

ГИГАНТСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АТОМНОГО ЯДРА

В Электрофизической лаборатории Академии наук СССР

Тяжину хвойного леса, подступающего вплотную к стенам новых корпусов, уже не нарушает привычный гул большой стройки. Ослепительно белый, свежий снег замел ее следы, и кажется, что залитый лучами предвесеннего солнца городок, выросший здесь, среди вековых сосен, уже давно обжит. Но таково лишь первое впечатление. Отсюда ушли еще не все строители, а в корпусах напряженно трудятся бригады монтажников.

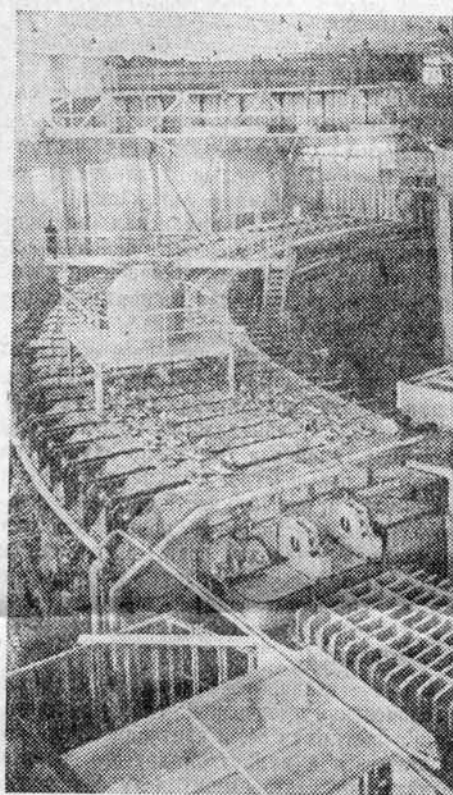
Впрочем, теперь уже недалек день, когда все строительные и монтажные работы будут закончены и Электрофизическая лаборатория Академии наук СССР получит такое оборудование, какого нет пока ни у одного подобного научного учреждения в мире. Это позволит ей развернуть новые важные исследования, связанные с применением атомной энергии в интересах народа, в интересах государства.

По использованию атомной энергии в мирных целях Советский Союз идет сейчас впереди других стран. Новые успехи в этой области принесет осуществление поставленной XX съездом КПСС задачи — построить в шестой пятилетке атомные электростанции общей мощностью в 2—2,5 миллиона киловатт, развернуть работы по созданию атомных силовых установок для транспортных целей, значительно расширить использование атомной энергии в промышленности, сельском хозяйстве, в медицине и в научных исследованиях.

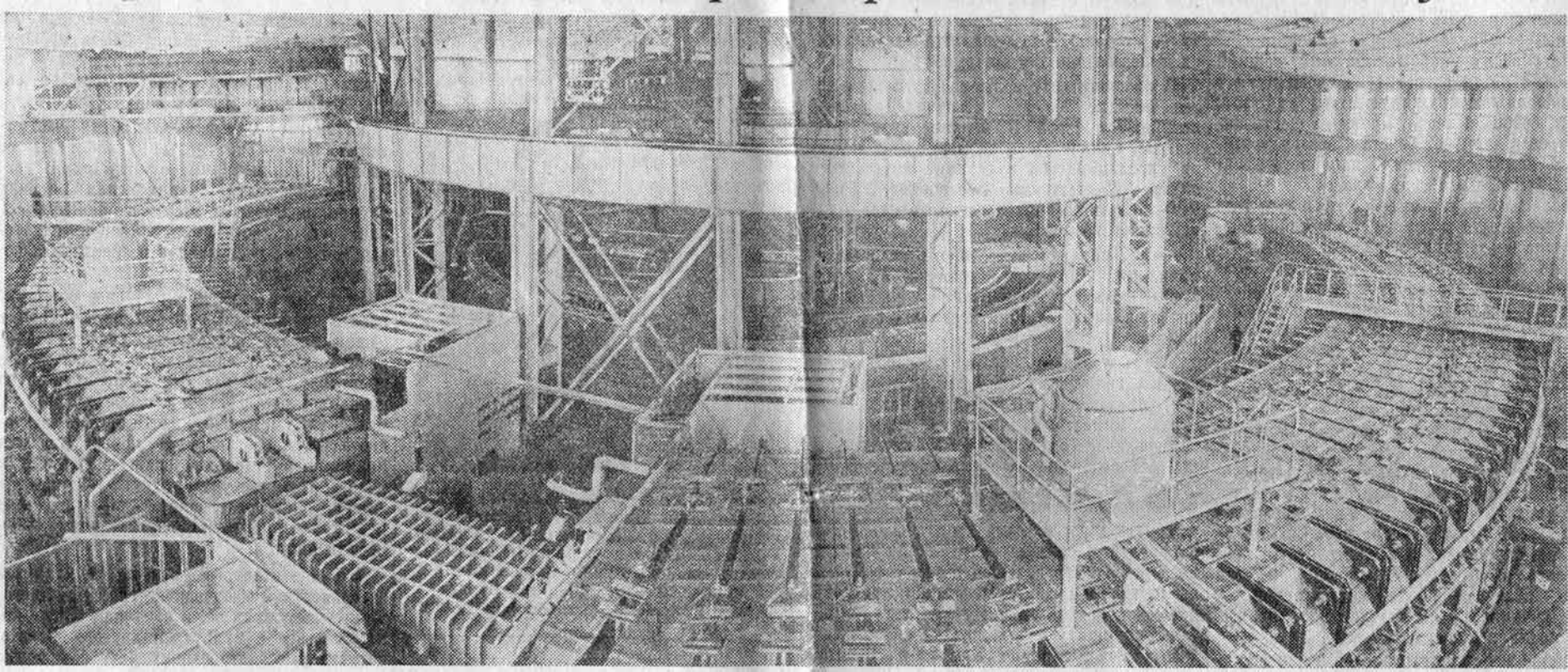
Коммунистическая партия проявляет неустанную заботу о том, чтобы внутриядерная энергия — гениальное открытие XX века — была поставлена на службу человеку. Мощная установка, которую производит для своих исследований Электрофизическая лаборатория Академии наук СССР, является новым выражением этой великой заботы.

Работники лаборатории знакомят нас со своим достижению уникальным оборудованием, делают планы на будущее, рассказывают о необозримых горизонтах, открывающихся перед физикой...

Наука все глубже проникает в тайны



строения материи, блестяще подтверждающая своими новыми открытиями гениальное предвидение В. И. Ленина, высказанное им еще в 1908 году. «Разрушимость атома,— писал Владимир Ильич,— неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и ее движения всегда были опорой диалектического материализма. Все грани в природе условны, относительно, подвижны, выражают приближение нашего ума к познанию материи... Ум человеческий открыл много дикийного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней...»



Лучи из глубин Вселенной

С помощью новой установки Электрофизической лаборатории протонам — ядрам атомов водорода — будет сообщаться энергия в десять миллиардов электроновольт. Их скорость практически станет равной скорости света, которая, как известно, составляет почти 300.000 километров в секунду. С такими же колоссальными скоростями движутся мельчайшие частицы материи, содержащиеся в космических лучах, идущих на Землю из глубин Вселенной. В течение последних десятилетий ученые ведут наблюдения за этими лучами, представляющими особый интерес для познания строения и свойств атомного ядра, для определения закономерностей сложнейших ядерных процессов. В космических лучах впервые были обнаружены позитроны, мезоны и другие мельчайшие частицы материи — активные участники ядерных процессов.

Наблюдения за космическими лучами показали, что их интенсивность зависит

от ряда факторов. В частности, она связана с деятельностью Солнца, с извержениями огромных масс его газообразного вещества. Астрофизики установили, что на Солнце и на других звездах возникают условия, позволяющие частицам материи приобретать поистине исполинскую энергию, исчисляемую десятками миллиардов электроновольт.

Преодолев огромные пространства, частицы попадают и к нам на Землю. Обычно за минуту через один квадратный сантиметр земной поверхности проходит в среднем одна космическая частица. Для физических исследований такие потоки явно недостаточны. К тому же использование космических лучей для научной работы малоэффективно не только из-за их ничтожной интенсивности. Ученому придется месяцами ждать, пока в приборы попадут именно те частицы, которые его интересуют.

Ускорители заряженных частиц

— А нельзя ли получить подобные лучи искусственным путем в условиях Земли?

— Современная наука вплотную подошла к решению этой задачи, — говорят нам работники лаборатории. — В последние годы возникла и развилась новая отрасль знаний — физика и техника ускорителей заряженных частиц.

Четверть века тому назад английские физики Кокрофт и Уолтон, продолжая исследования великого английского ученого Резерфорда, положившего начало изучению ядерных реакций, построили первую установку, с помощью которой им удалось ускорить протоны. Их ускоритель заряженных частиц по своей конструкции был довольно прост.

В дальнейшем ускорители усложнялись, совершенствовались. На смену простой ускорительной трубке пришли электростатические генераторы, линейные ускорители, циклотроны, бетатроны. Каждая ступень в развитии этой техники знаменовала собой повышение энергии ускоряемых ча-

стиц. Если первая ускорительная установка позволяла получать частицы с энергией около одного миллиона электроновольт, то уже в предвоенные годы на циклотронах энергия ускоренных частиц была доведена до 12—14 миллионов электроновольт.

Новый этап в развитии этой техники начался в 1944 году с открытия советским ученым, членом-корреспондентом Академии наук СССР В. И. Векслером так называемого принципа автофазировки. Это же открытие независимо было сделано в 1945 году американским физиком Мак-Милланом. Основанные на новом принципе ускорители — синхротроны, синхроциклотроны и синхрофазотроны — позволяют сообщать частицам энергию в сотни и тысячи миллионов электроновольт.

Ценные физические исследования ведутся, например, в Институте ядерных проблем Академии наук СССР с помощью большого синхроциклотрона, рассчитанного на получение протонов с энергией в 680 миллионов электроновольт.

Крупнейший в мире синхрофазотрон

...Широкая дорога ведет к большому светлomu зданию, увенчанному невысоким куполом. Внутри его, в просторном круглом зале, во всей своей строгой и своеобразной красоте развернулась величественная панорама современной техники.

Даже тех, кто видел громадные прокатные станы новых металлургических заводов и огромные карусельные станки, удивит грандиозность масштабов этого уникального ускорителя.

Железные ступени ведут на небольшую площадку, расположенную над основным агрегатом синхрофазотрона. Отсюда откры-

вается чудесный вид. Вот она, картина сегодняшнего дня атомной техники!

Стальной хребет электромагнита опоясывает огромную арену. Кольцевой электромагнит установки весит 36 тысяч тонн, а диаметр его достигает почти 60 метров. Внутри гигантского кольца видны два ряда стальных колонн. Поддерживая купол, они выполняют и другую задачу. Под самым потолком на них укреплены рельсы, по которым движутся мощные электрические краны. Краны нужны для монтажа оборудования, отдельные детали которого весят десятки тонн.

Проблемы современной физики

— Какие проблемы позволят решить новая машина?

Отвечая на этот вопрос, директор Электрофизической лаборатории, член-корреспондент Академии наук СССР В. И. Векслер говорит:

— С пуском нашего гигантского ускорителя физики получат новое мощное орудие для исследования ядерных сил. Известно, что ядра всех атомов состоят из протонов и нейтронов. Протоны — это мельчайшие частицы, обладающие положительным электрическим зарядом, а нейтроны — частицы, не имеющие заряда. Массы тех и других частиц почти одинаковы. Между протонами и нейтронами в ядре действуют сцепляющие их воедино огромные специфические силы, в результате чего ядра являются очень прочными образованиями.

В течение многих лет физики изучают природу сил, действующих внутри атомных ядер. Несомненно, эта работа продвинуется вперед, когда они получат мощнейшую атомную «артиллерию» — ускорители, сообщающие частицам очень большие скорости, а следовательно, и огромную энергию. Частицы, обладающие такой энергией, смогут глубоко проникать внутрь ядра и достаточно близко подходить к заключенным в этом ядре нейтронам и протонам. Важные сведения о природе ядерных сил, о существовании неизвестных ранее частиц, о структуре протонов и нейтронов могут быть получены при изучении «лобовых» столкновений и взаимодействия ускоренных частиц с протонами и нейтронами.

Чем выше энергия «бомбардирующих» ядро частиц и чем больше интенсивность их потоков, тем чаще физикам удастся наблюдать новые, скрытые до сих пор явления, обнаруживать свойства частиц, которые до сих пор наблюдались либо в косми-

ческих лучах, либо вовсе не были известны ученым.

Именно поэтому физики стремятся создавать все более и более мощные ускорители заряженных частиц. Совсем недавно очень важное открытие было сделано в лаборатории известного американского ученого Лоуренса. Там впервые удалось доказать существование так называемого антипротона — частицы с массой, равной массе протона, но обладающей в отличие от протона отрицательным электрическим зарядом. Такие частицы физики долго искали в космических лучах, однако они обнаружены только с помощью ускорителя, дающего пучок протонов с энергией в шесть миллиардов электронвольт.

6

Не приходится сомневаться, что природа таит от нас еще много других секретов. Мы рассчитываем с помощью нашего, еще более мощного ускорителя получить новые данные о ядерных силах и мельчайших частицах материи, которые до сих пор не известны людям.

— Конечно, самая интересная и самая важная задача, — говорит В. И. Векслер, — которую хотели бы решить физики, состоит в том, чтобы понять, как устроены частицы, составляющие основу атомного ядра, — протоны и нейтроны. Мы поставим в первую очередь выяснить, как связаны со структурой протонов и нейтронов мезоны, гипероны и другие недавно открытые частицы, какие силы действуют между протонами и нейтронами и что обуславливает устойчивость существования протонов и нейтронов. Это очень трудная задача, и здесь огромное поле деятельности для исследователей. Решение этой важнейшей проблемы потребует объединения усилий больших коллективов ученых.

Протоны набирают колоссальную скорость...

— Как будет работать новый ускоритель?

Чтобы ответить на этот вопрос, доктор физико-математических наук В. А. Петухов приглашает пройти в навильон, где размещен инжектор — первая ступень ускорителя. За металлической решеткой видна фарфоровая колонна, покрытая алюминиевым колпаком. Рядом с нею, как бы опоясанная огромной пружиной из алюминиевых колец, находится фарфоровая ускорительная трубка.

— Отсюда, — говорит наш собеседник, — ядра водорода начинают свой длинный путь, постепенно набирая все большую и большую скорость.

— А откуда берутся эти ядра?

— В начальной части ускорительной трубки есть специальное устройство — протонный источник. Из расположенного тут же баллона в него вводится газообразный водород. В источнике с атомов водорода как бы «соскабливаются» электронные оболочки, и их ядра — протоны — поступают в ускорительную трубку. Покидая ее, они уже обладают энергией, равной примерно 600—700 тысячам электронов-вольт.

— Почему протоны приобретают такую энергию?

— Протоны — частицы с положительным зарядом, — подчиняясь законам электрического поля, летят к отрицательно заряженному концу трубки. В результате такого притяжения они увеличивают свою скорость, а следовательно, и энергию.

Затем протоны попадают в линейный ускоритель. Своим внешним видом он напоминает огромную цистерну. Здесь частицы, проходя через систему электродов, продолжают набирать скорость. На выходе из линейного ускорителя они уже обладают энергией в девять миллионов электронов-вольт.

Этого уже достаточно для того, чтобы продолжить процесс ускорения протонов непосредственно в камере гигантского ускорителя. Они «выпрыскиваются» сюда, пролетев через систему особых магнитов и электрически заряженных пластин, которые меняют направление движения частиц, поворачивают их почти на 90 градусов.

Когда монтаж закончится, нельзя будет заглянуть внутрь этой камеры. Все ее части прочно сомкнутся между собой в огромный пустотелый обруч. Сегодня же, пока монтаж не закончен, представляется возможным заглянуть вглубь одного из отсеков этой камеры.

...Узкий, уходящий в темную даль туннели. По этой своеобразной магистрали частицы будут совершать свой далекий путь. За 3,3 секунды протоны сделают внутри камеры четыре с половиной миллиона оборотов и пройдут при этом путь, в два с половиной раза больший, чем расстояние от Земли до Луны.

На протяжении каждого их оборота в камере они как бы «подгоняются», все более ускоряясь. Такой прирост энергии



мощность, необходимая для его питания, достигает 140 тысяч киловатт. Магнитное поле управляет движением частиц, заставляя их мчаться по одной и той же замкнутой орбите.

— Большой группе физиков и инженеров, — отмечает В. И. Векслер, — пришлось много потрудиться, чтобы рассчитать все условия движения частиц в ускорителе. В 1953 году была построена и запущена модель той гигантской установки, которую вы видите перед собой. Эта модель давала пучок протонов с энергией в 180 миллионов электроновольт.

— Что может мешать движению частиц в камере?

— Приходится принимать особые меры, чтобы предотвратить их потерю из-за столкновения с содержащимися в камере молекулами воздуха. 56 насосов откачивают из камеры газ, непрерывно поддерживая в ней высокую степень разрежения. Давление в камере падает до миллиардных долей атмосферы. Чтобы поддерживать в камере такой высокой вакуум, пришлось сделать ее стенки двойными.

— Как будут использованы протоны, которые пройдут огромный путь в камере и достигнут энергии в десять миллиардов электроновольт?

— Они будут выведены из камеры наружу и направлены через узкую амбразуру в восьмиметровой бетонной стене в экспериментальный павильон, в установки для физических исследований. Для этих исследований разрабатывается специальная аппаратура.

Можно будет также нацеливать протоны, завершившие процесс ускорения, в мишени, расположенные внутри камеры.

«Бомбардируя» с огромной скоростью мишени, протоны будут дробить ядра вещества, из которого состоят мишени, вызывать образование других мельчайших частиц — мезонов, нейтронов, гиперонов, гиперфрагментов, антипротонов...

частицы получают в двух местах камеры, где расположены так называемые ускоряющие электроды. На них подается электрическое напряжение высокой частоты, вырабатываемое мощными радиогенераторами.

В камере частицы подвергаются непрерывному воздействию мощного магнитного поля, создаваемого электрическим током, проходящим по обмотке гигантского электромагнита. Максимальная импульсная

У пульта управления

— Управление всеми агрегатами ускорителя, — говорит кандидат физико-математических наук И. В. Чувило, — осуществляется дистанционно из другого корпуса, так как во время работы синхрофазотрона в помещении главного здания людям находиться нельзя. Излучения, которые здесь возникнут, будут опасны для организма. Физические приборы, размещаемые вокруг ускорителя и в экспериментальном павильоне, также будут предохраняться от действия рассеянных излучений толстыми бетонными стенами. Частицы, которые физики получают на этом ускорителе, способны пройти через всю толщу земной атмосферы. Именно поэтому нам приходится принимать такие чрезвычайные меры предохранения людей и аппаратуры от вредного действия ускоренных частиц.

Большой коллектив инженеров и техников Электрофизической лаборатории проводит сейчас работу по наладке всех узлов ускорителя и подготовке его к пуску. Наряду с опытными специалистами здесь трудится много молодежи. Молодые энту-

зиасты с успехом овладевают новейшей техникой.

В 200 метрах от главного здания расположен энергетический корпус. Здесь, как говорят работники лаборатории, «мозг» и «сердце» ускорителя. Для того, чтобы обеспечить бесперебойную работу синхрофазотрона, создана сложная система электропитания, автоматического управления и контроля, включающая огромные электрогенераторы, мощные игнитронные выпрямители тока, электронные устройства и т. д.

Широкий коридор ведет в зал главного пульта управления установкой. Над щитами и панелями с многочисленными приборами и сигналами, отражающими режим работы всех устройств установки, — большая карта. Она воспроизводит схему синхрофазотрона с его электромагнитом, камерой, инжектором, вакуумными насосами и другими узлами и механизмами.

— Отсюда, — говорит наш собеседник, — дежурный диспетчер может управлять работой всей установки.

Содружество ученых и инженеров

Электрофизическая лаборатория с ее гигантским, самым большим в мире ускорителем заряженных частиц оставляет незабываемое впечатление. Создание нового синхрофазотрона—выдающееся достижение советской научно-технической мысли.

Научными руководителями этого сооружения были член-корреспондент Академии наук СССР В. И. Векслер, профессор Д. В. Ефремов, член-корреспондент Академии наук СССР А. Л. Минц.

Мы обратились к профессору Д. В. Ефремову с просьбой рассказать об основных этапах создания уникальной машины.

— В то время,— сказал он,— когда советские инженеры приступили к осуществлению идей и теоретических расчетов физиков, к претворению их в конкретные конструкции, в мировой практике почти не было опыта разработки таких колоссальных ускорителей. Задача создания синхрофазотрона на десять миллиардов электронов-вольт была серьезным испытанием для наших электротехников, радиотехников и машиностроителей. Можно сказать, что они с этой задачей справились.

Профессор Д. В. Ефремов привел в качестве примеров ряд сложных вопросов, без решения которых нельзя было построить этот ускоритель. Для ускорения частиц необходима особая точность механического монтажа электромагнита. Отклонение полюсов 36.000-тонного электромагнита от расчетного положения хотя бы на один миллиметр грозит вызвать полное прекращение работы машины.

Нашим электротехникам удалось полностью решить не только эту, но и ряд других, не менее сложных задач. Этому способствовала напряженная творческая работа инженеров-конструкторов. Кропотливого инженерного труда потребовало создание

вакуумной камеры, инжектора ускорителя, а также разработка мощных ионитронов для цепей питания ускорителя. Значительную роль в воплощении замыслов конструкторов сыграли производственники и монтажники.

Радиотехники должны были разработать тонкую электронную аппаратуру, предназначенную для управления процессом ускорения и необходимую для того, чтобы заставить высокочастотную систему питания ускоряющих электродов работать в строгом ритме с системой питания электромагнита, с магнитным полем ускорителя. Нужно было разработать также систему, позволяющую за несколько секунд изменять в широких пределах частоту ускоряющего напряжения — от сотен тысяч до десятков миллионов колебаний в секунду. Коллектив наших радиотехников успешно решил эти задачи.

Необходимо отметить большой труд проектировщиков и строителей, принимавших участие в разработке и строительстве производственных зданий и сооружений для уникальной ускорительной установки.

— Накопленный опыт позволяет, — говорит в заключение т. Ефремов, — перейти теперь к разработке проектов еще более мощных ускорителей, рассчитанных на получение протонов с энергией в пятьдесят миллиардов электронов-вольт.

* * *

Вступление в строй крупнейшего синхрофазотрона явится важным событием в жизни советской науки и техники. Используя эту установку, наши ученые смогут решить сложнейшие теоретические вопросы, имеющие громадное значение для применения атомной энергии в мирных целях.

Ан. ТРИФОНОВ.