

3/1 78

# Атомная энергия

ТОМ 43 вып 6

---

ДЕКАБРЬ · 1977

Отечественной войны по заданию правительства, имели огромное практическое значение. Монография «Акустика неоднородной и движущейся среды», выпущенная в СССР, затем дважды издавалась в США и в настоящее время пользуется широкой известностью.

Глубина мышления Д. И. Блохинцева особенно проявилась в работах, намного опередивших свое время. В 1938 г. Д. И. Блохинцев предсказал теоретическое значение лэмбовского сдвига. Работа на 10 лет опередила создание квантовой электродинамики, однако, не была принята редакцией научного журнала. Идея спонтанных вакуумных переходов, интенсивно используемая в современных единых теориях элементарных частиц, была предложена Дмитрием Ивановичем еще в 1951 г. в статье «К единой теории поля», опубликованной в УФН.

В 1957 г. Д. И. Блохинцев выдвинул гипотезу о флуктуациях плотности ядерного вещества, способных воспринимать как единое целое очень большой импульс ( $\sim 1,0$  ферми<sup>-1</sup>). Вначале идея применялась для объяснения природы «дейтронных» пиков в реакциях квазиупругого рассеяния протонов высокой энергии ядрами и предсказания выходов других кластеров. Однако с наибольшей силой плодотворность идеи «флуктонов» проявилась спустя почти 20 лет, когда были открыты реакции кумулятивного типа. Исследование механизма таких процессов и структуры самих флуктонов открывает новое перспективное направление в современной релятивистской ядерной физике.

Дмитрия Ивановича всегда привлекают актуальные проблемы теоретической физики. Ряд его работ посвящен фундаментальным вопросам квантовой теории — причинности, нелокальности и нелинейным взаимо-

действиям. Особый интерес представляет идея квантовых стохастических пространств, изложенная в монографии «Пространство и время в микромире», которая издана в 1970 г. Важное место в научной деятельности Д. И. Блохинцева занимают вопросы интерпретации квантовой механики. Он много и плодотворно работает в этой области. Его книга «Основы квантовой механики» начиная с 1944 г. выдержала пять изданий в стране и переведена на многие иностранные языки.

Концепция квантовых ансамблей, выдвинутая Д. И. Блохинцевым, детальный анализ квантовомеханического процесса измерения, трактовка волновой функции как объективной характеристики всего ансамбля в целом, а не отдельного микрообъекта — все это способствует правильному пониманию фундаментальных основ квантовой механики. Обобщением исследований явилась монография «Принципиальные вопросы квантовой механики», вышедшая в 1966 г.

Дмитрий Иванович воспитал поколение молодых ученых, ставших кандидатами и докторами наук. С 1935 г. и по настоящее время он профессор и заведующий кафедрой физического факультета Московского университета.

Общественная деятельность Д. И. Блохинцева отмечена почетной грамотой Всемирного Совета мира за выдающийся вклад в дело укрепления мира (1959 г.). Уже много лет он является членом Советского комитета защиты мира, был делегатом XXII съезда КПСС.

В свои 70 лет Дмитрий Иванович полон новых творческих планов. Редакция журнала, все ученики и сотрудники Дмитрия Ивановича от всей души желают ему новых успехов в его многогранной деятельности.

ВЕРНОВ С. Н., ДОЛЛЕЖАЛЬ Н. А., ФРАНК И. М.,

## Синхрофазотрону ЛВЭ ОИЯИ — 20 лет

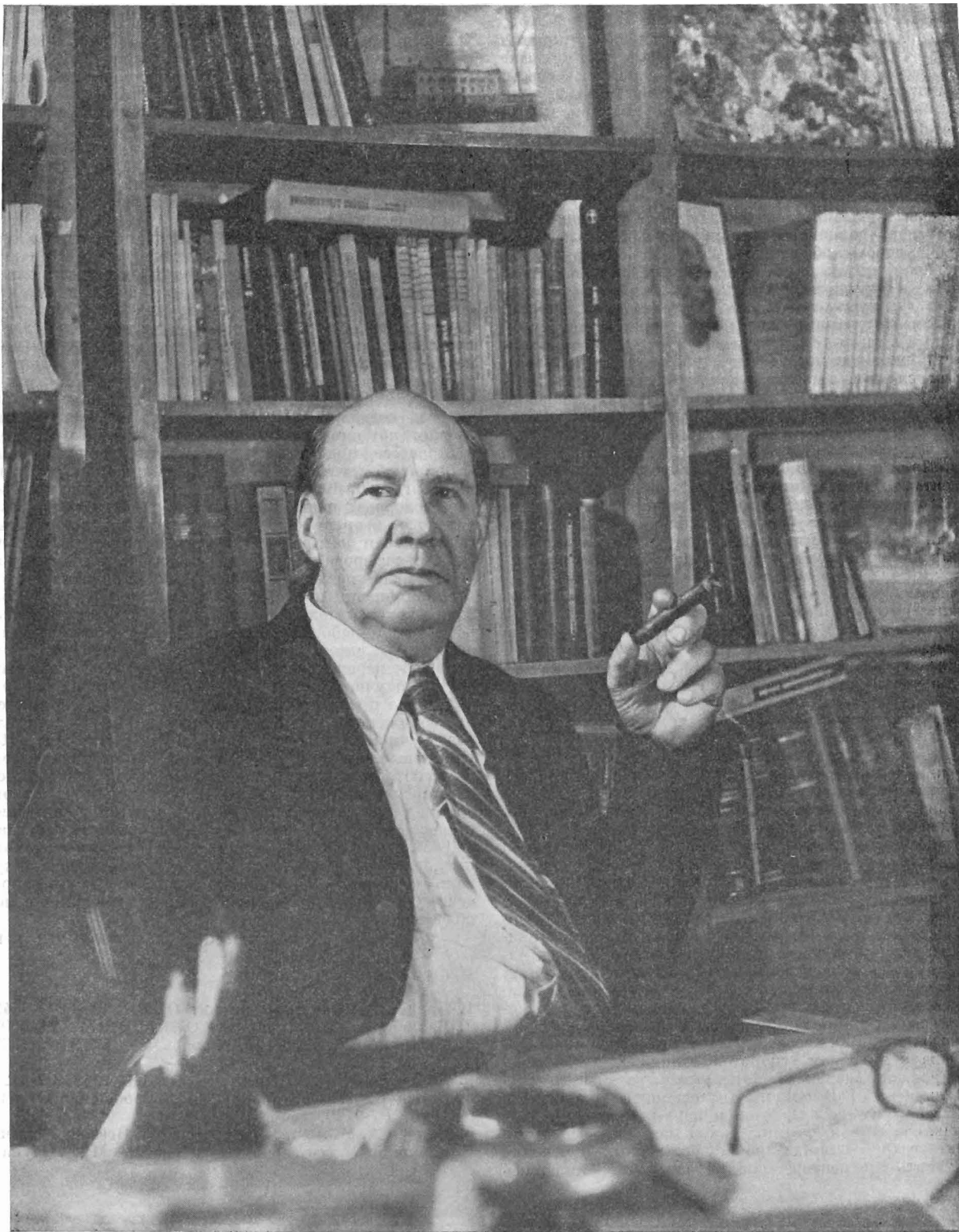
В 1977 г. исполнилось 20 лет со времени запуска дубненского синхрофазотрона на 10 ГэВ, построенного под руководством В. И. Векслера. Этот ускоритель, в тот период крупнейший в мире, воплотил в себе достижения советской науки, техники, промышленности, труд большого коллектива ученых, инженеров, рабочих. За 20 лет на синхрофазотроне, ставшем основной базовой установкой ученых социалистических стран ОИЯИ, выполнены такие фундаментальные исследования, как изучение взаимодействия протонов,  $P$ - и  $K$ -мезонов с протонами и ядрами в широком интервале энергий, открытие антисигма минус гиперона, электромагнитных распадов векторных мезонов. Успеху исследований во многом способствовали постановка нетривиальных экспериментов и разработка оригинальных методик, на основе которых созданы уникальные физические приборы. Автором или инициатором многих из них был В. И. Векслер. Коренным образом изменился стиль работы физиков-экспериментаторов. Сложные проблемы физики высоких энергий решаются в настоящее время специалистами с использованием последних достижений радиоэлектроники, криогеники, вычислительной техники и других наук. Стало возможным выполнять физические исследования на расстоянии (проводить дома далеко от Дубны обработку накопленного экспериментального материала в фотоэмульсиях, фотопленках с пузырьковых камер, на

магнитных лентах с электронных установок). Высокий уровень исследований позволил впоследствии ученым лаборатории высоких энергий (ЛВЭ) активно участвовать в постановке и проведении экспериментов на крупнейшем советском ускорителе ИФВЭ и других ускорителях мира.

Постоянное совершенствование синхрофазотрона и его пучков обеспечило высокую конкурентоспособность экспериментов. Интенсивность ускоренного пучка протонов доведена с  $10^9$  до  $1,5 \cdot 10^{12}$  частиц в цикле, разработаны и введены в действие эффективные системы медленного (до 500 мс) и быстрого ( $\sim 1$  мс) выводов частиц из синхрофазотрона, созданы современные каналы пучков.

Наиболее радикальным усовершенствованием синхрофазотрона явилось ускорение в нем легких ядер [1]. Ускорение дейтронов на дубненском синхрофазотроне в 1970 г. показало, что принципиальных трудностей для получения пучков ядер вплоть до релятивистских энергий нет. Рассмотрение возможных программ исследований с такими пучками [2] продемонстрировало их актуальность и перспективность. Уже первые постановки экспериментов с релятивистскими ядрами имеют прямое отношение к проблемам и физики элементарных частиц, и ядерной физики.

Описание сложных, составных систем, для которых существенны релятивистские эффекты, в последнее



Дмитрий Иванович Блохинцев

время приобретает первостепенное значение. Открытые недавно (и вызвавшие сенсацию) новые частицы еще более укрепили позиции физиков, пытающихся свести огромное разнообразие «элементарных частиц» к небольшому числу элементарных сущностей (кварков, партон). Однако все эти попытки так или иначе связаны с построением квантовой теории поля и в особенности с релятивистским описанием связанных состояний, в частности возбужденных состояний внутриадронной материи.

В области больших передач энергии в столкновениях ядро — ядро должны сильно проявиться новые черты ядерной материи, обусловленные кварковой структурой нуклонов. Один из наиболее ярких эффектов в данной области — кумулятивный, обнаруженный с помощью пучков дубненского синхрофазотрона, исследуется экспериментаторами и обсуждается теоретиками. Кумулятивный эффект (столкновение ядер, когда энергия группы нуклонов передается одной частице) является особым случаем множественного рождения частиц — одного из наиболее интенсивно изучаемых явлений физики высоких энергий. Практически любая постановка задач в области физики элементарных частиц имеет нетривиальный аналог в физике релятивистских ядер. Помимо традиционных постановок задач физики элементарных частиц представляют значительный интерес и такие проблемы, как сверхплотные ядра, пионный конденсат, а также задачи прикладного характера.

Для астрофизики и физики космического излучения несомненно интересны процессы прохождения релятивистских ядер через вещество. Релятивистские ядра космического излучения несут большой объем информации, который можно будет расшифровать только после исследований на ускорителях. Их взаимодействие с веществом имеет также большое значение для биомедицинских исследований. Все это свидетельствует об актуальности получения интенсивных пучков ядер вплоть до тяжелых, обладающих спектром энергий от десятков мега- до десятков гигаэлектронвольт на нуклон.

Для протонных ускорителей при переводе их в режим ускорения ядер и для создания специализированных ускорителей ядер исключительное значение приобретают источники ионов с максимальной высокой зарядностью и интенсивностью. Обычно используемые источники обеспечивают получение ионов относительно невысокой зарядности, что требует для их ускорения сложных систем с постепенным повышением зарядности ускоряемых частиц по мере роста энергии. В ЛВЭ ОИЯИ совместно с МИФИ был успешно испытан лазерный источник ядер [3]. Ионы углерода с высокой зарядностью были получены с мишени графита, куда направлялся мощный световой поток лазерного излучения. В эксперименте плотность светового излучения составляла  $2 \cdot 10^{13}$  Вт/см<sup>2</sup>. Из образующейся при взаимодействии света с веществом плазмы с помощью электрического поля были извлечены ядра углерода и ускорены сначала в линейном ускорителе — инжекторе синхрофазотрона до энергии 5 МэВ/нуклон, затем в синхрофазотроне до 5 ГэВ/нуклон. Интенсивность ускоренного до 60 ГэВ пучка ядер уже в первых экспериментах составляла  $10^6$  ядер/имп. Такой источник позволил практически без каких-либо существенных изменений применять инжектор синхрофазотрона — линейный

ускоритель протонов на 20 МэВ. Его настройка на режим ускорения ядер достигалась снижением уровня высокочастотного ускоряющего электрического поля. Поскольку скорость ядер на входе линейного ускорителя устанавливалась в 2 раза ниже, чем при ускорении протонов, то обеспечивалась двойная кратность дрейфа на периоде  $L = \beta\lambda$  и тем самым требуемое резонансное ускорение частиц ( $L$  — расстояние между центрами соседних ускоряющих трубок;  $\beta$  — скорость ускоряемых ядер в единицах  $c$ ;  $\lambda$  — длина волны ускоряющего электрического поля).

В марте 1977 г. на синхрофазотроне успешно завершены испытания нового источника ядер «Крион-1» [4, 5], в котором образование высокозарядных ионов происходит в результате последовательной ионизации нейтрального газа электронным пучком. Формирует электронный пучок продольное магнитное поле сверхпроводящего соленоида. Требуемая длительность процесса ионизации (до 100 мс) обеспечивается электростатическими ловушками, препятствующими уходу ионов в аксиальном направлении. Радиальная устойчивость создается за счет образования электронным пучком потенциальной ямы для ионов. Ее глубина в процессе ионизации искусственно увеличивается. С помощью источника «Крион-1» получены и ускорены до энергий 60, 80, 100 ГэВ соответственно ядра углерода, кислорода, неона. Впервые в мире облучены ядрами углерода энергией 50 ГэВ 2-метровая пропановая пузырьковая камера и стримерная камера СКМ-200. Ядрами углерода и кислорода облучены фотоэмульсия.

Развитие исследований в области релятивистской ядерной физики предъявляет все более жесткие требования к ускорителям частиц. Необходимы дальнейшее расширение набора ускоряемых ядер, повышение их энергии и интенсивности. Нам представляется, что хорошей перспективой для ЛВЭ ОИЯИ и многих других научных коллективов была бы замена синхрофазотрона с максимальным использованием его систем и сооружений на специализированный ускоритель ядер — криогенный ускоритель «Нуклотрон» [6]. Проектные параметры ускорительного комплекса предполагают достижение энергий ядер 15 ГэВ/нуклон с интенсивностью  $10^{12}$  ядер/имп. При этом предусматривается также возможность одновременного проведения исследований и в промежуточной области энергии 300 МэВ/нуклон. Несомненно, что создание такого комплекса и развернутые на нем исследования дадут ценную научную информацию о широком круге вопросов релятивистской ядерной физики и смежных с ней областей науки.

БАЛДИН А. М., СЕМЕНЮШКИН И. Н.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балдин А. М. и др. Препринт ОИЯИ, 1970, P9-5442.
2. Балдин А. М. Препринт ОИЯИ, 1971, P7-5808.
3. Ананьев О. Б. и др. Сообщение ОИЯИ, 1973, P7-7368.
4. Донец Е. Д. и др. Препринт ОИЯИ, 1968, P7-4124.
5. Донец Е. Д., Овсянников В. П. Сообщение ОИЯИ, 1976, P7-9799.
6. Балдин А. М. и др. В кн.: Труды IV Всесоюз. совещ. по ускорителям заряженных частиц. М., «Наука», 1975, т. 2, с. 4.