

И. Мальдонадо

Студенты из Мексики в ОИЯИ

Летом 2023 г. благодаря студенческой программе START четыре мексиканских студента кафедры физики элементарных частиц получили возможность пройти очную стажировку в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина. ОИЯИ — один из крупнейших инновационных центров России, и в течение восьми недель стажеры общались здесь с научными сотрудниками лаборатории и со студентами разных стран и культур.

Во время своего пребывания они прослушали короткий цикл лекций по физике элементарных частиц, узнали об истории создания детекторов элементарных частиц и их работе, а также об основных измерениях в экспериментах с тяжелыми ионами, которые будут проводиться, в частности, на MPD (многоцелевом детекторе), как только он будет запущен.

Стажеры посетили каждый элемент комплекса NICA. В здании синхрофазотрона они ознакомились с инжекционным комплексом, сверхпроводящим син-

хротроном бустер и сверхпроводящим синхротроном нуклотрон.

Они узнали о процессе инжекции, при котором линейный ускоритель ЛУ-20 ускоряет пучки от протонов до магния до 5 МэВ/нуклон, чтобы инжектировать их непосредственно в нуклотрон, а HILAc ускоряет ионы, вырабатываемые криогенным источником тяжелых ионов Krión из источника ионов электрической струны ESIS, до 3,24 МэВ/нуклон, которые инжектируются в бустер. Он размещается внутри ярма магнита синхрофазотрона и имеет периметр 210,96 м, может накапливать до $2 \cdot 10^9$ ионов и ускорять их до ≈ 600 МэВ/нуклон в случае $^{197}\text{Au}^{31+}$, прежде чем они будут инжектированы в нуклотрон. Нуклотрон является основным ускорителем с периметром 252,52 м, в котором $1 \cdot 10^9$ ионов могут быть ускорены до 1–4,5 ГэВ/нуклон, прежде чем будут выведены на установку BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) или в два сверхпроводящих накопительных кольца коллайдера.

I. Maldonado

Students from Mexico at JINR

In the summer of 2023, thanks to the START programme, four Mexican students of the Department of Elementary Particle Physics had the opportunity to complete a full-time internship at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics. JINR is one of the largest innovation centres in Russia, and throughout eight weeks, the trainees interacted there with researchers of the Laboratory and with students from different countries and cultures.

Throughout their stay, the students attended a short course of lectures on particle physics. They learned about the history of the development of particle physics detectors and their operation, as well as about the main measurements that are performed in heavy-ion experiments, in particular, those that will be carried out at MPD (Multi-Purpose Detector), as soon as it is commissioned.

The interns visited each of the elements of the NICA complex. In the Synchrophasotron building, they walked

through the injection complex, the superconducting booster synchrotron (Booster) and the ion superconducting synchrotron Nuclotron.

They learned about the injection process, in which the LU-20 linac accelerates beams from protons to magnesium up to 5 MeV/nucleon, which are then injected directly into the Nuclotron, and HILAc accelerates ions, produced by the cryogenic heavy-ion source Krión of the Electric String Ion Source (ESIS), up to 3.24 MeV/nucleon, which are then injected into the Booster. The Booster is located inside the yoke of the Synchrophasotron magnet and has a perimeter of 210.96 m. It can accumulate up to $2 \cdot 10^9$ ions and accelerate them up to ~ 600 MeV/nucleon in the case of $^{197}\text{Au}^{31+}$ before they are injected into the Nuclotron. The Nuclotron is the main accelerator with a perimeter of 252.52 m, in which $1 \cdot 10^9$ ions can be accelerated up to 1–4.5 GeV/nucleon before being transported

После этого студенты посетили здание коллайдера и прошли по всему кольцу туннеля длиной 503,4 м, узнали о процедуре монтажа систем ускорителя и их юстировке, а также о процессе построения колец коллайдера и их основных элементах — дипольных и квадрупольных магнитах. После запуска коллайдер достигнет проектной светимости $10^{27} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, и столкновения тяжелых ионов будут происходить в экспериментальных установках MPD и SPD (Spin Physics Detector), расположенных в прямых частях коллайдера.

В зале MPD студенты ознакомились с 800-тонным сверхпроводящим соленоидом, представляющим собой огромный магнит диаметром более 5 м, магнитное ярмо и платформу, на которой будет установлено электронное оборудование, предназначенное для считывания данных с детекторов MPD.

Они получили представление о создании элементов времяпроекционной камеры и электромагнитного калориметра и детально узнали об идентификации частиц по ионизации вещества, через которое они проходят.



Экскурсия в здание синхрофазотрона

Excursion to the Synchrotron building

to the BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) experiment or into two superconducting storage rings of the collider.

Afterwards, the students visited the collider building and walked along the full circumference ring of 503.4 m. They learned about mounting and alignment of the accelerator's systems, as well as the procedure of constructing the collider rings and its main elements, such as dipole and quadrupole magnets. After the launch, the collider will achieve the design luminosity of $10^{27} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, and the heavy-ion collisions will take place in the MPD and SPD (Spin Physics Detector) facilities located in the straight sections of the collider.

In the MPD hall, the students visited the 800-ton superconducting solenoid. It is a huge magnet of over 5 m in diameter, a magnet yoke and a platform that will carry the electronic equipment designed for reading data from MPD detectors.

The students found out about the creation of elements of the Time Projection Chamber and Electromagnetic

Calorimeter, and learned about all the details required to identify a particle through its passage by matter and the ionization that it produces.

In addition, the students were given a tour to the Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies, where they learned about the history of computers and storage devices. They also visited the Govorun supercomputer based on the development of the heterogeneous platform HybriLIT that allows one to perform parallel computation through the cluster solution.

During the internship, several JINR researchers gave the students good advice on how to learn to analyze data within the MPD experiment analysis framework, develop analysis tasks within the train wagon system, and include their data analysis in the centralized analysis framework, which is under preparation for the second collaborative paper.

On the last day of the internship, the students presented their results to the MPD collaboration members.

Также студенты побывали в Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова, где узнали об истории компьютеров и устройствах хранения данных и посетили суперкомпьютер «Говорун», основанный на гетерогенной платформе HybriLIT, которая позволяет выполнять параллельные вычисления с помощью кластеров.

Во время стажировки научные сотрудники ОИЯИ давали студентам советы и рекомендации о том, как научиться анализировать данные, решать задачи анализа в системе «train wagon» и включать свой анализ

данных в систему централизованного анализа, который находится в стадии подготовки ко второй совместной публикации.

В последний день стажировки студенты представили свои результаты членам коллаборации MPD. Их работа охватывала широкий спектр тем, таких как анализ эффективности реконструкции треков и влияния на нее вторичных частиц, кратность пионов, необходимая для извлечения корреляции двух пионов в столкновении при энергиях $\sqrt{s_{NN}}$, изучение форм событий как инструмента для оценки зависимости поляризации от



В зале детектора MPD

In the MPD detector hall

топологии столкновений и флуктуации чистого числа каонов и чистого числа протонов от события к событию. Работа, выполненная студентами, была высоко оценена членами коллаборации.

Данный опыт стал прекрасной возможностью для студентов принять участие в экспериментальных ис-

следованиях в области физики высоких энергий, познакомиться с комплексом NICA и посетить каждый из его элементов, что позволило им по-настоящему погрузиться в процесс создания, разработки и проведения эксперимента по столкновению ионов.

Участники программы START знакомятся с суперкомпьютером «Говорун»



Students of the START programme get acquainted with the Govorun supercomputer

Their studies included analysis on a wide range of topics, such as the analysis on the efficiency of track reconstruction and the effect of secondary particles on it, the pion multiplicity required to extract the two pion correlation in the collision at BM@N energies, the exploration of event shapes as a tool to evaluate the dependence of polarization on collision topology, and fluctuations of net kaon number and net proton number event by event. The collaboration

members highly appreciated the work performed by the students.

This experience was an incredible opportunity for the students to participate in the experimental research on high energy physics, to learn about the NICA complex and visit each of its facilities, which allowed them to really get into and understand the whole process of constructing, developing and performing an ion collision experiment.