

Владимир Васильевич Железняков

(к 80-летию со дня рождения)

PACS number: 01.60. + q

DOI: 10.3367/UFNr.0181.201101p.0117

28 января 2011 года исполнилось 80 лет академику Владимиру Васильевичу Железнякову — выдающемуся физику и астрофизику, профессору Высшей школы общей и прикладной физики Нижегородского государственного университета, заведующему отделом астрофизики и физики космической плазмы Института прикладной физики РАН.

В.В. Железняков родился в г. Горьком. В 1949 – 1954 гг. учился на радиофизическом факультете Горьковского государственного университета, а затем окончил аспирантуру под руководством лауреата Нобелевской премии, академика В.Л. Гинзбурга.

Работы В.В. Железнякова хорошо известны среди астрофизиков, радиоастрономов и специалистов по физике космической плазмы в России и за рубежом. Многие предложенные в этих работах направления исследований до сих пор актуальны для решения современных проблем генерации и распространения электромагнитных волн в плазме различных астрофизических объектов, прежде всего в магнитосферах Солнца, магнитных белых карликов и нейтронных звёзд. Значителен вклад В.В. Железнякова и в другие области физики, в том числе в электронику больших мощностей, теорию квантового и классического сверхизлучения, оптику жидких кристаллов и физику нелинейных явлений в намагниченном вакууме.

В.В. Железняковым была установлена определяющая роль, которую играет циклотронный механизм излучения в формировании частотных особенностей спектров наблюдаемого радиоизлучения Солнца и магнитных Ар-звёзд, оптического излучения магнитных белых карликов и излучения рентгеновских пульсаров. Им было обращено внимание на существование депрессии циклотронного излучения электрона на гирочастоте в плотной плазме, неустойчивости неравновесной плазмы в условиях аномального эффекта Доплера, синхротронной неустойчивости, указано на существенное влияние релятивистской зависимости массы электрона от скорости на инкремент циклотронной неустойчивости в слаборелятивистской плазме. Последнее явление, в частности, приобрело решающее значение в задачах электроники и нашло применение при создании в Научно-исследовательском радиофизическом институте и Институте прикладной физики АН СССР мазеров на циклотронном резонансе. Цикл работ В.В. Железнякова по циклотронному излучению в астрофизике в 1984 г. был удостоен премии им. А.А. Белопольского АН СССР.

Тепловой циклотронный механизм излучения, разработанный В.В. Железняковым, является ключевым элементом теории медленно меняющейся компоненты солнечного микроволнового излучения. Как оказалось, в неоднородных магнитных полях активных областей на Солнце основополагающим является совместное действие теплового тормозного и циклотронного механизмов, дающее единое объяснение наблюдаемых характеристик радиоизлучения: частотного спектра, поляризации и распределения яркости по источнику. На результатах этой теории базируется современная обработка данных радионаблюдений Солнца, предназначенная для получения информации о распределении температуры и магнитных полей в активных областях солнечной короны и верхней хромосферы.

Пионерскими были работы В.В. Железнякова по плазменному механизму излучения, выполненные при исследовании комбинационного рассеяния (слияния) плазменных волн в солнечной короне с переходом в электромагнитное излучение на удвоенной плазменной частоте. Им впервые была доказана эффективность такого рода механизмов в процессах конверсии плазменных волн в электромагнитные в космических условиях.



Владимир Васильевич Железняков

Данный результат лёг в основу теории радиоизлучения субсветовых электронных потоков в солнечной короне (солнечных радиовсплесков III и V типов) и предопределил все последующие исследования данного явления в солнечной радиоастрономии. Следует подчеркнуть, что указанная астрофизическая работа по комбинационному рассеянию плазменных волн явилась одной из первых в серии общих исследований нелинейных распадных взаимодействий, широко развернувшихся в дальнейшем в физике плазмы.

В.В. Железняков неоднократно обращался к проблемам распространения электромагнитных волн в космических условиях. Так, им была развита теория линейного взаимодействия (трансформации) волн в плавнонеоднородных слабоанизотропных средах, включая магнитоактивную космическую плазму и плазму в намагниченном вакууме в окрестности нейтронных звёзд. Важнейшим результатом является проведённое им количественное описание эффектов линейной трансформации мод магнитоактивной плазмы при распространении через области поперечного магнитного поля, многократно проверенное наблюдениями микроволнового излучения Солнца. Построенная теория привела также к успешному решению проблемы "предельной поляризации" при выходе излучения из магнитоактивной плазмы и позволила установить новые типы линейного взаимодействия (например, в неоднородной плазме планетных магнитосфер и в нейтральных токовых слоях солнечной короны). В частности, в результате анализа наблюдаемых особенностей поляризации

шумовых бурь В.В. Железняковым был сделан вывод о существовании токовых слоев в активных областях короны.

Современные наблюдения и разработка моделей формирования солнечного радиоизлучения, ведущиеся в настоящее время в России и за рубежом, в значительной степени основаны на работах В.В. Железняка и его сотрудников. Роль его теоретических работ в солнечной радиоастрономии трудно переоценить. Достаточно отметить, например, обнаружение циклотронных линий в спектре солнечного радиоизлучения, на возможность регистрации которых было ранее указано в этих работах. Другим важным результатом данного направления исследований стал анализ эффективности механизма циклотронного излучения в условиях корон магнитных Ар-звезд. Он показал, что микроволновое излучение от ближайших звезд указанного класса может быть обнаружено современными радиоастрономическими средствами даже в случаях разреженной корональной плазмы, рентгеновское излучение которой слишком слабо для наблюдения.

Весьма своевременной оказалась серия работ В.В. Железняка по теории радиопульсаров, где были исследованы физические условия и процессы в магнитосферах нейтронных звезд. В частности, был детально разработан синхротронный механизм оптического и рентгеновского излучения пульсара в Крабовидной туманности и было показано, что источник излучения должен располагаться в районе светового цилиндра. Отмеченное обстоятельство имеет первостепенное значение для развития моделей короткопериодических пульсаров.

В последние 30 лет В.В. Железняков в значительной мере сосредоточился на исследованиях белых карликов и нейтронных звезд, обладающих сверхсильными магнитными полями. Основываясь на выполненных расчетах силы давления циклотронного излучения в плазме на вырожденных звездах, В.В. Железняков в первой половине 1990-х годов выдвинул и обосновал гипотезу о существовании нового типа астрофизических объектов, названных радиационными дисками. Предсказанные объекты представляют собой горячие магнитные вырожденные звезды, окруженные плазменными дисками и оболочками. Последние формируются в результате истечения плазмы с поверхности звезд под действием мощного светового давления теплового излучения на циклотронных частотах и не требуют аккреции вещества из окружающей среды. Были указаны первые кандидаты в такие объекты — изолированные магнитные белые карлики, демонстрирующие глубокую депрессию в ультрафиолетовых спектрах. Недавно вместе с сотрудниками В.В. Железняковым был предложен и апробирован эффективный метод обнаружения и определения параметров горячих плазменных оболочек (корон) одиночных белых карликов, обладающих магнитными полями порядка 10 МГс.

Полезным для интерпретации спутниковых наблюдений последних лет оказался и цикл работ В.В. Железняка, в котором была предложена и обоснована модель источника рентгеновского излучения на нейтронной звезде (рентгеновском пульсаре), объясняющая формирование континуума и циклотронных линий излучения в плотной изотермической плазме атмосферы полярного пятна на поверхности звезды. Было показано, что наблюдаемые линии в поглощении обусловлены эффективным циклотронным рассеянием и появляются на фоне континуума, ослабленного вследствие томсоновского рассеяния излучения на свободных электронах. Ещё до разработки данной модели рентгеновского пульсара В.В. Железняков провёл исследования условий распространения рентгеновского излучения и эффективности его циклотронного поглощения в сильных магнитных полях, когда поляризация нормальных волн определяется намагниченным вакуумом. Позднее В.В. Железняковым и его сотрудниками была развита теория переноса излучения на циклотронных гармониках в плазме нейтронных звезд и белых карликов с сильным магнитным полем.

Среди недавних работ В.В. Железняка с сотрудниками следует отметить детальный анализ возможности обнаружения предсказанных им космических синхротронных мазеров, наиболее сильное радиоизлучение которых ожидается на низких частотах, так что его поиск требует вынесения измерительной аппаратуры за пределы земной ионосферы. В указанных работах на основе квазилинейной теории найден частотный спектр и уровень интенсивности излучения протяженного космического синхротронного мазера. Другим многообещающим результа-

том исследований является выяснение взаимосвязи корпускулярного состава релятивистских астрофизических джетов и формы частотных спектров поляризации синхротронного излучения этих объектов. Наличие подобной связи открывает возможность решения проблемы состава плазмы в джетах путём анализа поляризационных спектров их радиоизлучения.

Основные работы В.В. Железняка по физике космической плазмы и астрофизике представлены в монографиях "Радиоизлучение Солнца и планет" (Наука, 1964; Пергамон Пресс, 1970), "Электромагнитные волны в космической плазме" (Наука, 1977), "Излучение в астрофизической плазме" (Клювер, 1996; Янус-К, 1997), где дана весьма широкая картина физических процессов, связанных с космическим излучением. Эти книги, как и ряд обзорных статей, написаны В.В. Железняковым с присущими ему педагогическим мастерством, тщательностью, заботой о читателе, и они с благодарностью используются несколькими поколениями исследователей, занимающихся проблемами генерации, переноса и динамики излучения в магнитоактивной плазме.

В.В. Железняков с сотрудниками выполнил также ряд теоретических работ по нелинейной электродинамике намагниченного вакуума и инвертированных двухуровневых систем. Так, им было указано на возможность существования солитонов и ударных волн в намагниченном вакууме, окружающем нейтронные звезды. В цикле работ по сверхизлучению (коллективному спонтанному излучению) ансамбля осцилляторов обращено внимание на возможность существования диссипативной неустойчивости поляритонных мод в инвертированных средах, установлена тесная связь неустойчивости подобного типа с эффектом сверхизлучения Дике и предложена новая интерпретация этого эффекта. На основе проведённых исследований была найдена и изучена классическая аналогия указанного явления — циклотронное сверхизлучение. Данная работа стимулировала изучение сверхизлучательных режимов в электронике и физике полупроводников, в результате которого этот эффект был обнаружен экспериментально. Часть перечисленных работ вошла в книгу избранных трудов В.В. Железняка, выпущенную недавно издательством Института прикладной физики РАН.

Продолжение и широкое развитие многие работы В.В. Железняка получили в трудах сотрудников созданного им отдела астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН. Этот коллектив учёных высшей квалификации объединяет уже три поколения учеников В.В. Железняка и составляет ядро его научной школы "Взаимодействие электромагнитного излучения с астрофизической и геофизической плазмой", обладающей заслуженным авторитетом мирового уровня. Около 20 сотрудников школы стали докторами физ.-мат. наук, и четверо из них были избраны в Российскую академию наук. Школа продолжает пополняться молодыми выпускниками Нижегородского государственного университета, где В.В. Железняков более 50 лет читает курсы лекций по радиоастрономии и астрофизике. Почти полвека он является членом редколлегии журнала *Известия вузов. Радиофизика*, а с 1998 г. — его главным редактором, сохраняя традиции высокого качества публикуемых работ и обеспечивая достойное место журнала в общероссийской научной периодике.

Немало сил В.В. Железняков отдаёт и другим направлениям научно-организационной работы. Он был членом Совета Российского фонда фундаментальных исследований на этапе его становления в 1992–1999 гг. и участвовал в работе Комиссии по государственным премиям при президенте РФ в 1992–2004 гг. Многие годы он является членом бюро Астрономического совета и Совета "Солнце–Земля" РАН, с 1990 г. избирается членом бюро Отделения физических наук РАН, около 50 лет входит в состав Международного астрономического союза и его комиссии по радиоастрономии, был членом-учредителем Европейского астрономического союза и ряда других международных организаций.

Коллеги, друзья и ученики поздравляют Владимира Васильевича с юбилеем и желают ему хорошего настроения, крепкого здоровья, радостного творчества и счастья на многие годы.

А.Ф. Андреев, А.А. Боярчук, Д.А. Варшавский,
А.В. Гапонов-Грехов, Л.М. Зеленый, В.В. Кочаровский,
А.Г. Литвак, Е.А. Мареев, Р.А. Сюняев,
В.И. Таланов, И.Э. Трюмпер, А.М. Черепашук