

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК**СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**

53(063)

СЕМИНАР ПО КРУПНЫМ ЕВРОПЕЙСКИМ ПРОЕКТАМ

Цель семинара, в котором участвовало 250 ученых, состояла во взаимной информации физиков Европы о тех крупных проектах, которые сейчас обсуждаются или уже осуществляются и которые определяют контуры Европейского потенциала в области фундаментальных исследований в обозримом будущем. В советскую делегацию входили: В. И. Гольданский, К. К. Ребане, В. А. Сидоров, Г. А. Смоленский и автор.

Семинар, организованный Европейским физическим обществом, проходил в течение 25—27 марта 1979 г. в Риме в старинном дворце Барберини. Заметим, что Маффео Барберини, став в XVII веке папой Урбаном VII, вошел в историю как преследователь Галилея.

В обзорных докладах, сделанных квалифицированными авторами, рассматривались следующие объекты: Объединенный Европейский токамак JET, крупные оптические телескопы, проекты радиоастрономических телескопов миллиметрового диапазона, ускорительно-накопительный комплекс УНК, Большая установка для встречных пучков LEP, проект Европейской установки для жесткого синхротронного излучения.

1. В докладе Д. Палумбо, директора программы термоядерных исследований Европейской комиссии по науке (Брюссель), была изложена комплексная пятилетняя программа западноевропейских стран в области реакций термоядерного синтеза, проводимых под эгидой «Евроатома». Основная идея программы состоит в объединении усилий ученых разных стран над решением общей проблемы, в первую очередь строительства токамака JET. Основные задачи, которые подлежат решению, таковы:

- 1) Исследование параметров плазмы в условиях, близких к тем, которые можно ожидать в реакторе синтеза.
- 2) Исследование взаимодействия плазмы со стенкой.
- 3) Исследование методов нагрева плазмы.
- 4) Исследование захвата α -частиц и нагрев плазмы.
- 5) Общее изучение плазмы, ее образование и распад. Исследование условий подобия для токамаков.

Прогресс в области термоядерных исследований иллюстрирован в табл. I.

Таблица I

Год	Время τ , с	Температура, К	Критерий Лоусона нт, с/см ³	Время удержания, с
1955	10^{-5}	10^5	10^9	10^{-4}
1960	10^{-4}	10^6	10^{10}	$2 \cdot 10^{-3}$
1965	$2 \cdot 10^{-3}$	10^6	10^{11}	$2 \cdot 10^{-2}$
1970	10^{-2}	$5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^{11}$	10^{-1}
1976	$5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^7$	10^{13}	1
1978	$8 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^{13}$	1
Реактор	1	10^8	$2 \cdot 10^{14}$	100

Решающим для программы токамаков был успех Советского токамака Т-3 в 1968 г., на котором впервые были продемонстрированы возможности этого типа машин.

Характеристики Европейских токамаков приведены в табл. II.

Значительное внимание уделяется развитию диагностики, вопросам материало-ведения, системам хранения и обработки трития. На установке ASPEX в Гархинге (ФРГ) будет изучаться роль примесей в плазме, на установке TEXTOR — поведение

Таблица II

Установка	Страна	Больший радиус, см	Меньший радиус, см	Поле, э	Ток I, кА
T-3	СССР	100	15	3,5	120
T-10	СССР	150	38	4,5	600
Пульсатор	ФРГ	70	12	2,8	95
TFR	Франция	100	20	6,0	400
FT	Италия	83	21	10,0	1000
DITE	Англия	117	27	2,8	250
ASPEX*)	ФРГ	164	40	2,8	500
TEXTOR*)	ФРГ	175	50	2,0	500
JET*)	Англия	296	125×210	2,8×2,5	3800—4800

*) Строящиеся установки.

первой стенки. Помимо токамаков известное внимание уделяется другим системам — открытым ловушкам и стеллараторам. Быстрым системам и системам лазерного термоядерного синтеза уделяется в европейской программе меньше внимания. В выступлении Палуμπο была поддержана идея постройки крупной международной установки типа «Токамак»-интор.

Стараясь избежать слишком обнадеживающих прогнозов, докладчик полагал, что демонстрационный энергетический реактор мог бы быть осуществлен в начале следующего века.

2. Современному состоянию и разработкам новых оптических телескопов был посвящен доклад Л. Волчера, Генерального директора ЮЕО (Южной Европейской

Таблица III

Обсерватория	Место	Страны- участницы	D, м	Год ввода
Сайдинг-Спринг	Австралия	Англия, Австралия	3,9	1974
Ла-Силла	Чили	ЮЕА	3,6	1976
Зеленчук, БТА	СССР	СССР	6,0	1977
Гавайские острова		Гавайя, Франция, Канада	3,6	1979
Калар-Альто	Испания	ФРГ	3,5	1982
Канарские острова		Англия	4,2	Строят
ИК телескоп	Италия		3,5	Строят
	Гавайя	Англия	3,8	1978

обсерватории) в Чили, в которой сотрудничают ученые Бельгии, Дании, Франции, ФРГ, Нидерландов и Испании. Состояние современного Европейского оптического телескопостроения видно из табл. III.

Напомним, что в эти же годы в США построили телескопы диаметром 3,8 м в Китт-Пик и Сьерра-Торона. Проникающая способность таких инструментов редко превышает 25-ю звездную величину, а разрешающая способность 1—2".

Наряду с наземными телескопами в США и Западной Европе разрабатывается совместный проект внеатмосферного инструмента ST с $D = 2,4$ м, который теоретически сможет дать изображения звезд до 29 зв. величины при разрешении 0",15.

Для наблюдений протяженных слабых объектов рассматривается возможность создания очень большого телескопа (ОБТ) — наземного устройства для сложения яркостей с эквивалентным диаметром 16 м. В США рассматривается проект ОБТ на 25 м. Основные задачи для такого инструмента суть:

1) Красные смещения далеких галактик для изучения и выбора моделей Вселенной.

2) Изучение линий поглощения от квазаров для исследований межгалактического пространства.

3) Изучение поляризации излучения пульсаров.

4) Строение и состав звезд в соседних галактиках и звездных скоплениях.

Докладчик отметил, что стоимость «эффективного фотона» у такого телескопа на порядок меньше, чем у других систем ST и ЮЕО.

Западноевропейские ученые также сотрудничают в области создания радиоинтерферометров с большой базой. Привлекателен проект работы в реальном времени со связью через специальный спутник. Это также приведет к возможности определения наземных координат с точностью 1 см на базе 1000 км (10^{-8}). Ведутся работы по созданию астрономических спутников с инфракрасным телескопом и рентгеновским телескопом.

Известным радиоинженером, создателем комплекса протонных встречных пучков ISR в ЦЕРНе К. Ионсенсом, был сделан доклад о руководимом им проекте радиоинтерферометра миллиметрового диапазона, который строится совместными усилиями ученых Франции и ФРГ, при участии испанских астрономов. Стоимость установки оценивается в 60 млн. франков. 10% времени будет выделено испанским ученым.

Основная задача — это изучение молекул в межзвездном газе нашей Галактики, проблема образования звезд, а также общие исследования в этой мало изученной области радиоспектра.

В горах Сьерра-Невада в Испании на высоте 3000 м будет расположен и введен в строй в 1982 г. полноповоротный радиотелескоп диаметром 30 м с допуском 0,07 мм для работы на частотах от 22 до 230 ГГц с угловым разрешением $20''$ (на частоте 115 ГГц). Уровень допустимого ветра составляет 15 м/с. Во Франции, вблизи Гренобля, на

Таблица IV-

Параметр	I очередь	II очередь
Длина орбиты, м	19 288	19 288
Энергия инжекции, ГэВ	70	400
Максимальная энергия, ГэВ	400	3000
Поле инжекции, Т	0,117	0,670
Максимальное поле, Т	0,670	5,0
Длительность импульса, с	78	78
Число частиц в импульсе	$6 \cdot 10^{14}$	$6 \cdot 10^{14}$

высоте 2500 м предполагается построить радиоинтерферометр с тремя полноповоротными антеннами диаметром 12—15 м и базой до 1,5 км на тот же диапазон частот с разрешением до $2''$ при базе 400 м. Интерферометр должен быть построен к 1986 г.

Большой интерес вызвал доклад проекта ускорительно-накопительного комплекса (УНК), представленный Институтом физики высоких энергий в Серпухове (СССР) и зачитанный В. А. Сидоровым. В основе проекта лежит протонный синхротрон на энергию 3 ТэВ, параметры которого даны в табл. IV.

Существующую машину У-70 рассчитывают использовать как инжектор, увеличив ее интенсивность до $5 \cdot 10^{13}$. При двухступенчатой системе, располагая кольца в одном тоннеле размером $5,6 \times 3,6$ м, можно организовать различные варианты встреч. В проекте предусматривают использование сверхпроводящих магнитов.

Председатель Европейской Комиссии по будущим ускорителям Виваржен доложил о планах следующего крупного объекта, проектируемого в настоящее время в ЦЕРНе — установка на встречных электрон-позитронных пучках — LEP, на энергии частиц 100 ГэВ и светимость 10^{32} . Интерес к прорыву в эту область особенно велик в связи с довольно четкими предсказаниями теории Салама — Вайнберга для масс заряженных векторных бозонов 78 ГэВ и Z_0 -мезона с массой 90 ГэВ. Выдвинуто предложение построить машину в тоннеле длиной 30 км на энергию 100 ГэВ в каждом пучке при мощности СВЧ системы до 60 МВт. В дальнейшем энергия может быть поднята до 130 ГэВ в пучке. В настоящее время проработаны варианты ускоряющих резонаторов, использующих также сверхпроводимость и специальные магниты с цементным наполнителем на слабые поля. Сроки запуска LEP оцениваются как 1988 г.

Таким образом, в ближайшие 10 лет в мире намечено строительство трех крупных ускорительных объектов: встречные протон-протонные пучки на 2×400 ГэВ в Брукхейвене (США); встречные электрон-позитронные пучки 2×100 ГэВ в ЦЕРНе; ускорительно-накопительный комплекс УНК на 3 ТэВ в Серпухове (СССР).

В. А. Сидоров обратил внимание присутствующих на то, что из-за потерь на синхротронное излучение, начиная с некоторой энергии, станет выгоднее класть в основу электрон-позитронных встречных пучков не циклические накопители, а встречные

линейные ускорители. Принципы таких ускорителей сейчас разрабатывают новосибирские физики. Преимущества такой системы в том, что ее можно наращивать по длине и энергии.

В кратком сообщении А. Салам обратил внимание на то, что современная теория указывает на возможность распада протона со временем полураспада 10^{29} — 10^{33} лет. Распад значительной доли протонов и отказ от закона сохранения числа барионов означает кардинальное изменение состояния Вселенной за сроки порядка времени жизни протона. Салам подчеркнул, что различные варианты современной теории, рассматривающие кварки и лептоны как составляющие одного мультиплетта, с неизбежностью приводят к конечному времени жизни протона, могущего распадаться по схемам $p \rightarrow 3\nu + \pi^+$ и $p \rightarrow e^+ + \pi^0$ с выделением энергии около 1 ГэВ. Наблюдение таких редких распадов потребует массы сцинтиллятора в 10^4 т. Возможность такого эксперимента рассматривается в США и ЦЕРНе. При обсуждении сообщения Салама было замечено, что если время жизни протона окажется заметно больше 10^{33} лет, то это будет означать значительные трудности для теории. В настоящее время можно утверждать, что время жизни протона больше 10^{29} лет.

Проект Европейского центра синхротронного излучения рассматривался в сообщении Ива Фаржа, директора лаборатории синхротронного излучения (СИ) в Орсе, председателя комиссии Европейского научного фонда по синхротронному излучению. Этой комиссии, организованной в 1977 г., в ноябре 1979 г. поручено дать рекомендации по развитию исследований с жесткими СИ. Ранее в 1976 г. Комиссия под председательством Майера-Лейбница (ФРГ), выступила со следующими заключениями:

- 1) Следует ожидать большого расхождения между числом ученых, желающих использовать СИ, и возможностями для опытов.
- 2) Существующие установки для физики высоких энергий мало приспособлены для СИ, а эксплуатация существующих машин как источников СИ весьма дорога, и конструкция машин исключает применение змеек.
- 3) Следует эксплуатировать существующие накопители в режимах только по получению СИ.
- 4) Малые накопители можно строить в национальном масштабе.
- 5) На каждой машине следует предусмотреть возможности для международного сотрудничества.
- 6) Значительные усилия следует направить на постройку машины для генерации жесткого СИ, подобная машина должна вступить в строй в 1985 г., а строительство будет начато в 1980 г.
- 7) Интердисциплинарная комиссия должна начать изучение проекта Европейской машины для жесткого СИ.

В настоящее время выработана направленность научной тематики подобной установки, а именно, спектроскопия глубоко лежащих атомных уровней, ЭСКА при энергии до 50 кэВ, мессбауэровские исследования до 200 кэВ. Изучение комптоновского рассеяния до 400 кэВ, быстрые измерения EXAFS за время меньше 1 мс, исследование поверхности путем фотоэмиссии, а также ряд прикладных задач. Использование СИ для упругого рассеяния: в первую очередь благодаря значительному росту интенсивности новое развитие получат рентгеновские исследования кристаллов — топография, определение структуры, малоугловое и диффузное рассеяния за времена до 1 мкс.

Параметры проекта накопительного кольца следующие: энергия — 5 ГэВ; ток пучка — 565 мА; окружность орбиты — 604 м; радиус орбиты — 22,36 м; критическая длина λ_c в магнитах — 1 \AA , в змейках — $0,25 \text{ \AA}$; поток фотонов при 1 \AA $4,5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ на 1 мрад в полосе 0,1%; размер пучка в магнитах $0,18 \times 0,11 \text{ мм}$, в прямых промежутках длиной 6,7 м — $0,5 \times 0,07 \text{ мм}$, в прямом промежутке длиной 3 м — $0,11 \times 0,03 \text{ мм}$; полная мощность СИ от 6 змеек 1,5 МВт; число поворотных магнитов 48, число змеек 6.

Специальная комиссия под председательством Бураса (Дания) рассматривала вопросы приборного оснащения такого комплекса.

Полагают, что вокруг нового источника СИ в Европе возникнет центр, подобный Институту им. Лауэ и Ланжевена в Гренобле. По своему масштабу этот проект намного превышает крупнейшую американскую установку в Брукхейвене для исследований с СИ (энергия 2,5 ГэВ, длина 160 м), которая должна вступить в строй в 1981 г.

В целом предложения по новым Европейским проектам показывают четкое стремление организации крупных международных центров для развития фундаментальных исследований, при международном планировании таких лабораторий и разделении труда в оснащении и эксплуатации этих уникальных установок.

Единодушно была отмечена несомненная полезность семинара, который позволил с единой точки зрения посмотреть на перспективу и оценить направленность, оснащение и проблематику фундаментальных исследований в Европе.

Труды семинара предполагается в ближайшее время опубликовать (см. также: EPS News, April 1979).

С. П. Капица