

# CERN

## Szakmai beszámoló

Készítette: Miltner Tímea

Szegedi Tömörkény István Gimnázium

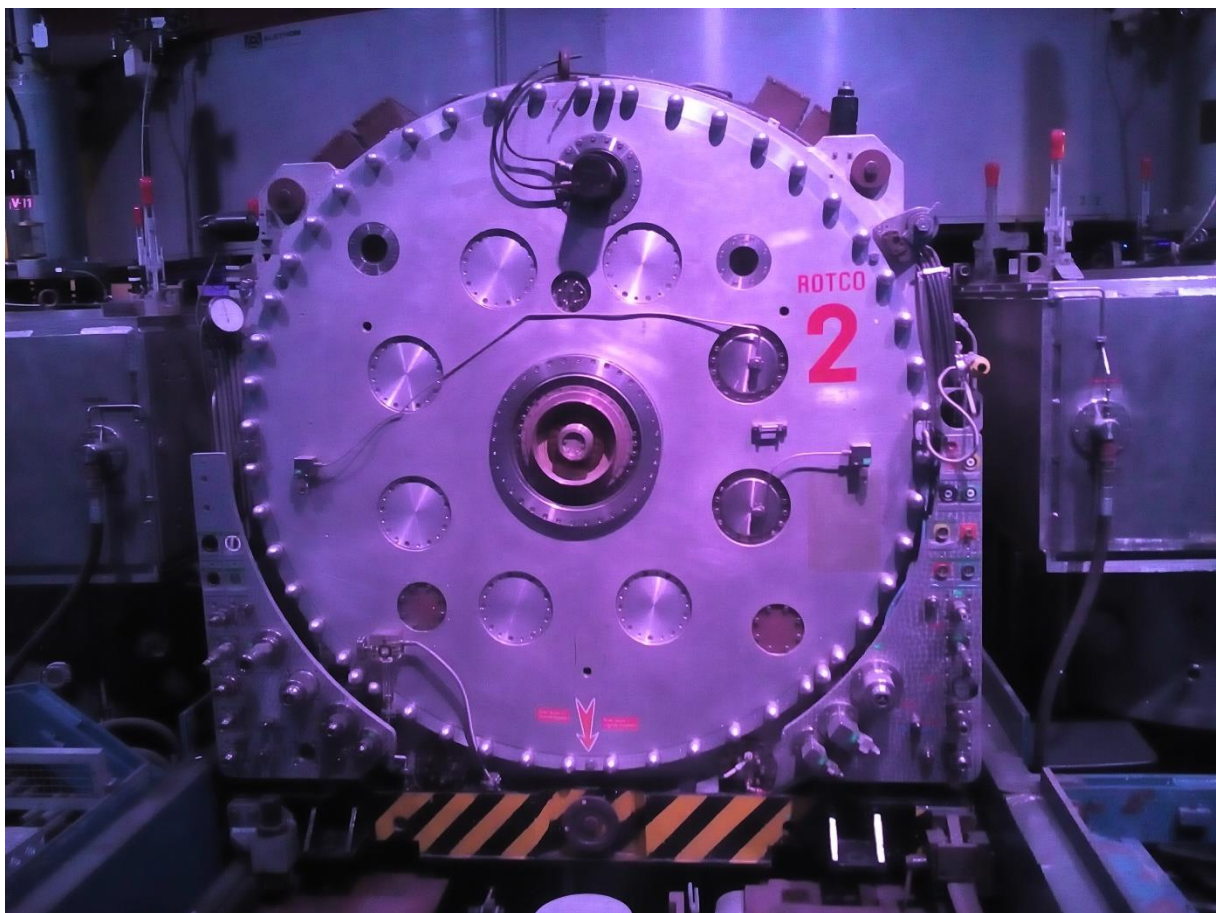
és Művészeti Szakgimnázium

2017. 11. 05.



## A CERN története

A második világháborút követően felmerült az igény egy olyan nemzetközi kutatóintézet létrehozására, amely a nemzetek felett áll, hadi kísérleteket nem folytat, és békés együttműködést tesz lehetővé nem baráti országok kutatói számára is. A hivatalos javaslatot Louis de Broglie tette meg 1949. december 6.-án. Az alapító folyamat gyorsaságát jól jellemzi, hogy 1952-ben már kijelölték Genfét székhelyül, az első kapavágásra 1954-ben került sor, és 1955 júniusában Felix Bloch, az első főigazgató már le is rakta az alapkövet. 1957-ben kezdett működni a Szinkrociklotron. (1. ábra)



1. ábra Az 1990-ben leállított Szinkrociklotron egy része

Az évek során megépült egy lineáris gyorsító, a LINAC 1, a nagyenergiájú protonokat előállító Protonszinkrotron (PS), illetve a Keresztező tárológyűrűk (ISR). Az 1970-es évekre körvonalazódott, hogy szükség van még egy telephelyre. Ennek megépítéséért sok ország

versenyzett, erősödtek a politikai ellentétek. John Adams Vetette fel a később elfogadott ötletet, miszerint a Szuper protonszinkrotront a PS közelébe építsék, az legyen az előgyorsítója. Az építkezések elkezdődtek, az SPS megkezdte működését. Érdekesség, hogy 1975-ig két külön intézet volt a két telephely, ekkor egyesítették őket, de a kettős vezetés csak 1981-ben szűnt meg.

Nagy mérföldkő volt a CERN életében a LEP beindítása. A nagy elektron- pozitron ütköztető 1989- 2000 között működött, 27 km kerületű gyűrűjében a világon a legnagyobb energiájú ütköztetések zajlottak.

A LEP leállítása arra az időszakra esett, amikor a fizikus társadalmat egyre nagyobb nyomás alatt tartotta az „isteni részecske”: a részecskefizika standard modellje megjósolta létezését, de még nem bukkantak rá. Ez kellő alapot nyújtott ahhoz, hogy a LEP helyén egy óriási beruházást indítsanak: Megépült a Nagy Hadronütköztető (LHC). A költségvetésért felelős szakembereket két dologgal is meg lehetett nyugtatni: egyrészt, ha (amikor) megtalálják a Higgs-bozont, óriási elismerést kap az intézet, másrészt az építkezést nem az alapoktól kellett kezdeni, a LEP alagútját és minden alkalmas alkatrészét felhasználták.

Az LHC 2008-ban kezdte meg működését, és 2012. július 4.-én a CERN bejelentést tett, miszerint „találtak egy részecskét, ami...nagyjából a Higgs-bozon leírásának felel meg”.

## **A CERN jövője**

A legambiciózusabb tervük az, hogy egy 100 km kerülettel rendelkező gyorsítót építsenek. Ennek költsége akkora lenne, melyet nem biztos, hogy a tagok, illetve kormányok megfinanszíroznak majd. Ennek építésekor ráadásul mindent előlről kellene kezdeni, ellentétben az LHC-vel. A gravitációs hullámok kimutatása adhatja talán azt a tudományos alapot, mint tette a Higgs-részecske az LHC-nek- meg kell találni a gravitont. Ezen kívül a standard modell hiányosságait is kell még pótolni.

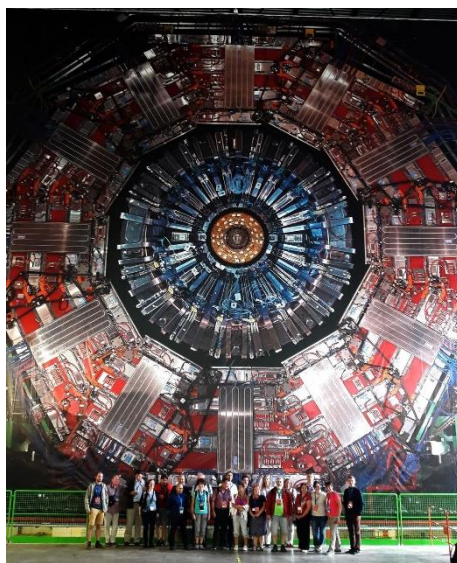
## Az Ütköztető felépítése, detektorai

A 27 km kerületű vákuumcsőben több csomagban keringenek egymással szemben a 2835 protoncsomag, amik aztán a több órás keringés után hatalmas energiával ütköznek egymásnak. Az alagút 100 m mélyen a felszín alatt van, de vannak kiszolgáló egységek a felszínen is. A cső négyszer keresztezi a svájci- francia határt.

Négy fő detektort telepítettek az LHC köré: a CMS (2. és 3. ábra) és az ATLAS általános feladatokat lát el, az LHCb és az ALICE speciálisabb feladatokat kap.



2. ábra A CMS logója



3. ábra A CMS nagysága

## A képcsöves televíziótól a CERN-ig, avagy mi is a működési elv?

Minden részecskegyorsító töltött részecskéket gyorsít fel nagy (nagyon-nagyon nagy) energiára gyorsító feszültség segítségével. Ilyen elven működtek a régi képcsöves TV készülékek: a katódból kilépő elektronokat mágneses mezővel eltérítik, így azok végigpásztázzák a katóddal szemben elhelyezett fluoreszkáló felületet, képet alkotva.

. Ha veszünk jó nagy váltakozó gyorsító feszültséget, és a töltött részecskéket egy egyenes mentén gyorsítjuk, lineáris gyorsítót kapunk. A CERN-ben rádiófrekvenciás lineáris gyorsító működik (4. ábra): több egymás utáni lemezre váltakozó feszültséget kötnek, minden másodikra az egyik pólust, a többire a másikat. A berendezést úgy állítják be, hogy amikor

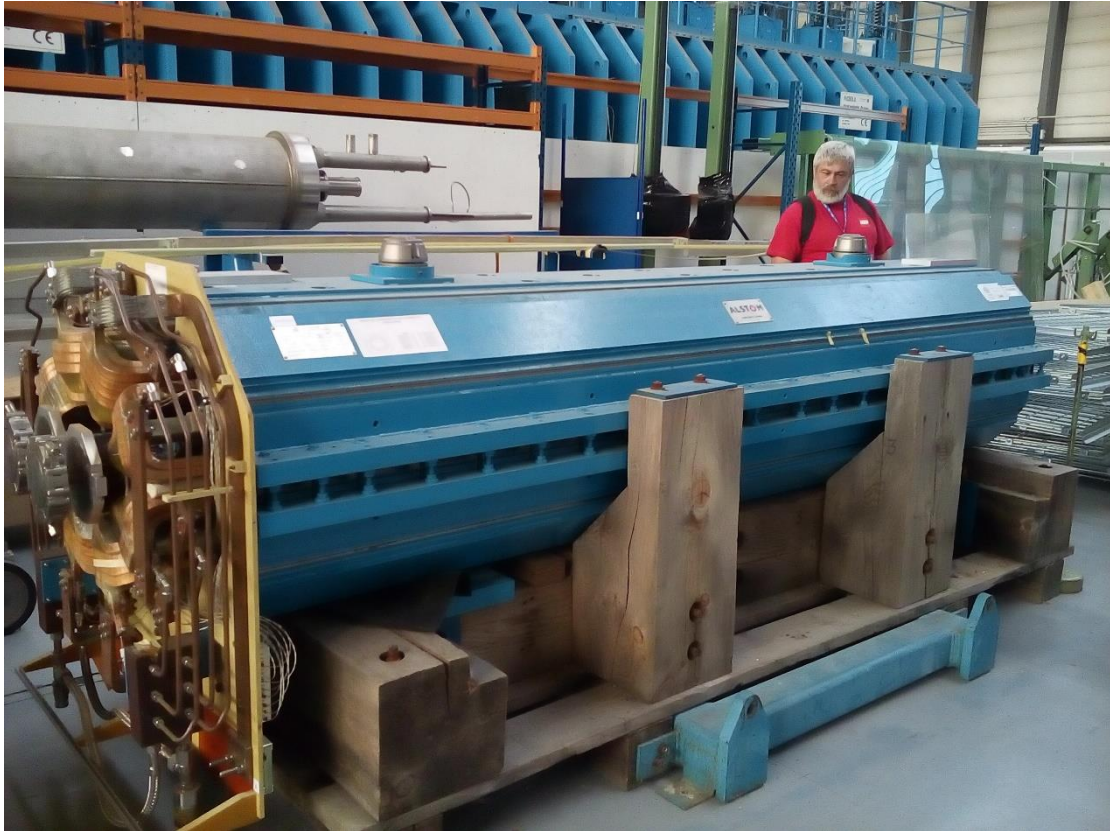


részecske közeledik egy lemezhez, azon éppen a részecskéével ellentétes töltés van, ami gyorsítja a részecskét. Amikor áthalad a lyukon, a polaritás megváltozik, így a következő lemez újból gyorsít a részecskén. Általában több részecskecsomagot gyorsítanak egymás után ezekben a gyorsítóknak.

A körkörös gyorsítóknál mágnesekkel (5. ábra) elgörbítik a részecske útját, hogy az kört képezzen, egyébként a gyorsítás hasonlóan történik, mint az egyenes gyorsítóknál. Hátránya ennek a gyorsítónak, hogy a körpályán mozgó töltött részecskék mindig bocsátanak ki sugárzást, tehát veszítenek energiát, amit pótolni kell. Előnyük, hogy ahányszor áthalad egy részükön a részecske, mindig gyorsít rajta az a terület.



4. ábra A LINAC (lineáris gyorsító) egy egysége a CERN-ben



5. ábra Nyolcpólusú mágnes egység a töltött részecske tereléséhez

## A keletkezett adatok tárolása

Az ütközések során keletkező adatok mennyisége nem teszi lehetővé, hogy mindet eltárolják, már a kezdetektől szelektálnak belőle, ez a triggerelés. Ekkor azokat az adatokat, melyek olyan ütközéskor keletkeztek, melyekben semmi szokatlant, érdekeset nem talált a számítógép, törlik. Így a másodpercenkénti 1 milliárd proton-proton ütközés adatmennyisége lecsökken 1-2 GB-ra. A nyers adatok a CERN számítógép központjába kerülnek, itt biztonsági másolatok készülnek a világ számos pontjára eljuttatva. Az adatokat ezután egy erre fejlesztett célprogrammal rekonstruálják, hogy kiderüljön, milyen is volt maga az ütközés, milyen részecskék keletkeztek stb. Az egységes adatok elemzése már több lépcsős és a feladathoz specializált.

Az adatokat a CERN adatközpontjában (6. ábra) mágnesszalagokon tárolják. A technika fejlődésével egyre nagyobb ezek tárolókapacitása. Meghatározott időnként a meglévő adatokat átmásolják nagyobb tárolókra. A régieket a CERN ajándékboltjában meg

lehet vásárolni, tehát lehet, hogy valaki a Higgs-bozon felfedezésének adatait viszi haza ekkor 😊.

Az adatok tárolásának magyar vonatkozása: 2013-tól a világszínvonalú WIGNER Adatközpont ad otthont a CERN kihelyezett Tier-0 infrastruktúrájának, és így kulcsszerepet tölt be a Nagy Hadronütköztető (LHC) adatainak feldolgozásában, egyúttal a Higgs-bozon kutatásában. A CERN@WIGNER projekt hosszú távú kutatástámogatási együttműködést alapoz meg a CERN és Magyarország között, s ezzel a következő évtized fejlesztéseit meghatározó, új európai kutatási informatikai trend élére helyezi hazánkat. A projekt keretében Európában először valósul meg üzemszerűen működő, redundáns, nagy távolságú, 100 Gigabit per másodperc sávszélességű hálózati összeköttetés, amely közvetlenül kapcsolja össze a CERN LHC genfi gyorsító-berendezését a budapesti Wigner Adatközponttal. Ez az optikai hálózat önmagában a teljes hazai internet-forgalommal összemérhető adatmennyiséget továbbít.

## **Az igazi kihívás: hogy detektáljuk a keletkező részecskéket**

A keletkező részecskék sebessége, mérete nem teszi lehetővé, hogy szabad szemmel megfigyeljük őket: megmérjük lendületüket, megszámloljuk, mennyi keletkezik, megnézzük, merre haladnak, illetve, hogy milyen részecskék is tulajdonképp.

Erre a célra megfelelő detektort kell építeni: nyomkövetőt, hogy a mozgását le tudjuk írni, illetve kalorimétert, hogy meg tudjuk állapítani a leadott energiáját.

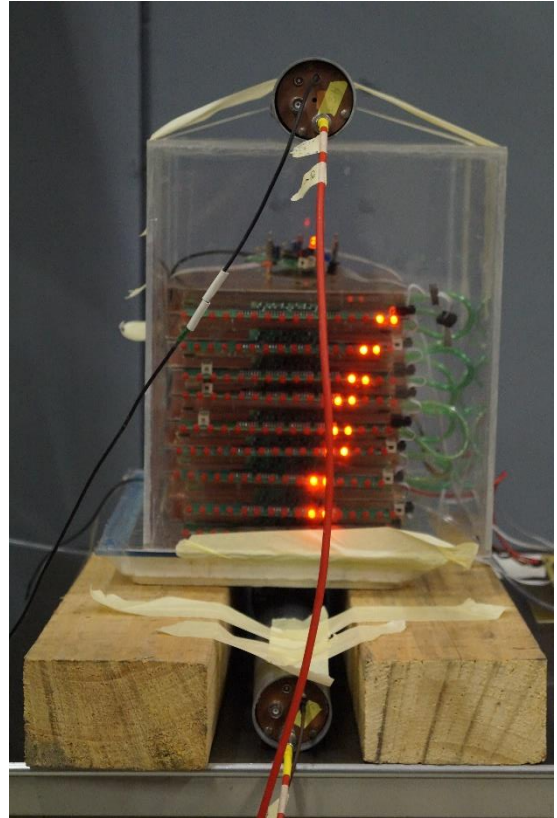
Nyomkövetők

Fontos, hogy ritka anyagú legyen egy nyomkövető, hogy a részecske könnyen keresztül tudjon rajta menni. Egyik típusa olyan, hogy fényfelvillanással jelzi a részecske helyét. Gyors, jó a határfoka de a helyfelbontása rossz.

Másik típusa a félvezető detektor, működési elve hasonló a CCD-hez. Nagyon pontos és nagyon drága.

Gáztöltésű nyomkövető detektorban (7. ábra) az áthaladó részecske szabad elektronokat kelt, ezeknek a sokszorozása történik a detektor belsejében lévő vékony szálak közelében. G. Charpak e típus kifejlesztéséért kapott Nobel-díjat 1992-ben.

Az igazán nagy cernihez hasonló detektorokról elmondható, hogy a felépítésük egy hagymára hasonlít: ugyanúgy rétegzett, hogy a különböző áthatolóképességű részecskéket szétválogassa.



## A CERN és egyéb tudományterületek kapcsolata

### Nukleáris medicina

1930-ban Ernest Lawrence kifejlesztette az első ciklotront. Testvérével Johnnal, aki orvos volt, felismerték a radioaktív izotópok használatának lehetőségét az orvoslás területén. Főként rákos megbetegedések kezelésére használják a radioaktív izotópokat és a protonterápiát, emellett nagy fontosságúak a különböző detektorok is: MRI, PET, CT/PET. Jellemző adat, hogy a világon működő részecskegyorsítók fele orvosi alkalmazásokat szolgál ki.

### Csillagászat, kozmológia

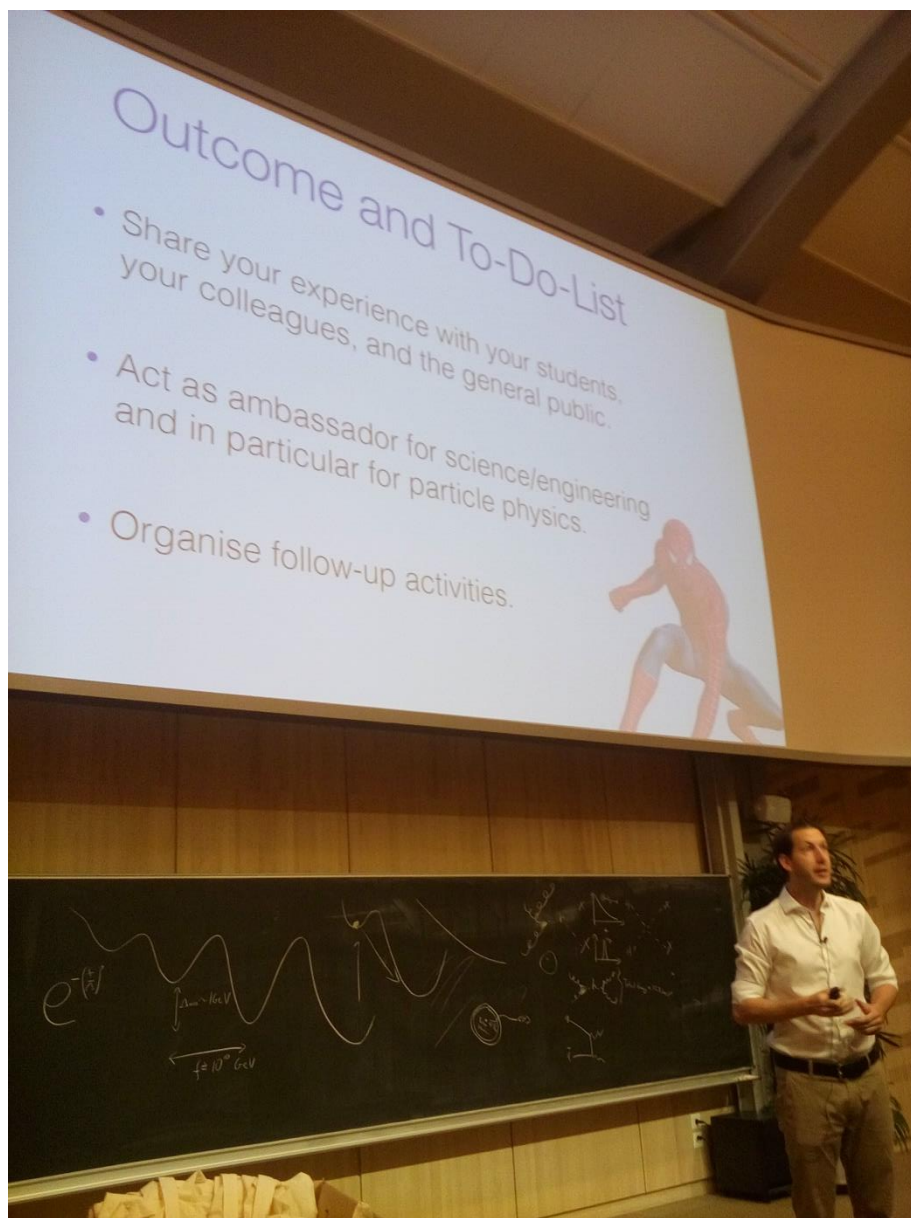
Ugyan a gravitációs hullámok kimutatásával már halljuk is Univerzumunkat, de még mindig számos megválaszolatlan kérdés van: mi a sötét anyag, mi a sötét energia, hol van az a sok antianyag, aminek az ősrobbanásakor keletkeznie kellett, ha szimmetrikus anyageloszlást tételezünk fel. Talán a standard modellen túlmutató szuperszimmetria-elmélet választ ad a kérdésekre. Ehhez nyújt segítséget a CERN: az ütközések során az Ősrobbanás utáni milliomod másodpercben lévő állapothoz hasonló állapot van, talán még a sötét anyag is megkerül egyszer.



## Összegzés

A CERN a politika és a különálló államok feletti tudományos együttműködés mintapéldája. Az ott dolgozó 11 ezer emberből 3500 fizikus körülbelül, tehát szép példa arra, hogy minden tudományterület kiváló képviselője állást találhat a CERN-ben. A tanároknak és diákoknak szóló nemzeti és nemzetközi programjaik keretében példaértékűen törekszenek mind a tudományterület népszerűsítésére, mind arra, hogy átláthatóvá, érthetővé tegyék, mivel foglalkoznak.

Szerencsésnek érzem magam, hogy ott tölthettem nyolc napot, és energiával telve hazatérve törekszem rá, hogy nagyköveti feladatomnak eleget tegyek.



# TO DO LIST

## 1. Miben fejlődtem?

Megnőtt a hitem a fizika oktatás jövőjét illetően: amíg ilyen kollégák vannak az országban, mint akik már voltak a CERN-ben és akikkel én is együtt voltam, addig nem megy, mehet tönkre a fizika oktatása.

Sok jó ötletet kaptam a kötetlen beszélgetések során, amiket én is alkalmazni tudok, illetve szert tettem olyan ismerősökre, akikhez fordulni tudok felmerülő szakmai kérdések esetén.

És természetesen, ami szintén fontos, szaktárgyi tudásom is jelentősen megnőtt a részecskefizika témakörében.

Kézhez kaptunk két olyan kísérleti berendezést is, amiket mi magunk is el tudunk készíteni diákjainkkal, ösztönözve ezzel is talán fizika iránti érdeklődésüket, illetve megmutatva, hogy egyszerű eszközökkel is tudunk tudományos eredményt elérni.

Nagyon fontosnak tartom a fizika népszerűsítését, még ha nem lesz is mindenkiből fizikus, de legalább a hétköznapi jelenségeket, eszközöket megértse.

Amiben még mindig fejlesztésre szorulok: angol nyelv, francia nyelv, hit abban, hogy én is ki tudok vinni diákcsoportot.

## 2. Mit tudok ebből a diákjaimnak átadni?

Már a múlt tanév végén is látták rajtam, mennyire várom az utazást, mennyire készülök rá. Szeptemberi találkozásunkkor meséltem az útról, látták, érezték lelkesedésem. Remélem egyik legfontosabb dolog, amit át tudok adni, az a szakmám-hivatásom szeretete, a lelkesedés. Ezen kívül természetesen minden tananyagrészhöz igyekszem egy-egy részecskegyorsító feladatot is becsempészni, ha körmozgásról, ha mágnesességről, ha modern fizikáról van is szó.

## 3. Mit szeretnék ebből a kollégáimnak átadni?

A szegedi T4 kör tanárok egy csoportja, akik kéthavonta összejönnek, érdekes témákban előadásokat hallgatnak, illetve inézményeket látogatnak, pl: ELI, Neumann

János Informatikatörténeti Kiállítás stb. A 2018-as év elején szeretnék nekik beszámolni kinti utamról, tapasztalataimról.

Az iskolánkban minden évben megemlékezünk névadónkról, és ekkor sok általunk szervezett színes programon vesznek, vehetnek rész a diákok. 2018 áprilisában lesz ez az alkalom, ekkor szeretnék élő CERN-es kapcsolást és előadást szervezni a témában.

4. Mit vártam, kaptam a programtól?

Elvárásaim nem voltak, nem tudtam, mire számítsak. Reménykedtem benne, hogy sok jó fizikatanárt ismerhetek meg. A program felépítése tetszett, jó volt a kiállításokkal kezdeni. Nagyon tetszett, hogy a kint dolgozó magyar fizikusok mennyire segítőkészek voltak, mennyire egyenrangú félként kezelték minket. A detektorépítés különleges volt, nagyon jó csapatépítő program volt a magas szakmaiság mellett. Talán az könnyítés lett volna, ha az elején részletesen megtudjuk, milyen beszámolót várnak tőlünk a végén, jobban tudtunk volna szerveződni a feladatra.

Összességében: hálás vagyok, hogy eljuthattam a CERN-be, köszönetem szeretném kifejezni minden szervezőnek, előadónak, hogy egy életre szóló élménnyel gyarapodtam.

Miltner Timi