

# ЭНЕРГИЯ



№ 15-16  
декабрь  
1999г.

# -интервью

*Профессор С.Ямада — директор Института изучения частиц и ядер, КЕК (Япония), побывал осенью этого года в нашем институте. И хотя этот визит был очень коротким, а его программа очень насыщенной, наш гость нашел время, чтобы дать интервью для «Э-И».*

— Я работаю в области экспериментов со встречными пучками. Эта работа началась в Новосибирске. С 1973 года я участвовал в экспериментах DASP на DORIS и JADE на PETRA в ДЕЗИ. После работы над проектом OPAL для LEP в ЦЕРН я вновь вернулся в ДЕЗИ для участия в эксперименте ZEUS. Во всех этих экспериментах участвовала группа физиков из Токио.

С апреля 1997 года я перешел в новый Институт, Центр Исследований на Ускорителях Высоких Энергий, который по-прежнему сокращенно обозначается КЕК, но на самом деле есть результат слияния трех институтов — бывшего КЕК, Института ядерных исследований Токийского университета и Мезонного Центра при Токийском университете. Это — центр всех исследований с использованием ускорителей в Японии в области физики ядра и элементарных частиц, а также материаловедения. В нем находится В-фабрика, КЕКВ, где физики ИЯФ активно участвуют в эксперименте BELLE, протонный синхротрон на энергию 12 ГэВ, на котором, например, ведется в коллаборации с СуперКамиоканде эксперимент по осцилляциям нейтрино, два источника синхротронного излучения, а также Ускорительный Центр для будущего линейного коллайдера. Большая часть исследований ведется в международных коллаборациях. Это — один из крупных мировых центров по физике высоких энергий.

Мой последний визит в ИЯФ состо-

ялся свыше 20 лет тому назад. За эти годы у вас произошли большие политические изменения. Наблюдается рост экономической активности. С поверх-

ную проблему CP нарушения в распадах В-мезонов. Группа из ИЯФ внесла огромный вклад в этот эксперимент с самого начала. Хороший пример — это создание электромагнитного калориметра на кристаллах CsI, включая поисковые исследования и испытания. Калориметр был запущен по графику и работает прекрасно. Профессиональная работа вашей

группы высоко ценится в коллаборации, чему я очень рад.

По коллаборации в эксперименте BELLE я вижу, что сотрудничество очень успешное. Я уверен, что высокая подготовка и энтузиазм группы из ИЯФ поможет ей играть ведущую роль в BELLE и в будущем. Это должно сыграть ключевую роль для усиления связи между ИЯФ и КЕК.

Есть примеры сотрудничества и в других областях, например в ускорительной. В целом, я ожидаю еще большей и плодотворной научной связи КЕК и ИЯФ в будущем.

*Профессор С.Ямада*

**«Яождаю еще большей и плодотворной научной связи КЕК и ИЯФ»**

ностной точки зрения изменения не выглядят очень большими по сравнению с тем, что я видел в городах Японии или Европы. И хотя двух дней недостаточно для того, чтобы заметить детали, есть много вещей, которые трудно описать в коротком меморандуме. Коротко, мы были очень рады вновь посетить Академгородок и институт.

Я сам в коллаборации с вашим институтом не участвую. Однако группа физиков ИЯФ во главе с профессором В.Сидоровым участвует в эксперименте BELLE в КЕК с самого начала. Главная его цель — изучить фундаменталь-

## Поздравляем!

*Ученая степень доктора физ.-мат. наук присуждена:*

**Александру Владимировичу Бурдакову (лаб.10)**

**Леониду Николаевичу Вячеславу (лаб.9-0)**

*Ученая степень кандидата физ.-мат. наук присуждена:*

**Виктору Васильевичу Смалюку (лаб. 1-3)**

*Ученая степень кандидата технических наук присуждена:*

**Юрию Сергеевичу Великжанину (сект. 3-12)**

**Анатолию Даниловичу Гончарову (лаб.5-11)**

**Сергею Николаевичу Чумакову (лаб.5-11)**

Ю. Шатунов, С.Эйдельман

## Физика выше ВЭПП-2М и проект ВЭПП-2000

### 30 лет ВЭПП-2М

В марте этого года в институте состоялся Международный семинар, посвященный 25-летию экспериментов на ВЭПП-2М («Э-И», N3-4). За эти долгие годы на накопителе поработало уже не одно поколение детекторов. Последние 5-6 лет коллаидер ВЭПП-2М успешно работает с двумя современными детекторами КМД-2 и СНД, которые представили на семинар около 20 работ. Столь долгая, а главное, плодотворная жизнь  $e^+e^-$  коллаидера на самую низкую в мире энергию безусловно говорит о правильности решения о его создании, принятого в конце 69-го года. Однако, пора и задуматься о дальнейшей судьбе комплекса с учетом ситуации в мировом физическом сообществе, которая существенно меняется с запуском  $\phi$ -фабрики во Фраскати DAΦNE. На наш взгляд, опыт самого ВЭПП-2М, как с ускорительной точки зрения, так и с детекторной, позволяет, экстраполируя его результаты в соседние области, сделать некоторые достаточно надежные выводы.

Набранная детекторами КМД-2 и СНД интегральная светимость около  $50 \text{ пб}^{-1}$  дает возможность изучить с высокой точностью большинство каналов адронной  $e^+e^-$  аннигиляции от порога рождения адронов до максимальной энергии ВЭПП-2М  $2 \times 0.7 \text{ ГэВ}$ . Вместе с  $24 \text{ пб}^{-1}$ , накопленными на ВЭПП-2М в предыдущем поколении экспериментов (1974-1987), эта интегральная светимость более чем на порядок величины превышает  $6 \text{ пб}^{-1}$ , набранными вместе различными экспериментальными группами в Орсе и Фраскати в области энергии от 1.4 до 2 ГэВ. Таким образом, между максимальной энергией, достижимой на ВЭПП-2М, и 2 ГэВ имеется заметный разрыв, в котором точность имеющихся данных низкая. В то же время хорошая точ-

ность знания адронных сечений в этом диапазоне энергии является решающей для лучшего понимания многих явлений физики высоких энергий.

Надо сказать, что такая ситуация сохраняется уже многие годы, и в нашем институте не раз обсуждались проекты установок (например, ВЭПП-3М в 80-81 гг.) для решения этой интересной задачи. Прошедшее совещание только подчеркнуло актуальность проблемы и ее достойное место в общемировом процессе познания физических закономерностей.

### Физика выше ВЭПП-2М

Кратко обсудим некоторые физические задачи, которые можно решить, изучая  $e^+e^-$  аннигиляцию в адроны от порога до 2 ГэВ.

1. В настоящее время теория сильных взаимодействий (КХД) не может удовлетворительно объяснить адронные процессы при низких энергиях, идущие за счет взаимодействия легких кварков. Эксперименты по  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны при энергии ниже 2 ГэВ дадут важную информацию для различных теоретических моделей.

При высокой светимости коллаидера в широком диапазоне энергии можно измерять сечения адронных процессов вблизи их порогов, где импульсы всех частиц малы ( $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-, \pi^+\pi^+\pi^0$  и т.д.), так что возможна проверка предсказаний киральной теории возмущений.

Новое изучение  $\rho, \omega$  и  $\phi$  мезонов сделает возможным поиск их редких мод распада с чувствительностью к относительным вероятностям до  $10^{-6}-10^{-7}$ . Следует подчеркнуть, что  $\phi$ -фабрика во Фраскати DAΦNE большую часть времени будет работать в максимуме

$\phi$  мезона, тогда как интерференционные эксперименты в широком энергетическом диапазоне играют решающую роль для поиска распада  $\phi \rightarrow f_0(980)\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$ , а также для измерения лептонной ширины  $\rho, \omega$  и  $\phi$  с высокой точностью.

Обсуждаемая область энергии представляет особый интерес для изучения спектроскопии легких кваркониев. В ней уже наблюдались пять резонансных состояний:  $\omega(1420), \rho(1450), \omega(1600), \phi(1680)$  и  $\rho(1700)$ . Однако их фундаментальные свойства, такие как масса и ширина, известны довольно плохо, и даже сама их природа еще не установлена: они могут быть нормальными кварк-антикварковыми состояниями, возбуждениями легких векторных мезонов ( $\rho, \omega, \phi$ ), но имеются также серьезные аргументы в пользу существования в этой области энергии экзотических объектов типа гибридов или четырехкварковых состояний. Наблюдаемые резонансы имеют большую ширину и могут интерферировать. Кроме того, у них есть общие моды распада, что приводит к весьма специфической зависимости сечения от энергии. С экспериментальной точки зрения необходимо применить эксклюзивный метод, при котором изучаются отдельные каналы  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны, а не полное сечение. Список возможных процессов (вероятно, неполный) включает в себя  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-, \pi^+\pi^-\pi^0, 4\pi$  (два возможных конечных состояния  $2\pi^+2\pi^-$  и  $\pi^+\pi^-2\pi^0$ ),  $5\pi$  (также два возможных конечных состояния),  $6\pi$  (три возможности),  $K\bar{K}$  (два возможных конечных состояния  $K^+K^-, K_S^0K_L^0$ ),  $K\bar{K}\pi$  (четыре возможных конечных состояния),  $K\bar{K}\pi\pi$  (много конечных состояний),  $\eta, \pi^+\pi^-$  и т.д. Кроме того, одно и то же конечное состояние может рождаться через различные промежуточные состояния, например, для аннигиля-

**Поздравляем!****Орден Почета вручен****Николаю Сергеевичу Диканскому****- члену-корреспонденту РАН, ректору НГУ****за заслуги перед государством и многолетний добросовестный труд.**

ции в четыре  $\pi$  мезона это  $\omega\pi^0$ ,  $a_1(1260)\pi$ ,  $\phi\pi^0$  и т.д., которые могут сильно интерферировать, как было недавно показано группой КМД-2. Упомянутая выше картина пяти векторных резонансов возможно неполна. В этой области энергии могут существовать и другие резонансы, которые проявятся после сканирования с высокой светимостью, как например,  $\phi\pi$  состояние или  $C(1480)$ , наблюдавшийся в  $\pi^+\pi^-$  столкновениях, узкий резонанс в полном сечении адронов при 1.87 ГэВ, зарегистрированный вблизи порога рождения нуклон-антинуклонных пар группой FENICE, или  $\pi^+\pi^-\pi^0$  состояние вблизи 1.3 ГэВ, недавно открытое группой СНД.

2. Помимо общих проблем взаимодействия легких кварков знание полного сечения и сечений отдельных каналов  $e^+e^-$  аннигиляции чрезвычайно важно для многих правил сумм, в которых интегралы от  $R$  (или сечений отдельных каналов) с некоторой весовой функцией связывают с различными физическими величинами, такими как бранчинги и спектры адронов в распадах  $\tau$ -лептона,  $(g-2)_\mu$ ,  $\alpha(M_Z)$  и т.д. Весовые функции обычно подчеркивают роль маленьких энергий, что заметно повышает роль экспериментов ниже 2 ГэВ. Измерение сечений во всем энергетическом диапазоне одним детектором существенно снижает систематические неопределенности, доминирующие в экспериментальных значениях интегралов.

Гипотеза сохраняющегося векторного тока (СВТ) и изоспиновая симметрия связывают друг с другом  $e^+e^-$  аннигиляцию в изовекторные адронные состояния и соответствующие адронные распады  $\tau$ -лептона,

например,  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\tau \rightarrow \pi^-\pi^0\nu_\tau$  и т.д. Первые систематические проверки СВТ в распадах  $\tau$ -лептона показали, что в пределах экспериментальных ошибок данные по  $e^+e^-$  аннигиляции и по распадам  $\tau$ -мезона находятся в разумном согласии. Однако по мере заметного улучшения экспериментальной точности как в  $e^+e^-$ , так и  $\tau$  секторах ситуация становится все более запутанной, и есть указания на возможное разногласие между предсказаниями СВТ и данными по распадам  $\tau$ -лептона. Например, полный бранчинг распада  $\tau$  в адронные состояния с  $I=1$  равен  $(31.01 \pm 0.23)\%$  по сравнению с  $(30.05 \pm 0.42)\%$ , предсказываемым СВТ, т.е. на 3% или два стандартных отклонения выше. Дальнейшее прояснение ситуации станет возможно после новых прецизионных измерений распадов  $\tau$ -лептона на CLEO-III, BaBar и BELLE. В свою очередь, измерения на одном детекторе различных каналов  $e^+e^-$  аннигиляции от порога до массы  $\tau$  (1.8 ГэВ) позволят провести точное сравнение предсказаний СВТ с данными из распадов  $\tau$ -лептона.

Аномальный магнитный момент мюона  $(g-2)_\mu$  — одна из наиболее точных измеренных величин в физике. Ее теоретическое значение вычислено с огромной точностью, и сравнение с экспериментом позволит провести важную проверку стандартной модели (СМ). В эксперименте, который в настоящее время ведется в Брукхейвене, планируется улучшить точность в 20 раз. Сегодня экспериментальное и теоретическое значения согласуются, причем в неопределенности последнего доминирует адронный вклад, который с помощью дисперсион-

ных соотношений определяют из данных по  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны. Недавний анализ вкладов в эту величину от различных диапазонов энергии еще раз подтвердил, что заметное улучшение теоретической точности требует прецизионных измерений  $R$  при низких энергиях. Суммарная неопределенность величины  $(g-2)_\mu^{\text{had}}$  равна  $1.5 \cdot 10^{-9}$ , т.е. совпадает по величине с электрослабым вкладом, ожидаемым в СМ. Большая часть неопределенности (около 90%), а также самой величины  $(g-2)_\mu^{\text{had}}$  связана с вкладом области энергии до 1.4 ГэВ, который изучается в экспериментах на ВЭПП-2М. Группа КМД-2 недавно опубликовала результаты анализа формфактора пиона при энергии от 610 до 960 MeV с систематической ошибкой лучше 1.4%. Оценки показывают, что одно лишь это измерение улучшает полную неопределенность от  $1.5 \cdot 10^{-9}$  до  $1.2 \cdot 10^{-9}$ . В экспериментах на КМД-2 планируется дальнейшее улучшение точности измерений, при котором систематическая погрешность достигнет величины 0.6% для двухпионного канала и (2-3)% для других каналов  $e^+e^-$  аннигиляции. Это позволит улучшить полную неопределенность по крайней мере в 1.5 раза. Дальнейший прогресс станет возможным после новых измерений полного сечения в адроны на установках ВЭПП-4М в Новосибирске и BES в Пекине при энергии ниже  $\psi$ -мезона. Однако, важный диапазон от 1.4 до 2 ГэВ будет, по-видимому, недоступен для обеих установок из-за их низкой светимости при этих энергиях.

Подобно  $(g-2)_\mu^{\text{had}}$ , эффекты адронной поляризации вакуума весьма важны для вычисления  $\alpha(M_Z)$  — значения бегущей постоянной тонкой структуры на  $M_Z$ . Как значение, так и неопределенность критичны для интерпретации экспериментов при высокой энергии на LEP, SLC и Tevatron, в частности, для прямого определения границ масс Хиггсовского бозона. Если для оценки вклада сильных взаимодействий ис-

Продолжение на стр.4

# Физика выше ВЭПП-2М и проект ВЭПП-2000

*Продолжение. Начало на стр.2*

пользовать дисперсионные соотношения и данные по  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны, то оказывается, что роль небольших энергий меньше из-за другой весовой функции под интегралом, так что вклад в полную неопределенность от экспериментов на ВЭПП-2М составляет около 15%. При расширении диапазона небольших энергий до 2 ГэВ их роль значительно возрастет. Новая интригующая возможность кардинально изменить картину и увеличить вклад малых энергий связана с подходом, основанным на вычислениях в Эвклидовой области. При его применении начинает доминировать область энергии ниже 3-4 ГэВ, что позволяет уменьшить неопределенность адронного вклада в  $\alpha^{-1}(M_Z)$  от 6.5 до  $2.5 \cdot 10^{-4}$ . Это значение можно сравнить с недавними теоретическими вычислениями, существенно опирающимися на предположение о том, что пертурбативная КХД справедлива от весьма малых энергий порядка 2 ГэВ, так что неопределенность достигает величины  $1.6 \cdot 10^{-4}$ . При уже упоминавшемся улучшении экспериментальной точности в экспериментах на ВЭПП-2М, ВЭПП-4М и BES можно надеяться на уменьшение величины неопределенности по сравнению с  $2.5 \cdot 10^{-4}$  в 2—3 раза без каких бы то ни было теоретических предположений о справедливости КХД при низких энергиях.

Знание сечения  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны с  $I=1$  с более высокой точностью позволит провести еще

одну проверку правил сумм КХД и оценить фундаментальные параметры КХД (кварковый и глюонный конденсаты, константу связи  $\alpha_s$ ).

Приведенный перечень возможных экспериментов в области энергий до 2 ГэВ является далеко не пол-

ным советом ИЯФ и начата проработка физического и технического проектов нового накопителя. Следующей последней моде, проект нового коллайдера получил название ВЭПП-2000, которое отражает, в частности, и желание его быстрее всего осуществления.

### 3 ВЭПП-2000

Схема нового накопителя ВЭПП-2000 и его размещение в зале ВЭПП-2М представлены на рис.1.

Магнитная структура ВЭПП-2000 основана на концепции круглых пучков, которая была разработана в нашем институте еще 10 лет назад для проекта Ф-фабрики. К большому сожалению, эта идея до сих пор не нашла своего воплощения в ИЯФ.

Ее экспериментальная проверка была подготовлена на ВЭПП-2М, но многократно откладывалась по причине... его хорошей работы с детекторами. Это обстоятельство, на наш взгляд, дополнительно поднимает интерес к созданию новой установки, которая не только откроет область интересных экспериментов по физике высоких энергий, но и продвинет нас в «технологии» встречных пучков.

Концепция круглых пучков подразумевает выполнение следующих основных условий для проектируемой установки:

1. равные, малые  $\beta$ -функции в области взаимодействия встречных пучков  $\beta_x = \beta_z = \beta^*$ ;
2. равные горизонтальный и вертикальный эмиттансы  $\epsilon_x = \epsilon_z$ , возбуждаемые в арках квантовыми флуктуациями излучения до величины, определяемой требуемой светимостью установки;
3. равные частоты бетатронного движения  $Q_x = Q_z$ ;

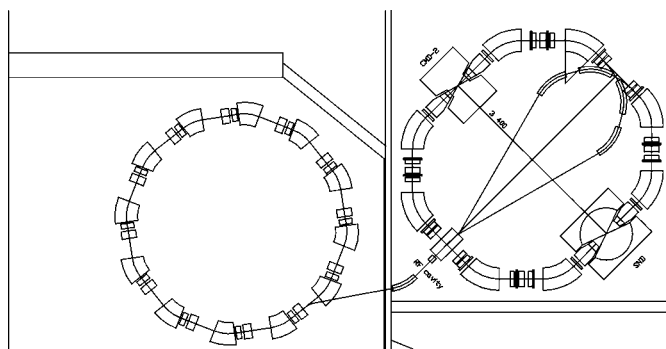


Рис.1: Схема коллайдера ВЭПП-2000.

ным, но, очевидно, достаточным для серьезного рассмотрения наших возможностей провести эти измерения. Необходимо еще раз подчеркнуть, что вся программа требует наличия хорошего качества детекторов и накопителя, обеспечивающего не только энергию пучков до  $2 \times 1$  ГэВ, но и достаточно высокую светимость. В итоге анализа сегодняшней ситуации в институте родилось предложение об очередной модернизации комплекса ВЭПП-2, основную часть которой составляет замена ВЭПП-2М на новый накопитель с большей энергией. При этом вся система воспроизводства пучков сохраняется в неизменном виде, максимально используются источники питания, кабельные трассы и т.д. и, что особенно важно, расположение и конструкция нового накопителя позволят вести эксперименты с существующими детекторами КМД-2 и СНД (мы не обуждаем здесь их возможную модернизацию). В мае этого года предложение о модернизации было принято уче-

4. малая дробная часть бетатронной частоты;
5. малая синхротронная частота  $Q_s$ .

Условия 1), 2) и 3) приводят к появлению дополнительного интеграла движения (сохранение углового момента), с помощью которого поперечное движение становится одномерным и интегрируемым. При этом уменьшается сила резонансов, которые могут приводить к раздуванию пучка, уменьшению времени жизни и динамической апертуры. Условия 4) и 5) были проверены компьютерным моделированием как необходимые для достижения максимального значения параметра пространственного заряда пучка  $\xi_{max}$ , означающего линейный сдвиг бетатронной частоты в поле встречного сгустка. В случае круглого пучка наибольшее ожидаемое

равные частоты и одинаковые эмиттансы  $\epsilon_x$  и  $\epsilon_z$ . Оптические функции

БЭП (в его нынешнем виде) в горизонтальной плоскости в пустой промежуток напротив резонатора. Инфлекторные пластины будут размещены в вакуумной камере внутри поворотных магнитов. Преимущество такой схемы состоит в независимости траектории впущенного пучка от поля соленоидов. Это дает возможность попробовать различные варианты оптики с круглым пучком: «обычный» круглый пучок, схема «Мёбиуса», а также, для сравнения, плоский пучок без вращения плоскостей бетатронных колебаний. Бустерное

Периметр, м	$\Pi$	24.388
Частота ВЧ, МГц	$f_0$	172.
Напряжение ВЧ, кВ	$V$	100
ВЧ гармоника	$q$	14
Коэффициент уплотнения орбит	$\alpha$	0.036
Синхротронная частота	$\nu_s$	0.003 ( $\alpha = 0.04$ )
Эмиттансы, см · рад	$\epsilon_x, \epsilon_z$	$2.2 \cdot 10^{-5}$
Потери энергии/оборот, кэВ	$\Delta E_0$	60
Безразмерные декременты затухания	$\delta_z$	$2.3 \cdot 10^{-5}$
	$\delta_x$	$2.3 \cdot 10^{-5}$
	$\delta_s$	$4.6 \cdot 10^{-5}$
Энергетический разброс	$\sigma_z$	$7.0 \cdot 10^{-4}$
$\beta_x$ в месте встречи, см	$\beta_x$	6.3
$\beta_z$ в месте встречи, см	$\beta_z$	6.3
Бетатронные частоты	$Q_x, Q_z$	4.1, 2.1
Число частиц в сгустке	$e^-, e^+$	$1.0 \cdot 10^{11}$
Число сгустков в пучке		1
Сдвиги частот	$\xi_x, \xi_z$	0.075, 0.075
Светимость на одно место встречи, см <sup>-2</sup> · с <sup>-1</sup>	$L_{max}$	$1.0 \cdot 10^{32}$

Таблица 1: Основные параметры коллайдера на энергии  $E=1$  ГэВ

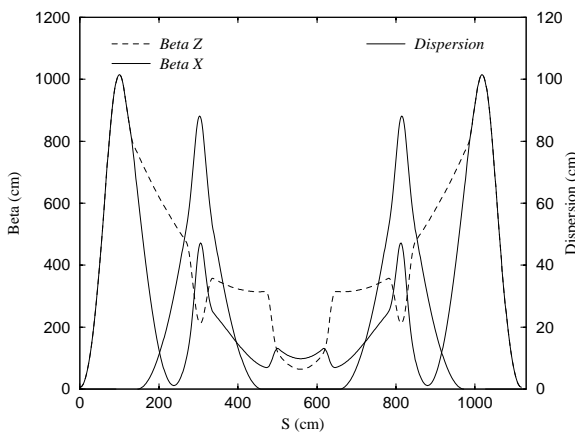


Рис.2: Оптические функции половины периода.  $S=0$  соответствует месту встречи

значение  $\xi \sim 0.1$ , что больше достижимой величины  $\xi \sim 0.05$  для плоских пучков.

На практике основные требования концепции круглого пучка выполняются при использовании вблизи обоих мест встречи фокусировки частиц сверхпроводящими соленоидами, которые создают равные  $\beta^*$ - функции в местах встречи пучков и вращают плоскости бетатронных колебаний на  $\pi/2$ . Это приводит к поочередной смене плоскостей собственных мод бетатронного движения через каждые пополобота, что, в конечном счете, и дает

структуры с круглым пучком представлены на рис.2.

В найденной оптике удалось занулить дисперсионные функции в местах встречи, резонаторе и участках инжекции. Выбранная оптическая схема имеет еще одно преимущество: изменение фокусировки соленоидов приводит к согласованному изменению  $\beta^*$  и эмиттансов, сохраняя размер пучков в месте встречи. Это дает возможность настраивать оптику кольца на максимальную светимость. Это же условие на фокусировку соленоидов создает зависимость светимости  $\propto \gamma^2$  на малых энергиях, вместо  $\propto \gamma^4$  в схеме с фиксированной  $\beta^*$ .

Выбранные расчетные параметры ВЭПП-2000 приведены в таблице 1.

Инжекция пучков в ВЭПП-2000 будет проводиться из накопителя

кольцо БЭП способно доставлять пучки с энергией до 900 МэВ. Поэтому работа, в основном, может осуществляться с непрерывной инжекцией пучка из бустера в накопительное кольцо на энергии эксперимента кроме диапазона от 900 МэВ до 1 ГэВ, где потребуется подъем энергии пучка после инжекции.

Применение сильных соленоидов значительно осложняет коррекцию хроматизма бетатронных колебаний. Найденная сегодня схема коррекции осуществляется тремя семействами секступолей и позволяет получить динамическую апертуру около  $14\sigma$  ( $\sim 17$  мм внутри соленоидов), которая все же меньше механической апертуры. В связи с этим продолжается рассмотрение различных вариантов коррекции хроматизма.

Окончание на стр.6

Магнитное поле В	13.0 Т
Длина L	0.50 м
Индуктивность	13.3 Г
Число витков обмоток N	23,350
Запасенная энергия E	300 кДж

Таблица 2: Параметры сверхпроводящих соленоидов

## Физика выше ВЭПП-2М и проект ВЭПП-2000

Окончание. Начало на стр. 2

На сегодняшний день начата конструкторская проработка основных элементов нового накопителя: поворотных магнитов, сверхпроводящих соленоидов, вакуумной камеры и ускоряющего резонатора.

Технологически сложным представляется создание сверхпроводящих соленоидов с полем 13 Т, которые еще требуется «вписать» в геометрию существующих детекторов. Основные параметры соленоидов представлены в таблице 2. Каждый блок состоит из основного соленоида, разделенного на две части, и компенсирующего соленоида с противоположным полем для создания необходимого продольного интеграла поля и фокусировки. Такая схема дает дополнительную возможность контроля значений  $\beta^*$ , запитывая только половину основного соленоида на низких энергиях.

Обмотка соленоида будет состоять из трех частей: внутренняя часть толщиной 30 мм изготовлена из  $Nb_3Sn$  проволоки диаметром 1.23 мм (50% Cu+50% $Nb_3Sn$ ); средняя секция имеет толщину 20 мм и состоит из  $NbTi$  проволоки диаметром 1.2 мм (48% Cu+52%  $NbTi$ ), наружный слой толщиной 10 мм выполнен из  $NbTi$  проволоки диаметром 0.85 мм (48% Cu+52%  $NbTi$ ). Для запитки этих трехсекционных обмоток будут использованы два источника питания. Схема запитки предполагает, что ток во внешней части равен сумме токов во внутренних обмотках. Распределение токов между секциями: внутренняя часть обмотки — 145 А; средняя часть — 167 А; наружная часть — 312 А. Магнитный поток замыкается в железном ярме, расположенном вместе со всеми обмотками в общем гелиевом криостате. Апертура обмоток составляет 50.0 мм. Внутренняя труба гелиево-

Зазор	40 мм
Угол поворота	45°
Радиус поворота	1.40 м
Максимальное поле	2.4 Т
Число витков обмотки	10
Ток в обмотке	9 кА
Потребляемая мощность	60 кВт

Таблица 3: Параметры поворотных магнитов

го бака является частью вакуумной камеры коллайдера, обеспечивая вакуумную откачку мест встречи. Азотный экран защищает гелиевый криостат от нагрева синхротронным излучением. Потребление жидкого гелия составит 2 литра в час на один соленоид.

Ограниченность доступного

Градиент поля	55 Т/м
Диаметр вписанной окружности	40 мм
Число витков обмотки одного полюса	10
Эффективная длина	140 мм
Ток в обмотках	0.8 кА
Потребляемая мощность	3 кВт

Таблица 4: Параметры квадрупольей

пространства в зале ВЭПП-2М и желание достичь энергии пучков 1 ГэВ приводят к необходимости использования сильных поворотных магнитов (поле до 2.4 Т) и квадрупольных линз. Параметры магнитов представлены в таблице 3

Структура нового коллайдера состоит из 5 семейств квадрупольей с наибольшим градиентом 55 Т/м. Каждое семейство 4 квадрупольей имеет общий источник питания с током запитки до 1 кА. Параметры квадрупольных магнитов даны в таблице 4.

Ускоряющий резонатор ВЭПП-2000 будет работать на частоте 172 МГц (14-я гармоника частоты обращения пучков  $f_0 = 12.292$  МГц). Для подавления когерентных взаимодействий пучков с высшими высо-

кочастотными модами разрабатывается так называемый одномодовый резонатор. При ускоряющем напряжении 100 кВ длина пучка составит  $\sigma = 3$  см на энергии 1 ГэВ. При потере энергии на оборот 60 кэВ и токах пучков 2x0.1 А необходимо компенсировать 12 кВт мощности синхротронного излучения.

### Заключение

После столь длинного перечня возможных экспериментов и технических деталей будущей установки необходимо отметить и так называемый человеческий фактор. Сегодня в разработке проекта участвуют лаборатории 11, 6, 6-1, 6-13, 8-12 и конструкторское бюро, и не зря время, когда первые заказы уйдут в экспериментальное производство. Надо сказать, что решение о создании ВЭПП-2000 вызвало заметный интерес среди сотрудников института. Но у многих возникает законный вопрос: «Не постигнет ли новый проект судьба предыдущих начинаний, которых, к сожалению, накопилось немало за последние 20 лет?» У авторов нет успокоительных капель против таких переживаний кроме реалистической оценки необходимых затрат на создание ВЭПП-2000. Как любые оценки, наши цифры — 1 миллион долларов на покупку материалов и оборудования и 100 тысяч нормо-часов в производстве — конечно, приблизительные. Но, так как это только 10-12 процентов годовой «мощности» нашего института, то ясно, что даже в столь тяжелые нынешние времена ИЯФу по силам при проведении разумной экономии построить ВЭПП-2000 за 1.5-2 года.

Так давайте сделаем это!

Это вторая молодежная научная школа, проводимая в Иркутском научном центре в рамках Федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 гг.». Центральной проблемой рабочих заседаний школы явилась тема взаимодействия излучений и полей с веществом. В этом году школа была организована на базе Института солнечно-земной физики СО РАН. Кроме того в ее организации приняли активное участие Иркутский государственный университет и Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований и Иркутской областной администрации. Ректором школы выступил председатель ИНЦ СО РАН, академик Г.А. Жеребцов. Цель проведения научной школы — это не только расширение кругозора, но и повышение уровня научных исследований и квалификации молодых ученых, аспирантов и студентов, специализирующихся в области фундаментальной и прикладной физики. В состав лекторов проведенной школы вошли известные ученые: академик Ю.Н. Денисюк, академик Г.А. Жеребцов, академик Ф.А. Летников, чл.-корр. РАН А.М. Шалагин, а также Ю.В. Аграфонов (ИГУ), А.Н. Малов (ИФ ИЛФ СО РАН), Г.А. Мартынов (ИФХ РАН, Москва), Г.Н. Саркисов (ИТЭБ РАН, Пушино) и еще более десятка человек. Прочитанные лекции были очень содержательны и интересны. Отдельно хочется отметить лекцию-сообщение С.А. Язева (ИСЗФ СО РАН), состоявшую из видеотрека о солнечном затмении 1999 года и экскурсии в астрофизическую об-

серваторию ИСЗФ СО РАН. В этой обсерватории с помощью 3 маленьких и одного большого (база около 40 метров, а диаметр зеркала около 1 метра) телескопов наблюдают и изучают Солнце. В условиях всеобщего развала науки, когда все держится только на энтузиазме, даже то небольшое, что удается сделать в этой обсерватории, сам факт ее функционирования, кажется удивительным. От ИЯФа участие в Школе

«РОКК-1М. Комптоновский источник поляризованных меченых гамма-квантов высоких энергий», «Определение давления остаточного газа в вакуумной камере коллаидера ВЭПП-4М по скорости счета гамма-квантов тормозного излучения» и «Система регистрации пучков гамма-квантов высокой энергии». В целом обсуждение получилось интересным и полезным. Оно показало, что научный потенциал ИЯФа

по-прежнему достаточно велик, и мы вполне можем рассчитывать на приток молодых физиков в нашу область науки. В итоге компетентное жюри признало доклады ИЯФовцев лучшими из 45 докладов и все докладчики были удостоены призовых мест (одно первое и два вторых). Отдельно необходимо отметить прекрасную работу оргкомитета Школы. В условиях финансового кризиса им удалось на должном уровне обеспечить потреб-

ности иногородних слушателей. Несмотря на большое число участников рабочие заседания и школьные мероприятия проходили четко и слаженно. В заключение хочется сделать отступление и сказать несколько слов о природе Прибайкалья. Велика наша страна и каждый ее уголок по-своему уникален и прекрасен. Бесценной жемчужиной среди необъятных сибирских лесов лежит озеро Байкал. Плеск волн, шум листвы, запах копченого омуля и заснеженные горы на горизонте, только ради того, чтобы это увидеть стоит побывать в Прибайкалье. Завораживающий вид чистой природы напоминает, что на нас — молодых ученых — лежит труднейшая задача, совместить будущее развитие и прогресс человечества с сохранением первозданной природы.

Ю Пахотин

## ***Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике***

***С 13 по 19 сентября 1999 года в Иркутском научном центре СО РАН проходила научная школа по физике взаимодействия излучений и полей с веществом.***

приняли трое магистрантов из лаборатории 1-3, специализирующихся на установке РОКК-1М, а именно: А.В. Богомяков, Е.В. Кремьянская и Ю.А. Пахотин. Они принимали самое активное участие в работе школы, участвовали в возникавших дискуссиях и обсуждениях, проявили живой интерес к работам институтов Иркутского научного центра. Общее число слушателей Школы, представивших доклады на молодежную сессию, составило около 100 человек, в их числе представители Иркутского, Красноярского, Новосибирского и Томского научных центров. Большая часть докладов была посвящена взаимодействию солнечного излучения с атмосферой и проблемам лазерной физики. ИЯФовцами к обсуждению были представлены три доклада:

## Играйте на здоровье!

*Как и было объявлено ранее, в дамском клубе нашего института состоялась вторая встреча с психологом Натальей Викторовной Терлецкой. На этот раз члены клуба участвовали в семинаре-тренинге. Для большинства из них это был первый опыт подобного рода и, судя по отзывам, весьма полезный. В начале встречи Наталья Викторовна предупредила о том, что все присутствующие должны будут принимать активное участие в происходящем.*

А происходило, на первый взгляд, довольно простое действие, похожее на детские игры. Это помогло всем быстро раскрепоститься и активно участвовать в тех несложных психологических экспериментах, которые предлагала Наталья Викторовна. Первый был похож на любимую многими в детстве игру «Испорченный телефон». Присутствующие, разбившись на две группы, должны были шепотом, на ушко передать друг другу фразу, которую первой участнице сообщила психолог. При этом нельзя было переспрашивать, записывать: вот что услышала, как поняла — так и передавай следующему. Содержание фразы было абсолютно никак не связано с нашей жизнью, нейтрально, что-то про австралийских аборигенов, идущих след-вслед друг за другом и ломающих по пути палочки. В итоге всех перешептываний последняя участница каждой группы получила информацию, которая мало чем напоминала изначальную. Каждая участница группы передавала дальше то, что она поняла и по-своему интерпретировала. Напомним, что исходная информация была нейтральной, то есть практически не задевала эмоциональную сферу общения. А теперь представим, что из уст в уста передается какое-то важное для многих людей сообщение, очень по-разному относящихся друг к другу. Можно себе вообразить, что получается в итоге! Вот и пошла-поехала гулять мерзкая сплетня. Эта простенькая игра очень наглядно продемонстрировала один из механизмов непонимания людьми друг друга и как следствие — источник конфликтов. Вот почему при любом общении — разговаривая с начальником, с мужем, с женой или со своим ребенком — нужно обязательно уточнить, правильно ли вы поняли друг друга, один и тот же смысл вы вкладываете в то, что было только что произнесено. А самый простой способ это сделать, сказав — я правильно тебя понял — дальше изложить своими словами только что услышанное от собесед-

ника. Уровень взаимного непонимания такой способ заметно снижает. Следующий этап семинара-тренинга предполагал небольшую проверку умения сосредоточиться. А задание было опять простым, на первый взгляд. Участницы обеих групп, образовав замкнутый круг, должны были, закрыв глаза, представить квадрат, размером четыре клетки на четыре (например, как в школьной тетради в клеточку). Теперь нужно было, не открывая глаза, мысленно передвигать «муху», начиная с верхней левой клетки, при этом нельзя было допускать, чтобы «муха» вышла за пределы квадрата. Каждая участница называла место, куда она передвинула «муху» — и так все по кругу. Если кто-то терял «муху», он хлопком оповещал об этом остальных, и игра начиналась с первой клетки. Простенькое это задание на самом деле достаточно сложно выполнить правильно — «муху» постоянно теряли или долго разбирались, где же она все-таки находится. Кстати, неумение сосредоточиться на одном, в данный момент важном деле, в жизни очень часто нас подводит. Особенно, неумение сосредоточиться на том, что нам в данный момент говорят — как много конфликтов из этого проистекает. Представьте себе — человек практически не слышал то, о чем ему говорили, так как не был на этом сосредоточен, а обрывки фраз и отдельные слова, все-таки осевшие в памяти, интерпретировал сообразно своим желаниям и представлениям... Поэтому одно из очень важных и полезных умений, которое может выработать каждый из нас, умение оставаться «словомешалку» в своем сознании и сосредоточиться на чем-либо одном. Например, попробовать в течение нескольких минут (начните с одной) удерживать свои мысли на каком-то одном объекте — что это будет, не имеет значения: муха, роза, карандаш. Если такие «тренировки» проводить регулярно, желательно ежедневно, то способность к концентрации внимания можно весьма ощутимо улучшить. И

наконец, последнее задание, которое вызвало массу положительных эмоций у его участниц и в то же время помогло каждой из них взглянуть на особенности своего характера со стороны. В основе этого задания была тоже детская и всеми любимая игра. Одного из присутствующих просят выйти из комнаты, придумывают какое-то несложное действие, которое ему нужно выполнить, а потом приглашают войти. А чтобы человек мог ориентироваться в том, на сколько он приблизился к выполнению задания, все присутствующие помогают ему аплодисментами, которые становятся то громче, то затухают совсем в зависимости от приближенности к цели. Самое главное в этом задании — умение слушать аплодисменты и направлять свои действия в соответствии с их интенсивностью. Вроде — просто, но однако, кто-то, несмотря на полную тишину, продолжает снова и снова повторять одно и то же действие или возвращается к исходной точке, теряя время, или пытается повторить сценарий, по которому действовал предшествующий человек, или ограничивает свои действия одним-двумя вариантами, даже не пытаясь расширить их диапазон... Словом, и эта детская игра многим подсказала, на что нужно обязательно обращать внимание, когда нужно решить какую-то проблему. Прежде всего нужно внимательно отслеживать реакцию собеседника на свои слова — она и есть те самые аплодисменты, которые подсказывают, в правильном ли направлении развиваются события. И всегда нужно помнить, что в запасе не один-два варианта решения, а значительно больше — нужно только дать себе труд подумать над этим и стараться избегать привычных сценариев. Вот такими содержательными и полезными могут оказаться для нас, взрослых, детские игры.

