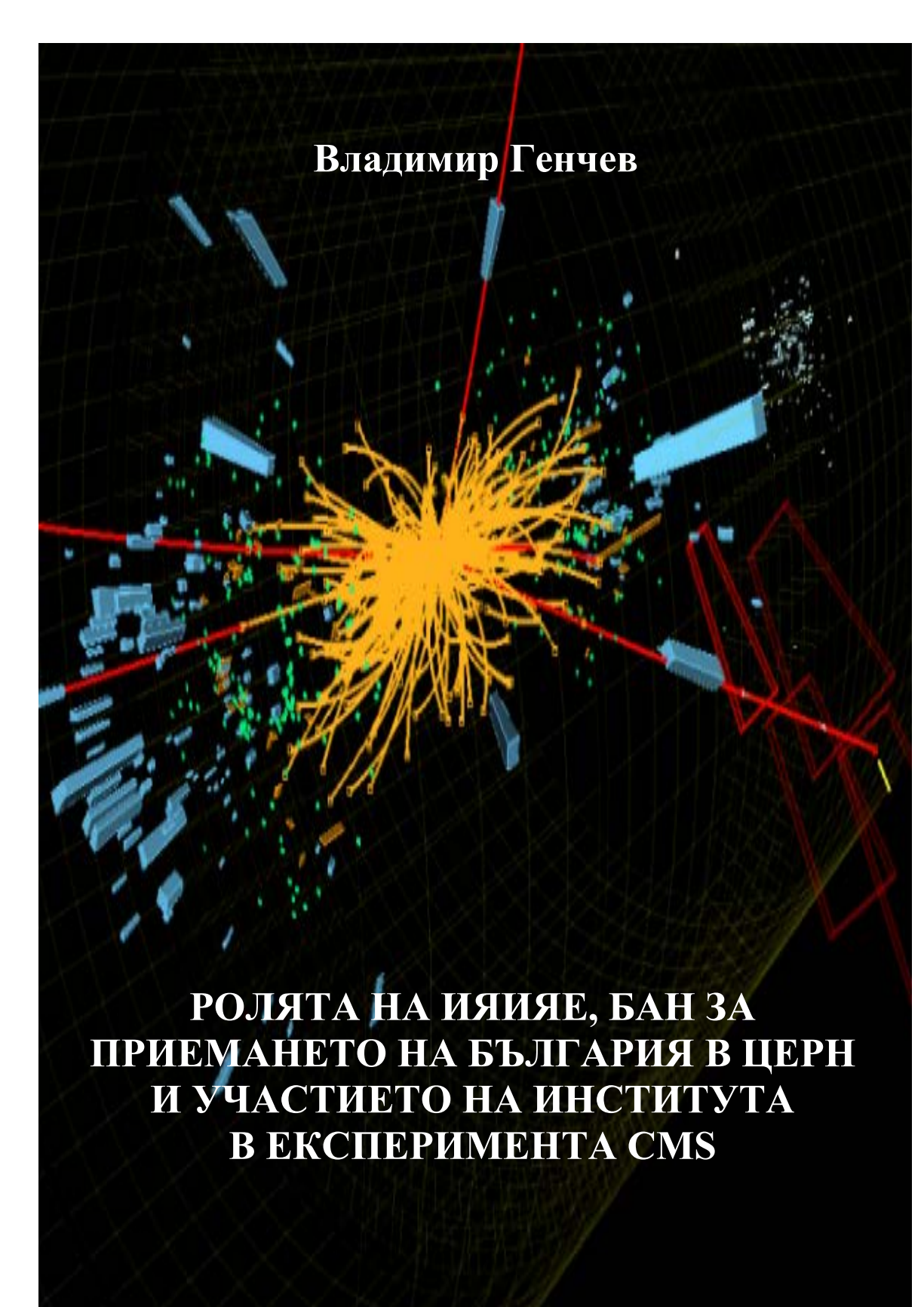




Владимир Генчев

**РОЛЯТА НА ИЯИЯЕ, БАН ЗА
ПРИЕМАНЕТО НА БЪЛГАРИЯ В ЦЕРН
И УЧАСТИЕТО НА ИНСТИТУТА
В ЕКСПЕРИМЕНТА CMS**

Проф. Владимир Генчев

**РОЛЯТА НА ИЯИЯЕ, БАН ЗА
ПРИЕМАНЕТО НА БЪЛГАРИЯ В ЦЕРН
И УЧАСТИЕТО НА ИНСТИТУТА В
ЕКСПЕРИМЕНТА CMS**

**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ЗА ЯДРЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА
СОФИЯ, 2015 г.**

Тази книга се издава от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) при БАН, както за да запознае българската общественост с участието на Института в дейността по приемането на Република България за пълноправен член на ЦЕРН и в създаването и проведените изследвания с детектора CMS на ускорителя LHC, така и в памет на видния българския физик проф. д-р Владимир Генчев, основен участник и организатор в тези дейности. Представеният текст почти изцяло е написан от него през последните месеци от живота му. За съжаление съдбата не му позволи да завърши окончателно своя ръкопис. Това наложи проф. Иван Ванков, колеги от ИЯИЯЕ и членове на семейството да направят някои редакционни поправки, уточнения и допълнения, които обаче не изменят духа и съдържанието на вече написаното.

Представеният текст ясно показва усилията на голям брой български учени, необходими за преодоляване на всички пречки (вътрешни и външни) за приемането на България в ЦЕРН. Постигнатият резултат е дело както на министри и академици, така и на редовни изследователи, всичките убедени, че членството на страната ни в ЦЕРН е изключително важно за по-нататъшното развитие на науката и технологиите у нас.

И сега, след 16-годишно участие в тази най-голяма европейска научна организация, се вижда, че те са били напълно прави. Само в създаването и научните изследвания на детектора CMS от и чрез ИЯИЯЕ са взели участие около 50 физици, инженери и техници. Не малък е и броят на участниците от други научни организации в България, както и в други експерименти на ЦЕРН. Значителна част от тях продължават да са сътрудници на ИЯИЯЕ.

Ролята на ИЯИЯЕ не се ограничава само със съществено участие в научните изследвания в ЦЕРН и създаването на апаратура за тях. Институтът е и координатор на програмата на ЦЕРН за обучение на български учители по физика и математика, като осигурява високо квалифицирани лектори за провежданията за тях в ЦЕРН курсове. Той също така, заедно с ЦЕРН, организира изложби за популяризиране на дейността на тази най-голяма европейска научна организация сред българските учители и ученици, на които учени от Института изнасят лекции по тази тематика.

Накрая бих искал отново да подчертая изключителните заслуги на проф. Генчев за организиране на всички описани дейности – борба за приемане на България за пълноправен член на ЦЕРН, участие в създаването, измерванията и получаване на научните резултати в експеримента CMS и разпространяване на знанията и технологиите от ЦЕРН сред българските учители и ученици, както и водещото му лично участие в тях.

Доц. д-р Димитър Тонев,
Директор на ИЯИЯЕ при БАН



Проф. д-р Владимир Генчев

ПРЕДИСЛОВИЕ

Над текста в тази брошура проф. д-р Владимир Генчев, вече осъден от съдбата, работи до последните си дни. Това е съвсем естествено, след като целият му научен живот премина в изследвания в областта на експерименталната физика на взаимодействията на елементарните частици при високи енергии, а последните десетилетия на творческия му път бяха свързани с експерименти, провеждани в ЦЕРН.

И той напълно има компетентността и правото да разкаже за пътя, участието и приносите на българските физици в тях.

Без съмнение, включването и участието на България в експериментите, провеждани в ЦЕРН, бяха новост за българските физици, участващи в изследвания в буйно развиваща се и водеща област на физиката през втората половина на миналия век. Всъщност самият ЦЕРН бе създаден по модела на изграждане на Европейския съюз и за развитието на физиката у нас това има същото значение, каквото и присъединяването на страната ни към ЕС и нейното бъдеще.

В този текст проф. Генчев разглежда участието и приносите на българските физици, и специално на тези от ИИЯЕ, БАН, в едно от четирите грандиозни експериментални съоръжения – детектора CMS, инсталирани на снопа на новопостроения супер ускорител LHC на насрещни снопове протони с енергии от няколко TeV, в които самият той беше активен участник и ръководител от българска страна.

Обаче това направление на изследвания в България – физиката на елементарните частици – не се е родило като Афродита от пяната на вълните. То води началото си от работите на няколко ентузиазирани учени от Физическия факултет на Софийския университет и Физическия институт с АНЕБ при БАН, които в средата на миналия век започнаха, с достъпните им тогава средства – ядрени фотоплаки, Гайгер-Мюлерови броячи и сметачни линейки за анализ на резултатите, изучаването на идващите от дълбините на Вселената космични лъчи – единствени тогава източници на високоенергетични елементарни частици. А по това време по света вече се строяха и пускаха в действие първите ускорители на елементарни частици ...

И през 60-те и 70-е години, когато физиката беше на гребена на вълната, новите випускници на Физическия факултет намираха широко отворени вратите на бързо развиващия се Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН, а България вече беше член на Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) в Дубна, Русия и им осигуряваше участието в първостепенни експериментални изследвания, провеждани на най-мощния тогава протонен ускорител в света (до няколко GeV) и обработването на данните от измерванията

на новите ЕИМ. Този етап обаче има и една друга съществена характерна черта: провежданите изследвания – с постепенно нарастващи и до днес енергии на ускоряване на елементарните частици (няколко TeV), необходимите за целта гигантски експериментални комплекси (с тегло от хиляди тонове) и огромните научни колективи (няколко стотици и дори хиляди души), съставени от най-различни специалисти – освен висока квалификация изискваха и специфични индивидуални, културни и етични качества за общуване и обучение. А те бяха придобити своевременно при участието на българските физици в многобройните плодотворни международни (по това време, разбирай, от „социалистическите“ страни) научни конференции и колаборационни съвещания. Това беше школата, в която се обучи и израсна талантливото второ поколение, навлезе решително в изследванията, които тогава се провеждаха, и скоро, като участници в състава на Дубненски групи, стъпиха първи и работиха в ЦЕРН.

А това асфалтира и широката магистрала на новото, следващо поколение, което доведе до участие на голяма група български физици в получаването на резултати, потвърждаващи теоретичните предсказания, увенчани с нобеловата награда по физика за 2013 г. на Питър Хигс и Франсуа Енглер, *„за теоретичното откритие на един механизъм, допринасящ за нашето разбиране за произхода на масата на субатомните частици, наскоро потвърден от откриването на предсказаната фундаментална частица от експериментите ATLAS и CMS на LHC в ЦЕРН“*.

Въпреки че „хронологията на присъединяването на България към ЦЕРН“ е точно предадена, искам да отбележа, без да се впускам в детайли, че за това, освен формалните институционални и държавни стъпки, бяха необходими много усилия за преодоляване на немалко обективни и субективни пречки (от непознаване и неразбиране до ... завист) за постигане, а след това в хода на участието – за утвърждаване и разширяване на сътрудничеството. Искам специално да отбележа заслугите на чл. кор. Павел Марков, акад. Иван Тодоров, акад. Христо Христов и акад. Матей Матеев, които от нивото на своя научен авторитет и високи ръководни административни постове, съдействаха активно и неуморно за това.

Разбира се, както всички такива текстове и този носи отпечатъка на субективния поглед, с възможни дискуссионни моменти, нюанси в оценки и възможни допълнения и уточнения. Още повече, след като проф. Генчев не успя да доведе текста до окончателния му вид. Като се има предвид неговата научна честност и прецизност, завършеният текст, без съмнение би имал по-друг вид.

Но за успешното участие на България в експерименталните изследвания в ЦЕРН и конкретно на ИЯИЕ в експеримента CMS проф. Владимир Генчев вече беше дал достатъчно...

Проф. д.ф.н. Нашан Ахабабян

I. ПРИЕМАНЕ НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ В ЦЕРН

ЦЕРН (Европейският център за ядрени изследвания) се ражда през 1954 г. Той е създаден с цел да се обединят усилията на европейските страни в изследванията на физиката на елементарните частици, така че Европа да бъде конкурентоспособна на САЩ и СССР.

За първи път за приемане на България в ЦЕРН се заговори през 1990 г. при посещението на генералния директор на тази организация, нобеловия лауреат по физика за 1984 г., проф. Карло Рубия в България. Предложението не бе посрещнато добре от ръководството на БАН. Спорът бе неминуем, защото всяко хубаво нещо си има цена. За да участва в ЦЕРН, България трябваше да плаща всяка година членски внос, размерът на който варира в зависимост от националния ни доход. Именно членският внос бе причината за дразгите между учените. Едната теза, упорито защитавана от ръководството на БАН, бе, че за България участието в ЦЕРН е скъп лукс, който изядва парите за останалите направления на българската наука. Тогавашният председател на БАН акад. Й. Малиновски заяви, че е против, но няма да пречи. След него акад. Иван Юхновски и проф. Христо Баларев бяха най-отявлените противници на участието ни в ЦЕРН и настройваха физическата общност против приемането на България в него. Ето хронологията по подготовката и приемането на България в ЦЕРН.

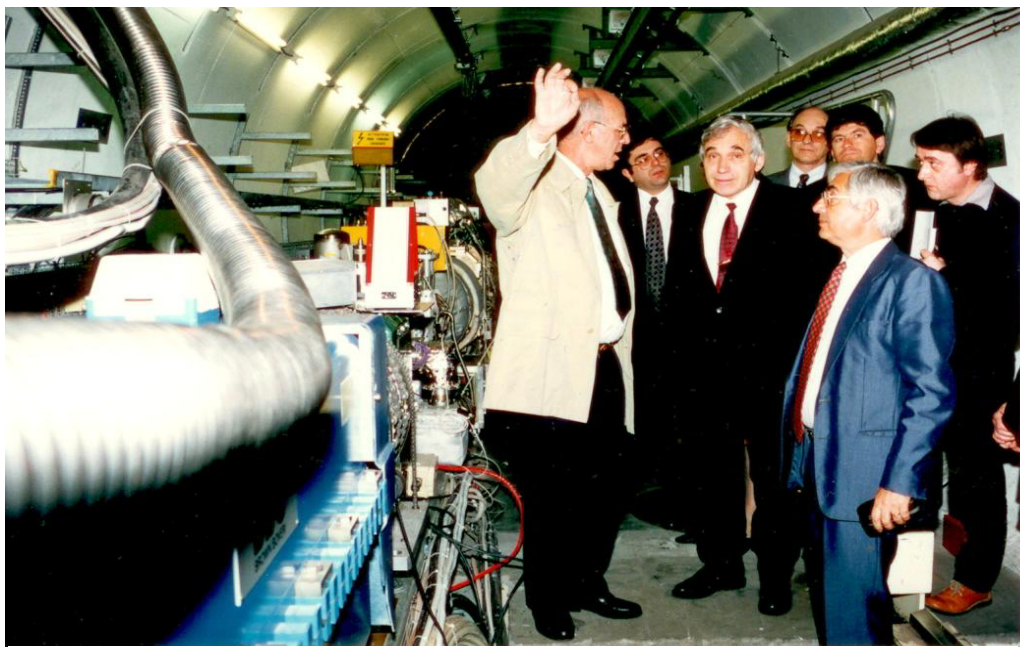
- юни 1990 г.* Carlo Rubbia, генерален директор на CERN, посещава България.
- 4 юни 1990 г.* Подписване на Договор за сътрудничество между България и CERN от министъра на науката и образованието проф. Асен Хаджийолов и Carlo Rubbia.
- юни 1990 г.* Писмо от зам. министър-председателя Константин Косев до генералния директор на CERN Carlo Rubbia, заявяващо намерения за членство на България в CERN.
- 1992 г.* Писмо на генералния директор на CERN Cristopher Llewellyn-Smith с искане за потвърждаване на намеренията за членство на България в CERN.
- 8 декември 1992 г.* Разширено заседание на Научния съвет на ИЯИЯЕ, БАН (по искане на Управителния съвет на БАН) с участието на представители на Института по физика на твърдото тяло, БАН, Института по роботизирани системи, БАН, Софийския университет, Техническият университет, София и Пловдивския университет за приемане на становище относно членството на България в CERN.

- януари 1993 г.* Вице-директорът на CERN Walter Hoogland посещава България.
- 12 януари 1993 г.* Срещи на Walter Hoogland с председателя на БАН акад. Йордан Малиновски и с министъра на образованието и науката Марин Димитров.
- 8 юли 1993 г.* Решение на Министерския съвет за започване на преговори по приемане на Република България в CERN (Протоколно решение по т. 8 от дневния ред на заседанието на Министерския съвет от 08.07.1993 г.)
- 9 март 1994 г.* Посещение на президента на Република България Желю Желев в CERN. Среща на Ж. Желев с генералния директор на CERN – C. Llewellyn-Smith.
- 9 декември 1994 г.* Писмо на зам. министъра на образованието и науката Борис Гълъбов до генералния Директор на CERN. Преглед на българското участие в изследванията, провеждани в CERN.
- януари 1995 г.* Отговор на генералния директор на CERN C. Llewellyn-Smith на зам.-министъра Б. Гълъбов.
- 5 октомвр. 1995 г.* Писмо на генералния директор на CERN C. Llewellyn-Smith до министъра на образованието и науката акад. Илчо Димитров.
- октомври 1995 г.* Посещение на делегация от CERN в България по покана на МОН с цел запознаване с физическата общност, работеща по научната тематика на CERN, проучване на потенциала на българската индустрия за изпълняване на поръчки от CERN и провеждане на началните преговори по присъединяване на България към CERN.
- 24 април 1997 г.* Решение на Правителството на Република България за започване на преговори за пълноправно членство в CERN. (Протоколно решение по т. 13 от дневния ред на заседанието на Министерския съвет от 24.04.1997 г.)
- 31 октомври 1997 г.* Писмо от зам. министър-председателя и министър на образованието и науката Веселин Методиев до Luciano Maiani – президент на Съвета на CERN. Официални постъпки за пълноправно членство.
- май 1998 г.* Посещение на делегация от CERN в София по покана на МОН за продължаване на преговорите по присъединяване на България към CERN.
- 6 юли 1998 г.* Писмо от генералния директор на CERN C. Llewellyn-Smith до зам. министър-председателя и министър на образованието и науката Веселин Методиев. Формулиране изискванията на Съвета на CERN относно членството на България.
- септември 1998 г.* Посещение на зам. министър-председателя и министър на образованието и науката В. Методиев в CERN. Изготвяне на

съвместна декларация с условията по приемането на България в CERN.

- 11 март 1999 г.* Извънредна сесия на Съвета на CERN, на която се гласува приемането на България в Организацията.
- 27 май 1999 г.* Решение на Правителството на Република България за предлагане на Народното събрание да ратифицира Конвенцията на CERN и приложения към нея Финансов протокол (Решение № 354 на Министерския съвет от 27.05.1999 г.)
- 3 юни 1999 г.* XXXVIII Народно събрание на Република България ратифицира единодушно Конвенцията на CERN и Финансовия протокол към нея (Законът за ратифициране на Конвенцията е обнародван в Държавен вестник № 53 от 11.06.1999 г. въз основа на указ № 152 на президента на България).
- 11 юни 1999 г.* UNESCO официално обявява Република България за пълен член на CERN.
- 18 юни 1999 г.* Официална церемония по време на 113-тата сесия на Съвета на CERN по издигане на националния флаг на България.

Ключов момент от преговорите за участието на България в ЦЕРН беше посе-



Фиг. 1. Посещение на президента на България д-р Ж. Желев в ЦЕРН – 1994 г.

щението на президента на Република България д-р Желю Желев в ЦЕРН през 1994 г. На снимката в тунела (фиг. 1), където бе разположен ускорителят LEP

(Large Electron Positron Collider), са проф. Х. Хофер, директор на Института по физика на високите енергии към Техническия университет в Цюрих (ЕТН-Цюрих), президентът на Република България д-р Желю Желев, доц. Ботю Бетев, проф. Матей Матеев и доц. Владимир Генчев.

На 3 юни 1999 г. XXXVIII Народно събрание ратифицира Конвенцията на ЦЕРН и приложения към нея Финансов протокол, а на 11 юни 1999 г. Република България бе обявена официално от UNESCO за пълноправен член на ЦЕРН. С това приключи близо десетгодишният период на преговори, подготовка и работа по присъединяването на България към най-голямата правителствена организация за фундаментални изследвания в Европа, в която членуват всички страни от тогавашния Европейския съюз, Швейцария и Норвегия. В ЦЕРН още от началото на 90-те години бяха приети Полша, Чехия, Унгария и Словакия, а с приемането на България общият брой на страните членки достигна 20.



Фиг. 2. Церемония по издигане на българското знаме при приемането на Република България за член на ЦЕРН – 18 юни 1999 г.

На 18 юни 1999 г., по време на 113-ата сесия на Съвета на ЦЕРН, в присъствието на зам. министър-председателя и министър на образованието и науката Веселин Методиев, акад. Матей Матеев (бивш министър на образованието и науката) и много български учени, бе издигнат националният флаг на Република България пред главния вход на ЦЕРН (фиг. 2). На сесията (фиг. 3) министър Методиев направи следното изявление: *„Един от приоритетите на нашето правителство е развитието и поддържането на конкурентоспособна наука в България. Членството ни в ЦЕРН е важна стъпка в тази насока и ще даде възможност на много*

български учени, инженери и техници да работят във водещи области на науката и съвременните технологии.”



Фиг. 3. 113-та сесия на Съвета на ЦЕРН с участието на министър В. Методиев (в средата) и акад. М. Матеев (крайния в дясно)

Приемането на България в ЦЕРН през 1999 г., разбира се, не ни е дошло даром – то е плод на десетилетни усилия на част от българските физици. Те се опитваха да убеждават не само самата организация ЦЕРН и българските висши чиновници, но и собствените си колеги. При това в немного благоприятна международна обстановка: след влизането в ЦЕРН на Полша, Чехия и Унгария в началото на 90-те години, учените в тази организация се разочароваха поради проблемите, които донесоха със себе си бившите социалистически страни – неизрядностите в изпълнението на финансовите задължения и на индустриалните поръчки направиха Организацията резервирана към приемането на нови членове. И все пак България бе приета, за разлика от Словения и Румъния, които също имаха силно желание да се наредят редом с досегашните 20 страни членки.

България още от 70-те години има сътрудничество с ЦЕРН, макар и на ниво участие на отделни учени. По социалистическо време нашите учени ходеха в организацията като представители на ОИЯИ, Дубна (т.е. на разноски на руския народ, тъй като СССР осигуряваше голямата част от финансирането на този институт).

По такъв начин в периода след 1973 г. физици от сектор „Високи енергии и

космични лъчи” на ИЯИЯЕ участваха в редица експерименти, провеждани на ускорителя SPS (супер протонен синхротрон) в ЦЕРН. В експеримента NA10, изучаващ Drell-Yan-процеси, българските физици от ИЯИЯЕ Ботьо Бетев и Владимир Пенев участваха в набирането и анализа на данните при измерване на пионните структурни функции и сечението за раждане на ипсилон-частицата. В експеримента NA4 по дълбоко нееластично разсейване на мюони трима физици от Института – Петър Тодоров, Георги Султанов и Владимир Генчев – участваха в набирането на данни и физическия им анализ при измерване на нуклонните структурни функции.

Чрез сътрудничеството с ЕТН-Цюрих (организирано благодарение на доц. Ботьо Бетев), беше осъществено едно от най-успешните участия на физици от ИЯИЯЕ – в експеримента L3 на ускорителя LEP в ЦЕРН. Няколко години българските физици Ботьо Бетев, Георги Султанов, Димитър Бурилков и Васил Кръстев имаха възможността да участват във всички етапи от провеждане на експеримента, благодарение на финансовата поддръжка на ЕТН-Цюрих и Световната лаборатория (на проф. Antonio Zichichi). При същите условия (поддръжка от западно-европейски лаборатории и ОИЯИ, Дубна) се осъществи и участието на отделни физици – Петър Темников, Цанко Спасов и Теодор Тодоров – в експериментите OBELIX и DELPHY.

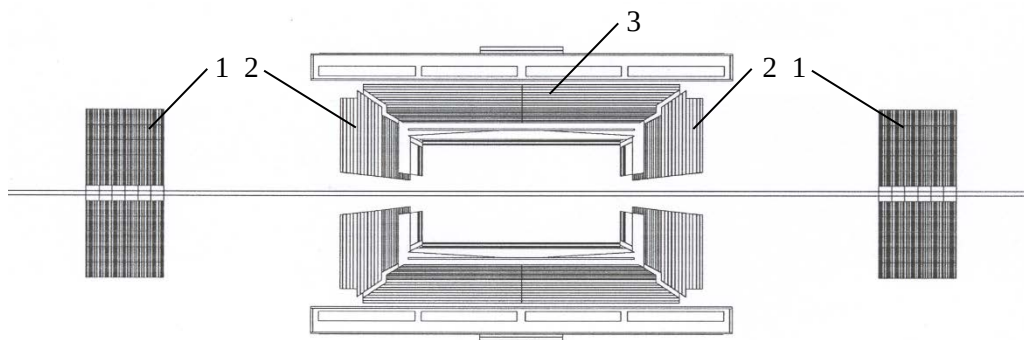
След демократичните промени в източните страни ЦЕРН предложи програма за едногодишно финансово подпомагане на физици и инженери от тези страни. От ИЯИЯЕ такива стипендии получиха Ангел Ангелов, Владимир Ангелов, Емил Иванов и Александър Ганчев, които работиха по различни проекти в ЦЕРН.

Съществена роля за приемането на Република България в ЦЕРН изигра и значителното ни участие в експеримента CMS още от самото начало на неговата подготовка (вж. следващия раздел).

на ЦЕРН В. Хугланд в България, който предостави средства за 10-месечна работа на Владимир Генчев в ЦЕРН.

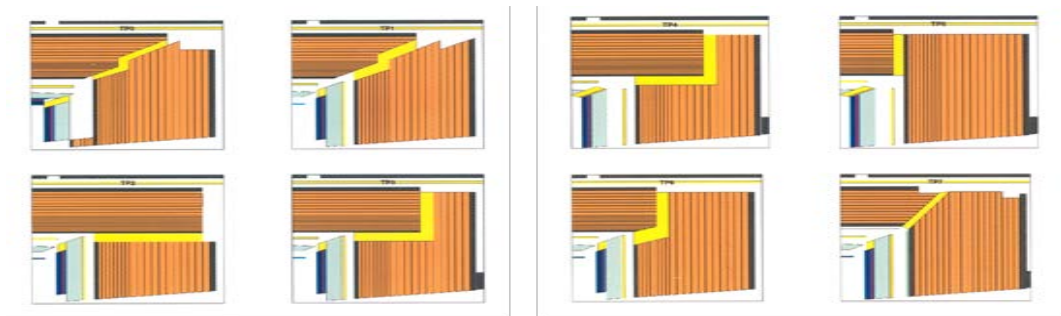
Физическият факултет (ФЗФ) при СУ "Св. Климент Охридски" в лицето на Леандър Литов се включи около 6 месеца по-късно. Започна се работа по моделиране на детектора CMS, неговата оптимизация и разработка на нови методи за възстановяване на енергията, отделена в калориметричната система на CMS.

Първите версии на адронния и най-предния калориметри бяха разработени от Владимир Генчев от ИЯИЯЕ (V. Genchev, CMS TN-1993/072 и V. Genchev, CMS TN-1993/83).



Фиг. 5. Напречен разрез на адронния и предния калориметри: 1 – най-преден калориметър, 2 – краен калориметър, 3 – централен калориметър

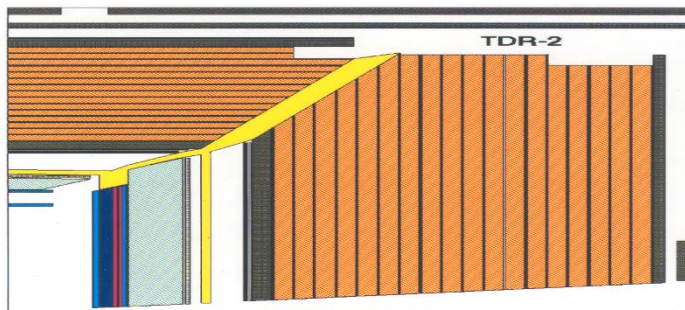
Изучаването на областта между централния и крайните адронни калориметри (3 и 2 на фиг. 5) чрез моделиране на различни конфигурации на преминаване на сервизните магистрали (кабели и охладителни тръби), доведе до избора на неговата оптимална геометрия. Величините, които се изследваха, бяха енергийната разделителна способност и херметичността, както и равномерността на



Фиг. 6. Осем варианта за оптимизация на адронния калориметър

отклика на калориметъра в зависимост от псевдобързината η (характеризираща ъгъла с оста на снопа) при преминаването на единични адрони и адронни струи през тази междинна област. Особено внимание се обръщаше на частта от събития в нискоенергийната част на спектъра, както и на ширината на Гаусовата част на

разделителната способност. Изследването бе мотивирано от желанието да се минимизират опасните нискоенергетични опашки на отклика към адрони и адронни струи, така че да имаме възможно най-добрата разделителна способност по липсваща енергия от гледна точка на търсенето на суперсиметрични частици с помощта на детектора CMS. Бяха изучени осем различни конфигурации (фиг. 6), докато се достигне до оптималната (фиг. 7), която отговаряше на всички изисквания за енергийната разделителна способност и херметичност (D. Denegri, V.



Фиг. 7. Окончателен вариант на конструкцията на адронния калориметър

Genchev, CMS NOTE-1996/020). Тази форма на адронния калориметър бе утвърдена и от Съвета на колаборацията (Technical Design Report TDR-2).

Освен адронният, обект на изучаване бе и електромагнитният калориметър. Едно от основните достижения при неговото изследване, което се взе под внимание при конструирането на детектора, бе оптимизацията на разположението на сцинтилационните кристали – то показва, че при 3^0 наклоняване на кристалите спрямо точката на взаимодействие в двете направления η и ϕ , се постига значително подобряване на неговата херметичност (V. Genchev, V. Popov, J. Varela, CMS TN-1994/176).

Изследванията на българските физици от ИЯИЯЕ продължиха с участие в тестовите експерименти на прототипите на централния треков детектор и адронния калориметър на CMS в CERN. От особено важно значение бе чрез набраните данни да се демонстрира, че централният треков детектор, изработен от силиконови стрипове, може да издържи на високите радиационни натоварвания, очаквани при работата на ускорителя LHC. Поради тази причина бяха измерени капацитивността и високоволтовата стабилност на силиконовите сензори преди и след облъчването им с доза равна на тази, която се очаква да бъде набрана за 10 години работа на детектора CMS.

През 1994 г. в гр. Дубна, Русия се организира нова колаборация за участие в експеримента CMS – т. нар. „Russia and Dubna Member States” (RDMS – Русия и страни членки на ОИЯИ, Дубна). В нея участваха повечето от страните, членки на ОИЯИ, както и редица руски институти и университети, което значително разшири българското участие в този експеримент. В учредителната конференция на RDMS участваха Владимир Генчев, Иван Ванков и Владимир Пенев от ИЯИЯЕ.



Фиг. 8. Месингови плочи за адронния калориметър изработени в КЦМ, България
части на адронния калориметър в детектора CMS бяха произведени в Комбината за цветни метали (КЦМ), гара Искър, София (фиг. 8).

През 1996 г. на работно съвещание по адронния калориметър на детектора, проведено в София, от ръководството на колаборацията бе решено производството на плочи за абсорбера да бъде преместено в България. Голяма част от месинговите плочи за централната част на адронния калориметър на CMS с тегло около



Фиг. 9. В. Генчев проверява материала за изготвяне на плочите за абсорбера на адронния калориметър

Получихме възможността да използваме средства от членския внос на България в ОИЯИ за производството у нас на апаратура и различни механични части за експеримента CMS.

Около 30 тона от месинговите плочи за абсорбера на крайните части на адронния калориметър на CMS с тегло около 700 тона, което представлява половината от абсорбера на адронния калориметър, бяха произведени в КЦМ, Гара Искър, София под качествения контрол от страна на българските специалисти от ИЯИЯЕ Владимир Генчев и Иван Цаков (фиг. 9). След производството на абсорбера в София, той бе отправен в Испания за допълнителна механична обработка.

Много активно в работата по подготовка на детектора CMS се включи групата на проф. Иван Ванков, включваща доц. Любомир Димитров, Борис Кунов и инж. Харалампи Шуков. Най-напред бе разработена и предадена на ОИЯИ многоканална система за високо напрежение с компютърно управление. Тя съдържаше 70 канала, даващи

изходно напрежение до 2 kV и бе предназначена за тестови изпитания на мюонните камери ME1/1, произвеждани в ОИЯИ за детектора CMS.



Фиг. 10. Един кейт с 6 модула от високоволтовата система за адронния калориметър

централните и крайните части на адронния калориметър. Тя включваше около 500 канала, даващи захранващо напрежение до 14 kV и още 500 за напрежение до 200 V. Системата, съдържаща 22 кейта с общо 125 осемканални модули (по 4 канала

След това, с финансовата помощ на Фермилаб, САЩ, групата разработи, още две автоматизирани системи за високо напрежение с компютърно управление, предназначени за адронния калориметър на CMS. Първата от тях (фиг. 10) бе за захранване на хибридните фотодиоди, използвани в



Фиг. 11. Доц. Пламен Яйджиев, проф. Владимир Генчев и проф. Иван Ванков оглеждат инсталираните в ЦЕРН 22 кейта на високоволтовата система

от всеки вид), бе изцяло произведена и пусната в действия от специалистите на ИИЯЕ, след което бе доставена и инсталирана в ЦЕРН (фиг. 11).



Фиг. 12. Един крейт с четири модула от захранващата система на най-предния адронен калориметър

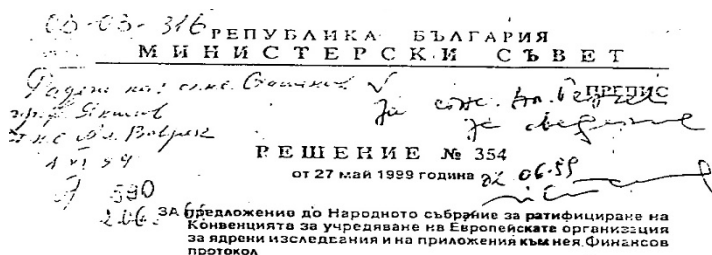
напрежение на 1728 фотоелектронни умножителя от най-предните адронни калориметри. Тя съдържа 8 модула, всеки с по 3 групи от по 3 канала (един до 400 V, втори до 800 V и трети до 2000 V), които бяха разположени в два еднотипни крейта (фиг. 12).

През 1998 и 1999 г. по време на своята работа

в ИНФН, Болоня, Италия по оптимизацията на дрейфовите камери за детектора CMS, Владимир Генчев от ИИЯЕ проведе изследване върху влиянието на премахването на стриповете, измерващи координатите в θ -направление на дрейфовите мюонни камери от третата и четвъртата станция на детектора CMS. Установен и използван бе фактът, че в областта на тази станция, кривината на мюонната траектория е малка и при привличане на информация от RPC-камерите (Resistive Plate Chamber) или при екстраполация на траекторията, липсващата координата не влияе на мюонната разделителна способност и тригерната ефективност (A. Benvenuti, M. Dallavalle, V. Genchev, S. Marcellini, CMS-NOTE-1998-049). Това доведе до значителна икономия на средства и време при производството на тези камери.

Очакваше се приемането на България в ЦЕРН да стане на лятната сесия на Съвета на ЦЕРН през 1999 г. За да бъде една страна пълноправен член на ЦЕРН, тя трябва да участва в неговата научна програма. По това време на България се предлагаха три възможности за участие в научната програма. Първата бе разработката на кристали с висока радиационна устойчивост, които да се поставят в най-предната част на детектора CMS, където радиационните условия са най-тежки. В България нямашме опит по разработване на такива кристали, които се произвеждат само във военната промишленост. Втората опция бе участие в сглобяване на модулите на предния адронен калориметър. Тъй като Гърция и Унгария бяха заели вече стабилни позиции в това направление, то ние не можехме да се

надяваме да имаме някаква значима роля в тази дейност. Третата опция бе участие в разработката, производството, инсталирането и експлоатацията на RPC-камери (резистивни плоски камери) за централния муонен детектор. Тогава Владимир Генчев осъществи в Италия среща с ръководителя на муонната колаборация проф. Джузепе Фабрицио Гаспарини (от ИНФН, Падуа) и с ръководителя на RPC-проекта проф. Дж. Язели (от ИНФН, Бари), които помогнаха за подготвянето на



МИНИСТЕРСКИЯТ СЪВЕТ

РЕШИ:

1. Преведа на Народното събрание на основание чл. 85, ал.1, т. 2, 4 и 8 от Конституцията на Република България да ратифицира със закон Конвенцията за учредяване на Европейската организация за ядрени изследвания (ЦЕРН) и приложения към нея Финансов протокол от 1 юли 1953 г., Париж, с измененията и допълненията към тях, в сила от 8 октомври 1954 г. и от 17 януари 1971 г., Женева.
2. Необходимите средства за изплащане на членския внос в ЦЕРН и за участие на български специалисти в програмата на ЦЕРН за 1999 г. в размер до 600 млн. лв. да се осигурят за сметка на преструктуриране на разходите по бюджетите на Министерството на образованието и науката и на Комитета по енергетика.
3. От 2000 г. ежегодните вноски на Република България за членство в ЦЕРН, определени в Резолюцията на Съвета на ЦЕРН относно присъединяването на Република България, приета на 11 март 1999 г. в Женева, както и допълнително 30 на сто от този внос, необходими за развитие на инфраструктурата и за участие на български специалисти в програмата на ЦЕРН, да се осигуряват с бюджета на Министерството на образованието и науката за съответните години.

4. Заместник министър-председателят и министър на образованието и науката да създаде към Министерството на образованието и науката необходим орган, който да координира сътрудничеството с ЦЕРН и да изготвя ежегодно предложение за проектобюджета относно необходимите средства за членски внос и за участие на Република България в програмата на ЦЕРН.

МИНИСТЪР-ПРЕДСЕДАТЕЛ: /п/ Иван Костов

МИНИСТЪР НА ДЪРЖАВНАТА

АДМИНИСТРАЦИЯ: /п/ Марко Тагарински

Бярно,

НАЧАЛНИК НА ОТДЕЛА
"ОБЩА КАНЦЕЛАРИЯ"

До
Народното събрание
М-вото на образованието и науката



Фиг. 13. Факсимиле на Решение № 354 на МС на България

образованието и науката (МОН) на Република България и CERN. В него бяха посочени различните подсистеми на детектора CMS, в които ще участва страната ни, конкретните задължения и отговорности, както и сроковете за тяхното изпълнение. Въз основа на това съглашение бе подписан договор за финансиране на

дългосрочен проект за участието на България в научната програма на ЦЕРН в тази област. Проектът бе одобрен от ръководството на експеримента CMS. На този етап в проекта се включи и група от ФзФ на СУ "Св. К. Охридски". Така се получи силна компактна група от двете най-големи научни институции на България, участващи в един експеримент, което изигра решаваща роля за приемането на страната ни за пълноправен член на ЦЕРН.

След приемането ни в ЦЕРН бе подписан Протокол за сътрудничество за създаването на детектора CMS (Memorandum of Understanding for Collaboration in the Construction of the CMS Detector) между Министерството на

научно-изследователски проект на тема “Експеримент CMS на ускорителя LHC в CERN” между МОН и Колектив от учени от ИЯИЯЕ и ФзФ на СУ. По такъв начин България за първи път се включи официално в научната програма на CERN.

Въпреки решение № 354 от 27.05.1999 г. на Министерския съвет на Република България (фиг. 13), в което се предвижда ежегодно финансиране в размер на 30% от годишния членски внос на дейността за ЦЕРН в България, имаше прояви, които демонстрираха грубо пренебрегване на поетите от българска страна задължения към ЦЕРН и колектива от български учени: повече от година МОН не изпрати представители в ръководните органи на организацията; министър Д. Димитров отказваше финансиране на проекта и това водеше до нарушаване на сроковете за неговото изпълнение. ЦЕРН се принуди за подпише ново споразумение за 50% редукция на членския внос, но при условие за пълно финансиране на участието ни в RPC-проекта за експеримента CMS.



Фиг. 14. Първата RPC-камера, произведена на 13 февруари 2002 г. в лабораториите на ИЯИЯЕ (инж. Цветомир Ангелов и проф. Владимир Генчев)

След финансирането на проекта около 30 български физици и инженери (сред които 6 докторанти) поеха отговорността за осигуряване на производството на механичните компоненти за всичките RPC-камери от централния мюонен детектор, както и за сглобяването и тестването в ИЯИЯЕ на 125 RPC-камери от третата мюонна станция на детектора CMS (фиг. 14), което представляваше 25% от всичките RPC-камери. Повече от 20 тона алуминиеви профили бяха произведени в предприятието “Стилмет” АД, София. От тях, в Механичната работилница на ИЯИЯЕ, бяха направени поддържащите рамки на всичките RPC-камери.

По това време в колектива от ИЯИЯЕ участваха четирима електронни инженери – Иван Атанасов, Цветомир Ангелов, Георги Анчев и Георги Георгиев, един машинен инженер – Константин Абаджиев и един инженер по силни токове – Божидар Панев, благодарение на които бе създадена необходимата инфраструктура в лаборатория “Високи енергии” на ИЯИЯЕ за монтаж на камерите и тяхното тестване с помощта на космически мюони. Тя включваше механичен стенд за разполагане на камерите, газова система, система за набиране на данните,



Фиг. 15. Изпитване на 5 RPC-камери с космични мюони на създадения за целта стенд

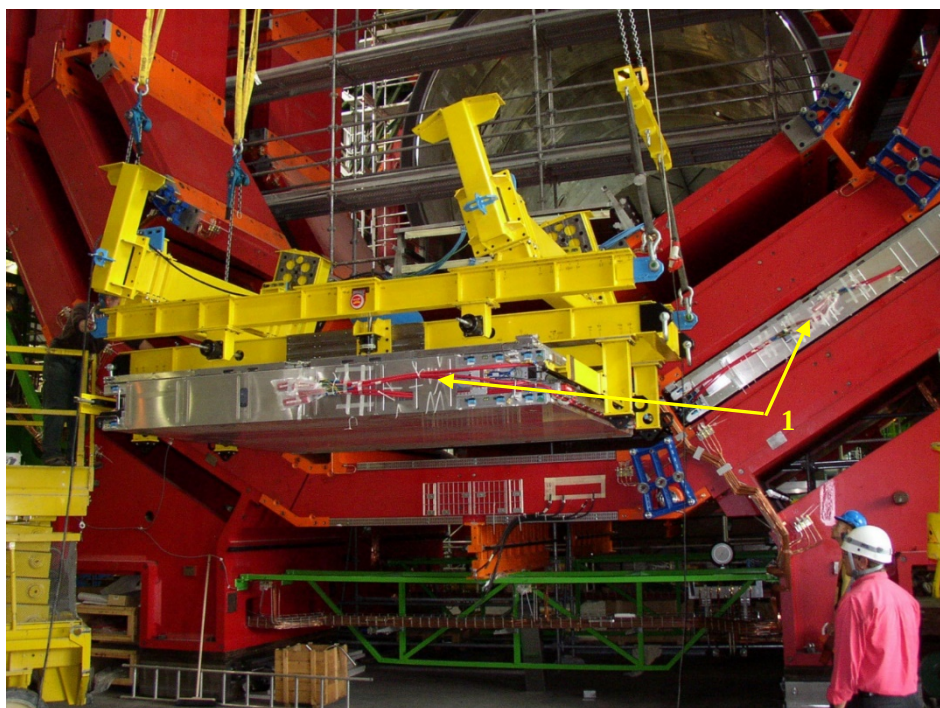
тригерна система, системи за захранване на камерите с ниско и високо напрежение. Бе разработено и необходимото програмно осигуряване за измерване параметрите на изследваните камери – ефективност, шум, ширина на кластера и визуализация на волт-амперните характеристики на камерите.

Съгласно нашите задължения всичките 125 камери бяха сглобени и тествани на стенда с помощта на космични мюони (фиг. 15). Измерените им параметри напълно съответстваха на изискванията в техническата спецификация за мюонната система на CMS. След това камерите бяха транспортирани до ЦЕРН (фиг. 16), тествани отново, инсталирани върху свръхпроводящия магнит на детектора (фиг. 17) и пуснати в действие. Така нашата група направи много съществен принос за изграждане на тригерната система на детектора CMS.

Лаборатория „Физика на високите енергии” към ИЯИЯЕ инициира формирането на групи от инженери и техници (общо около 20 души), които от пролетта на 2007 г. в течение на няколко години работиха в ЦЕРН по окабеляването на детектора CMS (фиг. 18).



Фиг. 16. Експедиране на RPC-камерите от ИЯИЯЕ за ЦЕРН (от ляво на дясно: инж. Б. Панев, физик Ст. Стойкова, проф. В. Генчев и н. с. И. Атанасов)

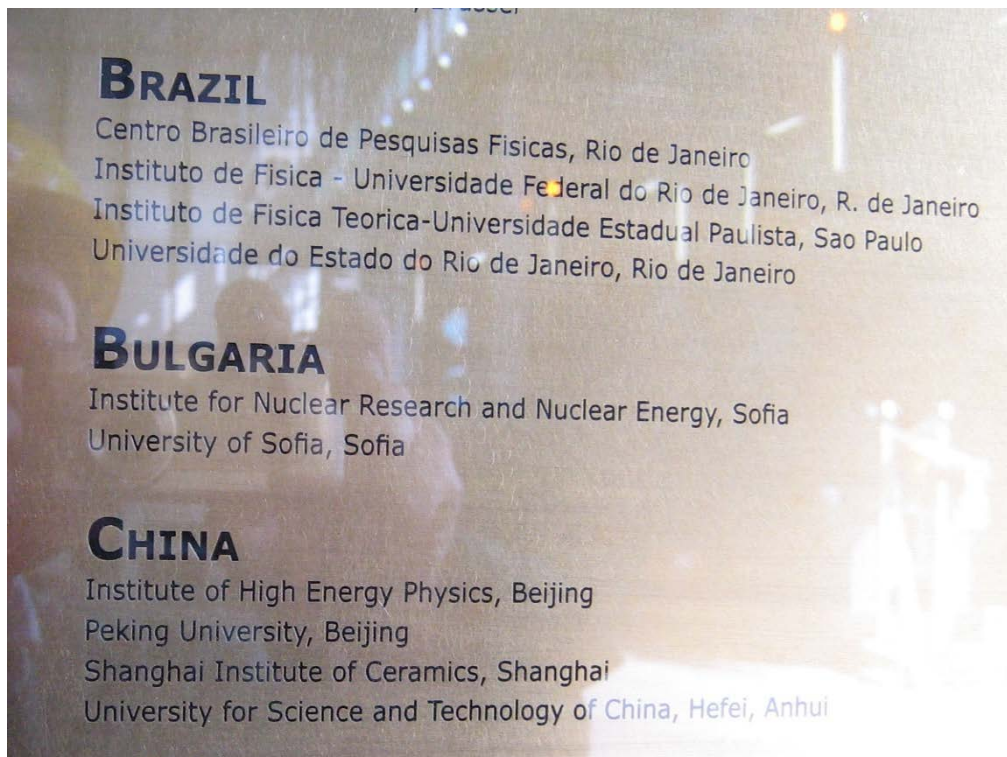


Фиг. 17. Инсталиране на RPC-камери (поставени в супер модули (1) заедно с DT-камери – с дрейфови тръбички) в джобовете между стоманените плоскости на магнитопровода на свърхпроводящия магнит



Фиг. 18. Първата група инженери и техници, работили на CMS, с проф. В. Генчев (от ляво на дясно – Людмил Рачев, инж. Харалампи Шуков, Георги Рашевски, Румен Траянов, проф. Владимир Генчев и Георги Филев)

Научният колектив на ИЯИЯЕ получи най-високо признание за извършената работа и големия принос при изграждането на детектора CMS и неговото пускане в действие. **Името на ИЯИЯЕ (както и имената на отделните участници) е записано на специален плакет и ще стои за вечни времена върху фундамента на детектора CMS в ЦЕРН (фиг. 19).**

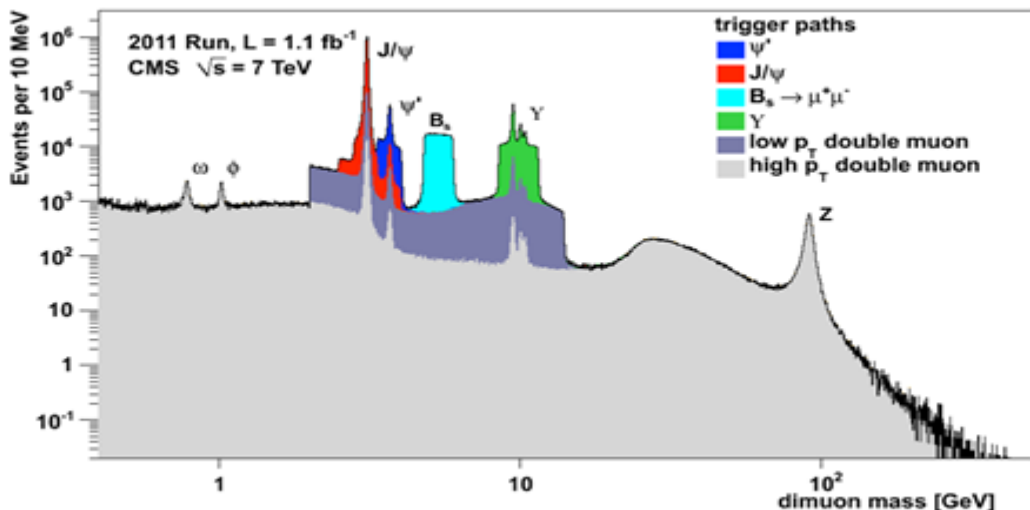


Фиг. 19. Паметен плакет, поставен върху фундамента на детектора CMS в ЦЕРН

Успешното изпълнение на нашите задължения за производство на апаратура за експеримента CMS в ЦЕРН се дължи до голяма степен и на двустранното сътрудничество на ИЯИЯЕ (лабораториите „Физика на Високите Енергии” и „Ядрена електроника”) с Националната лаборатория за ускорители Ферми – Фермилаб (САЩ), ОИЯИ (Дубна), Националният институт за физически изследвания – INFN (Бари, Италия) и ЦЕРН през периода 2000-2008 г.

В края на 2009 г. настъпи нова ера за физиката на частиците с първите сблъсъци на ускорителя LHC в ЦЕРН при енергии в системата на центъра на масите от 900 GeV и 2,36 TeV. С излизането от печат на първата публикация на колектива от CMS – през февруари 2010 г. – с данни от протон-протонните взаимодействия при 900 GeV и 2,36 TeV нарасна възбудата от очакваните първи взаимодействия при 7 TeV, което се случи на 30 Март 2010 г. През 2010 г. успешното набиране на данни надхвърли всички очаквания, като се достигна до планираната интегрална светимост две седмици преди срока. Нарастването на светимостта с

пет порядъка за седем месеца, от април до ноември, само по себе си бе огромно достижение за колектива на ускорителя LHC и за цялата CMS-колаборация. Отличното поведение на детектора CMS през целия период на набиране на данни означаваше, че ние бяхме способни да го контролираме и да направим важни стъпки към откриване на нови явления във физиката. Една от тези стъпки бе „пре-



Фиг. 20. Спектър на инвазионна маса на два муона

откриване” на физиката на Стандартния модел, включваща наблюдението на известни частици в масовия спектър на два муона и два електрона (фиг. 20).

Рекордната светимост и енергия на ускорителя LHC позволи на детектора CMS да потвърди и подобри резултати, получавани в течение на десетки години, само за няколко месеца. Физическият анализ на данните вървеше с пълна скорост, използвайки мощта на детектора CMS за изучаване в детайли на Стандартния модел, а също и за търсене на нови явления. Една от нашите публикации бе посветена на измерване на сечението на раждане на най-тежката известна фундаментална частица – топ-кварка. Теоретично предсказан преди няколко десетилетия, но експериментално открит едва в 1995 г., сега топ-кваркът е един полезен репер за контролиране работата на детектора CMS и служи за измерване на фоновите процеси в новата физика.

Друго наше достижение засяга първото търсене на т.нар. „микроскопични черни дупки”, които според някои екзотични теории могат да се родят при сблъскванията в детекторите на ускорителя LHC. Такива не бяха открити, но резултатите дадоха важна нова граница на минималната маса на тези обекти.

След началото на ускоряване на тежки йони – 8 ноември 2010 г. – експериментът CMS записа първите събития, получени от насрещното сблъскване на оловни йони при енергии в системата на центъра на масите 2,76 TeV на нуклон, с което започна изпълнението на програмата за изследване на тежки йони.

2010 г. също бе годината на няколко проблясъка на неочаквани явления. Едно от тях, наречено „хребет“, е описано в публикацията „Наблюдение на далекодействащи азимутални корелации в протон-протонни взаимодействия“. Скоро ще се появи и друга статия посветена на наблюдението за пръв път на Z-бозони при взаимодействието на тежки йони. От 20 публикации, които CMS публикува от набраните данни през 2010 г., девет са посветени на търсенето на нова физика, включвайки търсене на частици, предсказани от теорията за суперсиметрия (SUSY) и на микроскопични „черни дупки“.

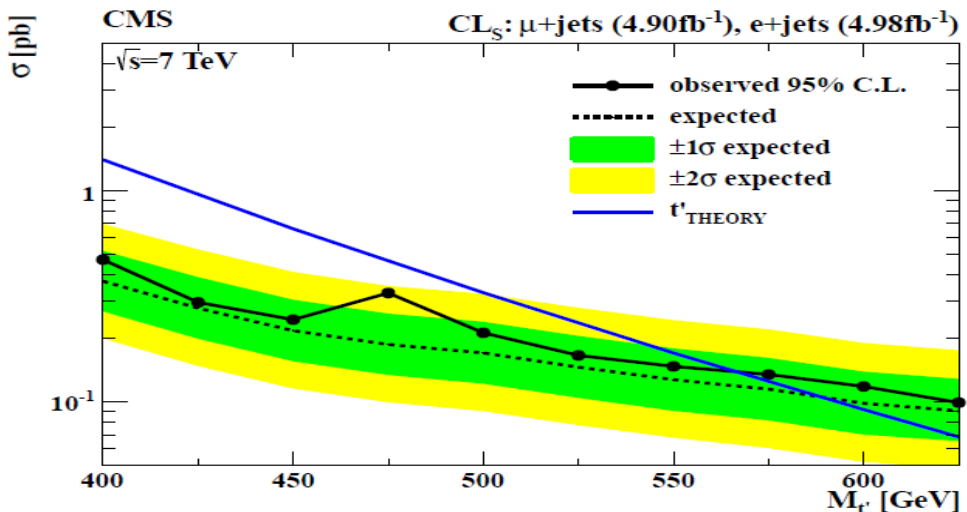
Прогресът направен от CMS през 2010 г. е феноменален и заради използването на опита и знанието на хиляди хора, които работеха и поддържаха детектора, обработваха и разпространяваха данните, осигуряваха и прилагаха програмното осигуряване за получаване на резултати, които сега се анализират в цял свят.

През 2011 г. ускорителят LHC заработи стабилно от 13 март, неделя, и скоро след това експериментът CMS записа първите данни от сблъсъци протон-протон при 7 TeV и светимост $1,2 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Оттогава машината счупи множество рекорди, довеждайки светимостта до много по-високи нива, отколкото се очакваше за тази година. На 22 април 2011 се постави нов световен рекорд за светимост за адронни колайдери, когато тя достигна до $4,67 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Това превиши предишния световен рекорд от $4,024 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, който бе поставен от колайдера Tevatron (САЩ) през 2010 г. До края на 2011 г. ускорителят LHC работеше при светимост от $3,54 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ и CMS можеше да записва толкова данни за един ден, колкото записа за цялата 2010 г. Бяха превишени два пъти всички очаквания за светимост за 2011 г. За това имаше заслуга превъзходната работа на ускорителя LHC, а също така и на детектора CMS. Като използвахме симулационни програми, които се базираха на почти 30 години натрупвани физични резултати и ги комбинирахме с нашият опит от използване на данните от тестовите експерименти, ние бяхме способни да обработваме експерименталните данни почти веднага щом те биваха получавани. Набраната статистика от $5,2 \text{ fb}^{-1}$ (обратни фемтобара) при 91% ефективност на детектора бе обработена и резултатите са публикувани в множество международни научни списания. CMS-колективът публикува своята стотна статия на 3 август 2011 г.

Членовете на групата от ИЯИЯЕ – доц. Георги Султанов, физ. Мирчо Родозов и физ. Стефка Стойкова участваха и в работата по търсене на раждането на нов тежък кварк t' , имащ свойства, подобни на известния най-тежък кварк t (топ-кварк), но влизащ в състава на нова, четвърта генерация фундаментални частици – кварки и лептони. Стандартният модел се базира на три генерации фундаментални фермиони, но няма забрана за съществуване на допълнителни фамилии от такива частици. Наличните експериментални данни не изключват съществуването на четвърта генерация, единственото ограничение е изискването масата на неутрино в новата генерация да надвишава половината от масата на Z-бозона.

В експеримента CMS се търсеше и съвместно раждане на двойка кварк-антикварк от типа t' , които се разпадат на W-бозон и b-кварк, като се изследват двата възможни канала за регистрация "електрон + адронни струи" и "мюон + адронни

струи". За целта се селектираха събития с изолиран енергетичен електрон или муон, със значителен недостигащ напречен импулс и с четири или повече адронни струи. Реконструираше се масата на кандидатите за t' кварк, която заедно със скаларната сума на напречните импулси на всички продукти на разпад на t' кварка, позволява ефективно да се отдели очакваният сигнал от наличния фон, произтичащ от известните физически процеси. Използвайки цялата налична експериментална статистика от 2011 г., не бяха наблюдавани указания за наличие на сигнал от раждането и разпада на t' кварки и беше изключено съществуването им с маси по-малки от 565 GeV при ниво на достоверност 95% (фиг. 21). Този резултат подобрява с 200 GeV предишните долни граници за масата на t' -кварка и нав-



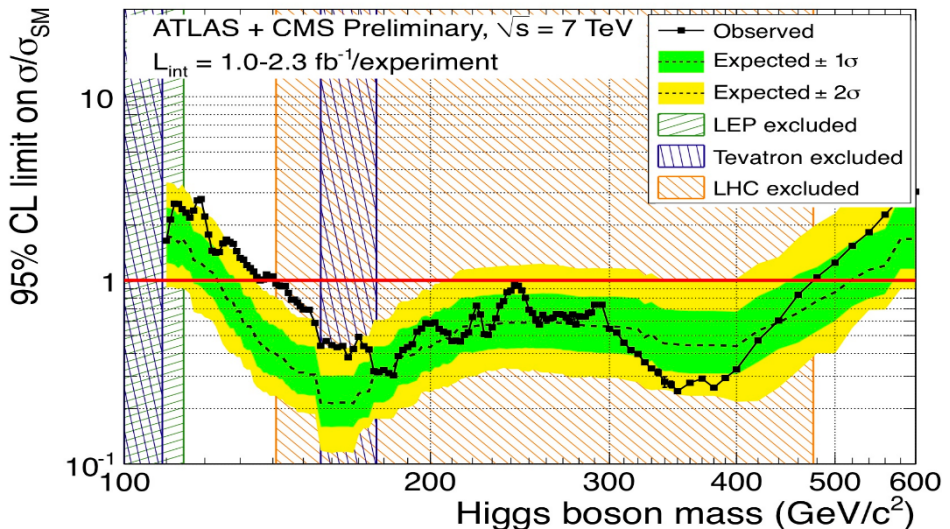
Фиг. 21. Долни граници за раждането на нов тежък кварк (t')

лиза за първи път в област на критични маси, където слабите взаимодействия на членовете на четвъртата генерация фермиони стават непертурбативни.

Може би най-очакваният резултат от експериментите на ускорителя LHC бе откриването на Хигс-бозона, единствената предсказана частица от Стандартния модел, която не бе открита до сега експериментално. Хигс-бозонът обяснява как елементарните частици придобиват маса. Ако Хигс-бозонът, предсказан от Стандартния модел, съществува, той би трябвало да се роди при взаимодействията на ускорителя LHC и да се разпадне на различни добре познати елементарни частици, с доминиращи разпадни продукти, които ще зависят от неговата актуална маса. В CMS, в търсенето на Хигс-бозона се използват голям кръг от разпадни продукти: два фотона, два τ -лептона, два b -кварка, два W -бозона и два Z -бозона. Анализирането на всички тези канали на разпадане осигурява висока чувствителност при търсенето на Хигс-бозона, независимо от неговата маса.

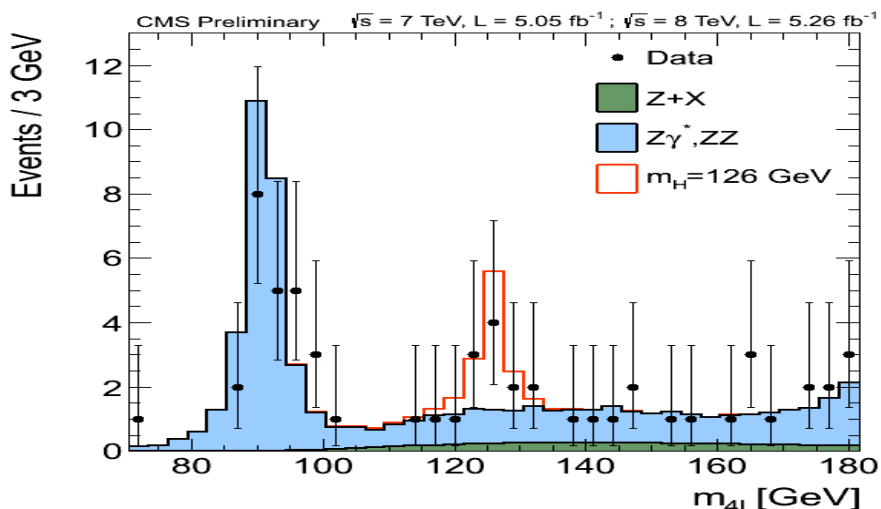
Първоначално ние показвахме, че ако Хигс-бозонът предсказан от Стандартния модел съществува, той може да има маса, лежаща в тясната област от 115 до 127 GeV (фиг. 22). Това можеше да означава, че или Хигс-бозонът е скрит в тази

област, или че реалният Хигс-бозон не е този, предсказан от Стандартния модел



Фиг. 22. Долни граници за раждането на Хигс-бозон при енергия 7 TeV

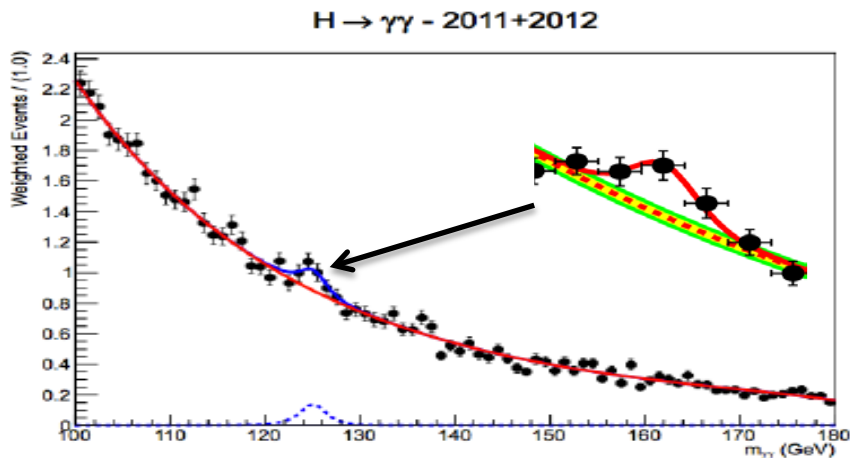
и притежава някакви екзотични свойства, или пък че той просто изобщо не съществува. Бе необходим голям обем от нови данни, получени през 2012 г., за да се направи окончателно заключение.



Фиг. 23. Разпределение на четири-лептонната реконструирана инвариантна маса за сумата от 4e, 4μ и 2e2μ канали на разпад от данни, набрани през 2011 и 2012 г. (в червено)

Набирането на тези данни започна на 5 април 2012 г. и то при по-високи енергии на всеки един от двата насрещни протонни снопа – 4 TeV, със светимост 6,8х

$10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, което позволи до средата на м. юни да се наберат толкова събития, колкото през цялата 2011 г.



Фиг. 24. Разпределение на реконструираната двуфотонна маса

В експеримента CMS се наблюдаваше натрупване на събития с маса от около 125 GeV и статистическа значимост от пет стандартни отклонения над фона. Вероятността флукуациите на фона да дават този ефект бе около едно на три милиона. Значимостта на сигнала бе по-силна в двете крайни състояния с отлично масово разрешение – двуфотонно крайно състояние (фиг. 23) и състояние от две



Фиг. 25. Ръководителят на експеримента CMS Dr. Joe Incandella докладва „откриването” на Хигс-бозона на Международната конференцията по физика на високите енергии в Мелбърн, Австралия на 4 юли 2012 г.

двойки заредени лептони (електрони или мюони) (фиг. 24). *Това можеше да се интерпретира като регистриране на раждането на ненаблюдавана досега частица с маса около 125 GeV.*

Данните, получени от експеримента CMS, позволиха да се направи и окончателно заключение че Хигс-бозонът

от Стандартния модел не може да съществува в областите 110–122.5 GeV и 127–600 GeV с ниво на достоверност от 95%. Въз основа на тези данни и сравнението им с резултатите получени от втория експеримент Атлас на ускорителя ЛНС, на 4 юли 2012 г. на съвместен семинар на експериментите CMS и Атлас в ЦЕРН и на Международната конференция по физика на високите енергии в Мелбърн, Австралия ръководителите на двата експеримента заедно с ръководството на ЦЕРН обявиха официално **наблюдаването на нова частица с енергия 125-126 GeV, която по-всяка вероятност е Хигс-бозонът от Стандартния модел** (фиг. 25).

В рамките на статистическите и систематическите грешки получените резултати от различните досега изследвани канали на разпад съвпадат с тези, очаквани за съществуването на Хигс-бозона, предсказан от Стандартния модел. От друга страна е необходимо допълнителното набиране на нови данни, за да се изясни дали тази частица наистина има всички свойства на Хигс-бозона от Стандартния

модел.



Фиг. 26. Честване на 40-годишнината от основаването на ИЯИЯЕ (от ляво на дясно – проф. Язели, акад. Т. Верди, проф. В. Генчев, акад. И. Голутвин)

В края на 2012 бе отбелязана 40-годишнината от създаването на ИЯИЯЕ. Като признание за значимостта на извършената дейност и успешното ни участие в експеримента CMS на тържественото събрание по този повод присъстваха проф. G. Iaselli (INFN, Бари, Италия) – ръководител на проекта „RPC-камери”, акад. T. Verdee (Imperial College, Великобритания) – ръководител на експеримента CMS и акад. И.

Голутвин (ОИЯИ, Дубна) – ръководител на колаборацията RDMS (фиг. 26).

През 2013 г. ускорителят ЛНС бе спрял за две години за извършване на профилактика и доразвиването му. В началото на 2015 г. той ще заработи при по-високи енергии на всеки един от двата насрещни протонни снопа – 6,5 TeV и при по-висока светимост. Очаква се това да доведе до по-детайлно изследване свойствата на новооткрития Хигс-бозон и евентуално до откриване на тъмна материя.

През това време в колаборацията за RPC-камерите също се направи профилактика на камерите, като някои бяха подменени, а други ремонтирани. Поставиха се два нови диска в двете крайни части на детектора и на тях бяха монтирани

нови две плоскости с RPC-камери. Чрез добавянето на четвърта RPC-станция се увеличава ефективността на тригера и се покрива районът по псевдобързина до $|\eta| = 1,6$. Сега възстановяването на трековете ще става по три или четири точки.



Фиг. 27. Български екип от ИЯИЯЕ, работещ по монтажа и тестването на RPC-камерите в ЦЕРН – доц. Пламен Яйджиев, физ. Марияна Шопова и физ. Мирчо Родозов

Група физици от ИЯИЯЕ – Владимир Генчев, Пламен Яйджиев, Александър



Фиг. 28. Контролер на системата за измерване на радиационната доза в GEM-камерите
Александров, Марияна Шопова, Мирчо Родозов и Петър Ванков взеха активно

участие в производството на 144 нови RPC-камери. При направените тестове с помощта на космични лъчи (фиг. 27) камерите показаха отлични параметри.

Колективът от ИЯИЯЕ се включи и в работата по създаване на нов тип камери – т. нар. GEM-камери (с газово електронно умножение), отличаващи се с по-висока радиационна устойчивост. Ще бъдат проектирани и изготвени някои механични детайли за тях, ще се участва в монтажа на камерите, съединяването им в супермодули и инсталирането им в детектора CMS. Освен това е създадена система (фиг. 28) за измерване на радиационната доза, получавана от всяка камера при планираното тестване на прототипите в станции GE1/1 и GE2/1.

Чрез масовото участие на учени и специалисти от ИЯИЯЕ в подготовката и провеждането на експеримента CMS – в производството на електронни системи, RPC-камери и механични части за други системи на детектора, в инсталирането на голямо количество кабели и други механични части, в обработката на експерименталните данни и получаването на физически резултати Институтът извоюва едно престижно място сред многобройния колектив на CMS. По-долу са изброени всичките 51 участници в различните етапи от изграждането, пускането в експлоатация, поддържането, събирането и обработката на експерименталните данни на детектора CMS (от ИЯИЯЕ и привлечените с граждански договор външни специалисти): К. Абаджиев, А. Александров, Х. Ангелов, Ц. Ангелов, Г. Анчев, В. Асенов, И. Атанасов, И. Ванков, П. Ванков, В. Генчев, Г. Д. Георгиев, Г. И. Георгиев, С. Георгиев, С. Гинев, Й. Дамгов, Л. Димитров, Н. Дърменов, Х. Иванов, О. Йорданов, Б. Кунов, П. Константинов, А. Маринов, И. Мартев, Г. Митев, А. Монеv, Д. Накев, Б. Панев, Г. Петров, В. Пенев, В. Пешаров, С. Пиперов, Й. Попов, Е. Пунчева, Г. Рашевски, Л. Рачев, М. Родозов, К. Симов, М. Стоилов, Д. Стоянов, С. Стойкова, Г. Султанов, Т. Тодоров, Р. Траянов, Г. Филев, Р. Хаджийска, И. Цаков, В. Чолаков, А. Шкловская, М. Шопова, Х. Шуков, П. Яйджиев.

III. УЧАСТИЕ В УЧЕБНАТА ПРОГРАМА НА ЦЕРН

По инициатива на доц. Бойко Вачев от 2008 година ИЯИЯЕ участва като основен координатор от българска страна в ежегодното провеждане на специализирани програми за обучение и подготовка на българските учители по физика, информатика и математика в ЦЕРН. Тези програми се организират и провеждат от Отдела за обучение на ЦЕРН за всяка от страните участници в европейската организация.

Основна цел на националните учителски програми е чрез въздействие върху знанията и подготовката на учителите по физика и математика от съответната националност да се стигне до сърцата и умовете на учениците, като желанието е те да се насочат колкото може по-рано към приемане на ценностите на природните науки. Събуждането на интереса у подрастващите към законите на физиката и техните приложения трябва да става с добре обмислени и проверени методики, като се има предвид конкуренцията на високотехнологичните развлекателни изкушения на съвременността ни.

Базата на гигантския научен и технологичен център ЦЕРН е изградена от импозантни по размери и сложност научни апаратури и сама по себе си въздейства силно върху съзнанието на посетителите на Центъра, особено ако те са учители по физика.

Програмите са с продължителност на посещението една седмица. Те са съставени от лекции на родния език, посещения на действащи и строящи се експериментални комплекси, извършване на лабораторни упражнения в специално създадена Учителска лаборатория с подходяща апаратура и посещение на забележителностите на Женева – града, в чийто околности е разположен научният център, с който Европа се гордее.

Организацията на всяко едно посещение в ЦЕРН е дело на дългогодишния водещ програмите за обучение г-н Мик Стор и неговия екип. Научен координатор от българска страна до 2014 г. беше проф. Владимир Генчев, а сега е доц. Пламен Яйджиев от ИЯИЯЕ. Обикновено курсът се открива с лекция на М. Стор, показваща значението на тази дейност за развитието на науката физика в съответната страна. Следват лекции, които се изнасят от българските учени.

Основната задача на научния координатор до голяма степен се състои в подготовката на научната програма и набирането на лектори за изнасяне на лекции по специализирана тематика на български език. Лекциите на учителската програма са изцяло свързани с научната програма на ЦЕРН и са насочени главно в провежданите в момента научни експерименти и българското участие в тях. За търсенията в областта на високите енергии и елементарните частици и за тяхното детектиране са разказвали и разказват проф. Владимир Генчев и доц. Пламен

Яйджиев от ИИЯИЕ. Ускорителите на заредени частици, включително и Големият адронен колайдер (ЛНС), са представяни в лекциите на доц. Ангел Ангелов от ИИЯИЕ. За структурата на ядрата и експериментите по взаимодействие ядро-ядро разказват нашите колеги от ИИЯИЕ – чл. кор. Чавдар Стоянов, доц. Димитър Балабански, доц. Митко Гайдаров и доц. Петър Христов (сега служител на ЦЕРН). Детектирането на адрони и разпространението и обработката на данни в системата GRID са представяни от гл. ас. Стефан Пиперов и гл. ас. Преслав Константинов от ИИЯИЕ. За адронната физика говори д-р Йордан Дамгов от ИИЯИЕ. Единствените привлечени лектори извън ИИЯИЕ са от Института по астрономия на БАН, разискващи проблеми от космологията, и от Медицинска академия – по въпросите за практическото приложение на ускорителите и детекторите в медицината. Астрофизиката е дело на доц. Петър Темников от ИИЯИЕ, а доц. Петър Ванков, като участник в експеримента LHCb, говори за антиматерията.

След всяка лекция има възможност за задаване на въпроси. Активността на слушателите почти винаги е доста голяма и отговорите на техните въпроси не са много лесни. Често пъти дискуссионните теми продължават да се обсъждат и в почивките между лекциите.

Естествено на най-голям интерес се радват темите, свързани с произхода на Вселената, но също има много въпроси и по другите теми на космологията.



Фиг. 29. Моменти от изложба за ЦЕРН в София през 2010 г.

Тайнственият и уловен бозон на Хигс е добре познат на учителите по физика и

те задават много въпроси, свързани с физиката на Стандартния модел, както и такива за физиката извън него.

Макар и встрани от сериозната теория, много въпроси биват задавани за конструкцията на Големия адронен колайдер (LHC). Обсъждат се както детайли от уникалната му конструкция, като например използването на Хелий 2 за охлаждане на магнитите, така и инцидентът при пускането на ускорителя, предизвикал почти годишно забавяне на старта на физическите експерименти. Настоящата пауза за реконструкция на ускорителя също предизвиква голям интерес и много въпроси.



Фиг. 30. Моменти от изложбата за ЦЕРН в град Варна през 2013 г.

Вниманието на слушателите се привлича и от въпросите на медицинската физика. Актуално е както използването на ускорителите за пряко въздействие върху тумори, така и ядрено-физическите методи, развивани в ЦЕРН за диагностика и лечение с изотопи на редица трудно лечими болести.

Приемащият научен център в ЦЕРН предоставя възможност за запознаване с историята и настоящето на научната апаратура под формата на временни и постоянни изложби, както и с много фотоматериали, разположени на съвърните на отделните лаборатории. Лекциите от първите български програми бяха филмирани и записите са съхранени в сайтовете на Отдела за обучение на ЦЕРН, като

по този начин са направени достъпни за българските ученици и учители по всяко време.

Освен лекциите, ЦЕРН предоставя информационни материали за организиране на изложби в страните-участници. На тях се прожектират и популярни филми за експерименталните съоръжения и научните изследвания в ЦЕРН. С активното участие на доц. Бойко Вачев в България бяха организирани повече от десет такива изложби в няколко български града (фиг. 29 и 30). Те бяха посетени от голям брой учители и ученици, а лекции за тях изнесоха редица учени от ИЯИЯЕ. Това даде възможност посетителите нагледно да се запознаят с научната дейност в ЦЕРН и създадените там нови технологии. Така се засилва интересът на младото поколение към физиката и науката.



Фиг. 31. Ученици от българско училище на виртуално посещение в ЦЕРН

Най-новата форма за ползване на достиженията на ЦЕРН е създадената от експеримента CMS възможност за виртуално посещение на ЦЕРН – чрез видеовръзка може да се общува с учени от този експеримент, които показват и обясняват действието на апаратурата и някои от получените резултати – според интересите и въпросите на българската аудитория (фиг. 31).

Посещенията на българските учители в ЦЕРН се отразяват обширно от българските медии. Различни телевизионни канали поместват интервюта с лекторите и слушателите, като по този начин пропагандират и ролята на ИЯИЯЕ за извършване на тази дейност. До момента през Програмата за българските учители по физика и математика в ЦЕРН са преминали над 250 наши колеги. Да се надяваме, че

техните лични впечатления ще се предадат и на техните ученици. Резултатите от учителските програми бе отразена в проведените две национални конференции през 2009 г. и 2013 г. във Варна. В много училища се създадоха клубове на приятелите на ЦЕРН, където ученици правеха модели на експерименталните устатновки и извънкласно обсъждаха това, което са научили от своите учители.

Цялата дейност на лекторите от ИЯИЯЕ, БАН и помощта на институтските сътрудници за организирането на тези програми е в съгласие с академичните принципи. До този момент е налице подчертано желание на ръководството на ИЯИЯЕ да продължи да съдейства за провеждането на Програмите за българските учители. От четири години провеждането на Програмата за българските учители по физика и математика в ЦЕРН е финансово обезпечена от Министерството на образованието и науката, така че може да се счита, че организацията по нейното провеждане е държавна поръчка към ИЯИЯЕ.

IV. ЗАКЛЮЧИТЕЛНИ БЕЛЕЖКИ

Участието на учените от ИЯИЯЕ в научната програма на ЦЕРН съответства



Фиг. 32. Проф. Владимир Генчев показва на министъра на образованието и науката Даниел Вълчев RPC-камери на CMS – 2007 г.



Фиг. 33. Министър Николай Младенов с ръководителя на CMS Dr. Guido Tonelli и проф. Владимир Генчев – 2010 г.

на интеграцията на българските учени в Европейското научно пространство, както се заявява в “Закона за насърчаване на научните изследвания” (том 1, част 4, параграф 3, публикуван в ДВ 92 от 17.10.2003) и е напълно синхронизирано с основните направления от “Националната стратегия за научните изследвания” на Министерството на образованието и науката на Република България. Това бе отбелязвано и при редица посещения на български официални лица в ЦЕРН (фиг. 32-35).

Интеграци-

ята и сътрудничеството в най-предния фронт на науката за структурата на материята оказва изключително плодотворно влияние за развитието на много научни об-



Фиг. 34. Председателят на Народното събрание на България Цеца Цачева подарява почетен знак на зам. директора на ЦЕРН проф. Бертолучи – 21.07.2010 г.

ласти у нас като физиката на високите енергии, ядрената физика, информатиката, електрониката и други високотехнологични области на приложните науки и производството. Създаде се перспективна и интересна работа за много млади и надеждни учени и инженери, и с това се помага за намаляване на “изтичането на мозъци” от нашата страна.

В хода на научните изследвания в ЦЕРН се създават нови материали и се развиват нови методики, технологии и производства, които страните членки могат да ползват. Производството на апаратура и съоръжения, необходими на ЦЕРН, се възлага на конкурсна основа на фирми от страните членки, което е форма на възвръщане на вложените в ЦЕРН средства за членски внос.

Приемането на България в ЦЕРН – в най-голямата и авторитетна европейска международна правителствена научна организация е безусловно признание на развития ни научен потенциал, на българското висше образование по физика и не на последно място – на възможностите на нашата индустрия. Това е признание и на политическата стабилност у нас, както и на процесите на демократичното развитие на България. Пълното членство на България в ЦЕРН прави българското правителство собственик на имущество за милиарди швейцарски франкове. Член-

ският внос, който се плаща, е само за настоящето и бъдещето. Построеното в миналото получаваме безплатно. От ЦЕРН се получава безплатно и know-how за създаваните там нови технологии.

ЦЕРН е също и място за обучение и квалифициране на кадри. Там българските учени, инженери и техници работят на най-високо научно и технологично равнище и получават умения за работа в международен екип. Активното участие в експериментите на ЦЕРН задържа много млади хора в България. Освен това чрез ЦЕРН българските учени получават достъп до лабораториите на всички ев-



Фиг. 35. Президентът на Република България Росен Плевнелиев се подписва в книгата за почетни гости на ЦЕРН, придружен от генералния директор на ЦЕРН проф. Ролф Хойер – 14.10.2014 г.

ропейски страни. Така те стават лесно участници във всички желани колаборации.

Най-ценната полза от участието на нашите учени в подготовката и провеждането на експеримента CMS в ЦЕРН е обучението на млади специалисти. За изминалите 20 години в този експеримент са участвали повече от 40 учени, инженери и техници от ИЯИЯЕ, над 15 учени от ФзФ на СУ и около 10 инженери от Централната лаборатория по мехатроника и роботика при БАН (сега Институт по системно инженерство и роботика). Повече от 40 студенти успешно са защитили дипломни работи, свързани с проблематики от научната програма на ЦЕРН, над 10 от тях са получили научната и образователна степен „доктор“ и в момента работят в ИЯИЯЕ, във Физическия факултет на Софийския университет и по света.

ПРИЗНАНИЕ



Този възпоменателен медал е връчен на Българската делегация в Съвета на ЦЕРН от Словашката делегация по случай 60-годишнината от основаването на Европейската научна лаборатория. По решение на Българската делегация, подкрепено и от Научния съвет на ИЯИЯЕ, той е даден на проф. д-р Владимир Генчев за големите му заслуги за приемането на Република България в ЦЕРН и за участието на български физици в изграждането на детектора CMS и получаване на физическите резултати, довели до експерименталното откриване на Хигс-бозона.

РОЛЯТА НА ИЯИЯЕ-БАН ЗА ПРИЕМАНЕТО НА БЪЛГАРИЯ В ЦЕРН И УЧАСТИЕТО НА ИНСТИТУТА В ЕКСПЕРИМЕНТА CMS

Автор: проф. д-р Владимир Илиев Генчев

Научен редактор: проф. д.ф.н. Иван Данаилов Ванков

Националност: българска

ISBN 978-954-9820-16-4

Тираж: 150

Издание на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на
Българската академия на науките

Издателство: The NET

Снимка на предната корица – регистрирани следи от получаването на два Z-бозона, (най-вероятно от разпадането на един Хигс-бозон).

Снимка на задната корица – спускането на единия краен CMS-детектор на мястото му в подземното помещение (по оста на сноповете на ускорителя LHC).

