تاریخچهٔ سرن (CERN) و فعالیت‌های آن

دان لینکن[1]، ترجمهٔ صدیقهٔ رضاپور
آموزش‌وپرورش ناحیه ٤ مشهد

چکیده

آنچه در این مقاله می‌خوانید مروری است بر تاریخچه سرن[1]، فعالیت‌های آن، و برنامه‌هایی که در آینده سرن اجرا خواهد شد. در این میان نگاهی هم به برنامه‌های آموزشی این سازمان خواهیم داشت، به‌خصوص برنامه معلمان دبیرستان یا HST [2] که با جزئیات بیشتری بیان شده است.

کلیدواژه‌ها: سرن، فیزیک ذرات، شتاب‌دهنده، سینکروترون

مقدمه

سرن CERN مخفف عبارت فرانسوی *Conseil Europ•en pour la Recherche Nucl•aire* ، یعنی شورای تحقیقات هسته‌ای اروپاست؛ شورایی که در سال ۱۹۵۲ ساختار اولیهٔ آن به دستور سازمان جهانی تحقیقات فیزیک بنیادی در اروپا شکل گرفت. در آن زمان، مطلق تحقیقات فیزیک، روی فهم اتم و پس از آن کلمه «هسته» متمرکز شده بود.

«سِرن» برجسته‌ترین آزمایشگاه فیزیک ذرات در جهان است، که دفتر مرکزی آن در ژنو قرار دارد. سِرن حاصل یکی از اولین همکاری‌های مشترک اروپاست که اکنون ۲۱ عضو دارد. در حال حاضر، کشورهای اتریش، بلژیک، بلغارستان، جمهوری چک، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، مجارستان، اسرائیل، ایتالیا، هلند، نروژ، لهستان، پرتغال، اسلواکی، اسپانیا، سوئد، سوئیس و انگلستان عضو آن هستند. رومانی نامزد عضویت است. صربستان عضو وابسته در مرحله قبل از به عضویت رسیدن است. هند، ژاپن، روسیه، ایالات متحده آمریکا، ترکیه، اتحادیه اروپا و یونسکو نیز در مقام ناظر هستند.

چون اکنون شناخت ما از ماده از مرز هسته هم فراتر رفته است، سرن بخش اصلی تحقیقاتش را به فیزیک ذرات (مطالعه اجزای بنیادی ماده و نیروهای مؤثر بین آن‌ها) اختصاص داده است. به این دلیل، آزمایشگاه CERN اغلب به‌عنوان آزمایشگاه اروپایی فیزیک ذرات نامیده می‌شود.

در سازمان تحقیقات هسته‌ای اروپا (سرن) فیزیک‌دانان و مهندسان، ساختار بنیادی جهان را بررسی می‌کنند. آن‌ها بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین ابزار علمی جهان را برای مطالعه اجزای اصلی ماده (ذرات بنیادی) به‌کار می‌برند تا ذرات را با سرعتی نزدیک به سرعت نور با یکدیگر برخورد دهند. این فرایندها سرنخ‌هایی از چگونگی برخورد ذرات و بینشی از قوانین بنیادی طبیعت را در اختیار فیزیک‌دانان قرار می‌دهد.

مهم‌ترین وسایل مورد استفاده در سرن آشکارسازها و شتاب‌دهنده‌های ذرات هستند. قبل از اینکه پرتوها برخوردهایی با یکدیگر یا با هدف ثابت داشته باشند، شتاب‌دهنده‌ها پرتوهای ذرات را تا انرژی‌های بالا تقویت می‌کنند. نتایج این برخوردها را آشکارسازها مشاهده و ثبت می‌کنند.

۲. تاریخچهٔ سرن

۹ دسامبر ۱۹۴۹: مبدأ

در پایان جنگ جهانی دوم، هنگامی دانش اروپایی هنوز در سطح جهانی نبود، تعدادی از دانشمندان ساخت آزمایشگاه فیزیک اتمی اروپا را به‌عنوان نمونه‌ای از سازمان‌های بین‌المللی مطرح کردند. رائول دوتری[3]، پیر اوژه[4] و لوکوارسکی[5] در فرانسه، ادواردو آمالدی[6] در ایتالیا و نیلس بور[7] در دانمارک در بین این

پیشـگامان بودند. این آزمایشگاه نه‌تنها دانشمندان اروپایی را متحد می‌کرد، بلکه اجازه مـی‌داد در تأمین هزینه‌های مازاد امکانات فیزیک هسته‌ای نیز اشتراک مساعی داشته باشند.

اولین پیشـنهاد رسـمی برای ایجاد یک آزمایشگاه اروپایی را فیزیک‌دان فرانسـوی لویی دوبروی[8] در کنفرانس فرهنگی اروپا، که شـروع به کار آن در ۹ دسـامبر ۱۹۴۹ در لوزان بود، مطرح کرد. تأکید بیشتر در پنجمین همایش عمومی یونسکو، در ژوئـن ۱۹۵۰ در فلورانـس، انجام گرفـت. در آنجا ایزودور رابی[9]، فیزیک‌دان آمریکایـی و برندهٔ جایزه نوبل، قطعنامه‌ای را مطـرح کـرد که یونسـکو را بـه «کمک و تشـویق جهت تشکیل آزمایشگاه‌های تحقیقاتی منطقه‌ای، به‌منظور افزایش همکاری‌های علمی بین‌المللی...» مجاز می‌دانست.

سـپس، در نشست بین‌دولتی یونسـکو، که در ماه دسامبر سـال ۱۹۵۱ در پاریس برگزار شـد، اولین قطعنامه در مورد تشـکیل شورای تحقیقات هسـته‌ای اروپا به تصویب رسید و واژهٔ CERN متولد شد. دو ماه بعد ۱۱ کشور تشکیل شورای موقت را امضا کردند.

۱ اکتبر ۱۹۵۲: کجا ساخته شود؟

در سـومین جلسهٔ شـورای موقت، در سـال ۱۹۵۲، ژنو به‌عنوان مکانی برای آزمایشـگاه CERN انتخاب شـد. این انتخاب موفقیت‌آمیز، حاصل همه‌پرسـی کانتون ژنو در ماه ژوئن سـال ۱۹۵۳ بود که بـا ۱۶۵۳۹ رأی موافق، در برابر ۷۳۳۲ رأی مخالف، به نتیجه رسید.

۱۹۵۴: حفاری زمین

در۱۷ ماه می سال ۱۹۵٤، اولین حفاری، با حضور مقامات ژنـو و اعضای هیأت CERN، در شـهر میـرن (*Meyrin*) سوئیس انجام شد.

۲۹ سپـــتامبر ۱۹۵۴: تولد سازمان تحقیقات هسته‌ای اروپا

در ششـمین جلسهٔ شورای CERN، که در پاریس (از ۲۹ ژوئن - ۱ ژوئیه سال ۱۹۵۳) برگزار شد، قرارداد تأسیس این سازمان به امضا رسید این قرارداد به تدریج توسط ۱۲ کشور بلژیک، دانمارک، فرانسـه، جمهوری فـدرال آلمان، یونان، ایتالیا، هلند، نروژ، سوئد، سوئیس، انگلستان، و یوگسلاوی، تصویب شد. در ۲۹ سپتامبر سال ۱۹۵٤، با تصویب فرانسه و آلمان، سازمان تحقیقات هسته‌ای اروپا رسماً به وجود آمد. CERN موقت، منحل شد اما مخفف آن باقی ماند.

۱۱ مه ۱۹۵۷ : شروع به‌کار اولین شتاب‌دهنده CERN:سینکروسیکلوترون

تا سـال ۱۹۵۷، ۶۰۰ MeV سینکروسـیکلوترون (SC) اولین شتاب‌دهنده CERN ساخته شده بود، که پرتوهایی را برای اولین آزمایش‌های CERN در فیزیک ذرات و فیزیک هسـته‌ای آماده می‌کرد. در سـال ۱۹٦٤، این دستگاه تنها روی فیزیک هسـته‌ای تمرکز کرد ولی فیزیک ذرات برای پروتون سینکروترون (PS) که جدیدتر و قوی‌تر است، باقی ماند. SC یک ماشین فوق‌العاده با عمری طولانی شد.

در سـال ۱۹٦۷، ارسـال پرتوهایی بـرای مکانی مختص یـون ناپایدار بـه نـام ISOLDE، کـه تحقیقاتـی اعم از فیزیک هسـته‌ای خالص تا اخترفیزیک و فیزیک پزشـکی را انجام می‌داد، شـروع شد. در سـال ۱۹۹۰، ISOLDE به شـتاب‌دهنده متفاوتی منتقل شـد، و SC پس از ۳۳ سال خدمت بسته شد.

۲۴ نوامبر ۱۹۵۹: آغاز به‌کـــار پروتـــون سینکروترون

پروتون سـینکروترون (PS) برای اولین‌بـار در ۲٤ نوامبر ۱۹۵۹ پروتون‌هـا را شـتاب داد، و پس از مدت کوتاهی، با پرتویی به انرژی ۲۸ GeV، به شتاب‌دهنده ذرات انرژی بالا در جهان تبدیل شـد. PS میزبان برنامه فیزیک ذرات سرن شـد و تا امروز پرتوها را بـرای آزمایش‌های مختلف فراهم می‌کند.

پرتوهای تولید شـده در طول شب ۲٤ نوامبر سال ۱۹۵۹ PS به بیشـترین حد انرژی خود رسید. صبح روز بعد جان آدامز[10] (در تصویر) در حالی که یک بطری خالی نوشـابه، که آن را از دوبنا[11] دریافت کرده بود، در دسـت داشـت در سالن اصلی اعلام کرد که موفق شده‌اند با این پیام که وقتی CERN از رکورد جهانی انرژی ۱۰ GeV سینکروفسترون[12] روسیه گذشت، محتوای این بطری هم نوشیده شد. بطری حـاوی تصویر پولارویدی از تپ ۲٤ GeV آماده ارسـال به دوبنا بود.

پـس از اینکـه CERN شـتاب‌دهندهٔ جدیـد را در دهه ۱۹۷۰ساخت، نقش اصلی PS، تأمین ذرات برای ماشین‌آلات جدید، بود. از آنجا که PS در سـال ۱۹۵۹ راه‌اندازی شـد،

اولین پیشنهاد رسمی برای ایجاد یک آزمایشگاه اروپایی را فیزیک‌دان فرانسوی لویی دوبروی در کنفرانس فرهنگی اروپا، که شروع به کار آن در ۹ دسامبر ۱۹۴۹ در لوزان بود، مطرح کرد

اکنون شـدت پرتو پروتون آن هزار برابر افزایش یافته است و به متنوع‌ترین ماشین شعبده‌بازی ذرات در جهان تبدیل شده است.

PS در ایـن دوره از تاریخش، انواع مختلفی از ذرات را، یا برای تغذیهٔ شتاب‌دهنده‌های قوی‌تر، و یا به‌طور مستقیم به آزمایش‌ها، شتاب داده است.

۱ سپتامبر ۱۹۶۵: اولین مشاهدهٔ پادهسته

در سال ۱۹٦۵، برای هرکدام از سه ذرهٔ الکترون، پروتون و نوترون که اتم را تشکیل می‌دهند، یک پادذره شناخته شده بـود. بنابراین اگر ذراتی که در اتم‌ها به یکدیگر وابسـته‌اند واحـد پایه ماده باشـند، طبیعی اسـت که فکـر کنیم که پادذره‌هـای مقید به هم، در پاداتم‌ها نیز واحد پایه پادماده باشند.

امـا آیا مـاده و پادمـاده دقیقـاً برابـر و مخالف‌انـد، یا همان‌طوری که دیراک فرض کرده بود، متقارن‌اند؟ گام مهم بعـدی، آزمایش این تقارن بود. فیزیک‌دانان می‌خواسـتند بداننـد پادذره‌هـای زیراتمی، زمانی که گـرد هم می‌آیند چگونه رفتار می‌کنند. آیا همان‌طور که پروتون و نوترون به هم چسـبیده و هسته اتم را تشکیل می‌دهند، پادپروتون و پادنوترون به شکل پادهسته به یکدیگر می‌چسبند؟

در سـال ۱۹٦۵ با مشـاهده پاددوترون، هسـتهٔ پادماده ساخته شده از یک پادپروتون، به علاوهٔ یک پادنوترون، (در حالی که یک دوترون- هسـته اتم دوتریوم- از یک پروتون به‌علاوه یک نوترون ساخته شـده)، پادهسته به‌دست آمد. این نتیجهٔ مهم همزمان توسط دو تیم از فیزیک‌دانان ، یکی با رهبری آنتونینو زیچیچی[۱۳] که از پروتون سـینکروترون CERN استفاده می‌شد، و دیگری به رهبری لئون لدرمن[۱٤]، که از شتاب‌دهنده سـینکروترون گرادیان متناوب (AGS) در آزمایشـگاه ملی بروکهاون نیویورک استفاده می‌کردند، دریافت شد.

۲۷ ژانویه ۱۹۷۱: اولین برخورد پروتون‌ها: حلقه متقاطع ذخیره‌سازی

در اواخر دهه ۱۹۵۰، فیزیک‌دانان می‌دانسـتند که برای افزایش انرژی برخورد، به جای اسـتفاده از یک پرتو منفرد و یک هدف ثابت، می‌توان از برخورد سـر به سر باریکه‌های ذرات اسـتفاده کرد. در CERN، کارشناسان شتاب‌دهنده، ایدهٔ استفاده از پروتون سینکروترون (PS) را برای تغذیهٔ دو حلقهٔ به‌هم پیوسـته را که در آن دو پرتوی پروتون شدید، تشکیل می‌شود و سپس به هم برخورد می‌کنند فهمیدند. در سال ۱۹٦۵ طرح حلقه‌های متقاطع ذخیره‌سازی (ISR) به‌طور رسمی به تصویب رسید.

در ۲۷ژانویه ۱۹۷۱، کی کل جانسـون[۱۵] (در تصویر)، که رهبری تیم ساخت‌وسـاز حلقه‌های متقاطع ذخیره‌سـازی (ISR) را به عهده داشـت، اعلام کرد کـه برای اولین‌بار در جهان، برهم‌کنش‌های حاصل از برخورد پروتون ثبت شده است.

طی ۱۳ سـال بعد هم، دسـتگاه، نمای منحصر به فردی از جهـان کوچـک فیزیک ذرات را ارائه مـی‌داد. همچنین CERN فرصت یافت دانش و تخصص ارزشـمندی را برای پروژه‌های پرتو- برخوردی بعدی، و سرانجام برخورددهنده بـزرگ هادرونی، تقویت کند. به‌عنـوان مثال، در اینجا بود که برای اولین‌بار ایده‌های سـیمون ون درمیر[۱٦] برای تولید باریکه‌های شـدید توسـط فرایندی به‌نـام «خنک کننده تصادفی» اثبات شد.

۱۰ فوریه ۱۹۷۱: شورای کمیسیون سینکروترون اَبَرپروتون

محیط هفت کیلومتری، سـینکروترون اَبَرپروتون (SPS)، اولیـن غول حلقه زیرزمینـی CERN بود. همچنین اولین شتاب‌دهنده‌ای که از مرز فرانسه و سوئیس عبور کرد.

در فوریه ۱۹۷۱، یازده کشـور عضو CERN، ساخت SPS را تصویـب کردند و در ۱۷ ژوئن ۱۹۷٦، دو سـال زودتر از برنامه، برای اولین‌بار آن را روشـن کردند. SPS به سـرعت اسـب بارکش برنامه فیزیک ذرات سـرن شـد و پرتوها را برای دو منطقه بزرگ آزمایشگاهی تأمین کرد. با پیشرفت فناوری نه‌تنها ساخت‌وسـاز خیلی زود به پایان رسید، بلکه آن‌ها توانستند پرتویی با انرژی ۱۰۰ GeV - ٤۰۰ GeV را، که بالاتر از سطح انرژی طرح اصلی بود، بهره‌برداری کنند.

امروزه SPS انرژیی بالغ بر ٤۵۰ GeV را بهره‌برداری کرده، و انواع مختلفی از ذرات را به‌کار گرفته اسـت. در موارد زیر پرتوهای SPS برای تحقیقات مفید بوده‌اند: کشف ساختار درونی پروتون، بررسـی سرشـت تسـلط ماده بر پادماده، جست‌وجوی ماده به شکلی که ممکن است در اولین لحظات عالم بوده باشد و جست‌وجوی اشکال نامتعارف ماده.

محیط هفت کیلومتری، سینکروترون اَبَرپروتون (SPS)، اولین غول حلقه زیرزمینی CERN بود. همچنین اولین شتاب‌دهنده‌ای که از مرز فرانسه و سوئیس عبور کرد

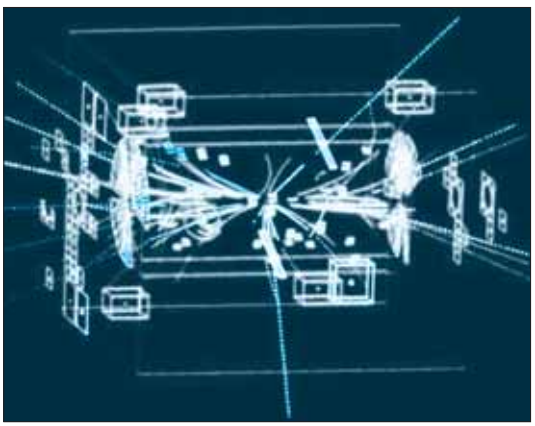
۴ آوریل ۱۹۸۱: نخستین برخوردهای پروتون – پادپروتون

اولین برخورد پروتون- پادپروتون جهان در ٤ آوریل ۱۹۸۱ توسط حلقه متقاطع ذخیره‌سازی تولید شد. با هموار شدن راه برای برخورد پروتون- پادپروتون در سینکروترون اَبَرپروتون (SPS)، جایزه نوبل هم به سیمون ون درمیر و کارلو روبیا[۱۷] اختصاص یافت.

ISR ثابت کرد که ابزاری بسیار عالی برای فیزیک ذرات است. تا تعطیل دستگاه در سال ۱۹۸٤ نتایج بسیار و مهمی توسط این دستگاه تولید شد؛ از جمله نشانه‌هایی از اینکه پروتون‌ها حاوی ترکیبات کوچک‌تری هستند، که سرانجام به عنوان کوارک و گلوئون شناخته شدند.

۲۰ ژانویه ۱۹۸۳: کشف ذرات W و Z

در سال ۱۹۷۹، CERN تصمیم گرفت سینکروترون اَبَرپروتون (SPS) را به یک برخورددهنده پروتون- پادپروتون تبدیل کند. برای موفقیت این پروژه، روشی به‌نام خنک‌کنندهٔ کاتوره‌ای، حیاتی بود. با این روش می‌توان پادپروتون‌ها را چنان گردآوری کرد که یک باریکه تشکیل شود.



اولین برخورد پروتون- پادپروتون، تنها دو سال پس از تصویب طرح انجام شد، و دو آزمایش، UA۱ و UA۲، در آثار برخورد، در جست‌وجوی نشانه‌هایی از ذرات W و Z بودند که حامل برهم‌کنش ضعیف بین ذرات هستند.

در سال ۱۹۸۳، CERN، کشف ذرات W و Z را اعلام کرد. شکل۳ نخستین تشخیص ذره Z^0 را نشان می‌دهد که توسط آزمایش UA۱ در ۳۰ آوریل سال ۱۹۸۳ انجام شد. Z^0 به سرعت فرو می‌پاشد و نمی‌توان آن را دید، اما زوج الکترون و پروتون تولید شده در فروپاشی، به رنگ آبی ظاهر می‌شود. بین سال‌های ۱۹۸۱ و ۱۹۹۳، برخوردهای پروتون- پادپروتون مشاهده شده در UA۱، روی SPS به منظور یافتن بوزون‌های Z و W انجام شد.

۱۱ ژوئن ۱۹۸۶ آغاز برخورد یون سنگین

لحظه‌ای پس از مهبانگ، عالم بسیار داغ و نسبت به ذرات آشنایی همچون پروتون‌ها و نوترون چگال بود. در عوض، ترکیبات‌شان (کوارک‌ها و گلوئون‌ها) آزادانه در «سوپ ذرات» به نام پلاسمای کوارک - گلوئون، حرکت می‌کردند.

در سال ۱۹۸٦، CERN، برای مطالعهٔ این احتمال، که آیا موضوع پلاسمای کوارک - گلوئون بیش از یک نظریه است یا نه، شتاب دادن یون‌های سنگین (هسته که شامل بسیاری از نوترون‌ها و پروتون) را در سینکروترون اَبَرپروتون (SPS) آغاز کرد. در اولین آزمایش‌ها هسته‌های نسبتاً سبکی مانند اکسیژن و گوگرد، و نتایج حاصل از نظریه پلاسمای کوارک - گلوئون، مورد استفاده قرار گرفتند، اما نتیجه‌ای نداشت. در سال ۱۹۹٤ نسل دوم آزمایش، با یون‌های سرب آغاز شد و در سال ۲۰۰۰ شواهد قانع‌کننده‌ای به‌دست آمد که حالت جدیدی از ماده دیده شده است.

۱۴ اوت ۱۹۸۹: برخورددهندهٔ بزرگ الکترون – پوزیترون: نخستین تزریق

برخورددهندهٔ بزرگ الکترون– پوزیترون یا LEP، با محیط ۲۷ کیلومتری‌اش، بزرگ‌ترین شتاب‌دهندهٔ الکترون–پوزیترونی است که تاکنون ساخته شده است. LEP شامل ۵۱۷٦ آهنربا و ۱۲۸ حفرهٔ شتاب است. مجموعهٔ شتاب‌دهنده سرن ذرات را آماده کرده و چهار آشکارساز عظیم آن ، DELPHI، ALEPH، L۳ و OPAL برخوردها را مشاهده می‌کنند.

این شتاب‌دهنده با انرژی ۱۰۰ GeV، در مدت هفت سال، ۱۷میلیون ذرهٔ Z بدون بار حامل نیروی ضعیف را تولید کرده است. در دومین فاز عملیاتی، برای دو برابر شدن انرژی و تولید بوزون W، حفره‌های شتاب ابررسانا به ۲۸۸ حفره افزایش یافت. سرانجام در سال ۲۰۰۰ انرژی برخورددهنده LEP به ۲۰۹ GeV افزایش یافت.

۲۰ دسامبر ۱۹۹۰: اولین وب‌سایت و سرور جهان در سرن متولد شد

در کریسمس ۱۹۹۰، برنرز لی[۱۸] مفاهیم اساسی وب، *URL*، *http* و *html*، را تعریف کرده و نخستین مرورگر و نرم‌افزار سرور را نوشته بود. *Info.cern.ch* آدرس اولین وب سایت و وب سرور جهان بود، که بر روی رایانهٔ بعدی *CERN* قابل اجرا بود. نشانی *http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html*، آدرس اولین صفحهٔ وب جهان است که روی اطلاعاتی راجع به پروژه *WWW* تمرکز کرده بود. هیچ تصویری از این صفحهٔ اصلی وجود ندارد، ممکن است بتوانید آخرین نسخهٔ آن را (۱۹۹۲) در وب سایت کنسرسیوم شبکه جهانی وب[۱۹] پیدا کنید

اولین برخورد پروتون– پادپروتون، تنها دو سال پس از تصویب طرح انجام شد، و دو آزمایش، UA۱ و UA۲، در آثار برخورد، در جست‌وجوی نشانه‌هایی از ذرات W و Z بودند که حامل برهم‌کنش ضعیف بین ذرات هستند

برخورددهنده بزرگ‌الکترون – پوزیترون در ۸ صبح دوم نوامبر ۲۰۰۰ به کلی تعطیل شد. اما چون تونل آن قابل استفاده بود، در این محل حفاری جدیدی برای احداث چهار آشکارساز بزرگ برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی آغاز شد

۱۵ سپتامبر ۱۹۹۵: تولید نخستین پاداتم‌ها: پادهیدروژن در سرن

نخستین‌بار، تیم والتر اولرت[۲۰] در تأسیسات حلقه پادپروتون انرژی پایین(LEAR)[۲۱] سرن، اتم‌های پادهیدروژن را خلق کردند. ۹ عدد از این اتم‌ها که در برخوردهای بین پادپروتون‌ها و اتم‌های زنون در دوره‌ای ۳ هفته‌ای تولید شده بودند، طول عمری حدود ۴۰ میلیاردیم ثانیه داشتند که با سرعتی نزدیک به سرعت نور، مسیر ۱۰ متری را طی کرده و با ماده فروپاشیده می‌شدند.

این اولین‌باری بود که با گردهم آوردن ذرات پادماده، اتم‌های کامل ساخته شدند؛ و نخستین گام برنامه اندازه‌گیری‌های جزئیات پادهیدروژن بود. اتم هیدروژن که ساده‌ترین اتم‌هاست، از یک پروتون منفرد و الکترونی که حول آن می‌چرخد تشکیل شده است. سه چهارم مادهٔ جهان را هیدروژن تشکیل می‌دهد و اتم هیدروژن یکی از بهترین دستگاه‌های فیزیکی فهمیده شده است. مقایسهٔ هیدروژن با پادهیدروژن، مسیری را برای فهم تقارن ماده – پادماده در جهان پیشنهاد می‌کند.

۲ نوامبر ۲۰۰۰: تعطیلی نهایی LEP

برخورددهنده بزرگ الکترون – پوزیترون در ۸ صبح دوم نوامبر ۲۰۰۰ به کلی تعطیل شد. اما چون تونل آن قابل استفاده بود، در این محل حفاری جدیدی برای احداث چهار آشکارساز بزرگ برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی آغاز شد.

تصویب آزمایش‌های سرن:

۲۰ نوامبر ۲۰۰۶: آغاز به کار بزرگ‌ترین آهنربای ابررسانا

بزرگ‌ترین آهنربای ابررسانا، که بشکه، مارپیچ ATLAS[۲۲] نام گرفت (زیرا شبیه بشکه است) یک میدان مغناطیسی بسیار قوی را برای ATLAS فراهم می‌کند. این آهنربا شامل هشت هسته ابررساناست که هرکدام به شکل مستطیلی به عرض ۵ متر، طول ۲۵ متر و وزن ۱۰۰ تن با گوشه‌های گرد هستند و همه با دقت میلی‌متری تراز شده‌اند.

دمای این دستگاه حدود شش هفته به حدی سرد شد تا به دمای $-۲۶۹\ C^{\circ}$ رسید. سپس روشن شد و جریان آن گام به گام افزایش یافت تا اولین بار طی شب ۹ نوامبر به $۲۱۰۰۰\ A$ رسید. پس از آن جریان قطع شد و انرژی مغناطیسی ذخیره شده $۱/۱\ GJ$ (معادل با انرژی ۱۰۰۰۰ اتومبیل که با سرعت $۷۰\ Km/h$ در حال حرکت باشند) به راحتی از بین رفت و دمای آهنربا تا $-۲۱۸\ °C$ رسید.

۱۰ سپتامبر ۲۰۰۸: راه اندازی LHC

ساعت ۱۰:۲۸' صبح ۱۰ سپتامبر ۲۰۰۸، نخستین پرتو از پروتون‌ها، با موفقیت حول برخورد دهندهٔ بزرگ هادرونی (LHC) ۲۷ کیلومتری گسیل شد. این دستگاه آماده است تا مرز جدیدی از انرژی‌های بالا را کشف کند. آزمایش‌های LHC آدرسی برای پرسش‌های زیر است: چه چیزی به ماده جرم می‌دهد؟ ٪۹۶ جهان که نامرئی است از چه چیزی ساخته شده است؟ چرا طبیعت ماده را به پادماده ترجیح می‌دهد؟ و چطور از اولین لحظات عالم می‌توان وجود ماده را استنباط کرد؟

۵ ژوئن ۲۰۱۱: ALPHA اتم‌های پادماده را به مدت ۱۰۰۰ ثانیه به دام می‌اندازد

طبق گزارش آزمایش ALPHA در سرن، اتم‌های پادماده در مدتی بالغ بر ۱۶ دقیقه، با موفقیت به دام افتادند، که این مدت زمان برای مطالعه ویژگی‌های جزئی آن‌ها کافی است. ALPHA بخشی از برنامه کند کننده پادپروتون است که اسرار یکی از مواد فرّار طبیعت را بررسی می‌کند.

ALPHA، ۳۰۰ پاداتم به دام افتاده را مطالعه کرد. به

عنوان آزمایش	هدف	تاریخ تصویب
آزمایش‌های CMS و ATLAS	کشف طبیعت اولیه ماده و نیروهای بنیادی‌ای که عالم ما را شکل داده‌اند، و کشف بوزون هیگز	۳۱ ژانویه ۱۹۹۷
کندکننده پادپروتون Antiproton Declerator	انجام آزمایش‌های (LEAR) با پادپروتون‌های کند	۷ فوریه ۱۹۹۷
آزمایش ALICE	مطالعه پلاسمای کوارک – گلوئون	۱۴ فوریه ۱۹۹۷
آزمایش LHCb	توضیح اینکه چرا در عالم ماده بر پادماده غالب است؟	۱۷ سپتامبر ۱۹۹۸

دام انداختن پاداتم‌ها، به پادهیدروژن اجازه خواهد داد تا طیف‌سنجی ریزموج یا لیزر را به دقت ترسیم کند به‌طوری‌که می‌توان آن را با اتم هیدروژن، که از جملهٔ شناخته‌شده‌ترین دستگاه‌های فیزیکی است، مقایسه کرد. هر تفاوتی بین ماده و پادماده باید به دقت بررسی شود.

۱۳ دسامبر ۲۰۱۱: جزئیات امیدوارکننده‌ای از هیگز

در همایشی که در این روز برگزار شد، آزمایش‌های CMS و ATLAS جایگاه پژوهش‌های خود را برای بوزون هیگز مدل استاندارد، ارائه دادند. مهم‌ترین نتیجه این بود که اگر بوزون هیگز مدل استاندارد وجود داشته باشد، جرم احتمالی آن را، آزمایش ATLAS حدود GeV ۱۳۰-۱۱۶ به‌دست آورد و CMS حدود GeV ۱۲۷-۱۱۵. جزئیات امیدوارکننده‌ای در این ناحیه جرمی وجود داشت، اما آن‌قدر قوی نبود که بتوان ادعا کرد چیزی کشف شده است.

۴ ژوئیه۲۰۱۲: ذره مشاهده‌شده CMS و ATLAS با بوزون هیگز همخوانی دارد

در چهارم ژوئیه ۲۰۱۲، آزمایش‌های ATLAS و CMS در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی سرن اعلام کردند که هر یک از آن‌ها ذره جدیدی با جرمی حدود GeV ۱۲۶ را مشاهده کرده‌اند. این ذره با بوزون هیگز همخوانی داشت اما کار بیشتری می‌خواست تا تعیین شود آیا این همان بوزون هیگز است که مدل استاندارد پیش‌بینی کرده بود یا خیر. بوزون هیگز، آن‌گونه که در مدل استاندارد پیشنهاد شده، ساده ترین جلوهٔ ساز و کار بروت- انگلرت- هیگز است. انواع دیگری از بوزون‌های هیگز توسط نظریه‌های دیگری که فراتر از مدل استاندارد هستند پیش‌بینی شده است.

نتایج اولیه منتشر شده توسط آزمایش‌های ATLAS در CERN شواهدی را نشان می‌دهد که بوزون هیگز به دو ذرهٔ تاو تبدیل می‌شود. تاوها به گروهی از ذرات زیر اتمی به نام فرمیون‌ها تعلق دارند که ماده را تشکیل می‌دهند.

در ۸ اکتبر ۲۰۱۳ جایزهٔ نوبل در فیزیک به‌طور مشترک به فرانسوا انگلرت و پیتر هیگز تعلق گرفت. سازوکار بروت- انگلرت- هیگز اولین پیشنهاد برای توضیح چگونگی دریافت جرم بوزون‌ها بود. مدل استاندارد پیش‌بینی می‌کند که در این روش فرمیون‌ها هم جرم به‌دست می‌آورند، بنابراین بوزون هیگز می‌تواند مستقیماً به بوزون‌های دیگر یا فرمیون‌ها واپاشیده شود. جدیدترین نتیجه اولیه از ATLAS، که با پیش‌بینی الگوی استاندارد همخوانی دارد، شاهد روشنی است بر اینکه بوزون هیگز حقیقتاً به فرمیون‌ها واپاشیده می‌شود.

۶ فوریه ۲۰۱۴: آمادگی CERN برای آینده‌ای بلندمدت

ژنو، ششم فوریه سال ۲۰۱۴. فیزیک ذرات چشم‌انداز بلندمدتی دارد. در طرح اصلی که در دههٔ ۱۹۸۰ تصویب شد، ۲۵ سال دیگر زمان می‌برد تا LHC به‌وجود آید. این شتاب‌دهنده، برخلاف سایر شتاب‌دهنده‌ها، در آغاز برنامه‌ای است که انتظار می‌رود برای ۲۰ سال دیگر اجرا شود. در حال حاضر هم، به‌عنوان کاری تثبیت شده با هدف راه‌اندازی مجدد در سال ۲۰۱۵ ادامه می‌یابد، برنامه‌های دقیقی برای ارتقای آن در مقیاس بزرگ اندیشیده شده که درخشندگی را افزایش می‌دهد و در نتیجه از پتانسیل کامل LHC استفاده می‌شود. در LHC ، HL [۲۳] (درخشندگی بالا) اولویت شماره یک CERN است و تعداد برخوردهای انباشته شده در آزمایش‌ها، از ۲۰۲۴ به بعد با ضریب ده افزایش خواهد یافت.

هرچند برنامهٔ LHC برای دو دههٔ آینده به‌خوبی تعریف شده، اما زمان آن رسیده است که بیشتر پیش‌رو را بنگریم، زیرا در حال حاضر CERN مطالعهٔ اکتشافی پروژه‌ای را در آیندهٔ بلند مدت شروع کرده است که روی برخورددهنده‌های دایره‌ای نسل جدید با محیط ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر متمرکز شده است؛ یعنی جانشین شایسته برای LHC، که به انرژی‌های برخوردی TeV۱۴خواهد رسید. چنین شتاب‌دهنده‌ای به فیزیک‌دانان ذرات اجازه می‌دهد مرزهای دانش را بیش از پیش گسترش دهند. برنامه آینده برخورددهندهٔ مدور (FCC) مشابه LHC، روی مطالعات برخورددهنده هادرونی متمرکزخواهد شد، تا قادر باشد به انرژی‌های بی سابقه‌ای در ناحیه TeV ۱۰۰ برسد.

در نتیجه FCC به موازات مطالعه دیگری اجرا خواهد شد که از چند سال قبل در دست اقدام بوده است، برخورددهنده خطی فشرده، یا «کلیک[۲۴]»، گزینهٔ دیگری برای شتاب‌دهندهٔ بعدی CERN است. هدف از مطالعه کلیک، بررسی پتانسیل یک برخورددهندهٔ خطی است که بر فناوری جدیدی از شتاب مبتنی است.

سرجیو برتولوچی[۲۵]، مدیر تحقیقات و محاسبات CERN می‌گوید: «ما هنوز هم در مورد بوزون هیگز بسیار کم می‌دانیم، و جست‌وجوی ما برای ماده تاریک و ابر تقارن همچنان ادامه دارد. نتایج LHC در آینده، تعیین‌کننده خواهد بود زیرا مسیرهای تحقیق را، که در آینده دنبال می‌شوند، به ما نشان می‌دهند و اینکه چه نوعی از شتاب‌دهنده‌ها برای پاسخ به پرسش‌های جدید که به‌زودی پرسیده خواهد شد مناسب‌تر خواهد بود».مدیر شتاب‌دهنده‌ها و فناوری CERN، فردریک بردی[۲۶] می‌افزاید: «بذر فناوری فردا را، امروز باید بیفشانیم، بنابراین ما آماده‌ایم که برای چند سال آینده تصمیم‌گیری کنیم».

هدف دانشمندان از این دو مطالعه، بررسی عملی شدن

در چهارم ژوئیه ۲۰۱۲، آزمایش‌های ATLAS و CMS در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی سرن اعلام کردند که هر یک از آن‌ها ذره جدیدی با جرمی حدود ۱۲۶ GeV را مشاهده کرده‌اند

مدارس فیزیک انرژی‌های بالای CERN شامل دو نوع مدرسه است؛ مدرسهٔ اروپایی، که هر ساله به‌طور مشترک با JINR ۲۸ سازماندهی می‌شود، و مدرسهٔ آمریکای لاتین که در هر دو سال یک بار و در سال فرد تشکیل می‌شود

دستگاه‌های مختلف است تا هزینه‌ها را ارزیابی و گزارشی از طراحیِ مفهومی FCC را تهیه کنند و به موقع روی موردی که قبلاً برای CLIC تولید شده استادانه کار کنند تا راهبرد اروپایی بعدی تا سال‌های ۲۰۱۸ / ۲۰۱۹ به‌روزرسانی شود.

۳. برنامه‌های آموزشی سرن

اطلاعاتی در مورد برنامه‌های معلمان و منابع آموزشی مدارس در وب‌سایت آموزش‌وپرورش CERN ارائه شده است.

۱.۳. برنامهٔ معلمان فیزیک؛ HST

CERN برای معلمان فیزیک، دوره‌های آموزشی ۳ روزه و ۳ هفته‌ای را به زبان انگلیسی یا به زبان رسمی کشورشان ارائه می‌دهد. برنامه معلم دبیرستان، یک دوره بین‌المللی جامع، به زبان انگلیسی، است که در سه هفته اول تیر ماه در CERN برگزار می‌شود.

برنامهٔ ملی معلمان که به زبان رسمی است برای شرکت‌کنندگان کشورهای عضو CERN برگزار می‌شود. در این برنامه‌ها شما فضای پژوهش مرزی در LHC را تجربه خواهید کرد، با دانشمندان و همکاران آموزشی‌تان ملاقات خواهید داشت و ایده‌های جدیدی برای آوردن فیزیک جدید به کلاس درس به‌دست خواهید آورد. در این برنامه با آخرین پیشرفت‌های فیزیک ذرات و حوزه‌های مرتبط با آن آشنا شده و با تجربه کردن یک محیط تحقیقات بین‌المللی پویا خود را به روز نگه‌می‌دارید.

CERN تمامی حمایت‌های علمی، اداری و فنی، مانند محتوای علمی، تسهیل در ارائه زبان ملی، تأمین استادان و راهنمایی‌های لازم را برای این برنامه فراهم می‌کند، از جمله:

۳. ۱. ۱. اهداف برنامه معلمان دبیرستان؛

۱. توسعهٔ تدریس فیزیک و به‌ویژه فیزیک ذرات در دبیرستان‌ها؛

۲. توسعهٔ تبادل دانش و تجربه در بین معلمان ملیت‌های مختلف؛

۳. قرار دادن معلمان در جریان پژوهش‌های جهانی؛

٤. فعالیت‌های هیجان‌انگیز درون و بیرون کلاسی برای جذابیت درس فیزیک؛

٥. کمک به ایجاد ارتباط نزدیک‌تر سرن با مدارس؛

٦. ترغیب برای همکاری بین سرن و برنامه‌های تحت حمایت اتحادیهٔ اروپا در زمینهٔ آموزش علمی.

۲.۱.۳. اولویت‌های انتخاب معلمان

معلمان منتخب باید تجارب ثبت شده‌ای در فعالیت‌های آموزشی فوق برنامه داشته باشند. مانند:

عضویت برنامه‌های حمایتی اروپا، سازماندهی فعالیت‌های آموزشی (المپیادهای فیزیک، دوره‌های آموزشی تابستانه برای دانش‌آموزان)، همکاری در طرح‌های آموزشی ملی و بومی، نوشتن کتاب‌های درسی، همکاری با انجمن معلمان یا دیگر ساختارهای آموزشی ملی و بین‌المللی

۳.۱.۳. منابع آموزشی

مواد آموزشی ارائه شده در اینجا به معلمان اجازه خواهد داد که موضوع‌هایی در فیزیک جدید را به دانش‌آموزان مدارس متوسطه و سطح بالا معرفی کنند و به این منظور روش‌های بسیار جذاب و جدید را به‌کار گیرند. علاوه بر این برای بخش جدید آموزش پاد ماده (مجموعه‌ای از طرح درس‌ها، مواد آموزشی پس‌زمینه و موضوع‌های گسترده‌ای در پادماده، برای دانش‌آموزان ۱۵-۱٤ سال)، این مواد شامل پاورپوینت سخنرانی‌ها، یادداشت‌های درسی، مواد آموزشی، فیلم، انیمیشن، بازی، پوستر، عکس و ایده‌هایی برای فعالیت‌های عملی کلاس درس است که برای اهداف آموزشی به‌صورت رایگان می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

۳. ۲. آموزش در سطوح بالاتر

CERN برنامه‌هایی را نیز برای دانشجویان دانشگاه‌ها و فارغ‌التحصیلان جوان، در زمینه فیزیک ذرات، فیزیک شتاب‌دهنده و محاسبات در نظر گرفته است که عبارت‌اند از:

برنامهٔ دانشجویی تابستانه CERN، مدارس فیزیک انرژی بالا، مدرسه شتاب‌دهندهٔ CERN، مدرسهٔ رایانه CERN (CSC[۲۷])، برنامه آموزش علمی CERN (ضبط سخنرانی‌ها)

۳. ۲. ۱. ۱. مدارس فیزیک انرژی‌های بالا در CERN

مدارس فیزیک انرژی‌های بالای CERN شامل دو نوع مدرسه است؛ مدرسهٔ اروپایی، که هر ساله به‌طور مشترک با JINR [۲۸] سازماندهی می‌شود، و مدرسهٔ آمریکای لاتین که در هر دو سال یک بار و در سال فرد تشکیل می‌شود. CERN در برپایی مدرسه فیزیک انرژی‌های بالای آسیا و اروپا و اقیانوس آرام که هر دو سال یک‌بار در سال‌های زوج برگزار می‌شود نیز شرکت فعالی خواهد داشت.

مدرسه فیزیک انرژی‌های بالای آسیا و اروپا و اقیانوس آرام

AEPSHEP [۲۹] (مدرسه فیزیک انرژی‌های بالای آسیا و اروپا و اقیانوس آرام) مجموعه‌ای از مدارس است که در منطقه آسیا و اقیانوس آرام هر دو سال یک‌بار برگزار می‌شود

و دانش‌آموزان را در سطحی مشابه با سالانه مدرسه اروپایی فیزیک انرژی‌های بالا CERN-JINR آماده می‌سازد. AEPSHEP براساس تجربه مدارس فیزیک انرژی‌های بالای آمریکای لاتین و همچنین موفقیت مدرسه فیزیک ذرات فرانسه - آسیا ساخته شده است.

هدف این مدرسه آماده‌سازی فرصتی برای فیزیک‌دانان جوان است که پیشرفت‌های اخیر فیزیک ذرات بنیادی را از محققان برجسته جهان یاد بگیرند. همچنین هدف دیگر آن، تشویق ارتباطات بین پژوهشگران جوان آسیا، اروپا و منطقه اقیانوس آرام است. در این مدرسه دوره درسی فیزیک انرژی بالا، از نظر تجربی و پدیدارشناسی، با تمرکز بر روی برنامه‌های مبتنی بر شتاب‌دهنده در آسیا و اروپا، و سایر زمینه‌های مرتبط مانند فیزیک ذره‌ای ستارگان و جنبه‌های کیهانی فیزیک ذرات ارائه می‌شود.

این برنامه برای دانشجویان دکترای فیزیک ذرات تجربی است. دانشجویانی که بر روی پدیدارشناسی کار می‌کنند (اگرخیلی از آزمایش فیزیک ذرات دور نباشد) نیز ممکن است پذیرفته شوند. دانشجویان پست دکترا (از اتمام دکترای آن‌ها کمتر از دو سال گذشته باشد)، و همچنین دانشجویان سال آخر کارشناسی ارشد که معلومات قبلی آن‌ها با فیزیک ذرات مرتبط باشد می‌توانند از دوره‌های ارائه شده بهره‌مند شوند. انتظار می‌رود در هر مدرسه تا صد نفر دانشجو شرکت داشته باشند.

سازمان‌های بین‌المللی مدرسه شامل نمایندگانی از استرالیا، CERN، چین، فرانسه، هند، ژاپن، کره، روسیه و تایوان است. پذیرش برای شرکت در مدرسه ویژه دانشجویان کشورهای منطقه آسیا ، اقیانوس آرام و اروپا است، هرچند درخواست پذیرش سایر مناطق نیز ممکن است بررسی شود.

۳. ۲. ۲. به مدرسه شتاب‌دهنده CERN خوش آمدید

مدرسهٔ شتاب‌دهنده CERN در طول سال، دوره‌های آموزشی فیزیک شتاب‌دهنده و فناوری‌های مرتبط با آن را برای فیزیک‌دانان، مهندسان، تکنسین‌ها و دانشجویان برگزار می‌کند. این دوره‌ها در کشورهای مختلفی که عضو CERN هستند، برگزار می‌شود و برنامه‌ای از سخنرانی‌ها و آموزش‌هایی را که در یک دوره یک یا دو هفته‌ای گسترده شده است شامل می‌شود. شرکت‌کنندگان از کشورهای عضو CERN و دیگر کشورهای سراسر جهان پذیرش می‌شوند.

۳. ۲. ۳. دربارهٔ مدرسهٔ رایانهٔ CERN

مدارس رایانه CERN (CSCS) در اوایل دههٔ هفتاد شکل گرفت تا برای دانشجویان کارشناسی ارشد و پژوهشگرانی مجرّب در فیزیک ذرات بنیادی، رایانه و یا زمینه‌های مرتبط با آن، که در CERN یا سایر مؤسسات پژوهشی مشغول به کارند، دوره‌های آموزشی برگزار شود.

شرکت‌کنندگانی که از آزمایشگاه‌های سراسر جهان، دانشگاه‌ها و حتی خارج از جامعه فیزیک ذرات، به این مدرسه می‌آیند، با مباحث پیشرفته‌ای که آموزش داده می‌شود، جذب می‌شوند. به‌طور معمول ۶۰ تا ۸۰ فراگیر، از ۱۵ تا ۳۰ ملیت مختلف در این دوره حضور داشته‌اند، که حدود ۸۰ درصد آنان از کشورهای اروپایی هستند.

آنچه در این مدرسه ارائه می‌شود مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها و تمرین‌های پی‌درپی است. جزء اصلی این مجموعه بخش عملی است و ممکن است شامل پروژه‌هایی باشد که توسط گروهی از فراگیران انجام شود و یا درقالب مسابقه اجرا شود.

در این مدرسه برنامه‌های ورزشی نیز در چند بعد از ظهر، به مدت دو تا سه ساعت برای علاقه مندان به ورزش ارائه می‌شود.

۳. ۲. ۴. برنامهٔ دانشجویان در تابستان

CERN برای دانشجویان مقطع کارشناسی فیزیک، رایانه و مهندسی، برنامه دانشجویی تابستانی را ارائه می‌دهد. پیوستن به تیم‌های پژوهشی شرکت‌کننده در آزمایش‌های CERN در ژنو سوئیس، فرصت منحصر به فردی است. از دانشجویان منتخب در محیطی چند رشته‌ای و چند فرهنگی مشغول به کار شوند و تجربه شخصی بسیار پرباری را به‌دست آورند. این فرصتی است که یک بار در طول عمر به‌دست می‌آید تا ارتباطات ارزشمند و طولانی مدتی را با دیگر دانشجویان و دانشمندان سراسر اروپا داشته باشید.

دانشجویان تابستانی علاوه بر کار در تیم‌های تجربی، در سلسله سخنرانی‌های خاصی که برای آن‌ها آماده شده است نیز حضور دارند. چندین دانشمند از سراسر جهان، دانش خود را در مورد طیف وسیعی از موضوع‌ها در زمینه فیزیک ذرات نظری و تجربی و رایانه با آن‌ها به اشتراک می‌گذارند. بازدید از شتاب‌دهنده‌ها و مناطق آزمایشگاهی نیز بخشی از این برنامه است، و همچنین جلسات بحث و گفت‌وگو، کارگاه‌های آموزشی و یک جلسه پوستر است. دانشجویان باید گزارش کوتاهی از کار خود در CERN تهیه کنند و در پایان اقامت خود ارائه دهند. مدت اقامت دانشجویان بین ۸ هفته تا ۱۳ هفته است.

پی‌نوشت‌ها

1. CERN
2. High School teachers' programme
3. Raoul Dautry
4. Pierre Auger
5. Lew Kowarski
6. Edoardo Amaldi
7. Niels Bohr
8. Louis de Broglie
9. Isidor Rabi
10. John Adams
11. Dubna
12. Synchrophasotron
13. Antonino Zichichi
14. Leon Lederman
15. Kjell Johnsen
16. Simon van der Meer
17. Carlo Rubbia
18. Berners-Lee
19. World Wide Web
20. Walter Oelert
21. Low Energy Antiproton Ring
22. ATLAS Barrel Toroid
23. High Luminosity
24. CLIC
25. Sergio Bertolucci
26. Frédérick Bordry
27. CERN School of Computing
28. JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH
29. Asia-Europe-Pacific School of High-Energy Physics

مراجع

1. teachers.web.cern.ch/teachers/HST2014
2. timeline.web.cern.ch, The history of CERN
3. hom.web.cern.ch/students-educators
4. press.web.cern.ch/press-rereleases/2014