

## Совещание Международной рабочей группы о будущем ускорителей и о развитии физики высоких энергий

Ученые всего мира с неослабевающим вниманием следят за результатами фундаментальных исследований, которые проводятся на ускорителях заряженных частиц высоких энергий и которые имеют своей целью более глубокое познание основных закономерностей строения материи. Огромный интерес к физике ядра и элементарных частиц обусловлен тем, что каждая новая ступень в углублении наших знаний свойств и закономерностей материи связана с новым целенаправленным практическим использованием этих знаний на благо человечества. История развития данной области науки, насчитывающая немногим более полувека, является нам много примеров того, как открытия ученых и изобретения инженеров становились основой для создания источников энергии невиданной мощности, новейших технологических процессов, принципиально новой техники и новых методов исследований в смежных областях науки.

В относительно короткий период существенное развитие получила основная экспериментальная база физических исследований — ускорители заряженных частиц. В наши дни ученые для постановки сложных физических опытов имеют в своем распоряжении разнообразные пучки элементарных частиц энергией до сотен миллиардов электронвольт и интенсивностью до  $10^{12}$  част./с.

Историческое развитие науки закономерно привело к тому, что физики всех стран, изучающие глубокие тайны материи, стали активно сотрудничать друг с другом. Многие успехи в изучении частиц, составляющих наш мир, и законов, которые ими управляют, были достигнуты именно благодаря такому сотрудничеству.

Дальнейшее развитие физики элементарных частиц требует создания еще более сложных, мощных и доро-

гостоящих установок. По этой причине целесообразна координация усилий в сооружении установок, разрабатываемых в настоящее время в региональном масштабе или отдельными наиболее развитыми в промышленном отношении странами. Становится очевидной необходимость более широкой совместной разработки проектов новых более мощных ускорителей и использования имеющейся и вновь создаваемой экспериментальной базы.

Именно вопросы координации и сотрудничества в связи с развитием физики элементарных частиц обсуждались на первом заседании рабочей группы о будущем ускорителей и развитии физики высоких энергий, которое состоялось в мае 1976 г. в Институте физики высоких энергий в Протвино. Решение об организации рабочей группы было принято в марте 1975 г. на семинаре ведущих ученых-физиков СССР, США, ОИЯИ и ЦЕРНа, проходившем в Новом Орлеане (США). В рабочую группу вошли Аматауни А. Ц., Будкер А. М., Логунов А. А., Васильев А. А., Глухих В. А., Марков М. А., Соловьев Л. Д., Скринский А. Н., Чувило И. В., Ярба В. А. (СССР), В. Вайскофф, Р. Вилсон, М. Бартов, Дж. Бьеркен, Р. Дибольд, Л. Ледерман (США), Джелепов В. П. и К. Ланиус (ОИЯИ), Дж. фон Дардел, У. Амальди, К. Енсон, А. Руссе, Д. Томас, Д. Хусман (ЦЕРН), Я. Ямагучи (Япония).

Рабочая группа подготовила отчет, представляющий обзор современного состояния знаний о фундаментальных закономерностях строения материи и проблем, требующих создания более совершенной экспериментальной базы. В отчете приведены также сведения об ускорительной технике, экспериментальном оборудовании и разрабатываемых в настоящее время региональных ускорителях (см. таблицу, п. I). Протонные

### Осуществляемые и планируемые проекты ускорителей на сверхвысокие энергии

Страна или регион	Название установки	Энергия в лабораторной системе координат, ГэВ		Энергия сталкивающихся частиц в системе центра масс, ГэВ				Периметр установки, км
		протоны	электроны	протон-протон	протон-анти-протон	протон-электрон	электрон-позитрон	
I. Япония	Tristan	180	17	360	—	~ 110	34	~ 2
	ФРГ	—	19	—	—	—	38	2,3
ЦЕРН	PETRA *	—	20	800	800	180	—	6,4
	LSR	400	< 100	—	—	—	< 200	51
США	LEP	—	18	—	—	100	36	2,2
	PEP	200	—	—	—	—	—	~ 6
СССР	Doubler	1 000	—	—	—	—	—	~ 3
	ISABELLE	200	20	400	—	130	—	5,5
	POPAE	1 000	20	2 000	—	280	—	—
СССР	ВЭПП-4 *	—	7	—	—	—	14	~ 18
	Ускорительно-накопительный комплекс	2 000	20	4 000	4 000	400	—	~ 18
II. Международный ускоритель VBA	С фиксированной мишенью	10 000	—	20 000	20 000	—	—	30—60
	Со встречными электронами и позитронами	—	> 100	—	—	—	> 200	> 50

\* Находятся в стадии сооружения

Ученые предполагают использование сверхпроводящих магнитов, а последние достижения в области сверхпроводимости делают предположения весьма реальными. Примеры предварительных проработок больших ускорителей и накопительных колец со средним радиусом 5–15 км и стоимостью около 1 млрд. долл. приведены в таблице, п. II. Эти примеры можно рассматривать как первоначальную стадию формирования новой межрегиональной экспериментальной программы на ускорительных комплексах в физике высоких энергий после 1990 г.

Члены рабочей группы выразили уверенность в том, что технологический прогресс в ближайшие десятилетия может дать более экономичные и эффективные решения для строящихся и проектируемых ускорителей на высоких энергиях. Рабочая группа рекомендует осуществлять постоянное межрегиональное сотрудничество и взаимную информацию с тем, чтобы все вопросы технологии, которым предопределено сыграть роль в проектах будущих ускорителей, были включены в соответствующие программы исследований. Тем самым можно свести к минимуму дублирование.

Широкая и активная экспериментальная программа в области физики высоких энергий может выполняться с применением современной техники, однако следует ожидать усовершенствований многих физических методов. Использование интегральных схем существенно снижает стоимость многопролочных пропорциональных и дрейфовых камер, которые уже сейчас обеспечивают высокую точность ~50 мкм и будут весьма полезны для измерения углов и импульсов. Калориметры с жидким аргоном и урановыми пластинами удобны для работ при высоких энергиях, особенно при изучении многочастичных процессов в большом интервале углов. Техника черенковских счетчиков должна совершенствоваться для улучшения разрешения по скорости при увеличении апертанса. При энергии в сотни и более миллиардов электронвольт вместо черенковских счетчи-

ков будут использоваться детекторы на основе переходного излучения. Важную роль в контроле, приеме и первоначальном анализе экспериментальных данных сыграют микропроцессоры — специализированные вычислительные машины. Для эффективной работы больших спектрометрических магнитов необходимо обеспечить получение сильных магнитных полей при меньших расходах на единицу мощности, чем в современных магнитах. Обмен экспериментальной информацией между основными научными физическими центрами мира должен осуществляться самым эффективным и быстрым способом с тем, чтобы оптимизировать анализ данных. В частности, предлагается изучить возможность передачи данных через спутники Земли.

В выводах и рекомендациях рабочая группа предлагает расширить совместное использование региональных ускорителей учеными разными странами на основе существующих и будущих соглашений и договоренностей. Одновременно целесообразно проведение совместных исследований новых перспективных систем ускорительной и экспериментальной техники в рамках разрабатываемых проектов региональных ускорителей. Международное сотрудничество предусматривает также исследования, ведущие к созданию следующего поколения ускорителей на сверхвысокие энергии после осуществления указанных в таблице региональных проектов. Эти ускорители будут настолько велики, что их создание возможно только при объединении всех заинтересованных регионов. Как отмечается в отчете, разработка ускорительного комплекса на сверхвысокие энергии связана с исключительно сложными научными, техническими и организационными проблемами, что потребует систематического изучения и обсуждения. Рабочая группа рекомендует такое обсуждение начать в ближайшем будущем и в этой связи обратилась к комиссии ИЮПАП с предложением организовать рабочие группы и совещания, подобные данному.

ВАСИЛЬЕВ В. А.

## Второй Симпозиум по коллективным методам ускорения

В работе Симпозиума, состоявшегося в Дубне с 29 сентября по 2 октября, участвовало 420 специалистов из различных научных центров мира. Наибольшее число участников было представлено от СССР и США. В 85 обсужденных докладах Симпозиума освещались три основных направления — ускорители с электронными кольцами; ускорение заряженных частиц в плазме и электронных пучках; получение и формирование сильноточных электронных и ионных пучков.

**Ускорители с электронными кольцами.** Работы, проводимые в этом направлении в Гархинге (ФРГ), ИТЭФ (СССР) и в Дубне, развивают известную первоначальную схему, предусматривающую инжекцию электронов уже релятивистской энергии в магнитное поле на орбиту большого радиуса и затем сжатие кольца в нарастающем магнитном поле до требуемых размеров. Такой готовый ступок может быть затем ускорен вдоль своей оси.

Группа из Университета Мериленд (США) развивает схему с продольным сжатием трубчатого пучка в кольце. И наконец, группа из НИИЯФ ТПИ им. С. М. Кирова экспериментировала «зеркальный» захват скомпенсированного электронного пучка около проводящей стенки. Цель работ — получение колец электронов мак-

симальной плотности и больших ускоряющих полей для ионов. В традиционном направлении, использующем радиальное адиабатическое сжатие электронного кольца в магнитном поле, наибольшее впечатление произвели результаты запуска прототипа ускорителя тяжелых ионов в Дубне. На этой установке получены электронные кольца с максимальными параметрами как по числу электронов, так и по их плотности в кольце. Особенности установки — близкие к кольцу металлические стенки, их достаточная проводимость, большой коэффициент сжатия электронного кольца в импульсном поле (~10), хорошие качества пучка инжектируемых электронов ( $\Delta E/E \sim 1 \div 2\%$ ; эмиттанс 30 мрад·см) — определили параметры электронного кольца после сжатия: радиус  $R = 3,5$  см; полуразмер сечения  $a = 1,5 \div 2$  мм; число электронов в кольце  $10^{13}$ ; поле кольца 50 МВ/м. Такие кольца предусматривается использовать для ускорения ионов ксенона в спадающем магнитном поле на длине 85 см. Предполагаемая энергия ионов  $1,5 - 2$  МэВ/нукл., интенсивность  $10^{11}$  ионов/кольцо.

Исследования, проводимые несколько последних лет группой в Гархинге на установке «Шуко», представляющей собой обновленную систему быстрого сжатия электронного кольца (~10 нс), обеспечили проведение