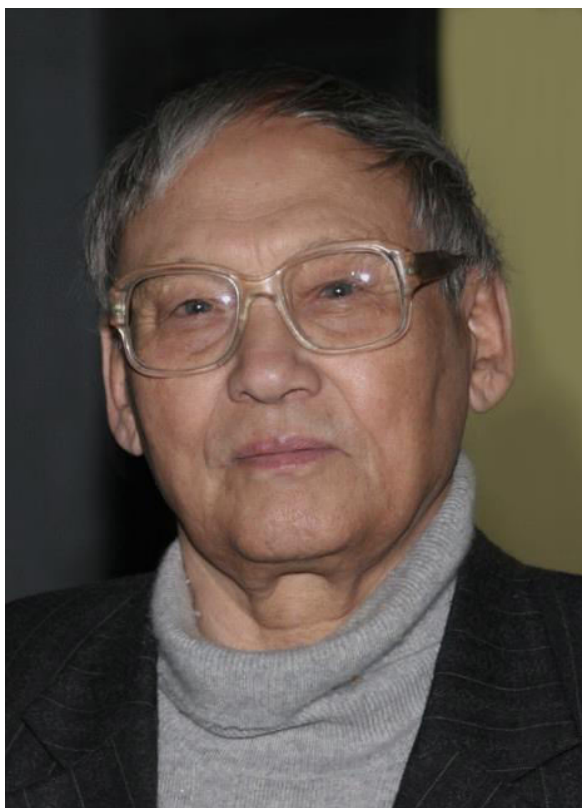


Геннадий Иванович Димов



27 декабря 1927 г. – 18 августа 2016 г.

Ушел из жизни один из ведущих российских физиков-экспериментаторов, член-корреспондент Российской академии наук, советник РАН, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Института ядерной физики Сибирского отделения Академии наук **Геннадий Иванович Димов**. Основные направления исследований - управляемый термоядерный синтез, физика и техника ускорения элементарных частиц.

Родился Геннадий Иванович 27 декабря 1927 года в селе Кудара Байкало-Кударинского района Бурятской АССР. Война заставила его, как и многих других в то время, прервать учебу в школе и пойти работать. Позже, ему удалось вернуться к учебе, закончить школу и поступить на физико-технический факультет Томского политехнического института. В 1951 г., он был принят в аспирантуру ТПИ. По окончании работал младшим, старшим научным сотрудником, зав. лабораторией, руководителем сектора в Научно-исследовательском институте ядерной физики, электроники и автоматики при ТПИ (1952-1958). Одновременно преподавал курс ядерной физики в ТПИ. В 1954 г. Г.И. Димов защитил кандидатскую диссертацию. В Сибирском отделении с 1960 г.: старший научный сотрудник, начальник сектора, зав. лабораторией, главный научный сотрудник (с 1998) Института ядерной физики (ИЯФ) СО АН СССР (ныне Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН). С 1966 г. преподавал в Новосибирском государственном университете, зав. кафедрой общей физики (1972-1985). Член-корреспондент АН СССР (1981), доктор физико-математических наук (1968), профессор (1970).

Его научная деятельность началась с разработки безжелезных кольцевых ускорителей. Целеустремленность и глубокие знания позволили молодому ученому сразу проявить себя и стать фактическим лидером этих работ. Уже в 1952 г. им был запущен один из первых безжелезных бетатронов.

В течение 1954—1960 гг. возглавляемой им лабораторией Томского политехнического института разработан и сооружен «Сириус» - один из крупнейших в то время электронных синхротронов на энергию 1,5 ГэВ, успешно работающий и в настоящее время. При ТПИ под эти работы был организован НИИ ядерной физики, существующий и поныне. Тогда же Геннадий Иванович впервые встретился с академиком Г. И. Будкером, яркие идеи которого произвели на него большое впечатление и определили на долгие годы его научные интересы.

В 1960 году воодушевленный идеями Г. И. Будкера Геннадий Иванович переходит в только что организованный в Новосибирске Институт ядерной физики (в 1958-1961 годах основная часть института размещалась в Москве). С учетом его практического опыта именно ему сразу была поручена ответственнейшая работа по организации перевозки из Москвы первой установки со встречными пучками — ВЭП-1 и ее монтажу в Новосибирске. Позднее Геннадий Иванович приступил к реализации метода перезарядной инжекции протонов в ускорители и накопители, одним из авторов идеи которого он являлся. Сегодня этот уникальный метод используется на большинстве современных протонных ускорителей во всем мире. Суть его состоит в воздействии на движение потоков ускоренных частиц путем целенаправленного изменения их зарядовых состояний с помощью различных мишеней. Эти мишени, разумеется, должны быть достаточно «тонкими», чтобы пучок пролетал через них насквозь. В случае инжекции пучка в циклический ускоритель проблема заключается в том, что просто так протон в магнитное поле извне ввести нельзя. Поэтому вначале он вводится в магнитное поле установки в виде отрицательных ионов. Затем на мишени, стоящей прямо на магнитной дорожке, частицы пучка преобразуются в протоны и далее захватываются в режим накопления или ускорения.

Область применения метода перезарядной инжекции очень широка. Помимо кольцевых протонных ускорителей он применяется также для умножения энергии частиц в электростатических ускорителях, вывода частиц из циклических ускорителей, разводки пучков высоких энергий, накопления, поддержания, нагрева и диагностики высокотемпературной плазмы. Метод приносит в эти области науки и техники принципиально новые возможности, связанные с тем, что перезарядка частиц снимает ограничения на их движение, устанавливаемые классическими теоремами Пуанкаре и Лиувилля.

Препятствием для полной реализации богатейших возможностей метода перезарядной инжекции в циклических протонных ускорителях и термоядерных установках была малая интенсивность пучков отрицательных ионов водорода существовавших в то время ионных источников. Пучки положительных ионов легко получают непосредственно путем вытягивания их из плазмы газового разряда и последующим ускорением. В случае отрицательных ионов этот способ не дает нужного результата, так как в обычных условиях плотность отрицательных ионов в плазме ничтожно мала. Поэтому основным методом получения пучков отрицательных ионов в те годы была двойная перезарядка положительных ионов относительно небольшой энергии в отрицательные ионы на различных мишенях. К началу 60-х годов интенсивность пучков отрицательных ионов водорода, полученных этим методом, не превышала 200 мкА. Этого было совершенно недостаточно, требовались пучки с токами в сотни и тысячи раз большими. Эта, казавшаяся невыполнимой задача, была успешно решена в руководимой Г. И. Димовым лаборатории. Новые источники отрицательных ионов, основанные на поверхностно-плазменном механизме их генерации непосредственно в разряде, позволили получить пучки рекордной интенсивности и обеспечили успешное применение метода перезарядной инжекции в ускорительных центрах всего мира. Удалось продемонстрировать, что отрицательные ионы при определенных условиях с большой эффективностью могут образовываться на поверхности электродов газового разряда из отраженных быстрых атомов и ионов. Для этого необходимо, чтобы работа выхода материала электродов была сравнима с энергией электронного сродства атомов водорода. Это достигается добавлением в разряд паров щелочных металлов, например, цезия, который образует пленку на поверхности электродов. За счет обмена электронами между электродом и удаляющимися частицами часть удаляющихся атомов захватывает электроны на уровне электронного сродства и уходит за поверхностный барьер в виде свободных отрицательных ионов. Однако в условиях газового разряда не удается понизить работу выхода ниже 1,5 эВ, что все еще значительно выше энергии сродства. Неожиданно большой (близкий к 100 %) выход ионов H^- с поверхности в этих

условиях объясняется дальнедействующим взаимодействием электрона в отрицательном ионе со своим изображением в металлической поверхности и высокой скоростью большинства отраженных и распыленных водородных частиц.

Применение метода перезарядной инжекции позволило радикальным образом раздвинуть рамки устоявшихся представлений о том, что возможно и что невозможно в физике и технике ускорителей. Например, хорошо известно, что интенсивность пучка в циклических ускорителях ограничена сдвигом частоты, вызванным его пространственным зарядом. Однако эксперименты в ИЯФ на накопителе с перезарядной инжекцией позволили получить компенсированный электронами протонный пучок высокой интенсивности с плотностью, более чем на два порядка превышающей предел по пространственному заряду.

В этих работах со всей силой проявилась удивительная изобретательность Геннадия Ивановича, его новаторский подход к решению множества сложнейших задач, встающих на пути любого физика-экспериментатора, работающего на переднем крае науки. В качестве примера можно привести изобретенный им быстродействующий импульсный газовый клапан, который был применен для напуска газа в ионные источники и для создания внутренних мишеней в накопителях. Последующие модификации этого уникального устройства позволили довести срок службы до миллиарда и более циклов (!) срабатывания без ремонта и замены элементов.

Несомненно, решение масштабных научных задач требует привлечения больших коллективов исследователей. Вместе с тем, только участие в решении таких задач позволяет в полной мере проявить себя молодым, талантливым исследователям, способствует их быстрому росту и, в конечном счете, формированию успешного научного коллектива. Хорошо понимая это, Геннадий Иванович большое внимание уделял подготовке молодого поколения физиков в Новосибирском государственном университете, будучи в 1972-1977 гг. заведующим кафедрой общей физики. Большое значение имела предпринятая им модернизация измерительного практикума и практикума по электромагнетизму.

С середины 1970-х годов Г. И. Димов подключился к решению проблемы управляемого термоядерного синтеза. В Институте ядерной физики это направление представлено плазменными ловушками с магнитными пробками, которые были предложены основателем ИЯФа академиком Г. И. Будкером и независимо от него профессором Р. Постом (США) еще на заре термоядерных исследований. Эти ловушки просты технически, позволяют, в принципе, удерживать плазму большого давления и имеют ряд других достоинств. Однако довольно быстро стало понятно, что магнитные пробки недостаточно хорошо удерживают плазму, и она быстро теряется из ловушки. Требовались новые идеи, как при сохранении основных достоинств ловушки удерживать в ней плазму достаточно длительное время. Одна из таких идей, которая привела к кардинальному пересмотру перспектив ловушки с магнитными пробками как термоядерного реактора, была впервые в мире высказана Г. И. Димовым в середине 70-х годов. Он предложил схему амбиполярной плазменной ловушки, реализация которой позволила бы создать термоядерный реактор с уникальными характеристиками. В этой схеме потери через пробки уменьшались до приемлемого уровня за счет создания в плазме амбиполярного электрического поля, которое естественным путем возникает в ней при увеличении плотности на концах ловушки. Для создания нужного профиля плотности плазмы использовалась инжекция в ловушку поперек магнитного поля пучков быстрых атомов водорода. Ионизация пучков в плазме должна была приводить к захвату образовавшихся протонов (или дейтронов) магнитным полем, к увеличению в этом месте плотности плазмы и возникновению требуемого амбиполярного электрического поля.

Геннадий Иванович представил первое сообщение об амбиполярной ловушке на конференции по физике плазмы в немецком городе Берстенагене в 1976 году. Оно буквально всколыхнуло все научное сообщество. По этому поводу академик Д. Д. Рютов позднее написал следующее: «Появление концепции амбиполярной ловушки было одним из самых сенсационных событий в истории исследований по управляемому термоядерному синтезу: на основе очень простых (в принципе) и давно известных (по отдельности) средств было предложено такое усовершенствование схемы простого

пробкотрона, которое совсем по-новому поставило вопрос о реакторных перспективах открытых ловушек».

Эта великолепная физическая идея прошла затем успешную проверку в ряде ведущих мировых лабораторий, таких как Ливерморская национальная лаборатория в США и исследовательский центр в Цукубе, Япония. В ИЯФе под руководством Геннадия Ивановича была сооружена экспериментальная модель амбиполярной ловушки, на которой также были получены важные физические результаты. Позднее им была предложена исключительно привлекательная осесимметричная версия термоядерного амбиполярного реактора.

Плоды многолетней работы Г.И. Димова представлены во множестве статей в мировых научных журналах по физике и технике ускорителей, ионных источников, физике высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза. За заслуги в развитии отечественной науки и воспитании научных кадров он награжден орденами Знак Почета и Трудового Красного Знамени. Его живой интерес к науке, громадный опыт, интуиция и целеустремленность в решении сложнейших научных задач служили примером и привлекали к нему молодых исследователей.

Член ряда научных советов РАН и СО РАН, редколлегий научных журналов.

Награды:

Орден «Знак Почёта» (1975)

Орден Трудового Красного Знамени (1987)

Медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» (1995)

Медаль «В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» (1970)

Медаль «Ветеран труда» (1987)

Юбилейная медаль «50 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» (1995)

Юбилейная медаль «60 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» (2005)

Информационные источники:

1. Чл.-корр. РАН Г.И. Димову 80 лет. / Наука в Сибири. N 50 (2635) 27 декабря 2007 г.
2. Геннадий Иванович Димов. К 60-летию со дня рождения. / УФН, т. 154, вып. 3, март 1988
3. Димов Геннадий Иванович // Российская академия наук. Сибирское отделение: Персональный состав / Сост. Е.Г.Водичев и др. - Новосибирск: Наука, 2007. - С.364-365.
4. Храмов Ю. А. Димов, Геннадий Иванович // Физики: Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера. — Изд. 2-е, испр. и дополн. — М.: Наука, 1983. — С. 105. — 400 с. — 200 000 экз. (в пер.)
5. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2,_%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B9_%D0%98%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87

Основные публикации Г.И. Димова:

по 1970 год

1. Димов Г. И. Бетатрон с прямолинейными участками // Известия ВУЗов – Физика. — 1, 1957. — С. 62-71.
2. Будкер Г. И., Димов Г. И. Перезарядная инжекция протонов в кольцевые ускорители // Proc. Intern.Conf. on High Energy Accelerators (Dubna. 1963. Moscow: ATOMIZDAT), 1964. — Сс. 993-996.
3. Будкер Г. И., Димов Г. И. и др. Эксперименты по перезарядной инжекции протонов в накопители // Атомная энергия. — 19. 1965. — С. 507-510.
4. Воробьёв А. А., Власов А. Г., Визирь В. А., Габрусенко И. А., Дворецкий М. Н., Димов Г. И. и др. Электронный синхротрон на 1,5 Гэв Томского политехнического института // Атомная энергия. — 21. 1966. — С. 435-438.
5. Будкер Г. И., Димов Г. И., Дудников В. Г. Эксперименты по получению интенсивного протонного пучка методом перезарядной инжекции // Атомная энергия. — 22. 1966. — С. 348-356.
6. Димов Г. И., Кононенко Ю. Г., Савченко О. Я., Шамовский В. Г. Получение интенсивных пучков ионов водорода // ЖТФ. — 38, 1968. — С. 997-1004.
7. Димов Г. И. Водородная струя в вакууме из сверхзвукового сопла // ЖТФ. — 39. 1969. — С. 681-688.

1971—1990 годы

8. Димов Г. И., Савкин В. Я. Формирование тонких газовых струй в вакууме // ЖТФ. — 44. 1974. — С. 1200-1205.
9. Димов Г. И., Росляков Г. В. Инжектор отрицательных ионов водорода с током 20 мА // ПТЭ. — 2. 1974. — С. 33-35.
10. Dimov G. I. Surface-plasma hydrogen negative ion sources // 2th Symposium on Ion Sources and Formation of Ion Beams (Berkeley. 1974. LBL-3399), Invited report VIII-1. 1974.
11. Dimov G. I., Roslyakov G. V. Conversion of a beam of negative hydrogen ions to atomic hydrogen in a plasma target at energies between 0.5 and 1 Mev // Nucl.Fusion. — 15, 1975. — P. 551-553.
12. Димов Г. И., Росляков Г. В., Савкин В. Я. Диагностический инжектор атомов водорода // ПТЭ . — 4. 1977. — С. 29-32.
13. Dimov G. I., Derevyankin G. E., Dudnikov V. G. A 100-mA negative hydrogen-ion source for accelerators // IEEE Transactions on Nuclear Science. — NS-24. 1977. — P. 1545-1547.
14. Димов Г. И. (в соавт.) Перезарядный метод управления потоками частиц // Физика плазмы. 1978. Т.4, N 3. С.692-703 Димов Г. И., Иванов А. А., Росляков Г. В. Исследование водородной плазменной мишени // Физика плазмы. — 6. 1980. — С. 933-942.
15. Давыденко В. И., Димов Г. И., Росляков Г. В. Получение прецизионных ионных и атомных пучков высокой интенсивности // Доклады АН СССР. — 271. 1983. — С. 1380-1383. [Soviet Physics–Doklady. — 28. 1983. — P. 685-687]
16. Dimov G. I., Chupriyanov V. E. Compensated proton-beam production in an accelerating ring at a current above the space-charge limit // Particle Accelerators. — 14. 1984. — P. 155-184.
17. Бельченко Ю. И., Димов Г. И. Импульсный многоамперный источник отрицательных ионов водорода // ВАНТ серия: Термоядерный синтез. — 1 (14). 1984. — С. 42-47.
18. Димов Г. И., Росляков Г. В. Развитие атомарных инжекторов для нагрева и диагностики плазмы // ВАНТ серия: Термоядерный синтез. — 3 (16). 1984. — С. 3-15.
19. Димов Г. И. Эксперимент АМБАЛ-Ю // ВАНТ серия: Термоядерный синтез. — 3. 1988. — С. 13-23.
20. Dimov G. I., Morozov I. I. 50-A ion source IK-50 for AMBAL-M device // Rev. Sci. Instrum. — 61. 1990. — P. 401-402.

1991—2015 годы

21. Bel'chenko Yu. I., Dimov G. I., Kupriyanov A. S. Multiampere negative ion source development at Novosibirsk // *Rev. Sci. Instrum.* — 67. 1996. — P. 1108-1113.
22. Ахметов Т. Д., Белкин В. С., Бендер Е. Д., Давыденко В. И., Димов Г. И. и др. Создание горячей стартовой плазмы в концевой системе АМБАЛ-М // *Физика плазмы.* — 23. 1996. — С. 988-1001. [Production of a hot initial plasma in the end system of the AMBAL-M device // *Plasma Physics Reports.* — 23. 1996. — P. 911-923]
23. Dimov G. I. Use of hydrogen negative ions in particle accelerators // *Rev. Sci. Instrum.* — 67. 1996. — P. 3393-3404.
24. Димов Г. И. Амбиполярная ловушка: экспериментальные результаты, проблемы и перспективы // *Физика плазмы.* — 23. 1997. — Сс. 883-908. [Ambipolar traps: experimental results, problems, and prospects // *Plasma Physics Reports.* — 23. 1997. — P. 813-836]
25. Akhmetov T. D., Belkin V. S., Bender E. A., Davydenko V. I., Dimov G. I. et al. AMBAL-M status // *Transactions of Fusion Technology.* — 35. — 1Т. 1999. — P. 94-98.
26. Димов Г. И. Возможность демонстрации самоподдерживающейся термоядерной реакции в амбиполярной ловушке // *Письма в ЖЭТФ.* 1999. Т.25, N 23. С.28-33; *Успехи физических наук.* 2005. Т.175, N 11. С.1185-1206.
27. Dimov G. I. Reactor's perspective of tandem mirrors // *Transactions of Fusion Technology.* — 35. — 1Т. 1999. — P. 10-19.
28. Akhmetov T. D., Belkin V. S., Bespamyatnov I. O., Davydenko V. I., Dimov G. I. et al. Experiments with dense plasma in the central solenoid of the AMBAL-M // *Transactions of Fusion Science and Technology* 43, No.1Т, 2003. — P. 58-62.
29. Димов Г. И. Амбиполярная ловушка // *УФН.* — 175. 2005. — С. 1185-1206. [Ambipolar trap // *Physics—Uspekhi.* — 48. 2005. — P. 1129-1149]
<http://www.mathnet.ru/links/8b1681168ff2e665430e8f2d29e63b23/ufn244.pdf>
30. Dimov G. I. Feasible scenario of startup and burnup of fusion plasma in ambipolar D-T reactor // *Fusion science and technology.* — 59. — 1Т. 2011. — P.208-210.
31. Dimov G. I., Emelev I.S. Multicusp trap with circular geometry for confinement of low-temperature plasma // *Fusion science and technology.* — 59. —1Т. 2011. — P.211-213.
32. Dimov G. I., Emelev I.S. Experiments to study the confinement of a target plasma in a magnetic trap with inverse plugs and circular multipole walls // *Technical physics.* — 59. —2. 2014. — P.181-189.
33. Берендеев Е.А., Димов Г. И., Иванов А. В., Лазарева Г. Г., Федорук М. П. Моделирование низкотемпературной многокомпонентной плазмы в ловушке-мишени // *Доклады Академии Наук.* — 460. — 5. 2015. — С. 1–3.