных метрик, что позволило производить классификацию их решений с помощью спектральных методов, использующих переменные спектральные параметры. С помощью метода обратной задачи рассеяния В.Е. Захаровым совместно с учениками была полностью решена задача о суперфлюоресценции, в частности, найдены асимптотические состояния — распространяющиеся по инверсно-заселённой двухуровневой среде усиливающиеся импульсы, аналоги предвестника для устойчивых сред. На развитие метода обратной задачи рассеяния принципиальное значение оказала работа В.Е. Захарова 1981 г. по интегрированию уравнений Бенни, описывающих распространение волн на мелкой воде с учётом непотенциальности поля скорости. Именно в этой работе был впервые указан способ, которым могут быть исследованы многомерные системы гидродинамического типа.

В.Е. Захаров совместно с коллегами (В.С. Львов, С.С. Старобинец и др.) является автором теории параметрического возбуждения волн когерентным источником, так называемой S-теории. В её основе лежит оригинальная идея об описании запорогового турбулентного состояния с помощью нормальных и аномальных парных корреляторов. Эта теория стала в некотором смысле аналогом теории БКШ для сверхпроводимости. Важным результатом этой теории явилось предсказание о сингулярности стационарных спектров турбулентности, подтверждённое в экспериментах по параметрическому возбуждению спиновых волн в ферромагнетиках. В процессе развития этих работ В.Е. с учениками построил также теорию сингулярных спектров плазменной турбулентности, распределённых в виде струй или даже сосредоточенных в отдельных точках  $k$ -пространства, при индуцированном рассеянии электромагнитных волн в плазме.

В последние годы В.Е. Захаровым был получен ряд основополагающих результатов по теории коллапса, гидродинамике со свободной границей, развитию метода обратной задачи рассеяния. Наиболее важными достижениями являются развитая им с учениками теория возникновения морских волн-убийц — проблема, имеющая важное практическое значение для судоходства и строительства морских платформ, и теория спектров морского волнения для целей прогнозирования, основанная на аналитических исследованиях и прямом численном интегрировании.

На протяжении всей своей научной деятельности Владимир Евгеньевич уделяет большое внимание подготовке научных кадров высшей квалификации. Непосредственно под его научным руководством воспитана большая плеяда талантливых учеников, широко известная в мировом научном сообществе как "школа Захарова" по нелинейной физике. Его ученики в настоящее время плодотворно трудятся во многих странах. Ему принадлежит инициатива по организации стипендий выдающимся учёным России и поддержке научных школ. Он — председатель научного совета РАН по проблеме "Нелинейная динамика" (с 1987 г.).

Владимир Евгеньевич — главный редактор журналов *East European Journal of Physics* (с 2004 г.), *Journal of Nonlinear Science* (1991–2001 г.), редактор *Journal of Turbulence* (с 2001 г.), *Physics of Life* (с 2002 г.); *Physica D, Nonlinear Phenomena* (1980–1997 г.), председатель оргкомитетов и программных комитетов самых престижных международных конференций, симпозиумов и научных школ по нелинейной физике.

В 1987 г. и 1993 г. научные достижения В.Е. Захарова в области фундаментальных исследований нелинейных явлений физики отмечались Государственными премиями.

Сродни универсализму В.Е. в науке оказался также его поэтический талант. Он — известный поэт, член Союза российских писателей. Стихотворения и поэмы Владимира Евгеньевича, опубликованные в разные годы в журналах *Новый мир* и *Арион*, в литературных сборниках, а также в его книгах, созвучны нашему времени, убеждают в справедливости идеи А.П. Чехова о том, "...что чутьё художника стоит иногда мозгов учёного, что то и другое имеют одни цели, одну природу и что, быть может, со временем при совершенстве методов им суждено слиться вместе...".

Присущая В.Е. Захарову исключительная энергия, доброжелательность и порядочность привлекают к нему многих, самых разных людей.

Друзья, коллеги и ученики сердечно поздравляют Владимира Евгеньевича с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, многих счастливых дней, наполненных творчеством, и новых научных достижений.

А.В. Гуревич, Е.А. Кузнецов, Г.А. Месяц,  
А.В. Михайлов, С.Л. Мушер, С.П. Новиков,  
А.М. Рубенчик, Р.З. Сагдеев, Г.И. Смирнов,  
Я.Г. Синай, А.Н. Скринский, В.Е. Фортков