

NTP-MTTD-15 Útban a Higgs-bozon felé, kozmikus részecskék detektálása

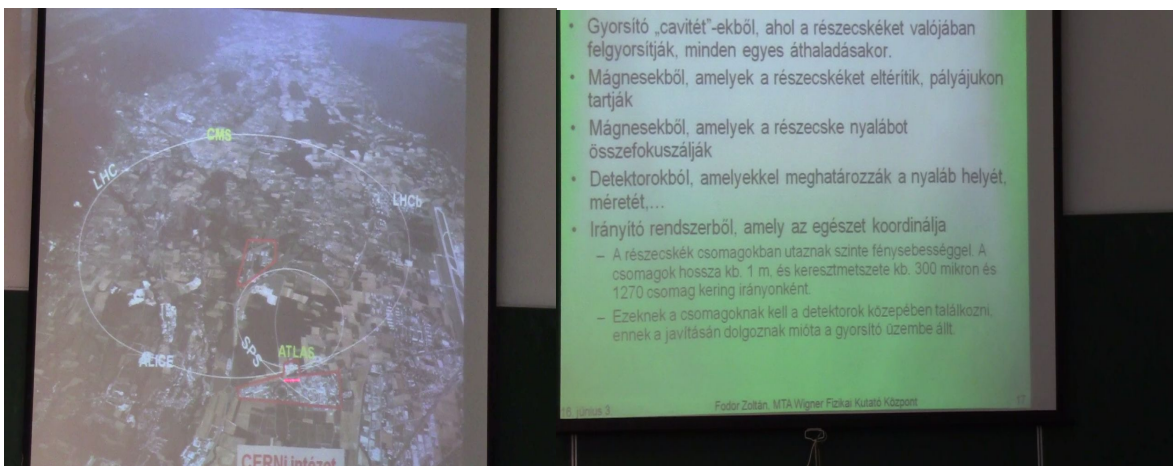
Dr. Fodor Zoltán előadása: Proporcionális detektorok 2015. október 15.

Az elméleti felkészülésünk következő állomása a detektorok világába vezette be a programban részt vevőket. Az előadás nyílt volt, minden érdeklődőt szeretettel fogadtunk.

Fodor fizikus úr, mindenki Zoltánja elmondta, hogy az általános iskolában eldöntötte, hogy fizikus



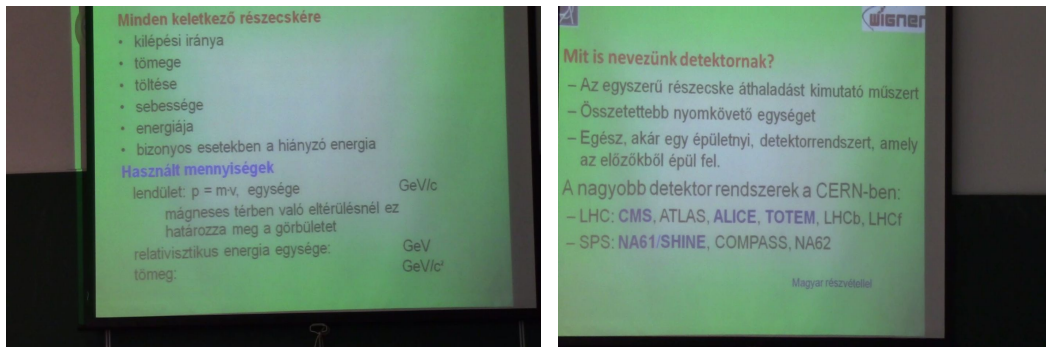
lesz. A Piaristáknál végezte középiskolai tanulmányait, majd az ELTE-n nyert fizikusi diplomát. Életének legnagyobb részét CERN-ben töltötte, ahol a sokszázas detektorok hőskorától kezdődően végez eszköz és kutatás fejlesztést.



Bevezetőjében kitért a CERN-ben folyó kutatási irányokra, különös tekintettel az elmúlt évek legnagyobb mérési sikerére a Higgs-bozon megtalálására. Ezért természetesen nem a CERN, hanem Peter Higgs és Francois Englert kaptak fizikai Nobel díjat 2013-ben. Megtudtuk, hogy a Nobel-díj bizottság indoklása szerint a két tudós annak a mechanizmusnak az elméleti megalapozásáért részesül az elismerésben, amely hozzájárult a szubatomi részecskék tömeg eredetének a megértéséhez, és amelyet nemrégiben megerősítettek a megjósolt elemi részecske felfedezésével a CERN nagy hadronütköztetőjének (LHC) ATLAS- és CMS-kísérleteiben. A Higgs-mechanizmus úgy egészíti ki a standard modellt, hogy megteremti a tömegeket. Nélküle az elemi részecskéknek nincs tömegük. Peter Higgs úgy vélte, hogy a kérdéses részecske betölti a rést a természet alapvető működését leíró standard modellben, amely az elektromágneses, a gyenge és az erős kölcsönhatást

együttesen leíró kvantumtérelmélet.

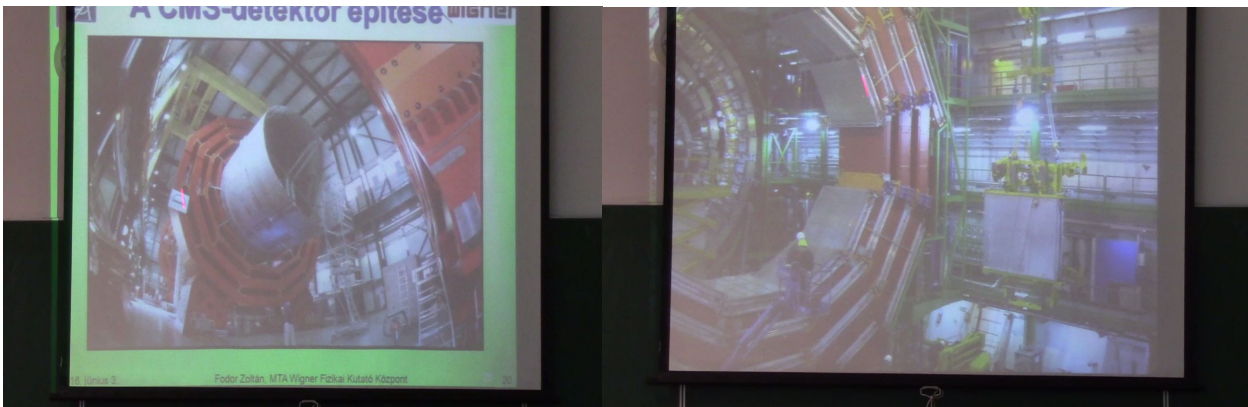
De mi is a CERN mint a részecske kutatás központja? A hallgatóság megtudhatta, hogy egy gyorsító komplexum, amelynek bizonyos pontjain óriás detektorok mérik a felgyorsított és egymással ütköztetett részecskék következményeit. Ahhoz hogy a töltött részecskék nyalábja együtt maradjon egy 27km-es pályán mágneses összetartást és eltérítést kell alkalmazni. De mik is a következmények, mit is kell mérni? A keletkező részecskék -kilépési irányát, -tömegét, töltését, sebességét, energiáját stb.



És hogyan? A detektor nyomkövető. Hogy a pálya több információt tartalmazzon a töltéssel rendelkező részecskéket mágneses eltérítéssel hozzuk görbevonalú pályára (ez nem a gyorsító mágnes). A pályaeltérítéshez mind torroid mind solenoid tekercs elrendezés alkalmaznak. Az utóbbit a CMS-ben, utóbbit az ATLAS-ban.

A görbület méréséből következtethetünk a töltés és impulzus szorzatára, fajlagos energia veszteségből a töltéssűrűség és sebesség szorzatára és a repülési időből a sebességre. Így együtt minden lényeges részecske tulajdonságot megkaphatunk.

A CERN két legnagyobb detektorának az ATLAS-nak és a CMS-nek általános ismérveivel folytatta Zoltán a bemutatás.

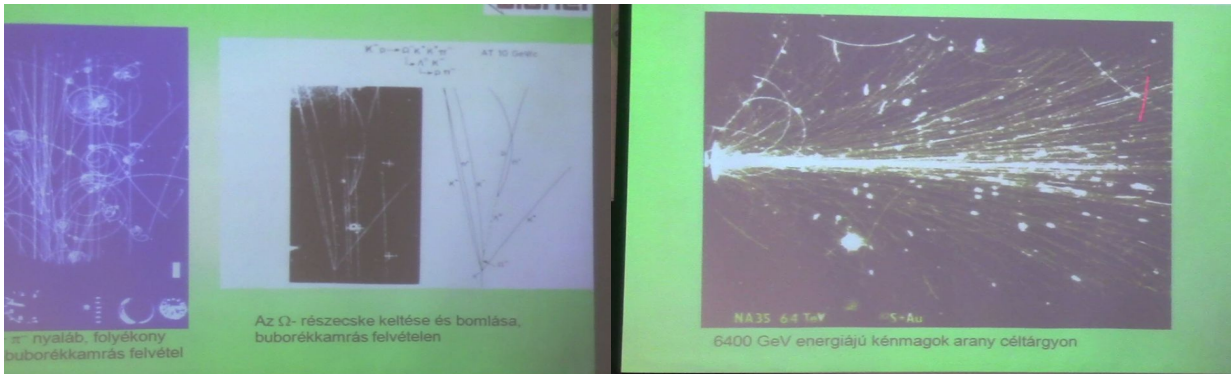


A képen a CMS (Compact Muon Solenoid) detektor részei láthatóak. A 3*4m-s lapok a műonérzékelők. Ezen lapok felépítési elve megegyezik a mi leendő detektorunkéval.

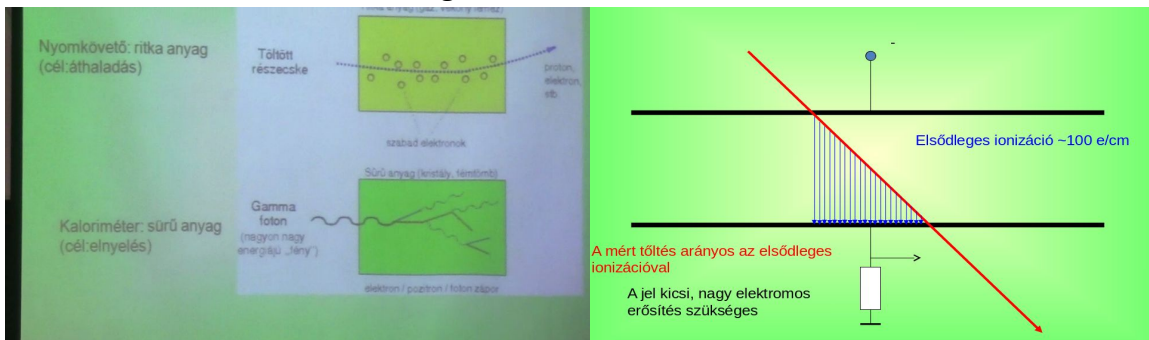
Az óriás detektorok bemutatása után megismerkedhettünk a különböző detektor fajtákkal. Történeti sorrendben is először voltak a

- nyomdetektorok: emulziók, köd-, buborék-, szikra kamrák. Érdekes volt, hogy egy mérési esemény kiértékelése napokat vett igénybe,
- gázalapú detektorok: ionizációs, proporcionális, időprojekciós kamrák, melyben az ionizációban keletkezett elektronokat mérik meg,

- félvezető alapú detektorok: pixel vagy csík detektorok,
- szcintillációs detektorok: agerjesztett vagy ionizált atomok legerjesztődésénél keletkező fényt mérjük meg,
- kaloriméterek: a beeső részecske energiájával arányos másodlagos részecskét keltenek és a jel arányos ezzel a számmal.

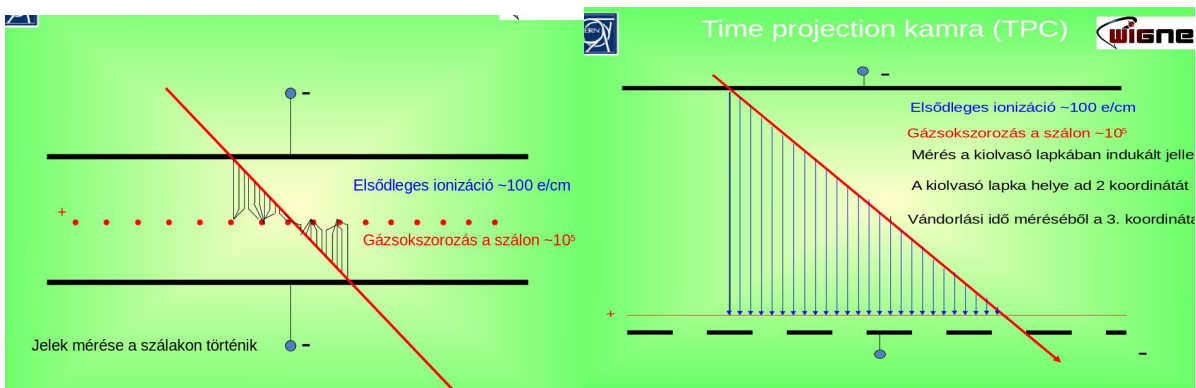


A detektálás lehet nyomkövető vagy elnyelő típusú. A nyomkövetőnél csak annyira kell hogy kölcsönhatásba lépjen a részecske, hogy a lehető leghosszabban lehessen a pályáját követni az ionizáláskor létrejött elektronok begyűjtésével. A sűrű elnyelő típusú kaloriméterben a teljes energia elnyelődik, miközben nincs pályakövetés. A kalorimétert szegmentálják és az egyes szegmensekbe érkező részecskék által hozott energiát mérik.



A jobb oldali ábrán egy ionizációs kamra képe látható. Ebben az elsődleges ionizációban csak 100 elektron per cm képződik. A jel olyan kicsi, hogy a zaj szintjéből nem emelkedik ki.

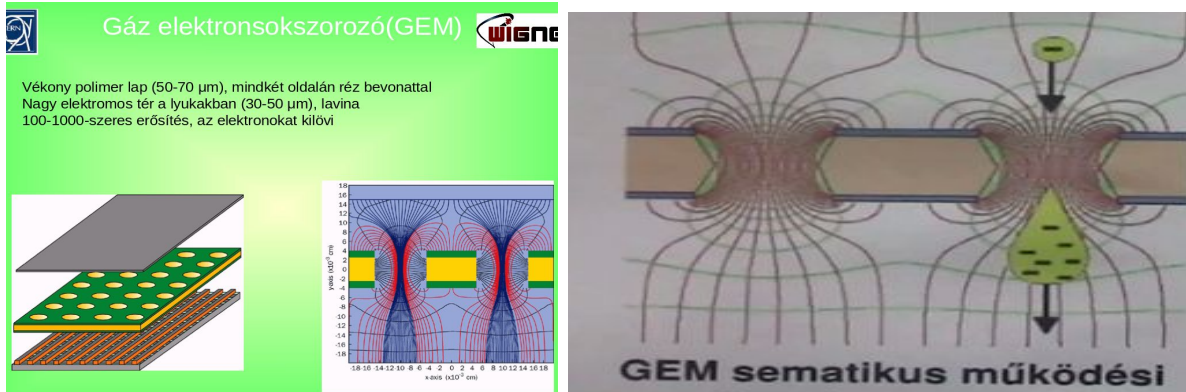
Kis módosítással elérhető a 10⁵ nagyságrendű elektron szám, amivel már a zajból kiemelkedő jeleket kényelmesen lehet mérni. Ez a sokszálas, vagy proporcionális kamra. Baloldali ábra. Ez az elvi kialakítás egy dimenzióban tudja megmondani a beérkezett részecske helyét. A jelek mérése az anód szálahoz történik. A szálahoz tartozó elektronikai egység lehet analóg és lehet digitális. További dimenziók mérése újabb változtatással lehetséges. Ezt mutatja a jobb oldali ábra.



A time projection kamra (az előző ábrához képest 90 fokkal elforgatva) úgy hoz létre két dimenziós mérést, hogy a szála becsapódott elektronok a szál alá helyezett fémlapokában, az úgynevezett

pedekben kapacitív úton töltést indukálnak. A pedek helyei adják a második dimenziót. A harmadik dimenziót az adja, hogy a létrejött elektronok a gázban ütköznek, így csak egyenletes mozgással jutnak el a szálakhoz. A vándorlási idő méréseéből adódik a harmadik dimenzió koordinátája.

A fenti detektorokat a múlt század 70-es éveitől kezdve fejlesztik. A legnagyobb előnyük az olcsóság. A modernebb és jelerősségben jobb félvezető alapú detektorok csak napjainkra lettek elérhető árúak. Ugyanakkor van még a gáزدetektorok esetében egy újabb sokszorozási eljárás, amely a szálashoz hasonló elvű, mert ebben is a nagy inhomogén elektromos térben jön létre a lavina effektus. Ez a Gas Elektron Multiplayer (GEM) gáz elektron sokszorozó.



A GEM egy lyukakkal sűrűn teletűzdelt két oldalt rézzel borított fólia. A két réz közötti nagy feszültség hatására a lyukakba koncentrálódó elektromos térben a szálaknál megismert lavina effektus játszódik le. Az ilyen iparilag is előállítható fóliákból már görbíthető detektor is készíthető.

Zoltán a továbbiakban a nagyobb detektorok mérési feladatait részletezte. Feladatuk közt sorolta fel az új részecskék felfedezését, új szimmetriákat, új fizikai törvényeket. Ilyen volt a Higgs bozon és ilyen lehet a penta-kvark. Keresik az anyag új halmazállapotait, mint pl. a kvark-gluon plazmát, amivel a az univerzum nagyon korai állapotainak kísérleti, laboratóriumi tanulmányozása.

illetve a szűkebb területére a NA61-es mérésekre, ahol nehéz magok ütközésekor létrejött részecskék detektálásával foglalkoznak.