

Részecskegyorsítók a hétköznapiakban: ipari alkalmazások kezdőknek és haladóknak

“Simonyi 100” nyitóelőadás

MTA Wigner FK, BME, ELTE, MTA, NyME, PPKE

Téridő: ELTE TTK, 2016. február 4.

Előadó: Barnaföldi Gergely Gábor

CERN LHC ALICE, MTA Wigner FK RMI



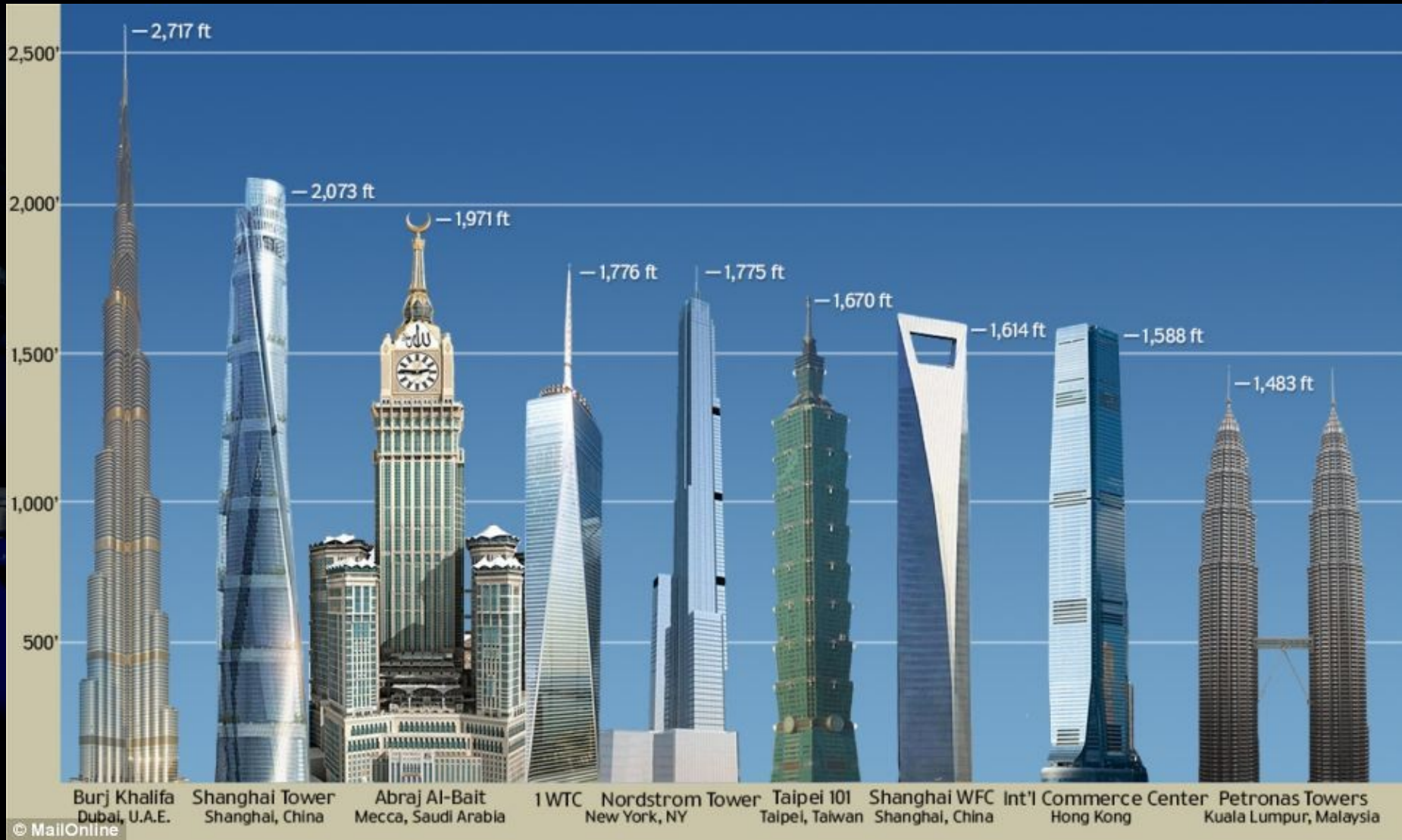
Kezdjünk egy játékkal:

Mi a világ legmagasabb épülete?

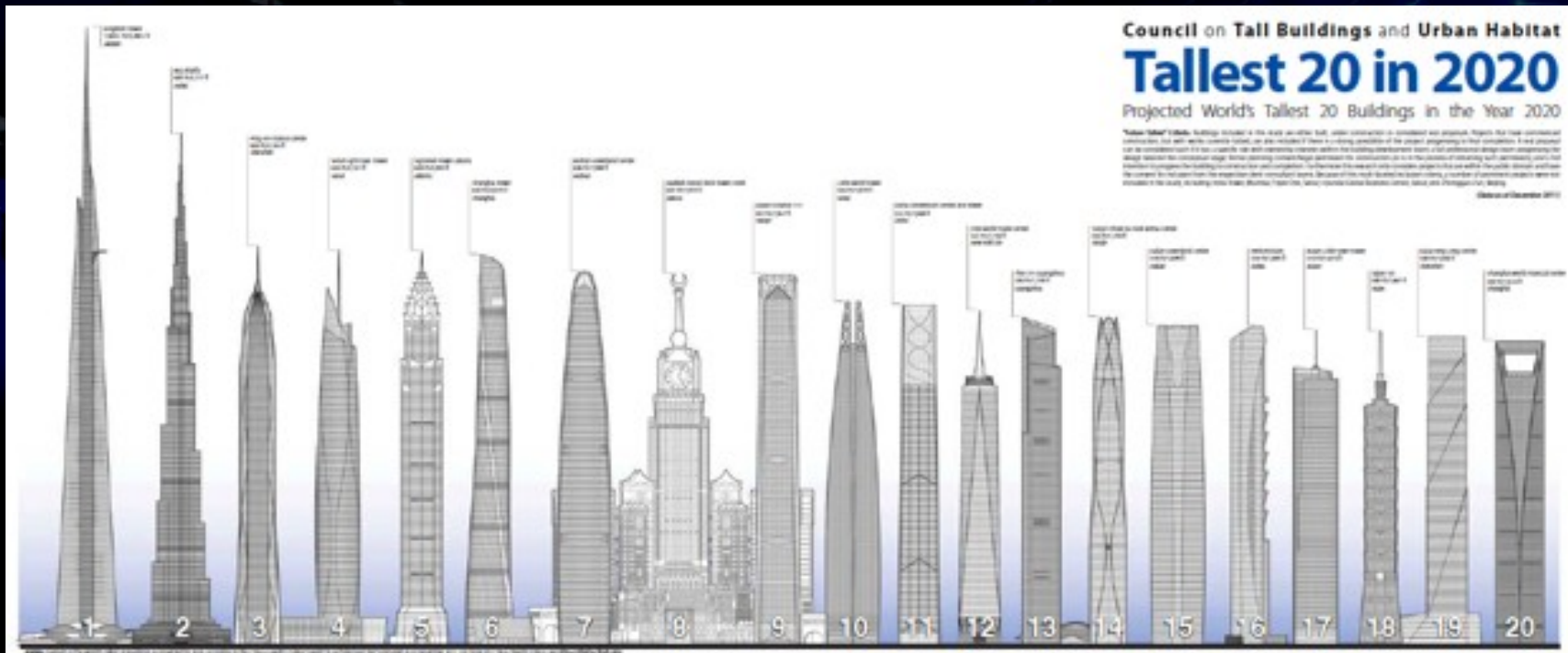
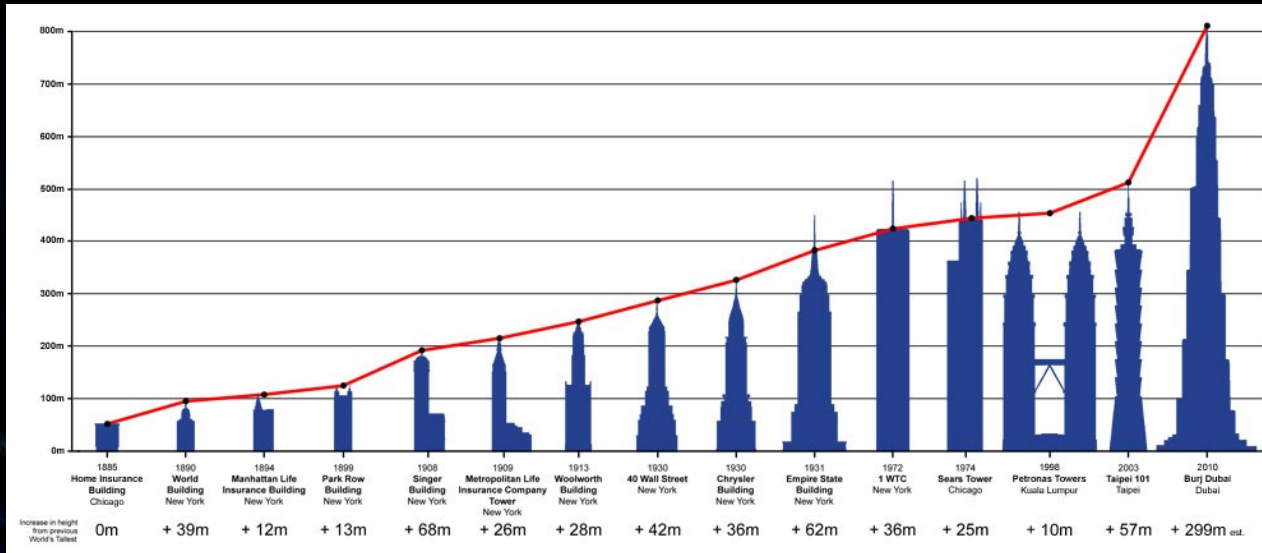
A világ legmagasabb épülete



.. hát világ legmagasabb épületei?



Mi lesz a következő legmagasabb épület?



... és itthon mi a legmagasabb épület?

Magyarország legmagasabb épületei

/+ viszonyításképpen az Eiffel torony/



... és itthon mi a legmagasabb épület?



A legmagasabb épületek versenyében a Parlament és a Szent István Bazilika vezet 96 méterrel, a 3. helyezett azonban vitatott. A Rendőrpalota antennarendszerével együtt 93 méter, azonban ha ezt nem vesszük számításba, akkor a SOTE Nagyvárad téri épülete veszi át a bronzérmet. Helyezéstől függetlenül a Semmelweis Egyetem Elméleti Tömbjeként funkcionáló toronyház (a NET) lélegzetelállító kilátást nyújt a városra.

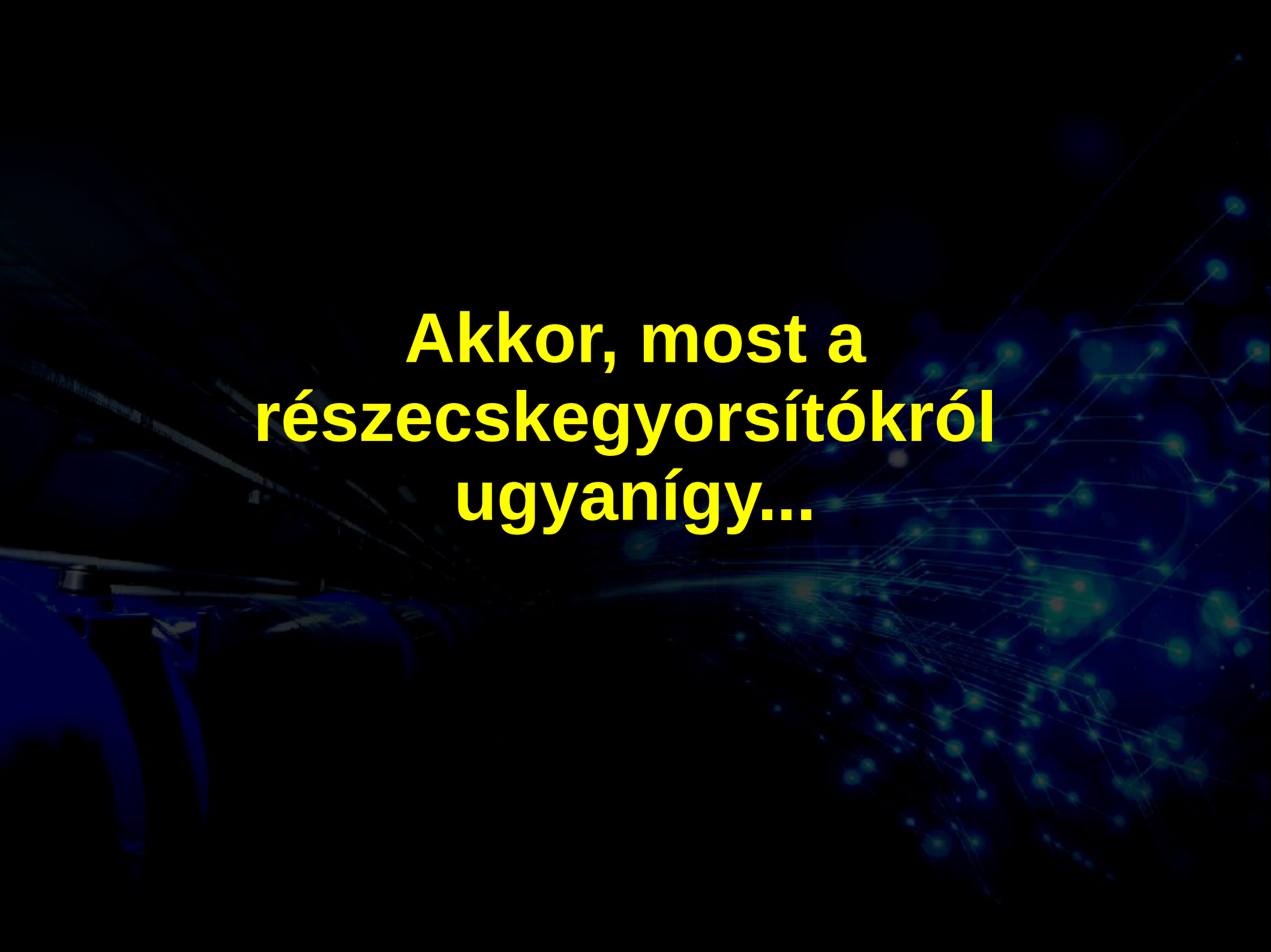


De, mindeki lakik valahol...



István

**Legmagasabbak között azonban, vannak kisebbek is...
... többnyire azoban lakunk mi a hétköznapokban :-)**

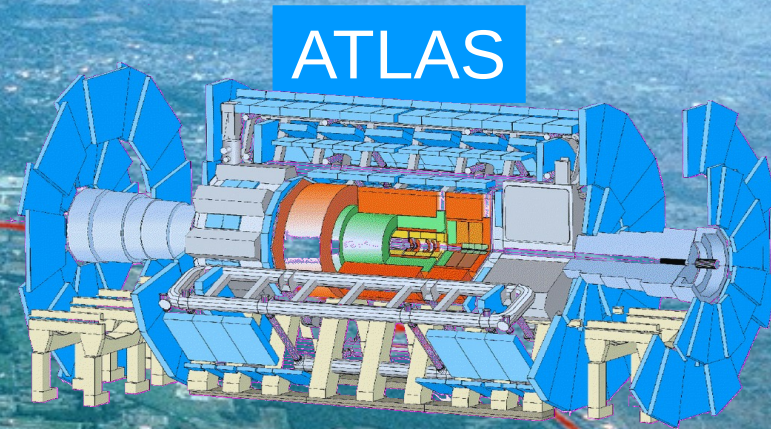
The background of the slide is a dark blue image of a particle accelerator tunnel. On the left, the metallic structure of the tunnel is visible. On the right, a glowing blue network of lines and nodes, resembling a data network or particle paths, extends into the distance. The text is centered in a bright yellow color.

**Akkor, most a
részecskegyorsítókról
ugyanígy...**

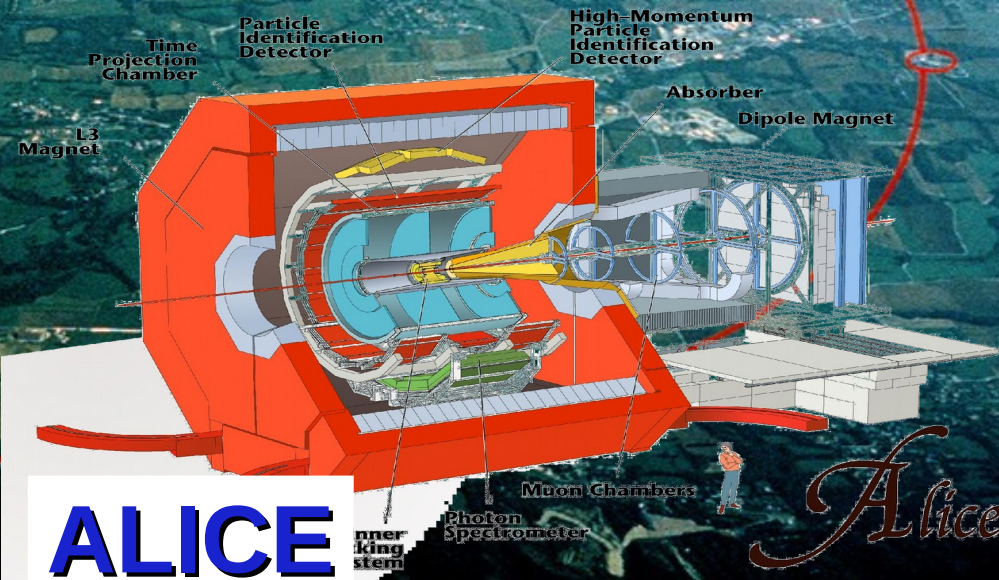
A Nagy Hadronütköztető, LHC



CMS



ATLAS



ALICE

Alice

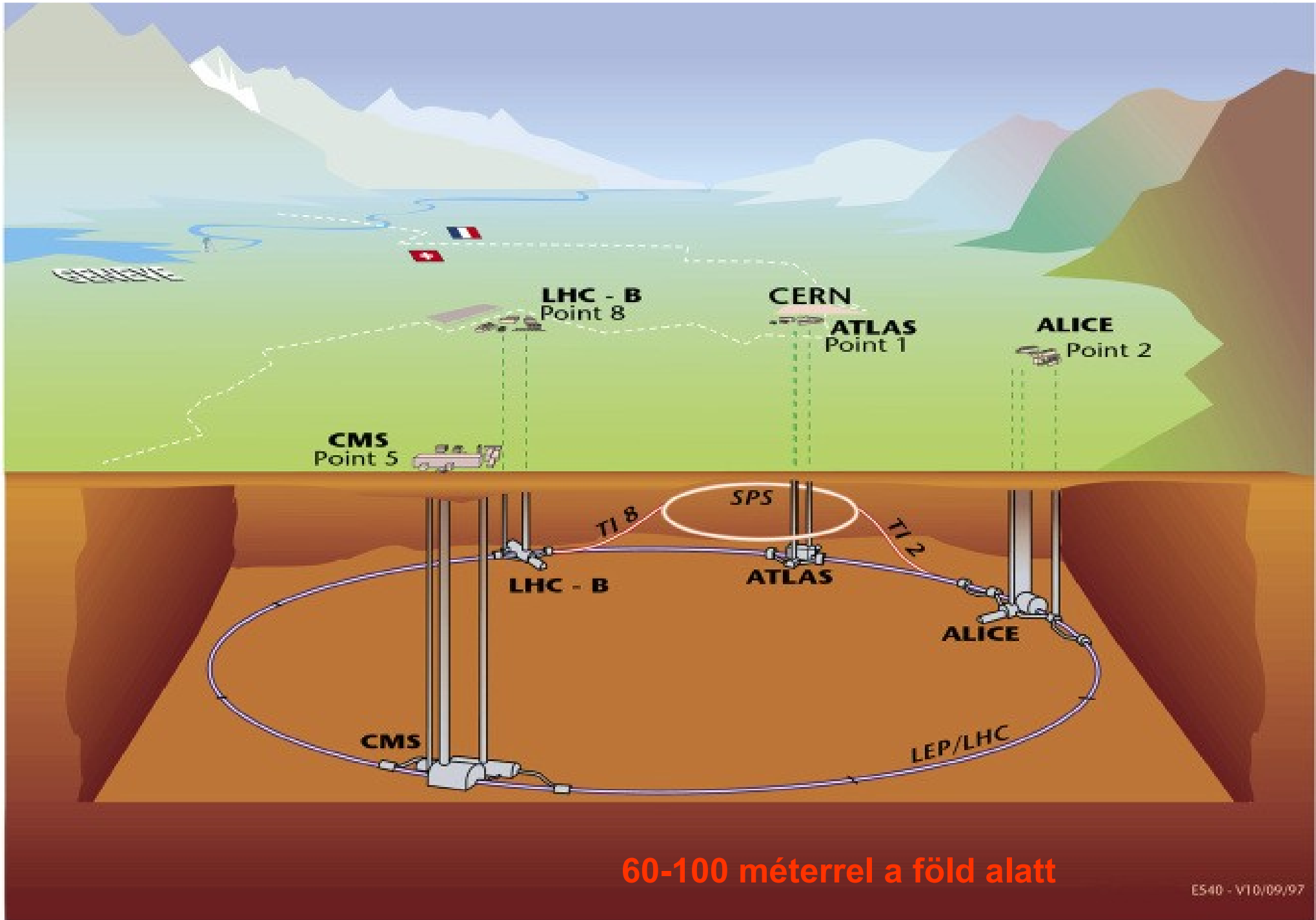
A Nagy Hadronütköztető, LHC



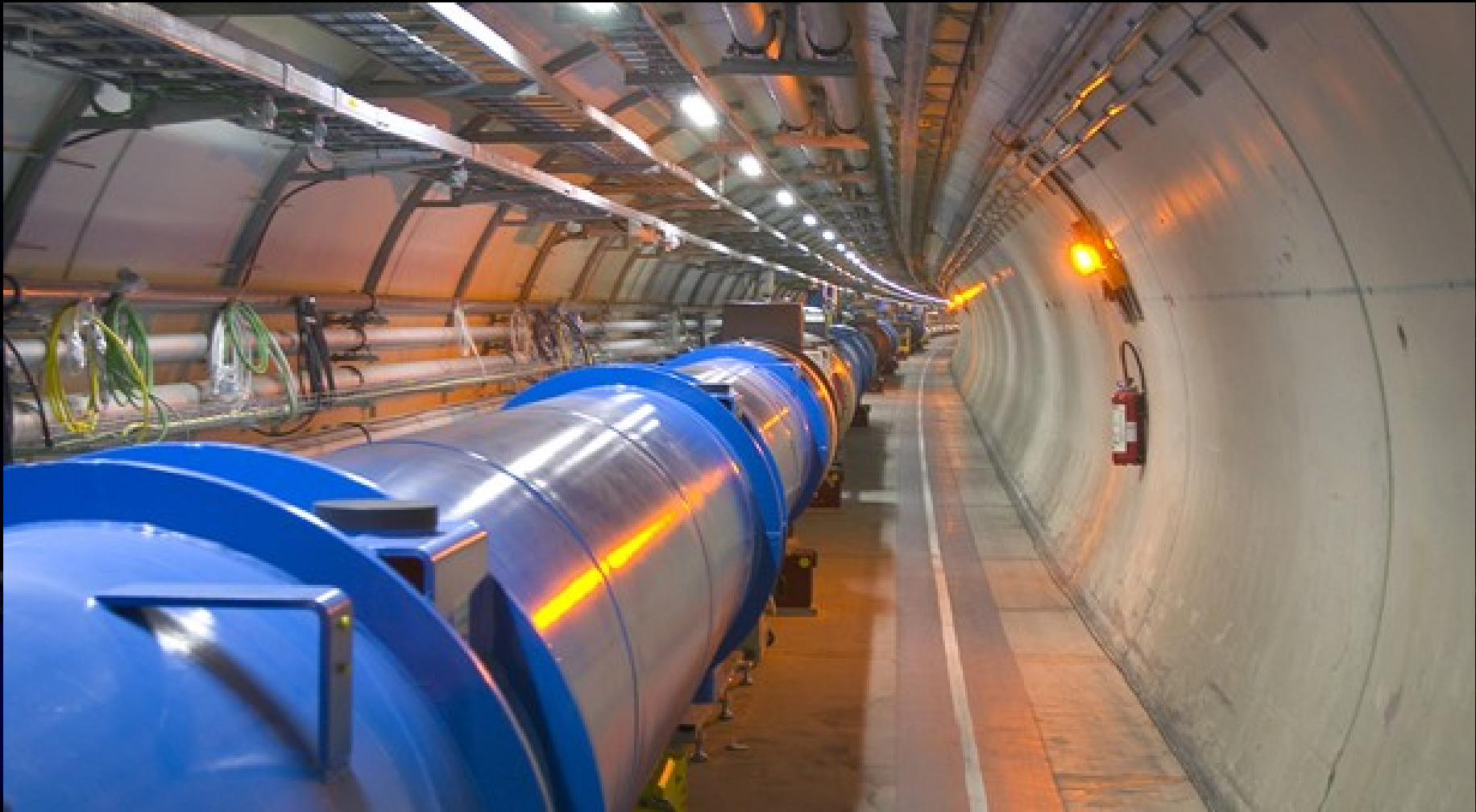
Az LHC, a Gyűrűk ura

LHC - Nagy Hadronütköztető

Az LHC és kísérletei



Az LHC alagútja



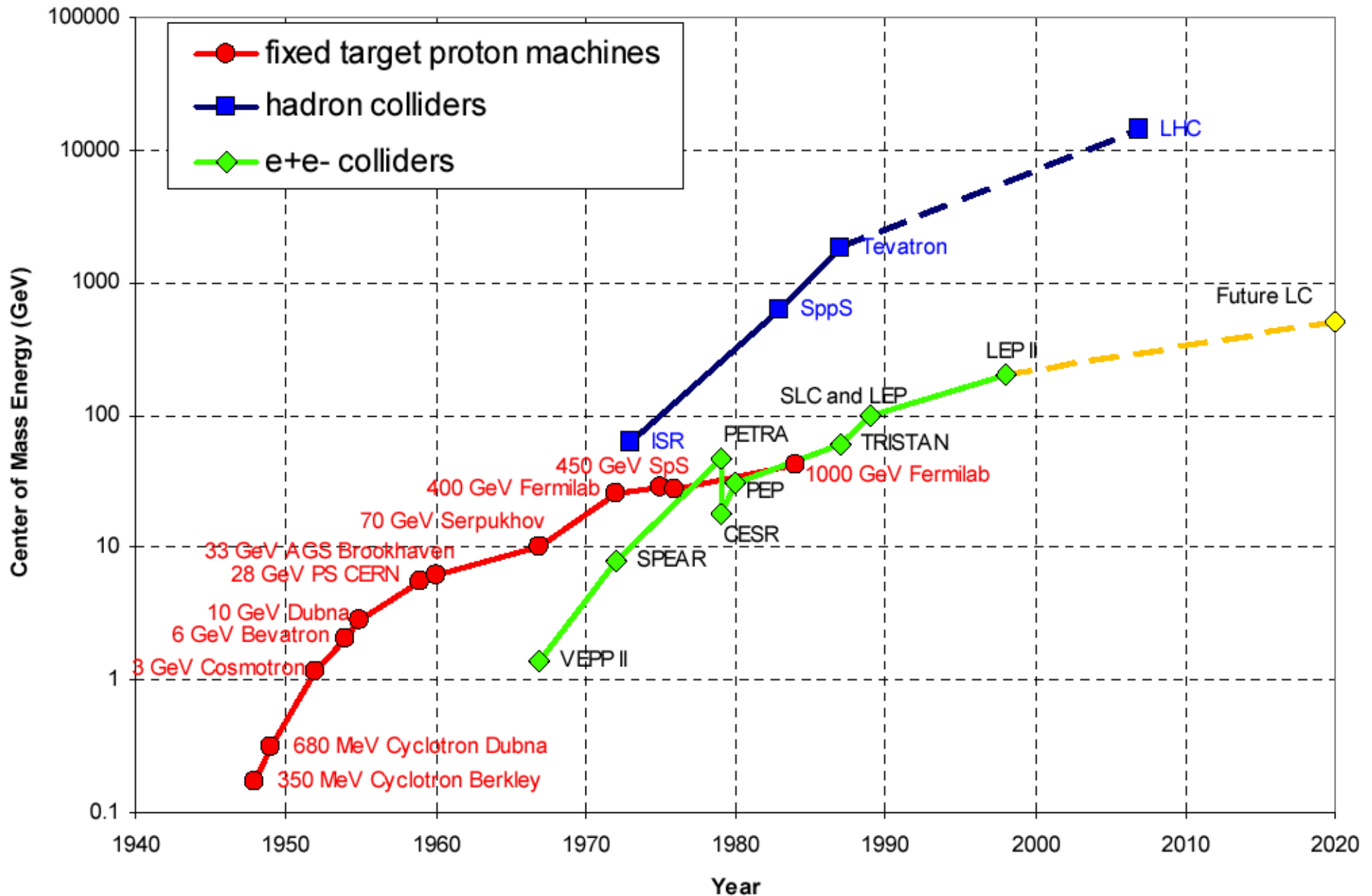
27 km kerület, 50 – 127 méter mélyen, 3.8 méter átmérőjű alagút
Proton (14 TeV) vagy nehézion (5.5 TeV/n) nyalábok
4 perc 20 másodperc töltési idő, 20 perc gyorsítás
30 000 tonna fém, 1,9 K hőmérsékleten (az Univerzum leghidegebb pontja)



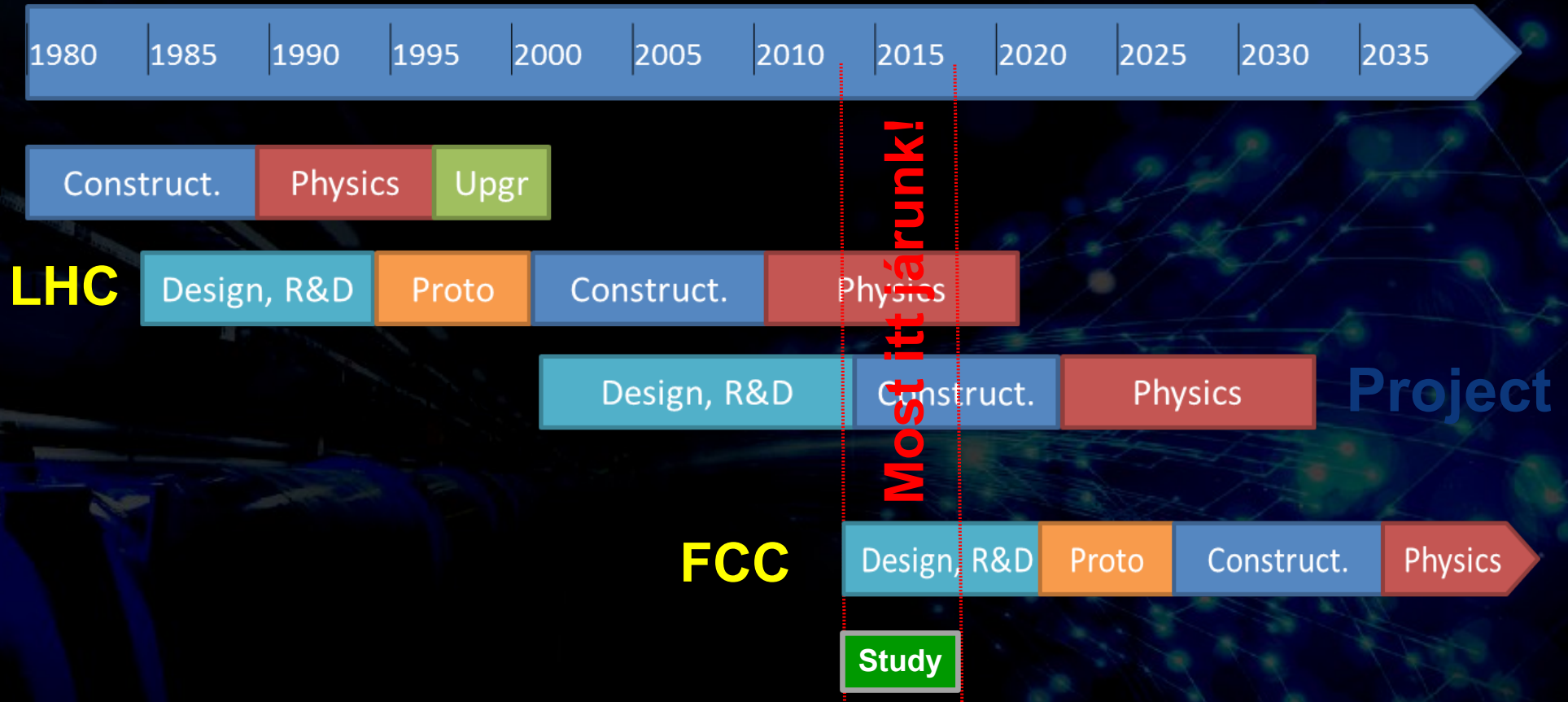
The background of the slide is a dark blue, almost black, image of a particle accelerator tunnel. The tunnel is illuminated with blue light, creating a sense of depth and perspective. On the right side, there are numerous glowing blue lines and dots, representing particle tracks or data points. The overall aesthetic is futuristic and scientific.

**Lesz-e következő
részecskegyorsító rekorder?**

Lesz-e következő gyorsító az LHC után?



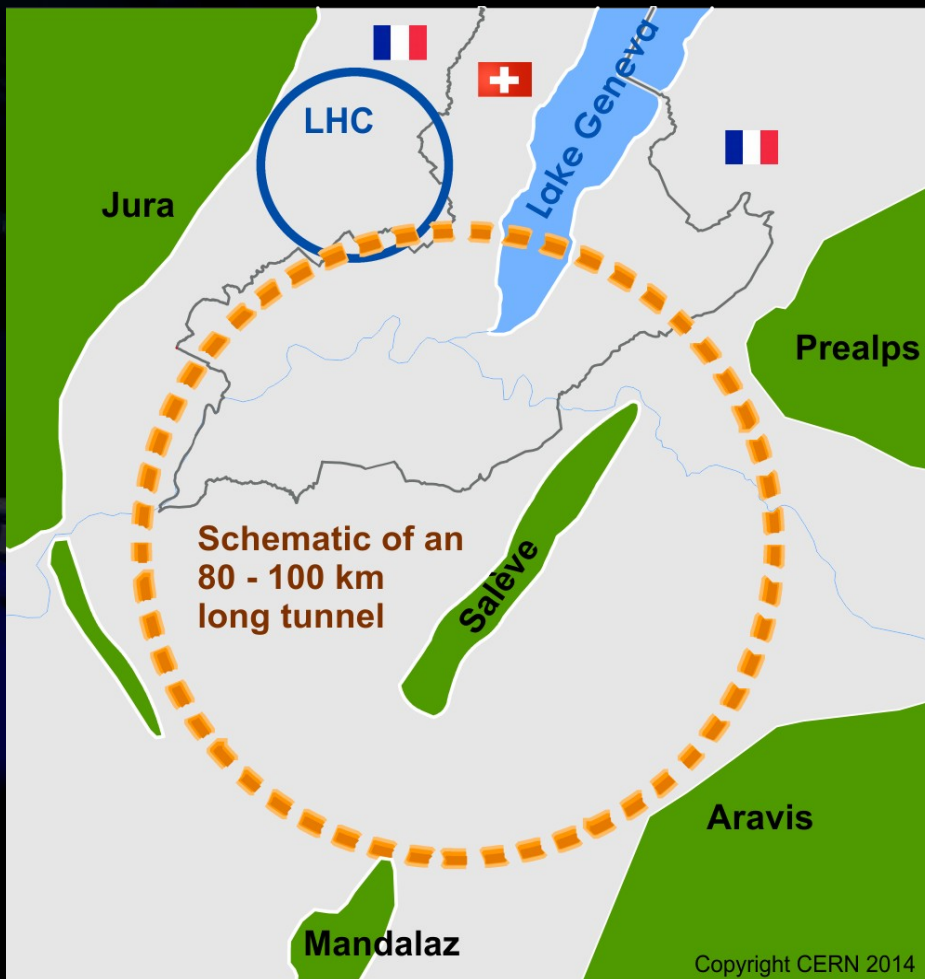
LCC – Future Circular Collider



FCC – Future Circular/Chicago/China Collider

Az FCC tervezett paramétereit

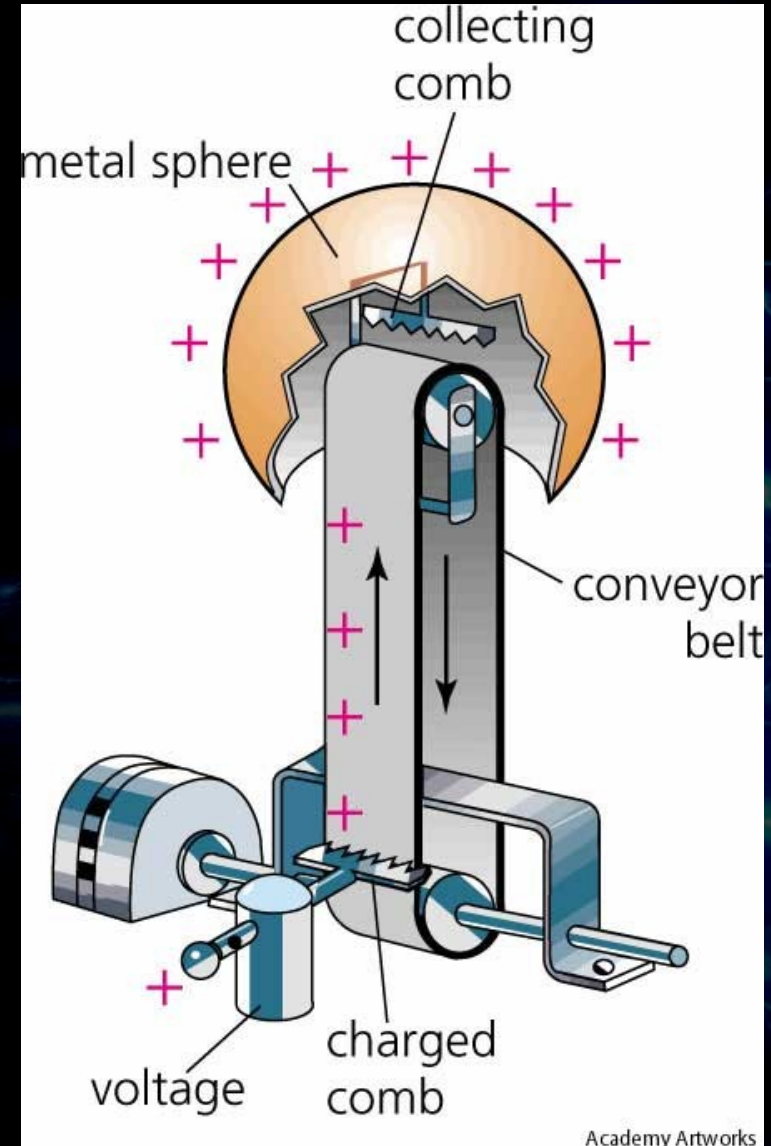
- 80-100 km kerületű
- 16 T mágnesekkel
- 100 TeV körüli hadronütköztető



**Ja tényleg, és izé, miért is
kellenek részecskegyorsítók?**

Egy kis történelem...!

Van de Graaf generátor



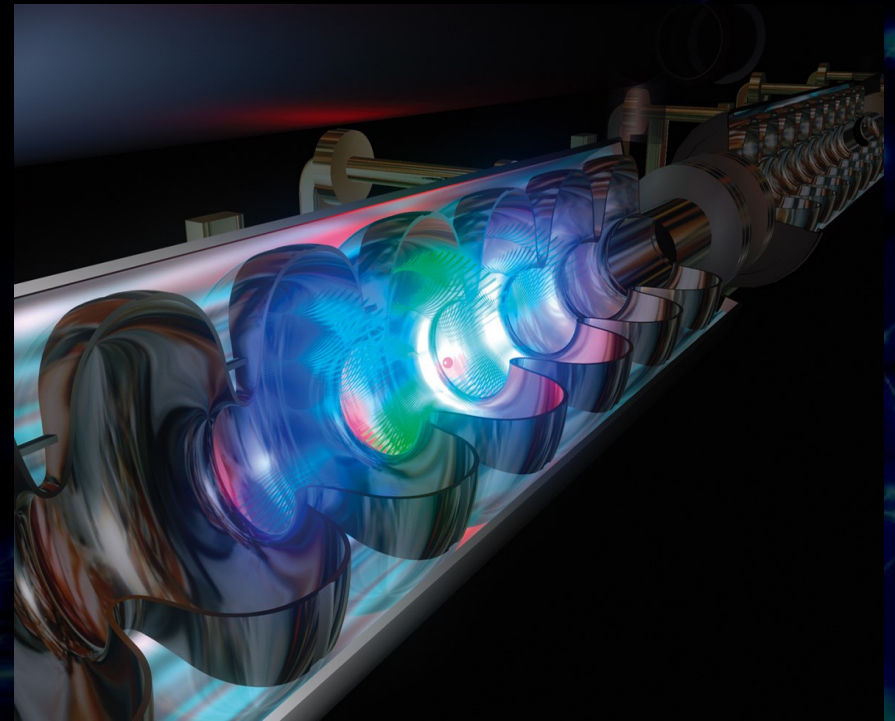
- Robert J. Van de Graaf**
(1901 Tuscaloosa AL- 1967 Boston MA)
- 1929 Van de Graaf generátor
 - 80 000 V (=80 kV) feszültséget tud
 - töltött részecskéket gyorsít
 - Azóta is minden SciFi kelléke :-)

Van de Graaf generátor



- Robert J. Van de Graaf**
(1901 Tuscaloosa AL- 1967 Boston MA)
- 1929 Van de Graaf generátor
 - 80 000 V (=80 kV) feszültséget tud
 - töltött részecskéket gyorsít
 - Azóta is minden SciFi kelléke :-)

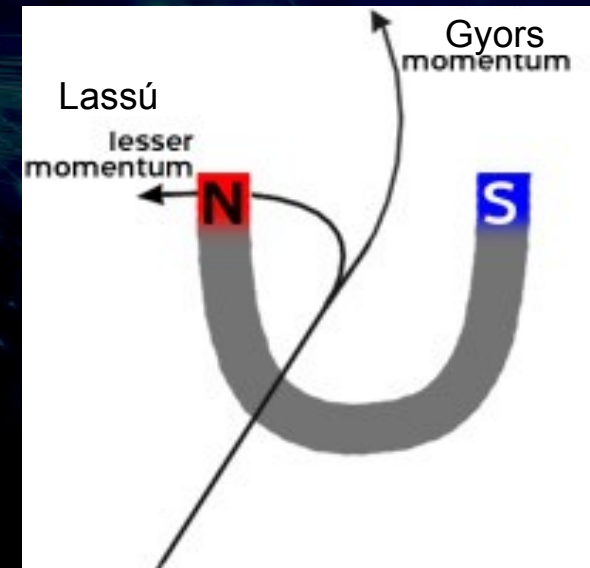
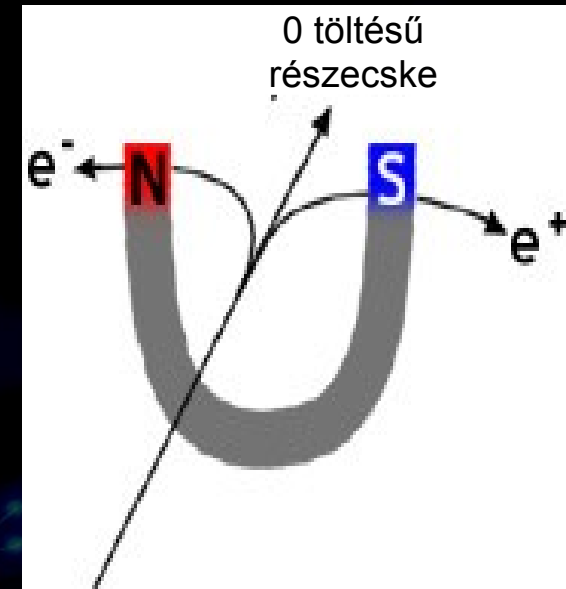
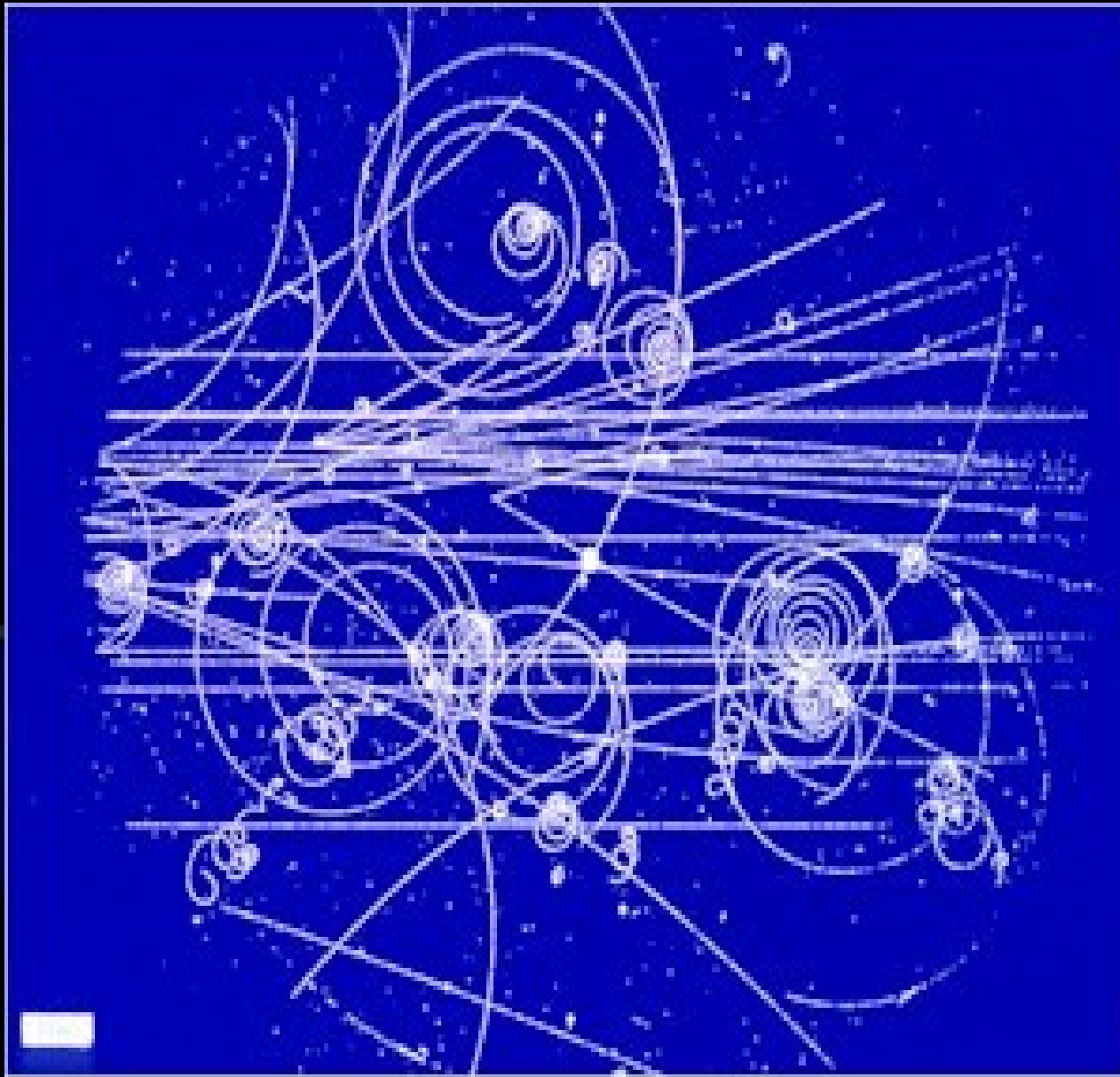
LINAC – az egyenes gyorsító



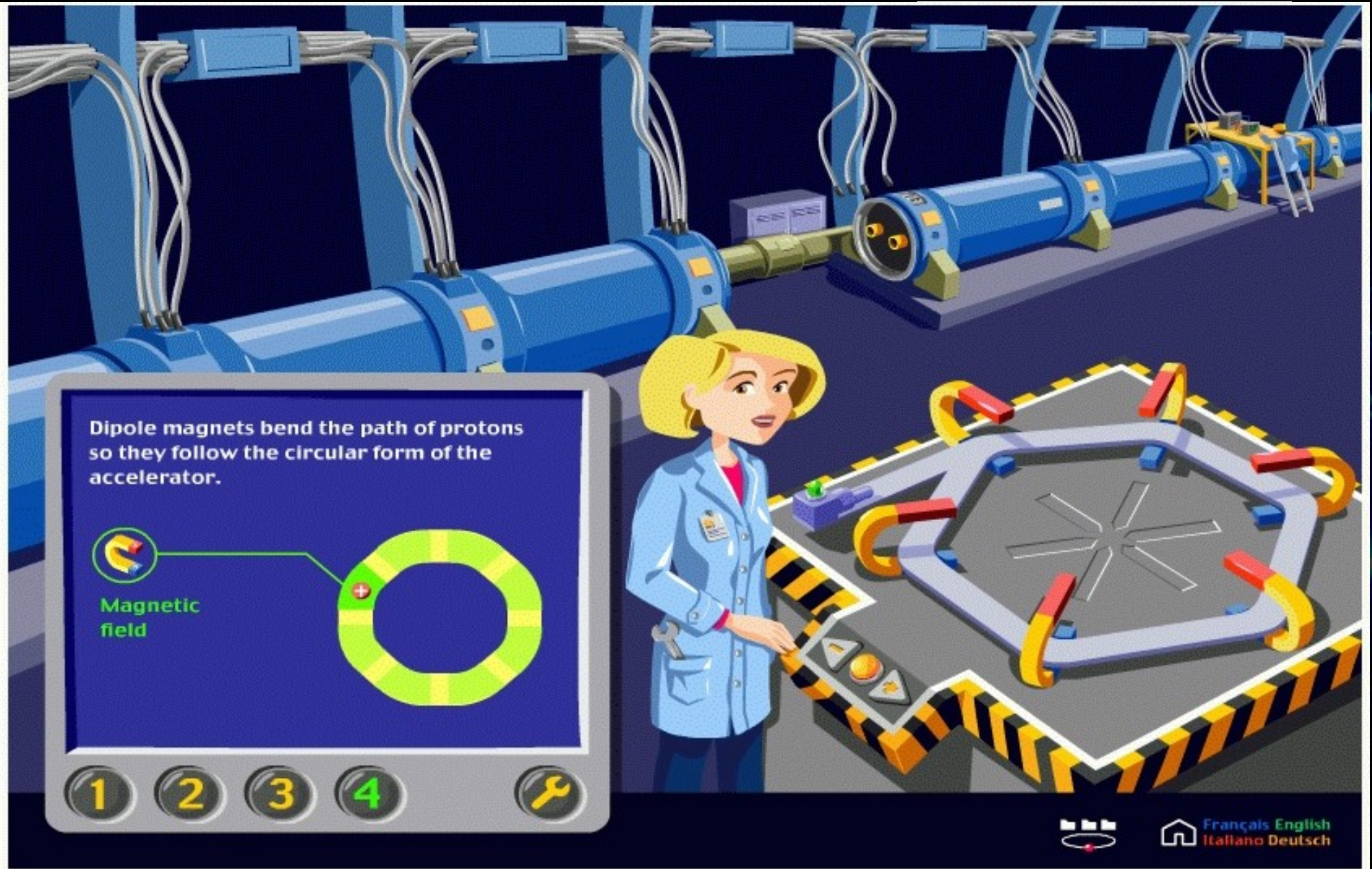
Rádiófrekvenciás rezonátor

- a hullámok elkapják, és továbblökkik
- gyorsítja a részecskéket
- ilyen van a mikrosütőben is kicsiben
- sajnos kilógna a Földről...

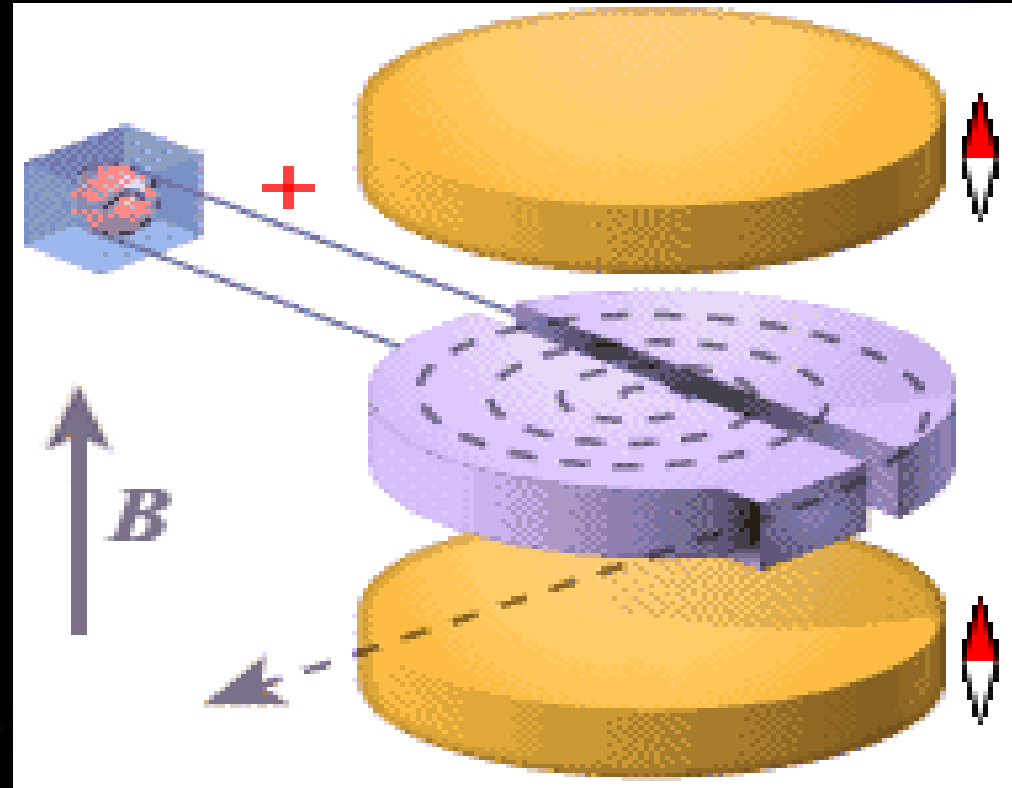
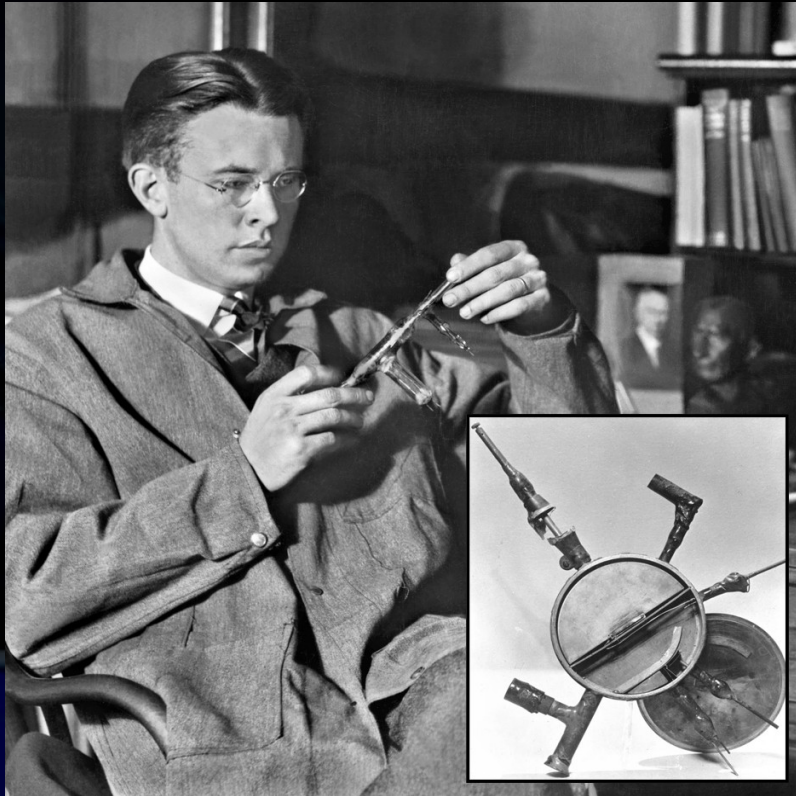
Töltött részecskék mágneses térben



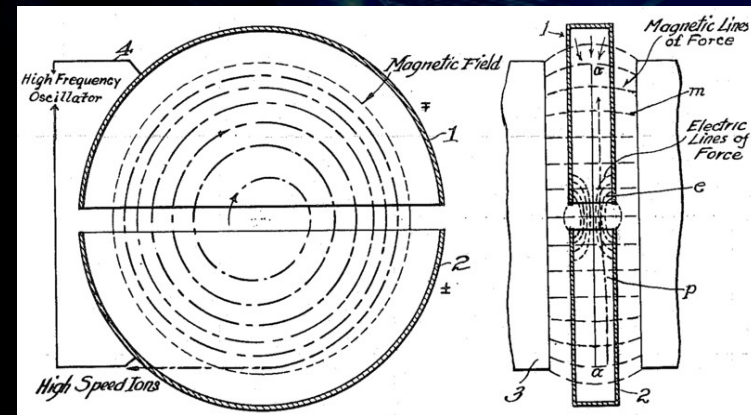
Töltött részecskék mágneses térben



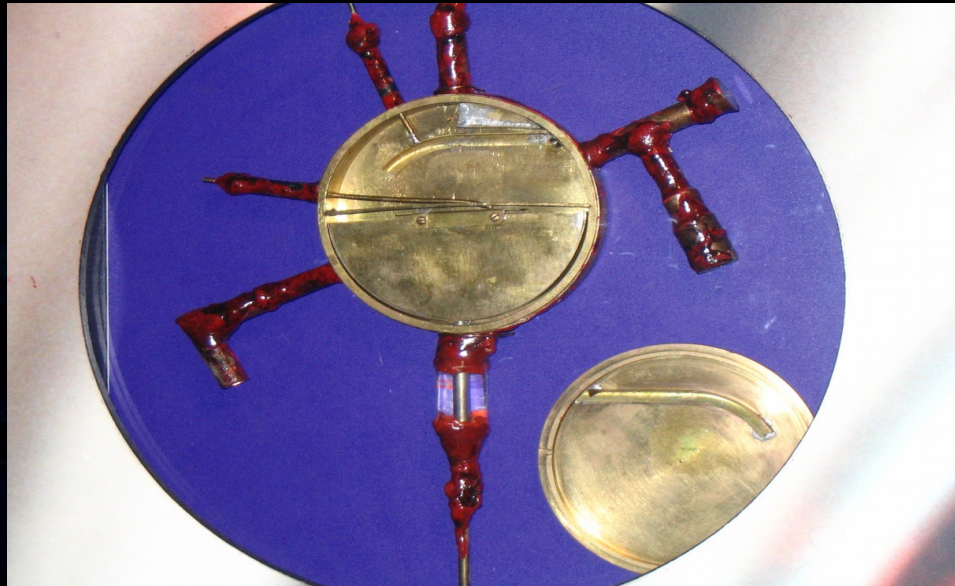
E. O. Lawrence: a ciklotron



- Ernest Orlando Lawrence**
(1901 Canton DA- 1958 Palo Alto CA)
- Uranium izotóp szeparálása
 - Ciklotron feltalálása
 - 1929 Nobel díj
 - Lawrencium a 103. elem őrzi a nevét



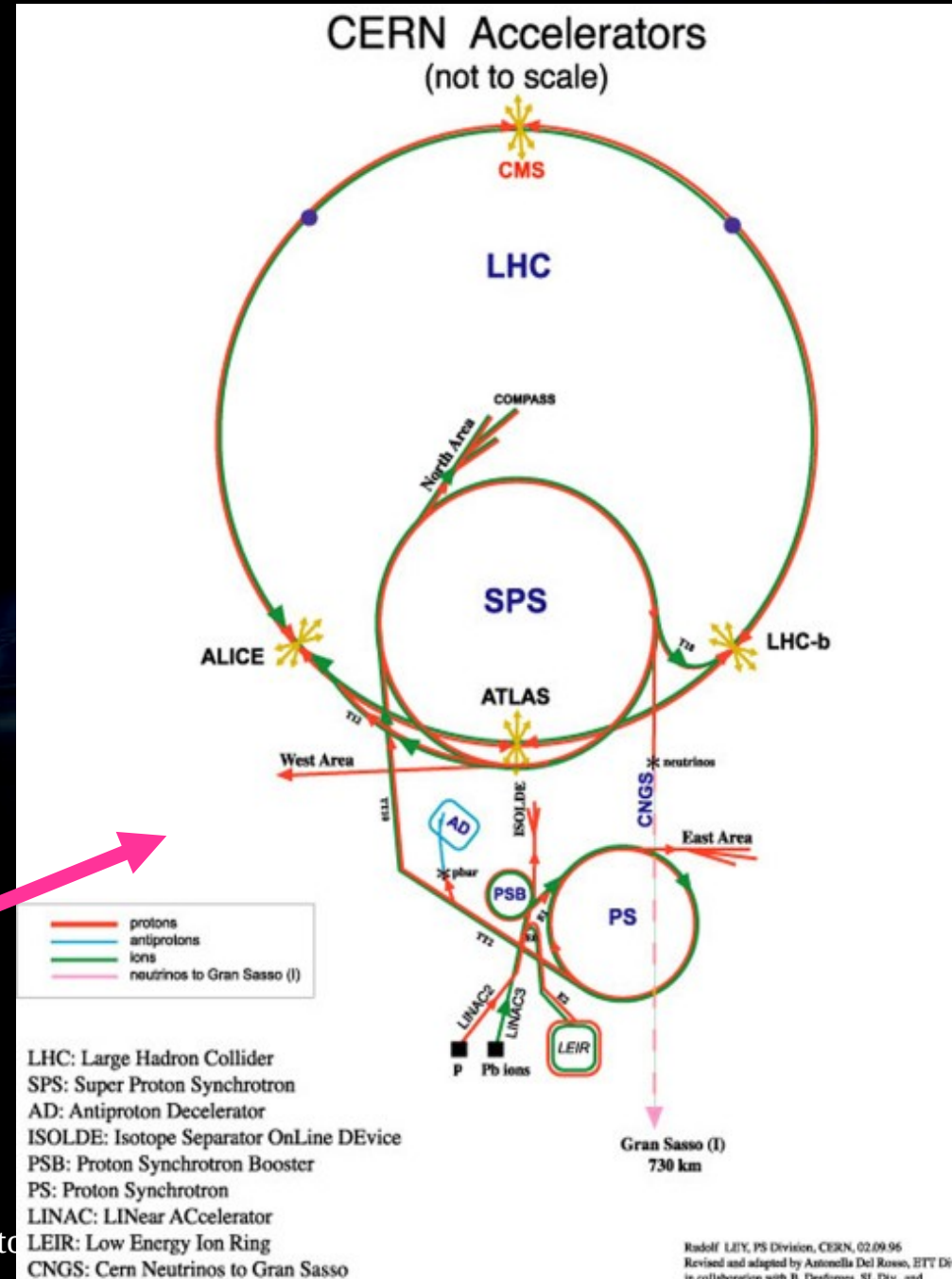
Gyorsítók 1930 vs. 2010



Az első ciklotron, 1930, Lawrence

Átmérő:	12 cm	($1.2 \cdot 10^6$ cm)
Energia:	80 ezer eV	($8 \cdot 10^9$ eV)
Stáb:	1+1 ember	($2 \cdot 10^3$ fő)
Mai ár:	150 euro	($1.5 \cdot 10^8$ €)

Az LHC komplexuma 2010



Első hazai gyorsító - 1951



Simonyi Károly

(1916 Egyházashalva - 2001)

- mérnök, fizikus

- 1952

* BME Elméleti villamosságtan

* KFKI Atomfizika osztály

* Soproni Egyetem, Van de Graaf

- Számos könyv és jegyzet szerzője



The background of the slide features a perspective view of a particle accelerator tunnel, with blue structural elements and glowing blue lines and dots that form a network-like pattern, suggesting a complex scientific or technological environment.

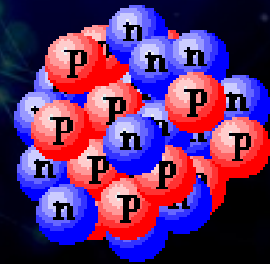
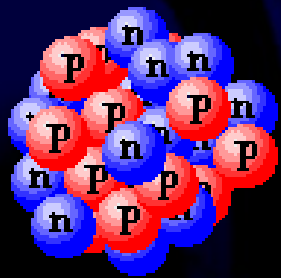
Na de akkor...

**...mire is való egy
részecskegyorsító?**

Mi történik a képeken?



Alapelv: a mozgási energia növelése



...és belső energiává alakítása ütköztetéssel

Tehát...

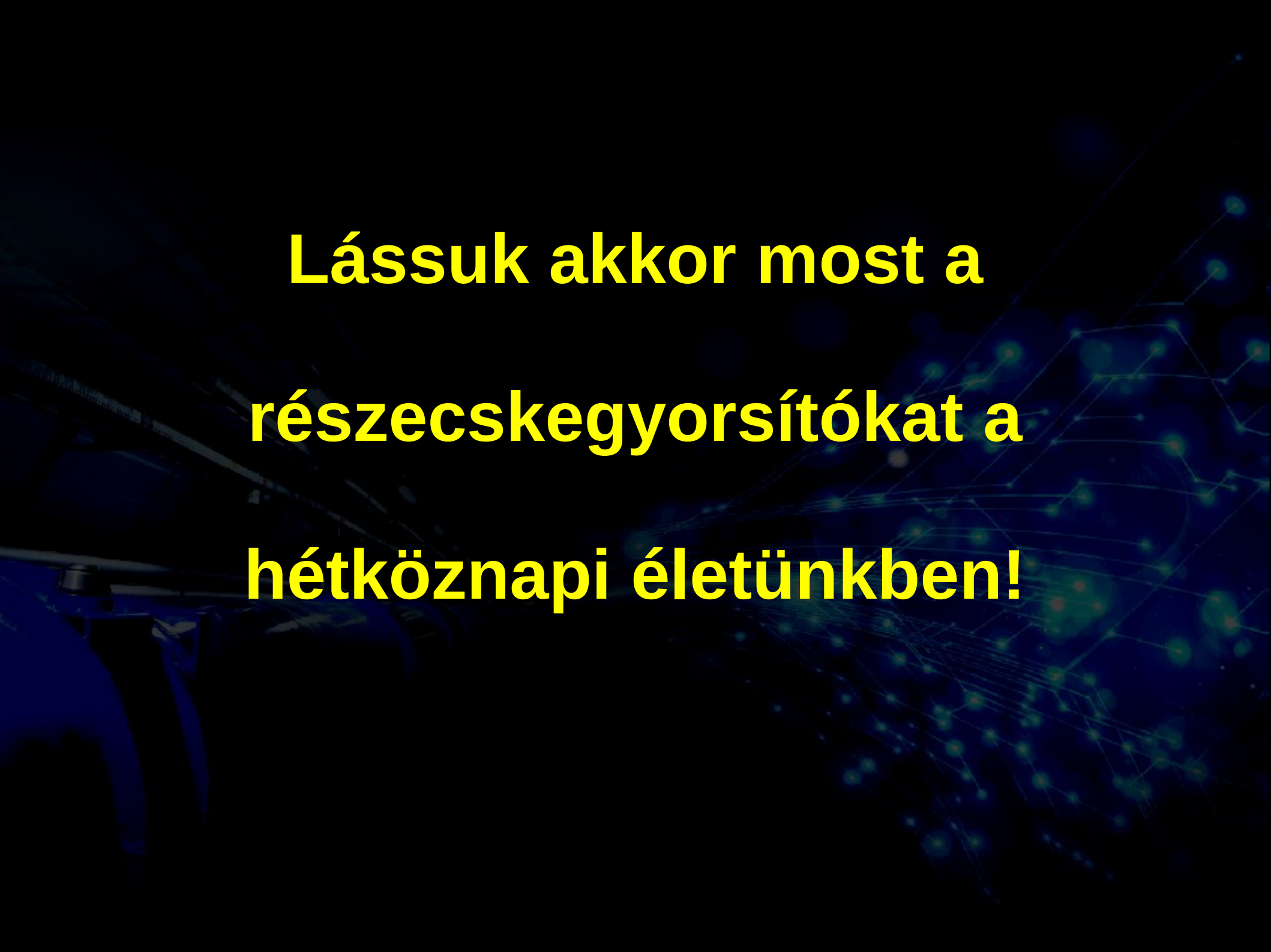
azért gyorsítunk, hogy:

**ütköztessünk és növeljük az
ütközés során a belső energiát.**

**Ezáltal új részekéket, módosított
anyagi tulajdonságokat
kaphatunk!**

Példa: Ólom-ólom atommagok ütközése



The background of the slide is a dark blue image of a particle accelerator tunnel. On the left, there are large, blue, curved structures that appear to be part of the accelerator's infrastructure. The right side of the image is dominated by a complex network of glowing blue lines and dots, representing the particle paths and interaction points within the accelerator.

**Lássuk akkor most a
részecskegyorsítókat a
hétköznapi életünkben!**

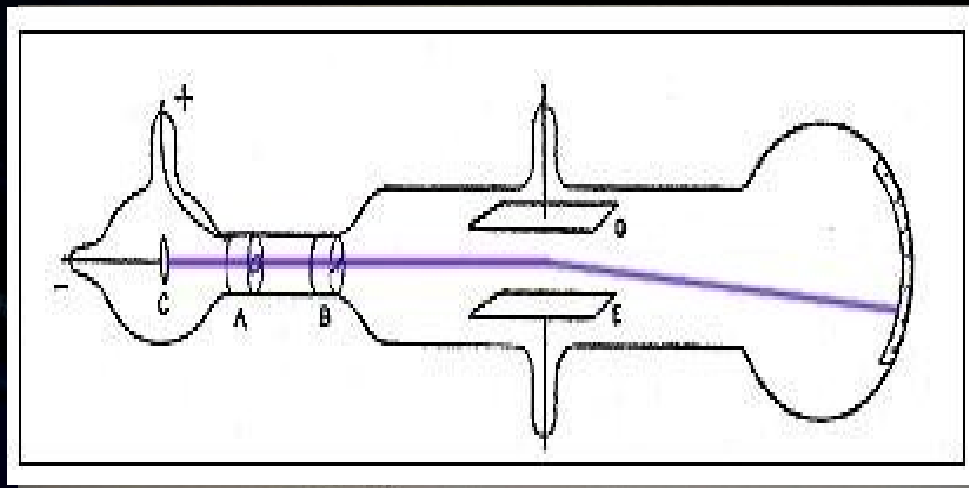
Részecskegyorsító otthon



Katódsugárcső (tévéképcső) részei:

- elektronforrás
- eltérítő lemezek
- fókuszáló mágnes
- képernyő

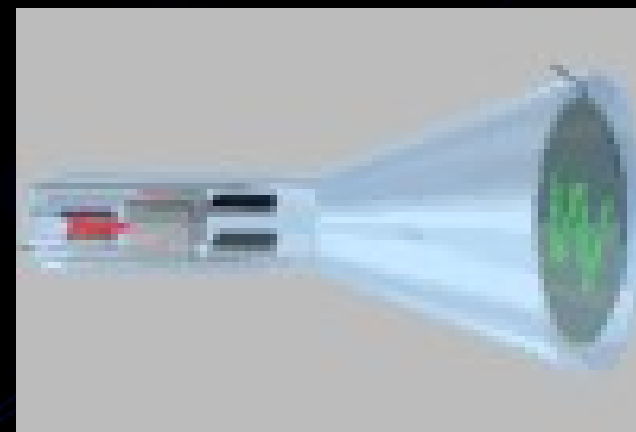
Részecskegyorsító otthon



Katódsugárcső (tévéképcső) részei:

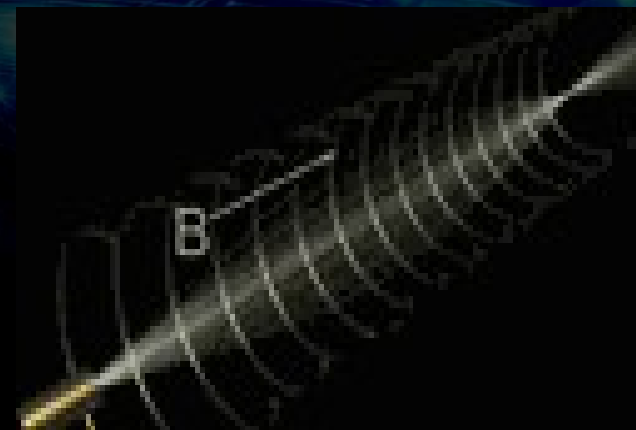
- elektronforrás
- eltérítő lemezek
- fókuszáló mágnes
- képernyő

Részecskegyorsító otthon

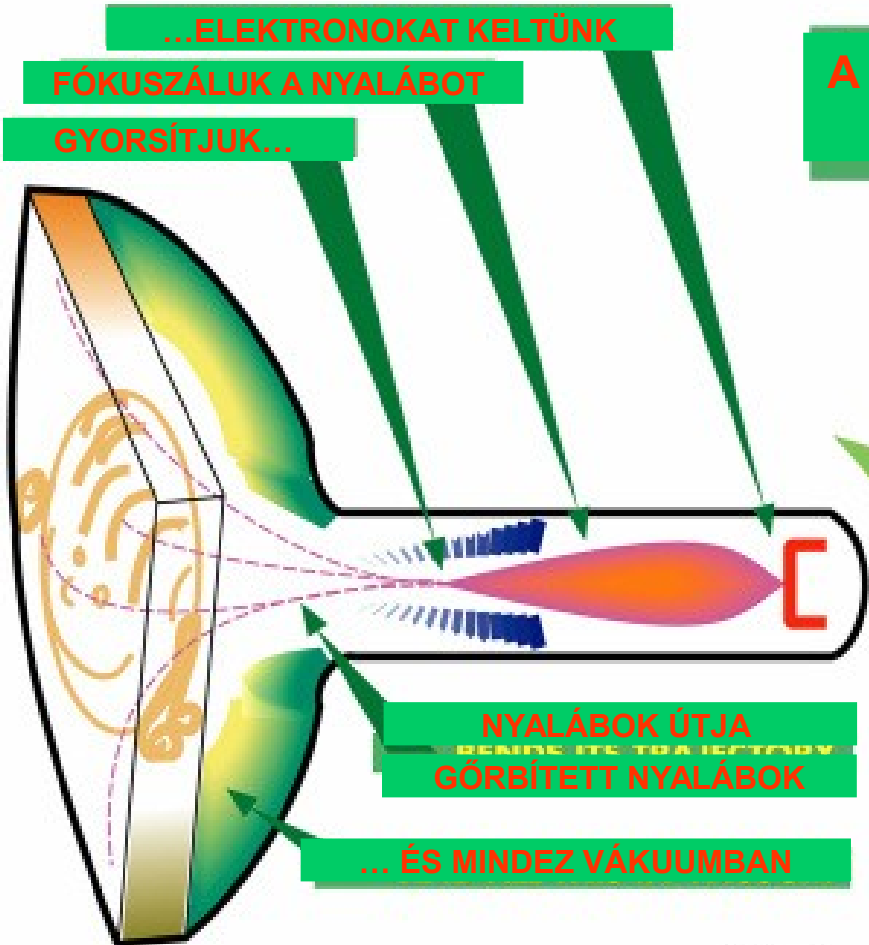


Katódsugárcső (tévéképcső) részei:

- elektronforrás
- eltérítő lemezek
- fókuszáló mágnes
- képernyő

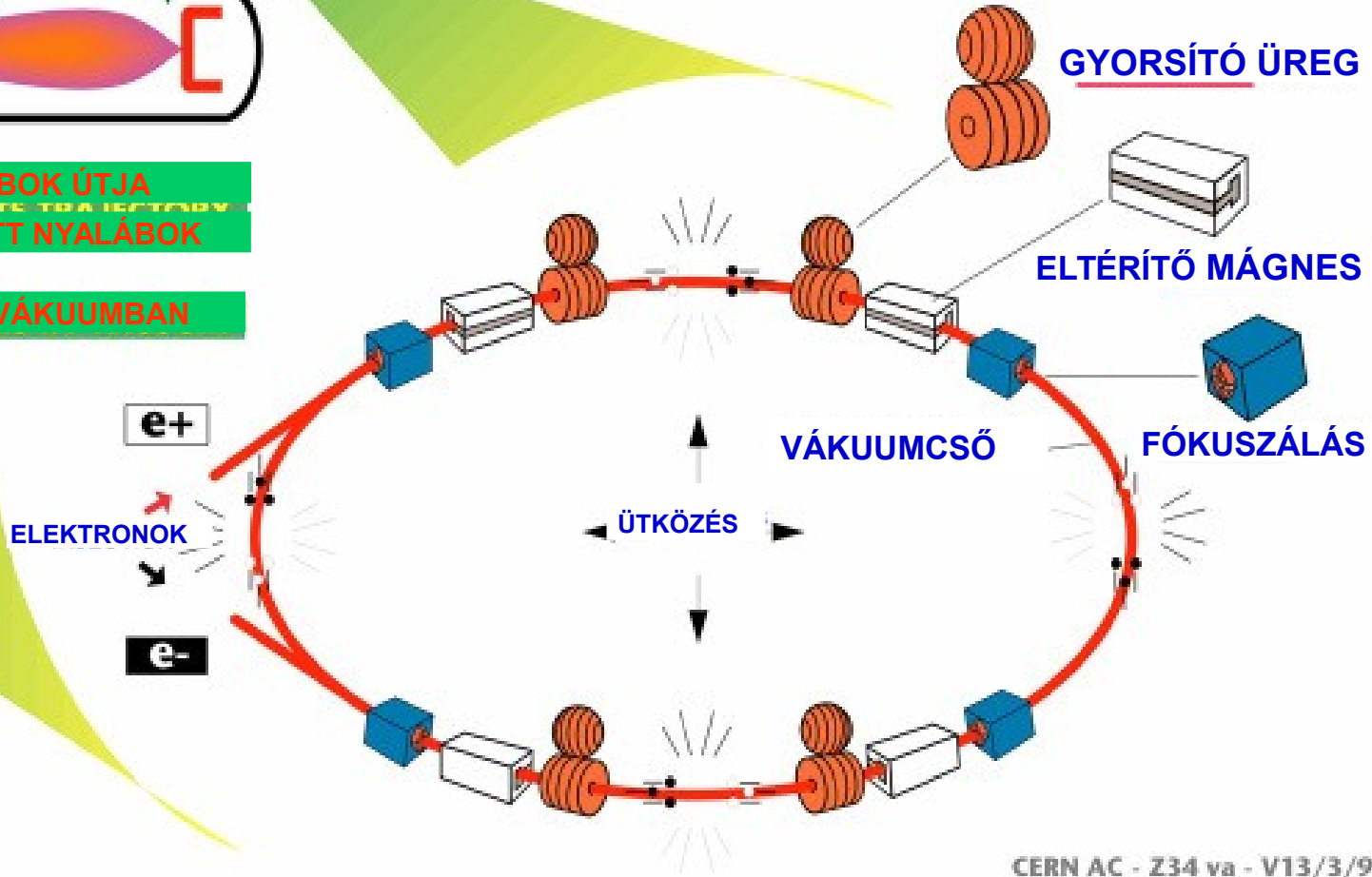


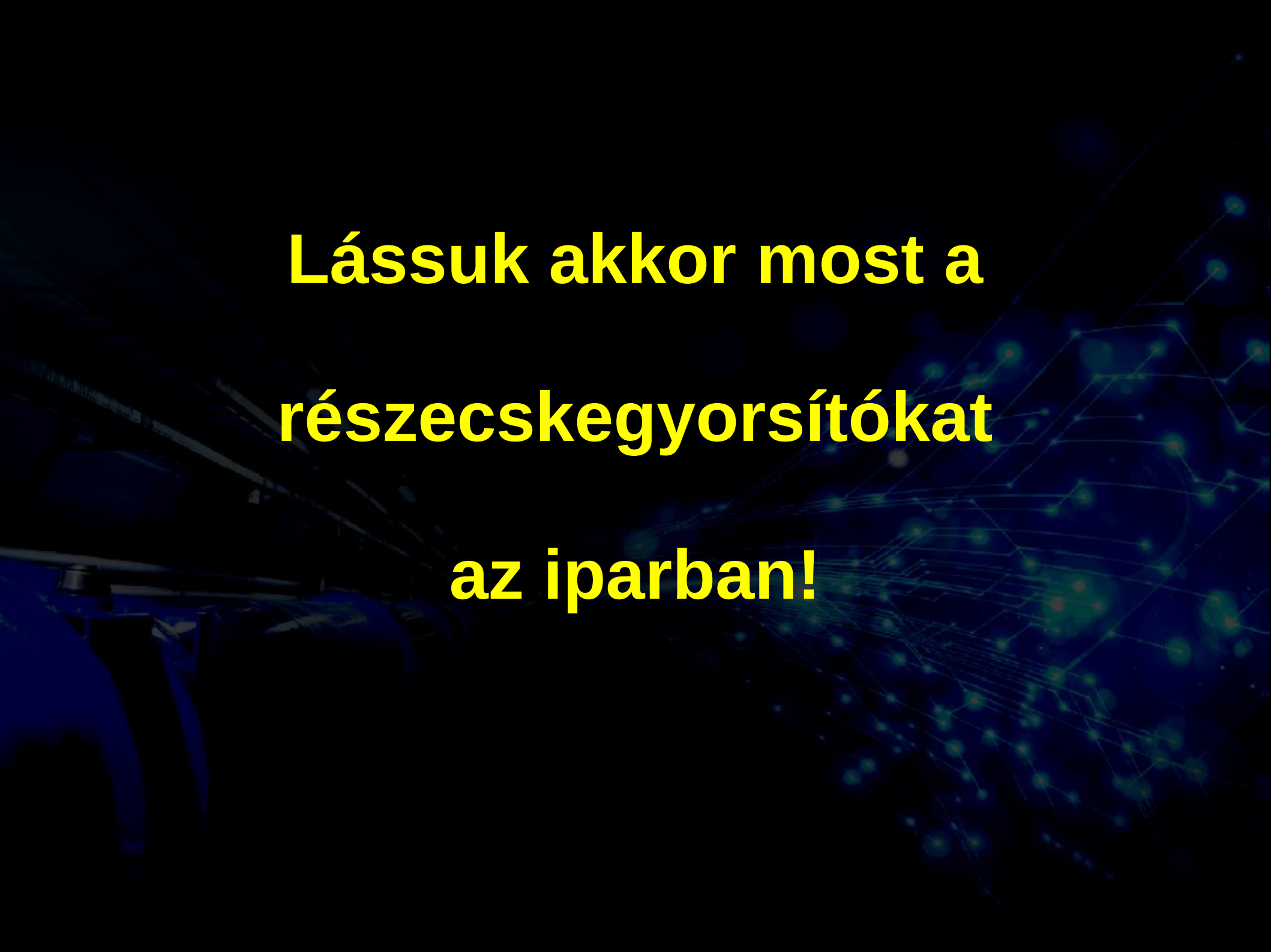
A régi háztartásokban volt részecskegyorsító



A TV képcsőve elektronokat gyorsít
20 000 V feszültséggel

A LEP-ben (CERN) az elektronok
gyorsítása 100 000 000 000 V
feszültséggel történik



The background of the slide is a dark blue gradient. On the left side, there are several large, horizontal, cylindrical structures that resemble particle accelerator pipes, receding into the distance. On the right side, there is a complex network diagram consisting of numerous small, glowing blue nodes connected by thin, light blue lines, creating a web-like structure that also recedes into the distance.

**Lássuk akkor most a
részecskegyorsítókat
az iparban!**

Milyen hétköznapi alkalmazások vannak?

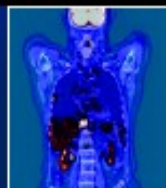
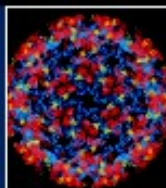
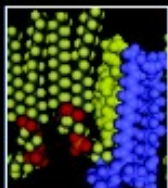
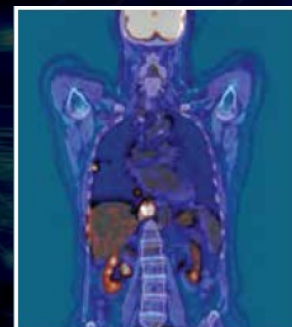
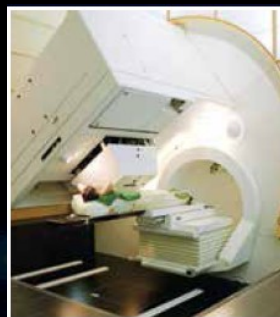
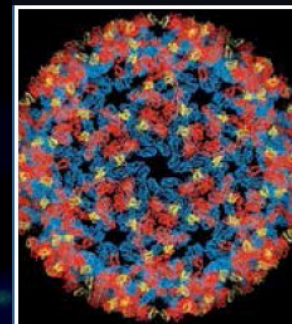
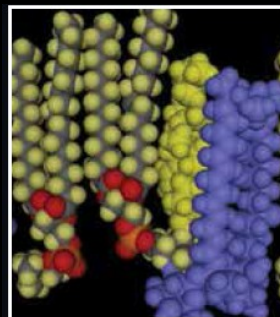
Egészségügy

Új anyagok előállítása

Vegyipar

Viroológia

PET



Milyen hétköznapi alkalmazások vannak?

Gépjárműgyártás



Mikroelektronika



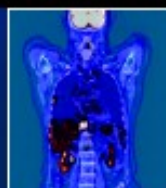
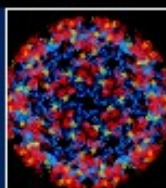
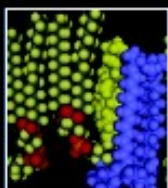
Energetika



Kulturális örökség



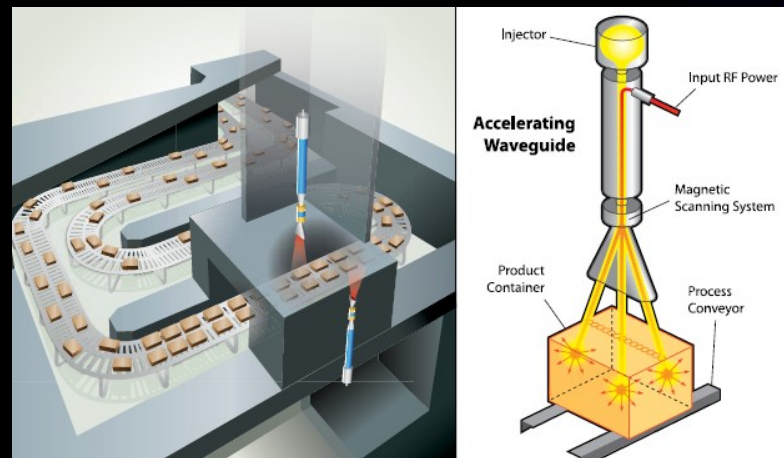
Új energiaforrások



Részecskegyorsítók az élelmiszeriparban

Sterilizálás, tartósítás

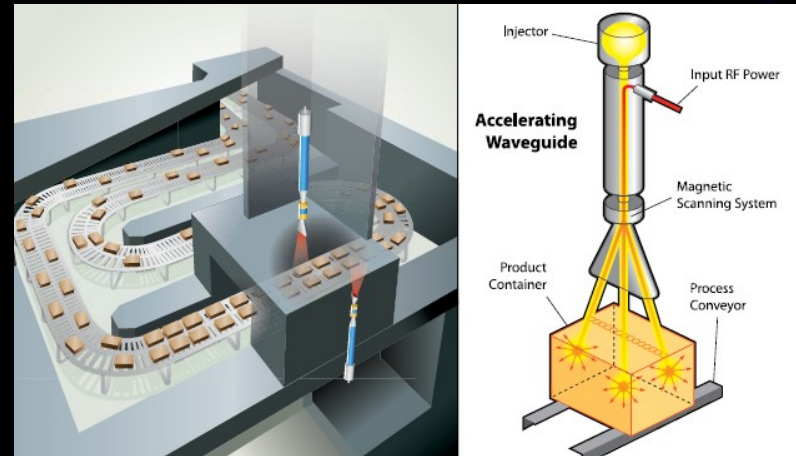
- USA: évente kb. 60 ételmérgezéses haláleset
- Szalmonella, e-coli
- Röntgen vagy elektron
- Roncsolásmentes
- Nem marad aktivitás
- Társadalmi előítélet



Részecskegyorsítók az élelmiszeriparban

Sterilizálás, tartósítás

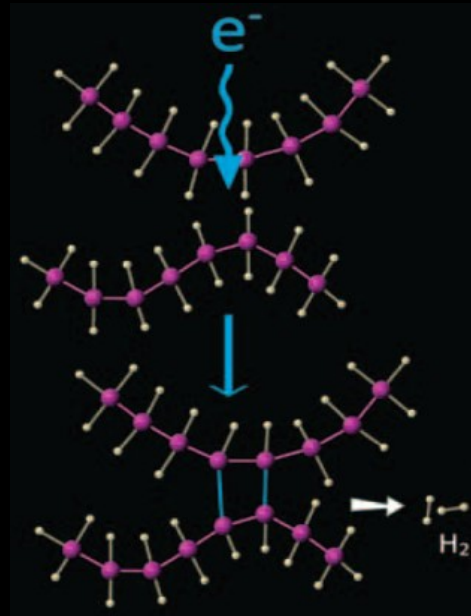
- USA: évente kb. 60 ételmérgezéses haláleset
- Szalmonella, e-coli,
- Röntgen vagy elektron
- Roncsolásmentes
- Nem marad aktivitás
- Társadalmi előítélet



Részecskegyorsítók a műanyagiparban

Polimerek módosítása

- Anyagok módosítása alacsony energiás besugárzással.
- 0,1-10 MeV-től MW-ig
- Elektron besugárzással
- Kb. 1500 ilyen üzem van
- Hőálló műanyagok, kábelszigetelők, autógumik



Részecskegyorsítók a nyomdaiparban

Műanyag és papír vagy karton felületeken

- Elektron nyalábbal

- 600 m/perc nyomtatás

- vízbázisú, 12 szín

- Környezetbarát: nincs veszélyes oldószer



Részecskegyorsítók a nehéziparban

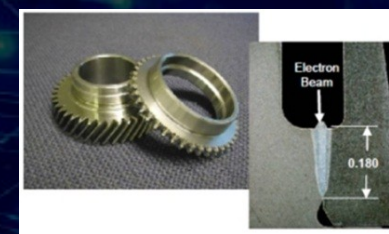
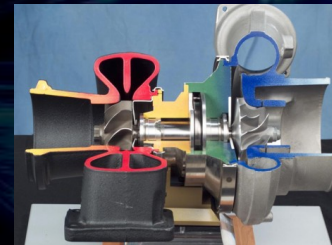
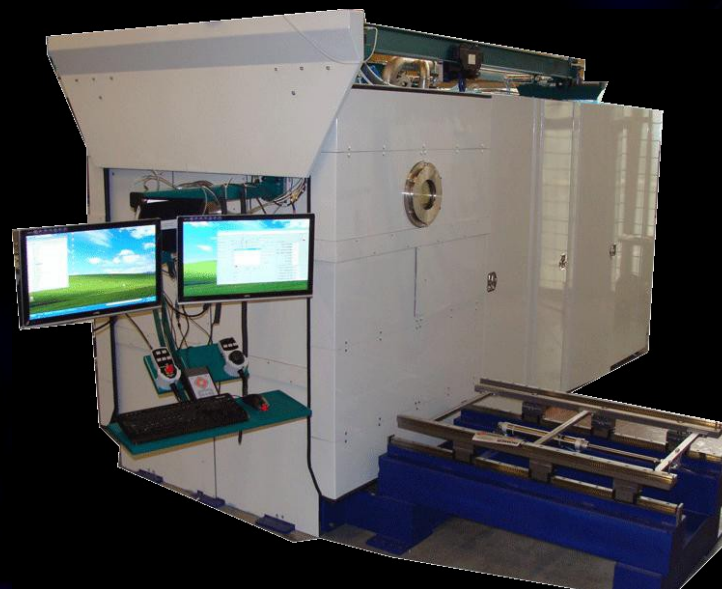
Hegesztés, lyukfúrás

- Extrém anyagok: autó-, repülő, űripár

- 3000 lyuk/másodperc

- Turbófeltöltők, turbinák, injektorok, repülőgép-hajtómű mélyhegesztése

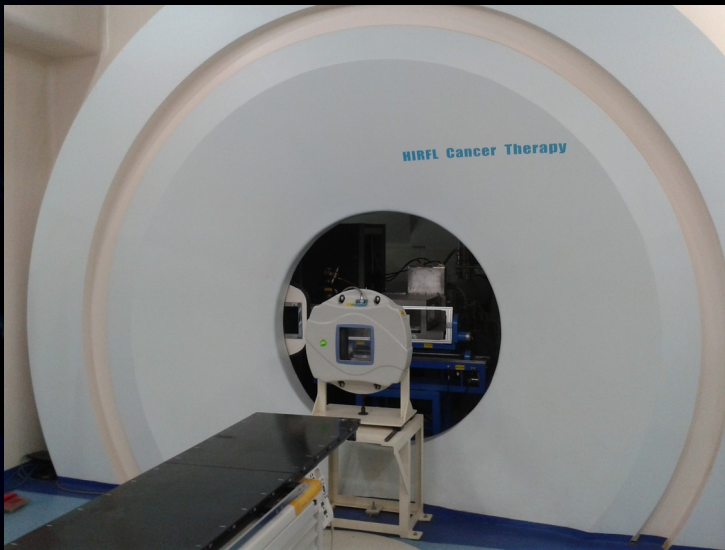
- Korrózióvédelem



Részecskegyorsítók az egészségügyben

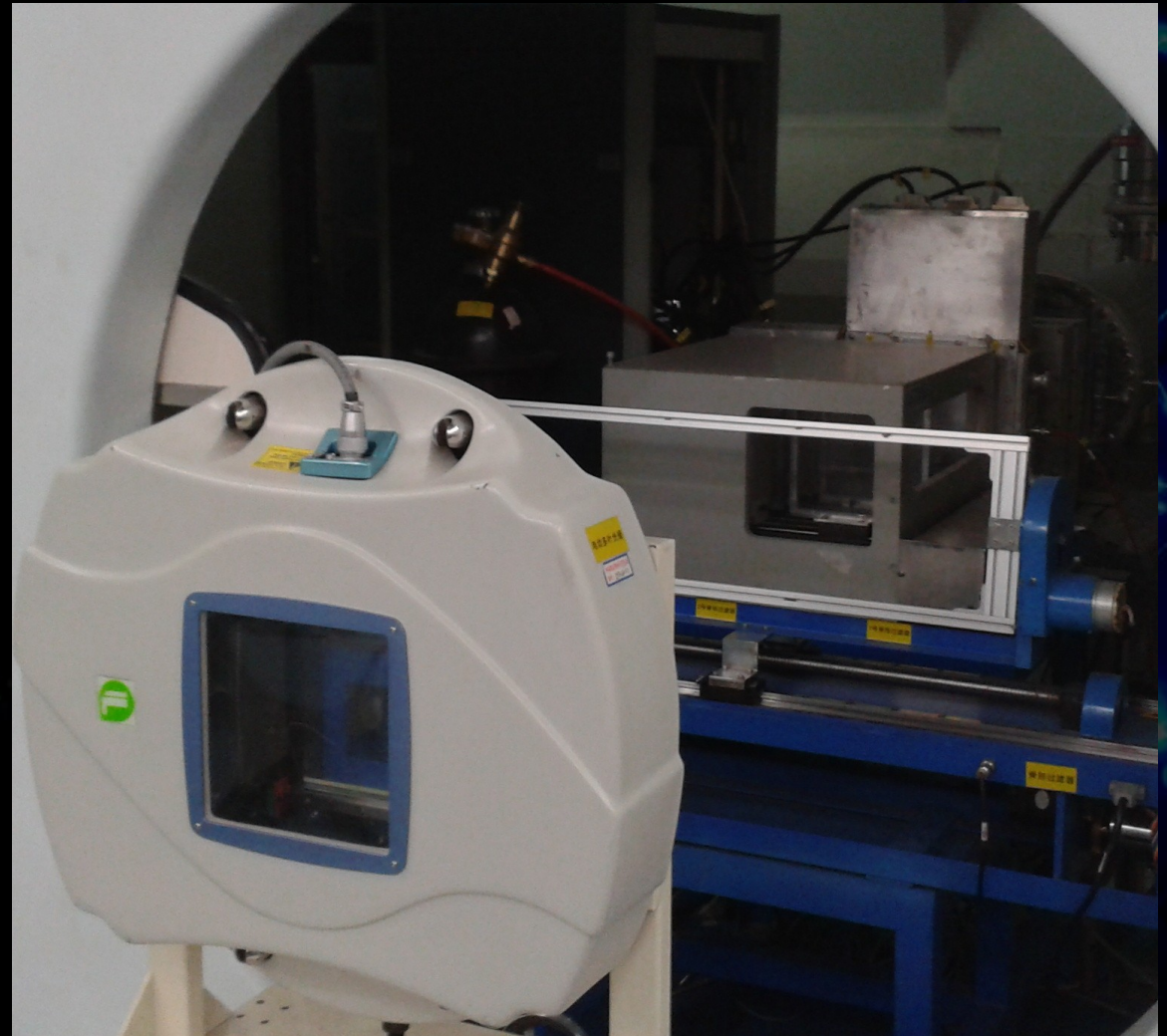


Részecskegyorsítók az egészségügyben

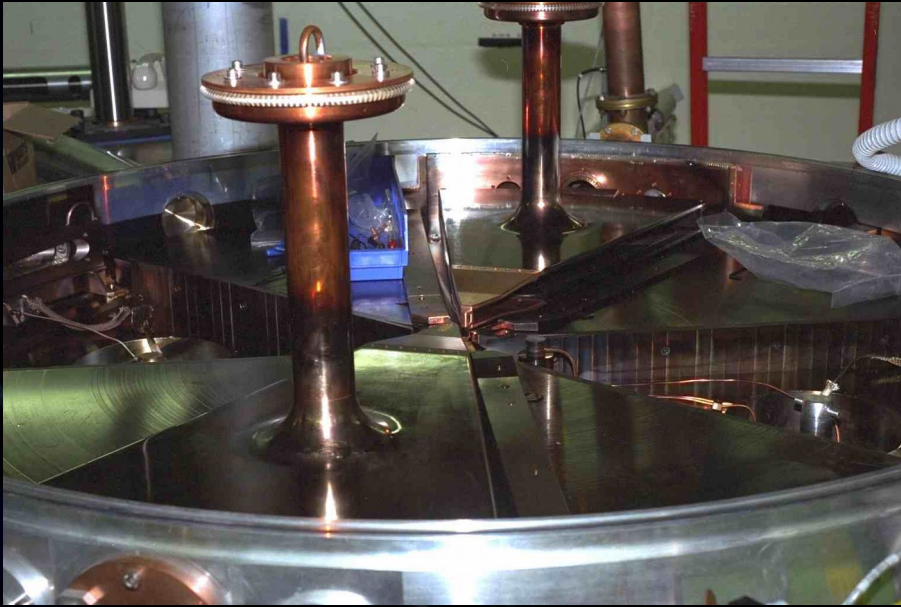


Hadrontherápia

- Fókuszált, nagyenergiás hadronnyaláb
- Előre tervezett therápia
- Nyaláb: proton, szén



Részecskegyorsítók az egészségügyben

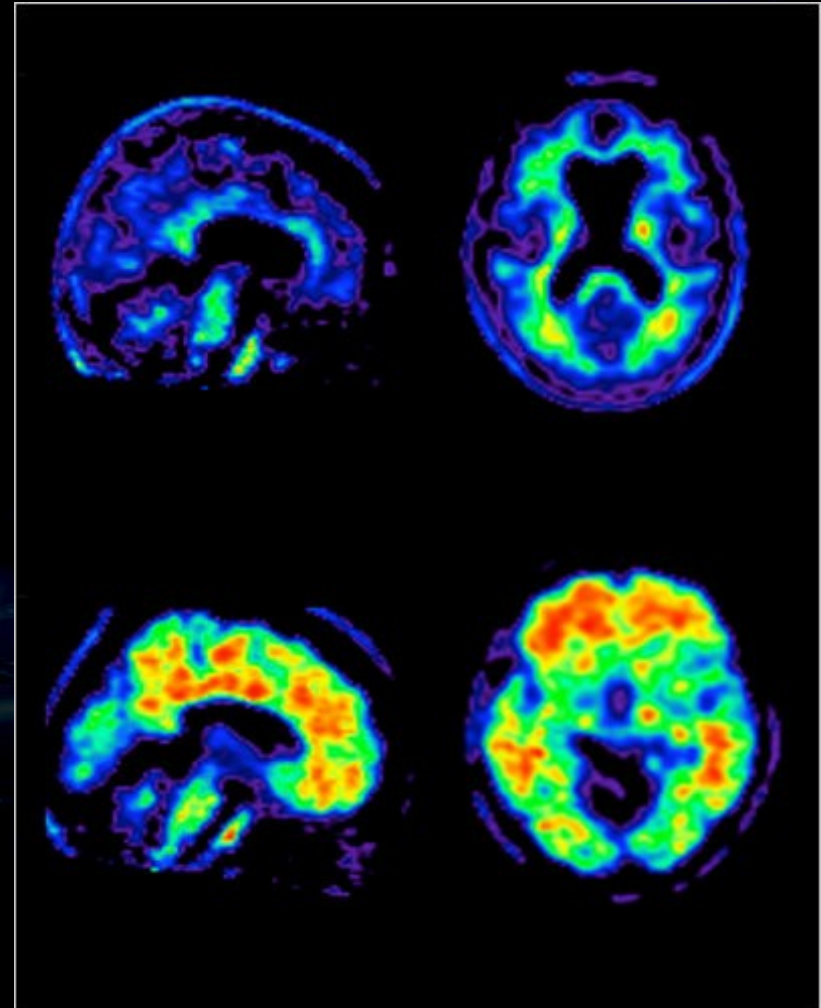


Orvosi izotópok

- Gyorsan bomló izotópok előállítása helyben

- ^{18}F , $^{11}\text{CO}_2$, $^{11}\text{CH}_4$, ^{13}N , ^{15}O

- PET & CT alkalmazások



Részecskegyorsítók a nemzetbiztonságban

Tárgyak átvilágítása

- Utasok, konténerek, hajók, kamionok
- Évente 2 milliárd tonna áru halad át az USA határain
- 5 perces szkennelés
- Nagyobb energia, nagyobb felbontás



Részecskegyorsítók a nemzetbiztonságban

Tárgyak átvilágítása

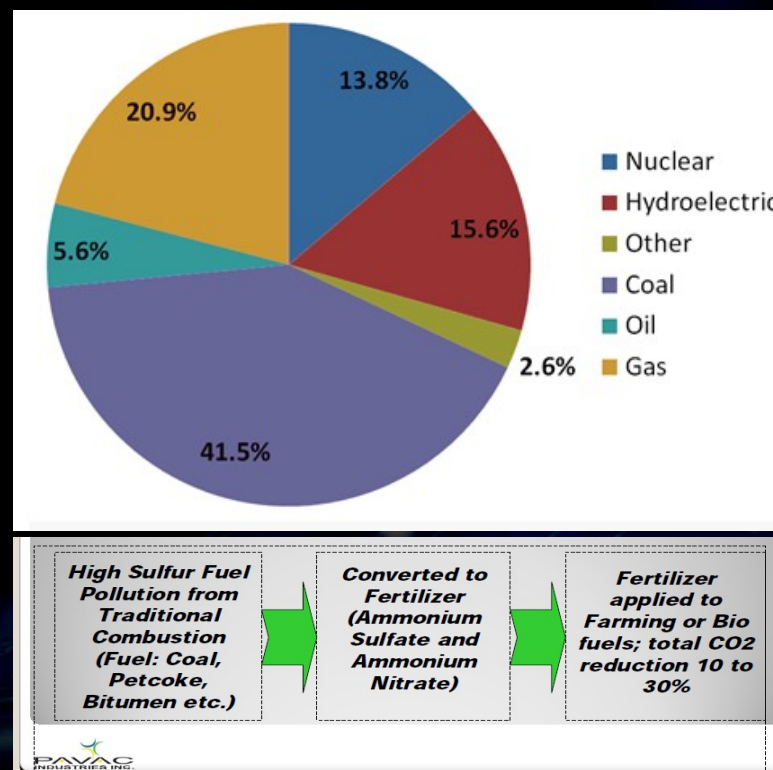
- Utasok, konténerek, hajók, kamionok
- Évente 2 milliárd tonna áru halad át az USA határain
- 5 perces szkennelés
- Nagyobb energia, nagyobb felbontás



Részecskegyorsítók és környezetvédelem

Környezetvédelem

- Elektromos energia szén alapú tüzelőből: 41%
- Gyorsítókkal, az NO_x és SO_y gázok kibocsájtása 10-30%-ban csökkenthető
- Műtrágyává alakítható



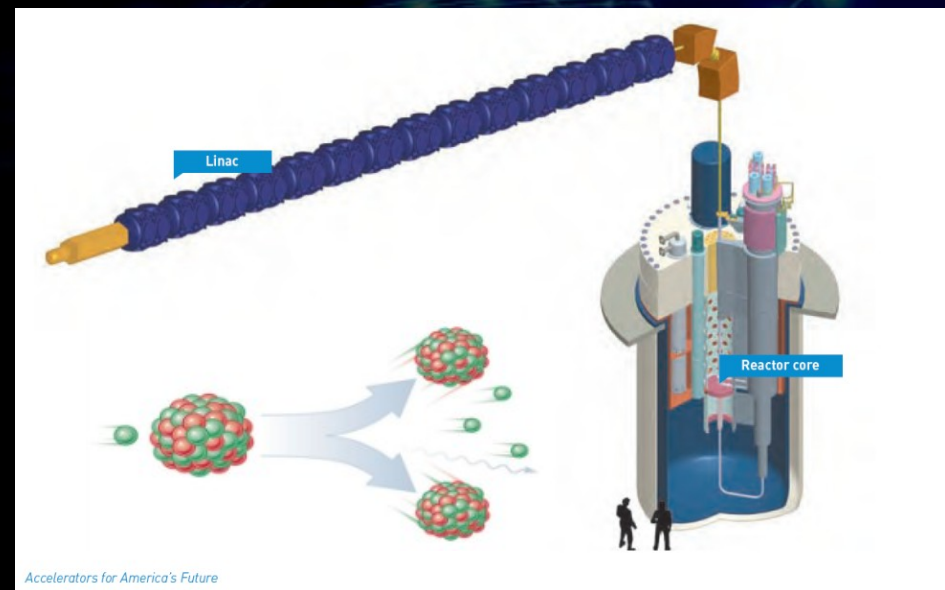
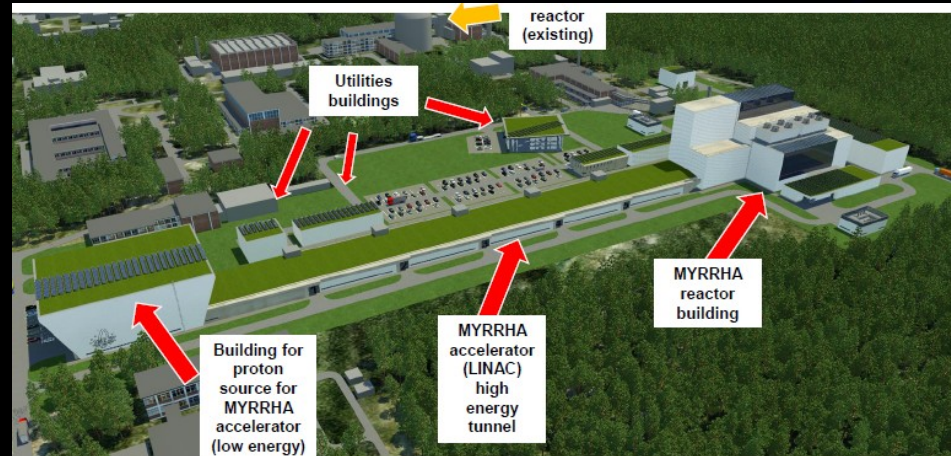
Részecskegyorsítók az energetikában

Gyorsító-vezérelt subkritikus reaktor

- A nukleáris hulladék magreakciókkal átalakítható.

- Biztonságos: Proton gyorsítással neutronokat generál, ezzel hozza létre a láncreakciót. Ha kikapcsol a gyorsító leáll a reaktor.

- Stabil 10 MW gyorsító



Jó befektetés-e egy gyorsító?

EU és USA DoE támogatja

- Jelenleg 24 000 részecskegyorsító működik a világban
- 400 Milliárd EUR értékű termék készül ilyen berendezésekkel évente.
- 75 000 beteget kezeltek eddig hadronterápiával
- Csak 200 gyorsító van a mintegy 24 000 gyorsító közül az alap kutatásba
- Igaz a legnagyobb a miénk :-) is 1%-ban

More than **400 B€** of end products are produced, sterilized, or examined using industrial accelerators annually worldwide.

More than **24 000** particle accelerators have been built globally over the past **60 years** to produce charged particle beams for use in industrial processes. This number does not include the more than **11 000** particle accelerators that have been produced exclusively for medical therapy with electrons, ions, neutrons, or X-rays.

More than **24 000** patients have been treated by hadron therapy in Europe.

More than **75 000** patients have been treated by hadron therapy in the world.

Around **200** accelerators are used for research worldwide, with an estimated yearly consolidated cost of **1 B€**.

The world's largest particle accelerator, the Large Hadron Collider (LHC), is installed in a tunnel **27 km** in circumference, buried 60-175 m below ground.

The temperature of the superconducting magnets in the LHC reaches **-271 °C**. In contrast, the temperature at collision point is 1000 million times hotter than that of the Sun's core.

Összefoglalás:

A részecskegyorsítók ott vannak a mindennapokban

A legnagyobbakat látjuk, a kisebbek hatását élvezzük

Az alkalmazási területek:

- mikroelektronika és elektronikai ipar: félvezető gyártás
- vegyipar és műanyagipar: polimerek módosítása
- nehézipari hegesztés: autó- és repülőgép gyártás
- élelmiszeripar, sterilizálás
- egészségügyi alkalmazások: PET, hadrontherápia
- energetika és környezetvédelem
- biztonsági berendezések: kaimon-, konténerszkenner

Járulékos haszon (tudományos gyorsítók):

- új anyagok kifejlesztése
- erős mágnesek
- új technológiák, eljárások,
- Big Data és IT alkalmazások

