

Nyalábkicsatolási eszközök és módszerek a jövő gyorsítójában

Barna Dániel
Wigner Fizikai Kutatóközpont

<http://wigner.mta.hu/~barna>
barna.daniel@wigner.mta.hu

2018.11.15. TDK Hét, ELTE

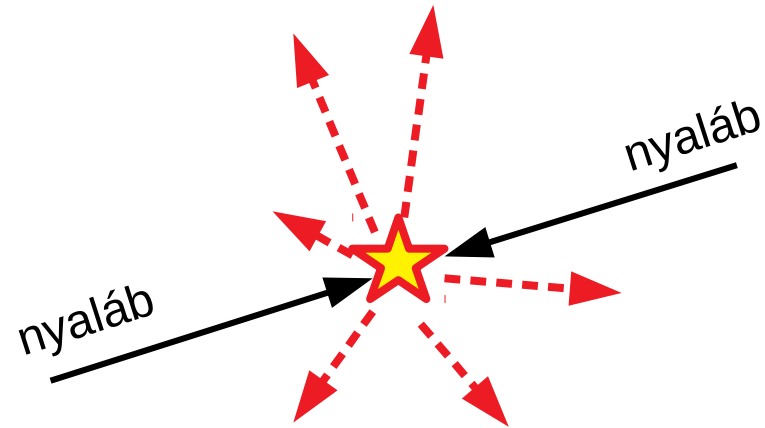
Áttekintés

- Miért akarunk nagyobb gyorsítókat
- Az egyik európai javaslat: az FCC ütköztetőgyűrű
- A kicsatoló rendszer
 - **Beam dilution system**
 - Kicsatoló szeptum mágnes

Az energia-tömeg összefüggés

- Einstein:

$$E = m c^2$$

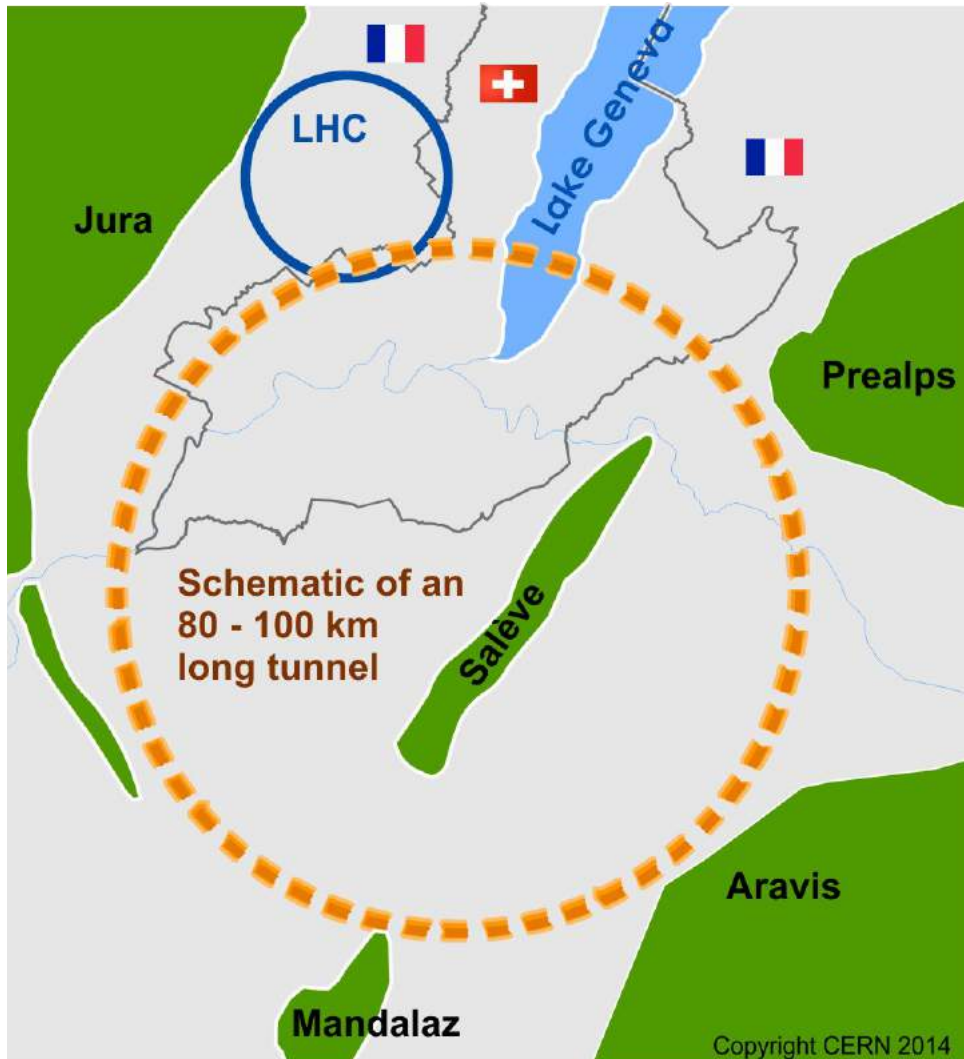


- Minél nagyobb tömegű részecskét szeretnénk kelteni egy ütközésben, annál nagyobb energiára van szükségünk
- Új részecskék felfedezéséhez az út: nagyobb energiák

Miért akarunk még nagyobb energiákat?

- 2012 – LHC (Large Hadron Collider, 7+7 TeV ütközési energia): Higgs bozon felfedezése. Megvan a *Standard Modell* hiányzó láncszeme. Bezárhatjuk a boltot?
 - A Higgs-ről még sokat meg lehet tudni
- A világot sosem értjük meg teljesen, mindig csak egy jobb modellt gyártunk.
- Az eddigi kísérleti tények (egy része) és az elmélet egyik önkonzisztens modellje most szinkronba került
- Nem hihetjük, hogy ez a modell megfelelően működik minden energiaskálán.
- Sötét anyag?
- Anyag-antianyag szimmetria?
- Szuperszimmetria?

Future Circular Collider - CERN



- 80-100 km
- köztes lépés: 90-400 GeV elektron-pozitron
- majd: 50+50 TeV ütk. energia proton-proton

A nyaláb nem játék!!!

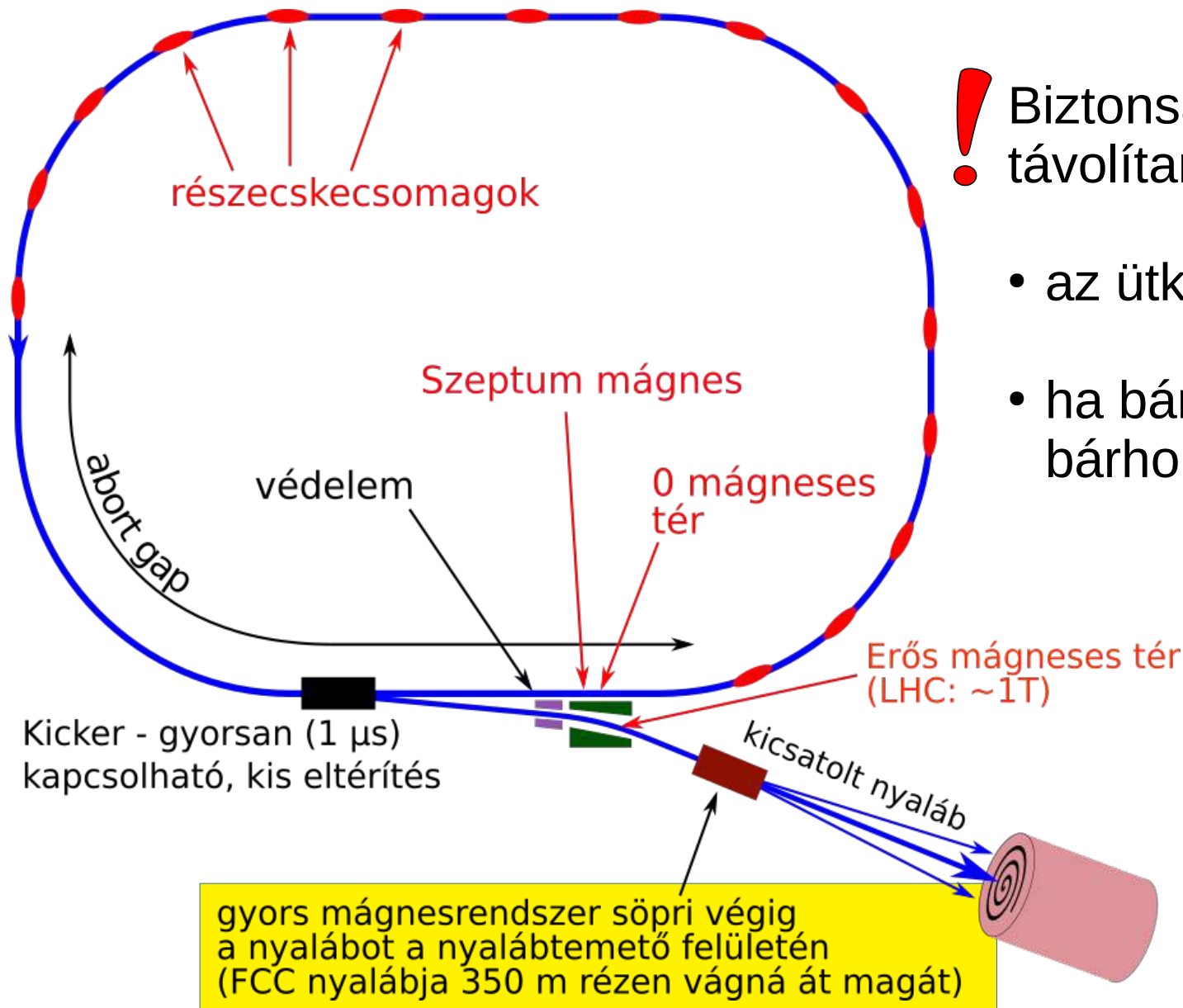


- FCC nyaláb energiája: 8 GJ
(Boeing 747: 330 tonna, 800 km/h)

- 12 tonna rézet megolvasztana
- 300 méter rézen átfúrja magát
1 pontba becsapódva



Nyaláb kicsatolás, nyalábtemető



! Biztonságosan el kell távolítani a nyalábot:

- az ütközési ciklus végén
- ha bármi hibajel érkezik bárholonnan

Az LHC nyalábtemetője



Az LHC nyalábtemetője

- Rétegzelt szén tömb
- 700 mm átmérő
- 7.7 m hossz
- >1000 °C felmelegedés ($90 \mu\text{s}$)
- Ha vákuumban lenne, egy esetleges levegő szivárgás hatására meggyulladna
- Túlnyomásos nitrogén környezetben van, egy speciális ablak választja el a gyorsító vákumától

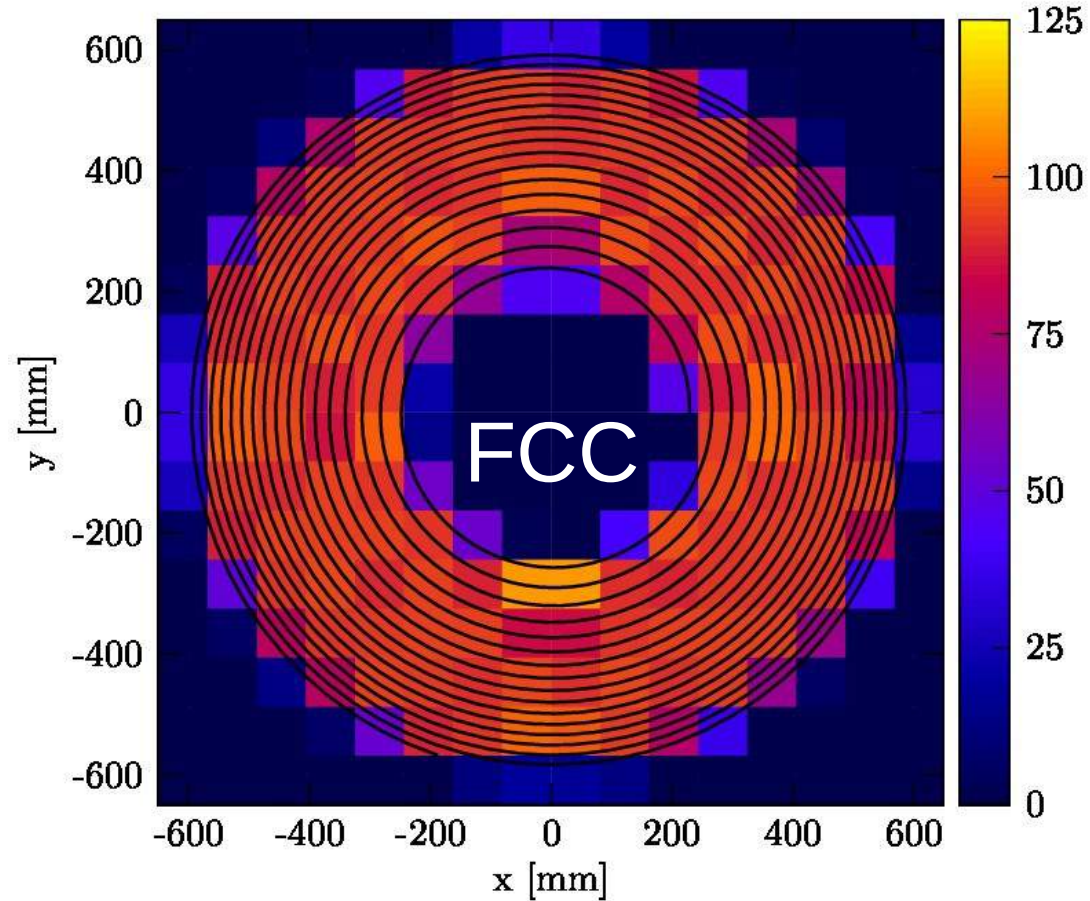
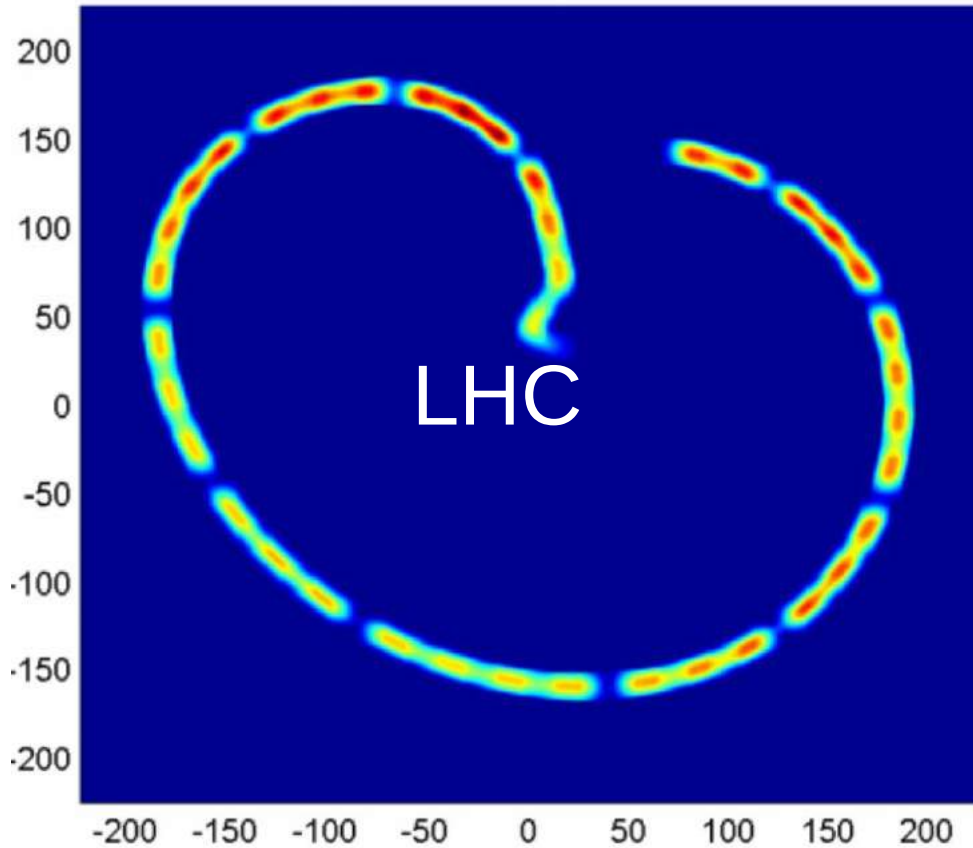
Az LHC nyalábtemetője

FCC – 23x ekkora az egy nyalábban tárolt energia!!!

- Rétegzelt szén tömb
- 700 mm átmérő
- 7.7 m hossz
- >1000 °C felmelegedés (90 μ s)
- Ha vákuumban lenne, egy esetleges levegő szivárgás hatására meggyulladna
- Túlnyomásos nitrogén környezetben van, egy speciális ablak választja el a gyorsító vákumától

Nyalábtemetőre festett minta

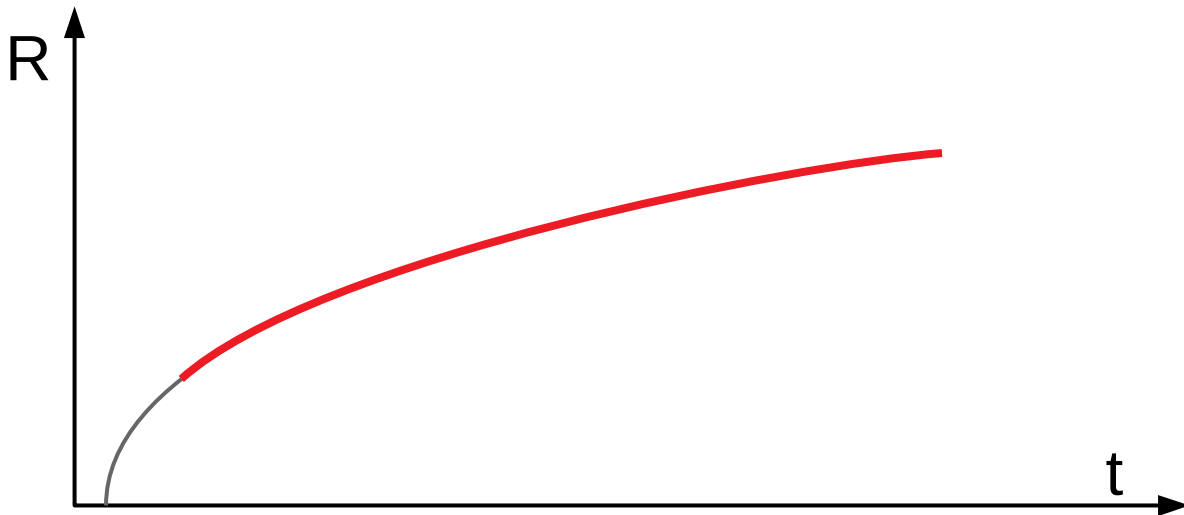
Beam density [p+/mm²] for Sweep



Hosszú spirál

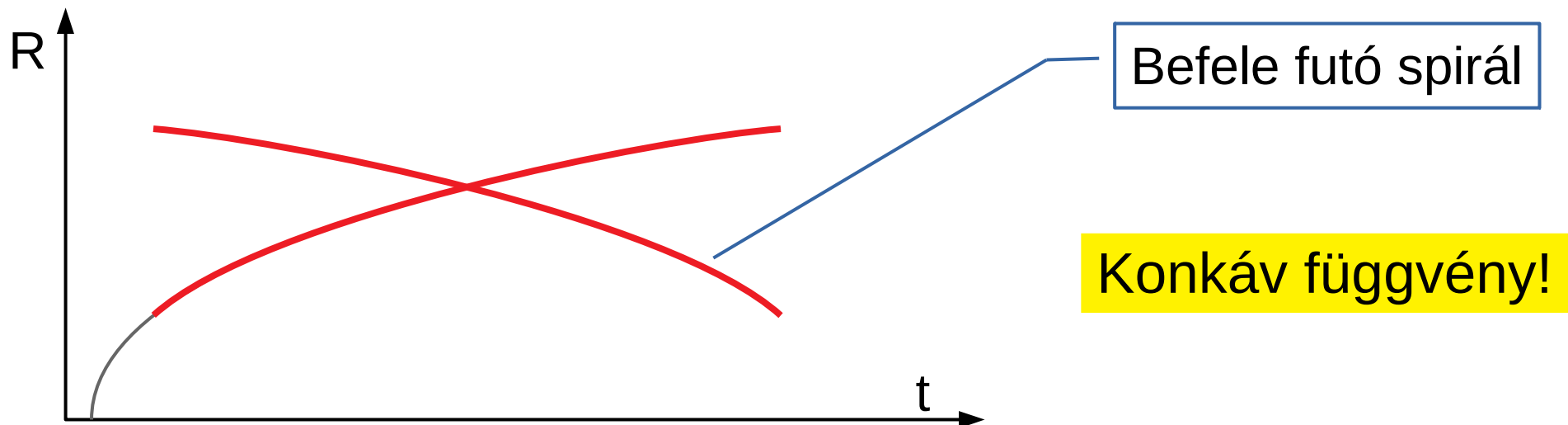
Hogyan nézzen ki a minta?

- Lokális leadott energiasűrűség: mindenhol $<$ megengedett maximum.
- $x(t) = R(t) \cdot \cos(\omega t)$
 $y(t) = R(t) \cdot \sin(\omega t)$
- Besugárzott átlagos terület: $A(t) = R(t)^2 \cdot \pi \sim t$
 $\rightarrow R(t) \sim \text{sqrt}(t)$

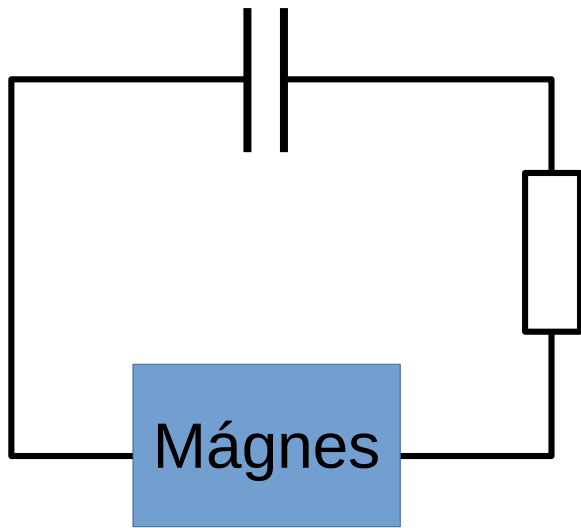


Hogyan nézzen ki a minta?

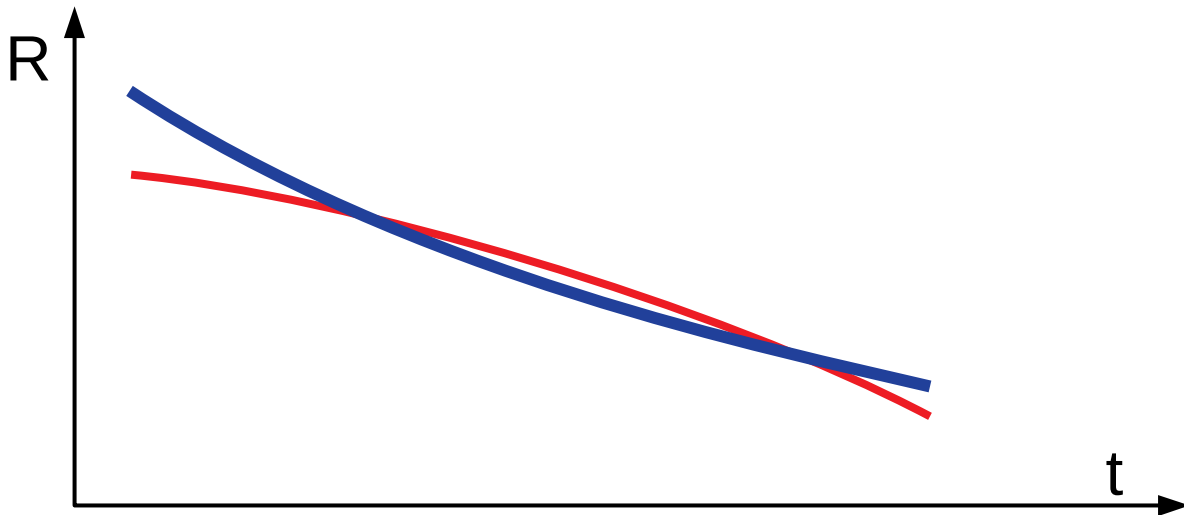
- Lokális leadott energiasűrűség: mindenhol $<$ megengedett maximum.
- $x(t) = R(t) \cdot \cos(\omega t)$
 $y(t) = R(t) \cdot \sin(\omega t)$
- Besugárzott átlagos terület: $A(t) = R(t)^2 \cdot \pi \sim t$
 $\rightarrow R(t) \sim \text{sqrt}(t)$



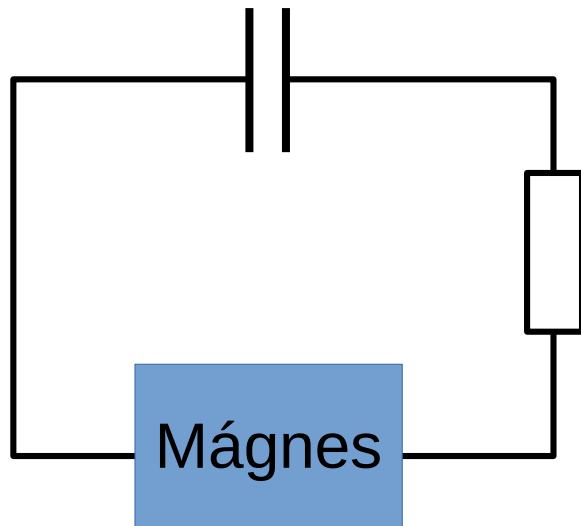
Csillapított LC kör



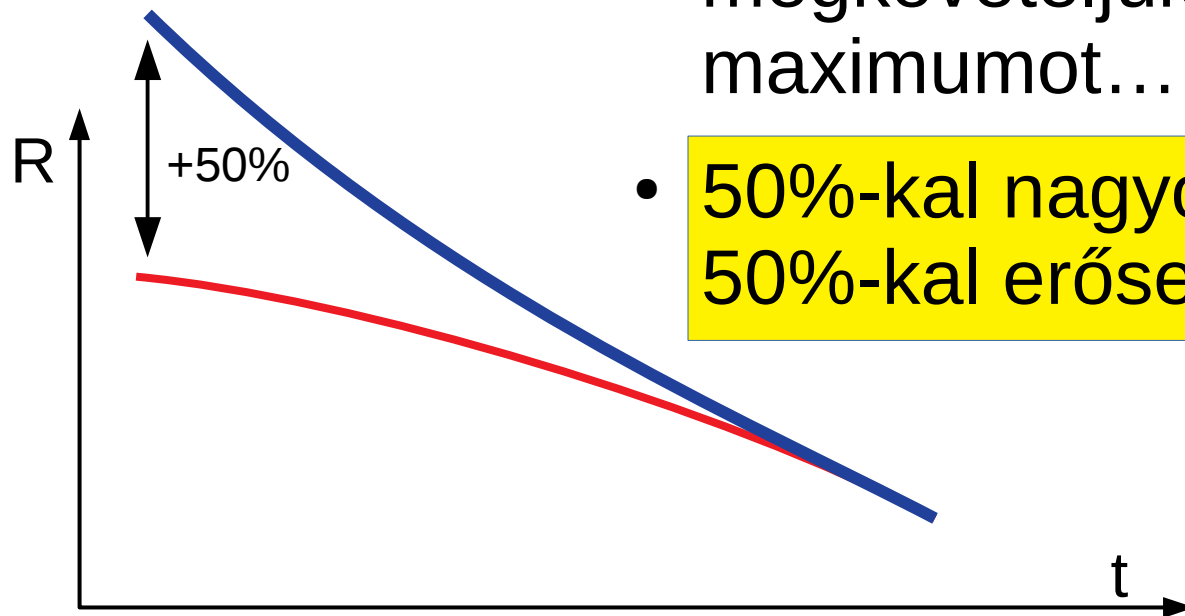
- Kézenfekvő megvalósítás egy befele futó spirálra
- $\exp(-t/\tau) \cdot \cos(\omega t)$
konvex függvény



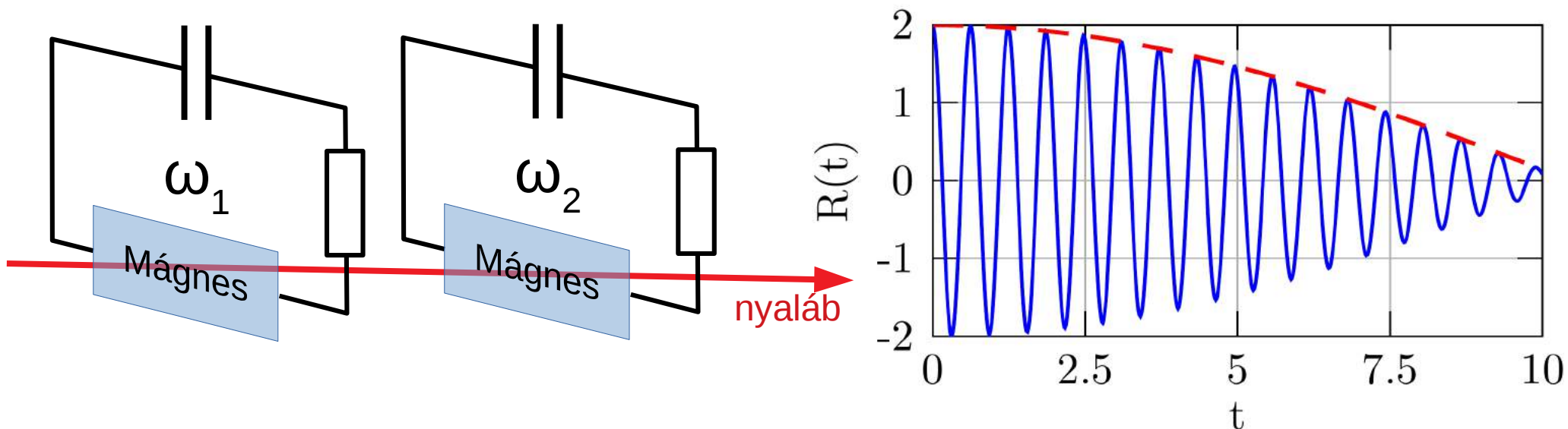
Csillapított LC kör



- Kézenfekvő megvalósítás egy befele futó spirálra
- $\exp(-t/\tau) \cdot \cos(\omega t)$
konvex függvény
- Ha a legkisebb sugárnál megköveteljük az energiasűrűség-maximumot...
- **50%-kal nagyobb nyalábtemető, 50%-kal erősebb kicker mágnesek**



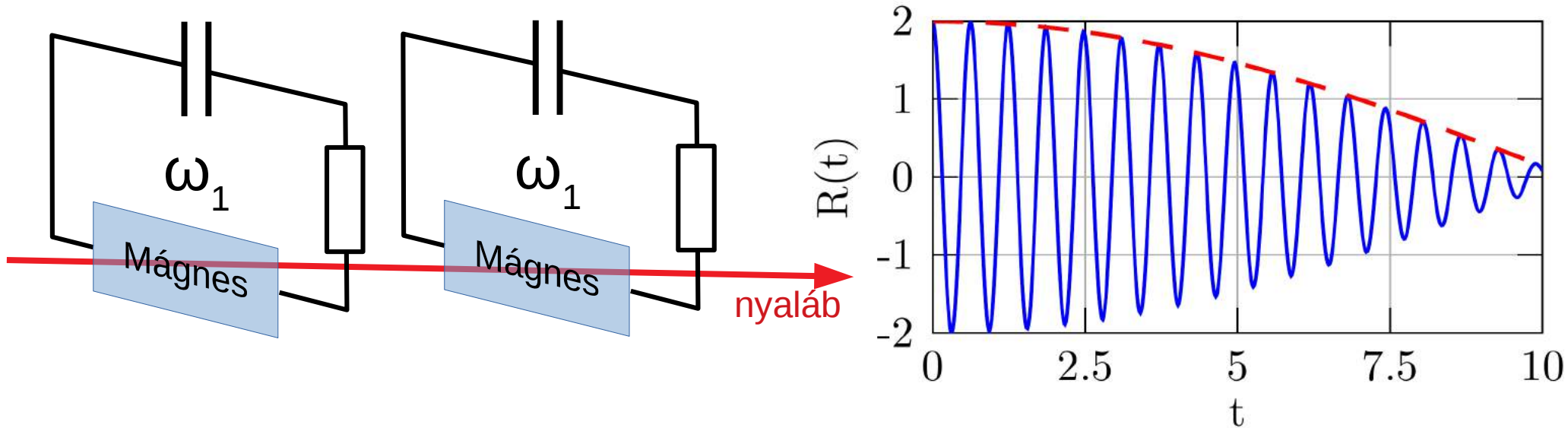
Szintetizáljuk több frekvenciából (lebegés)



$$\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t) = 2 \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right) \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right)$$

$R(t)$ konkáv

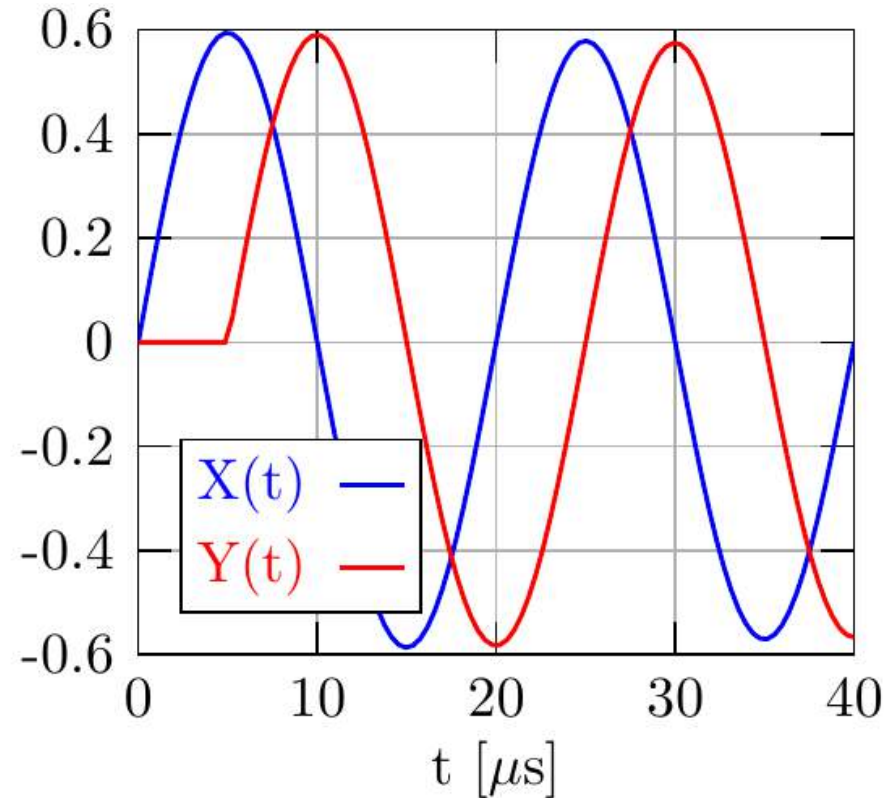
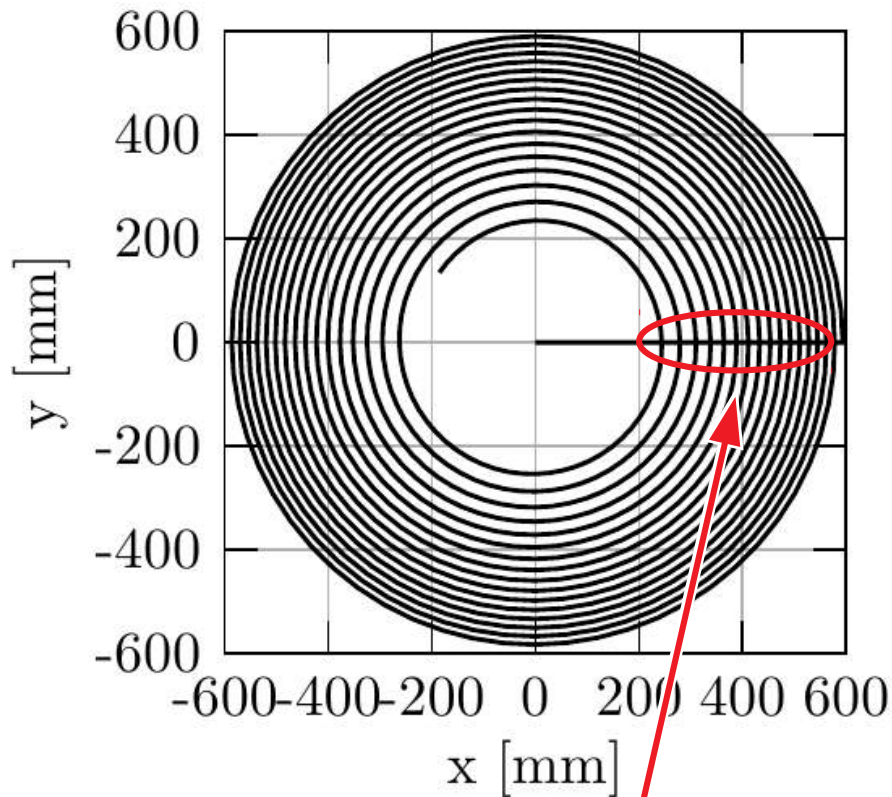
Szintetizáljuk több frekvenciából (lebegés)



Előnyök

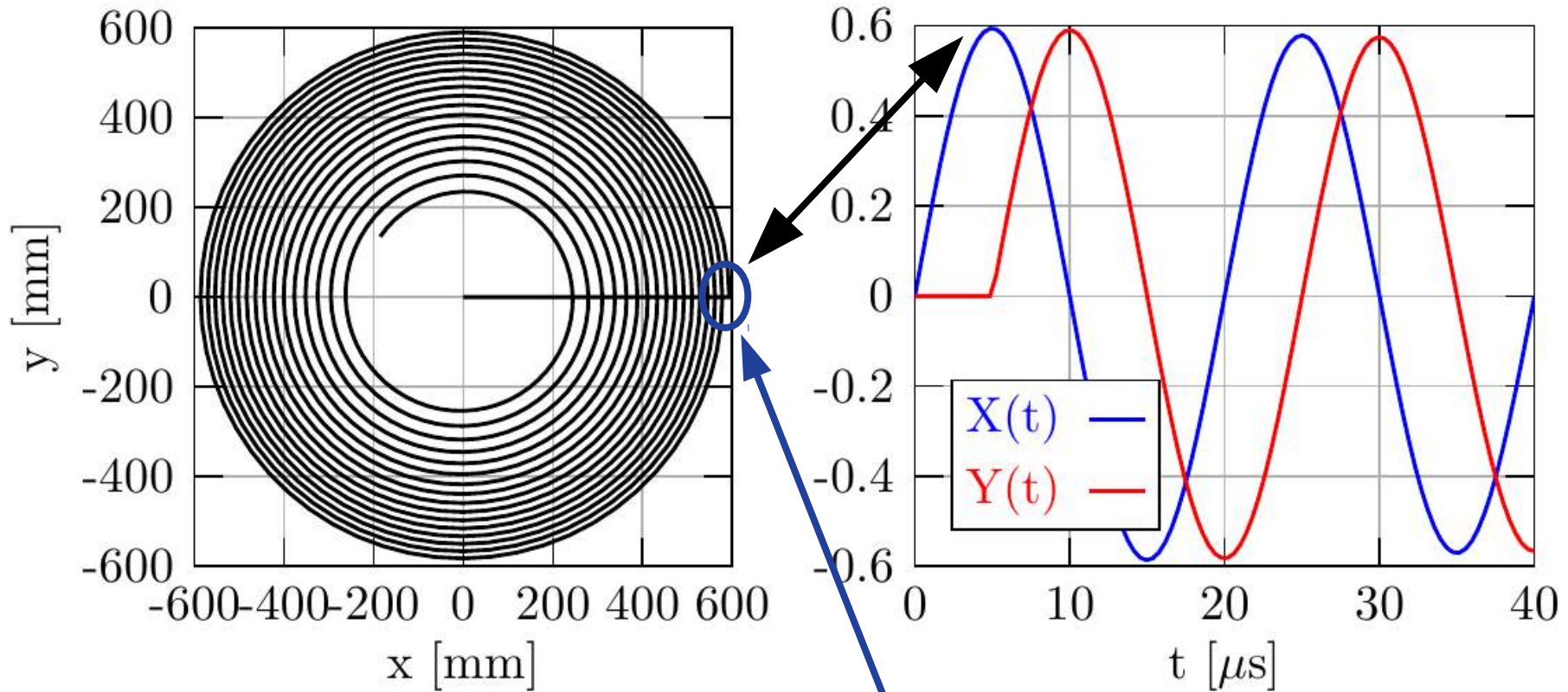
- Egyszerű hardware, ugyanaz mint a tervezett
- Moduláris, az egyes LC körök nincsenek csatolva...
- ... csak a nyalábra kifejtett hatásukban

Indulási problémák aszinkron beam dump esetén



Önmagát metszi a görbe → nagyobb energiasűrűség

Indulási problémák aszinkron beam dump esetén



A görbe “megáll” x -ben (y -ban még nem indult el) → nagyobb energiasűrűség

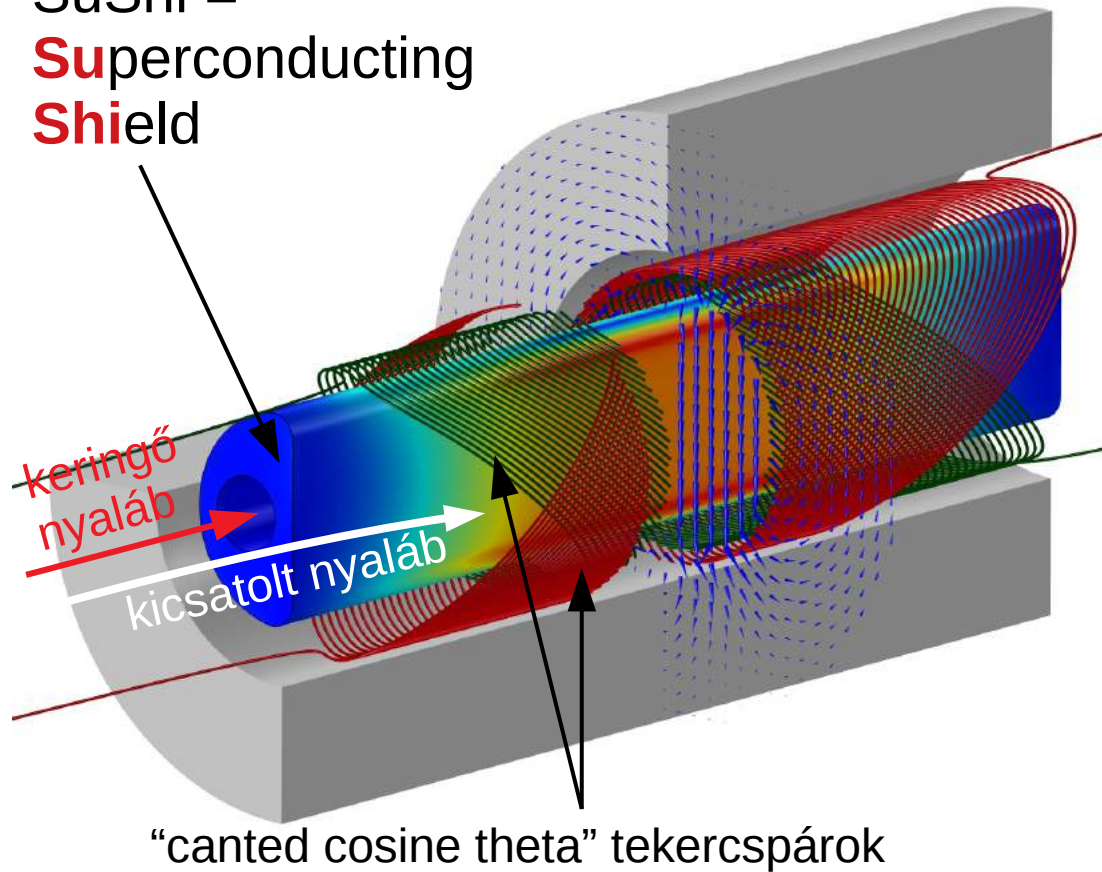
Feladatok

- 2,3,4... frekvenciából szintetizálva
- Csillapított rezgőkörök figyelembe vétele
- Mennyire toleráns a rendszer
 - a frekvenciák pontosságára
 - az időzítések pontosságára
- Indulási problémák

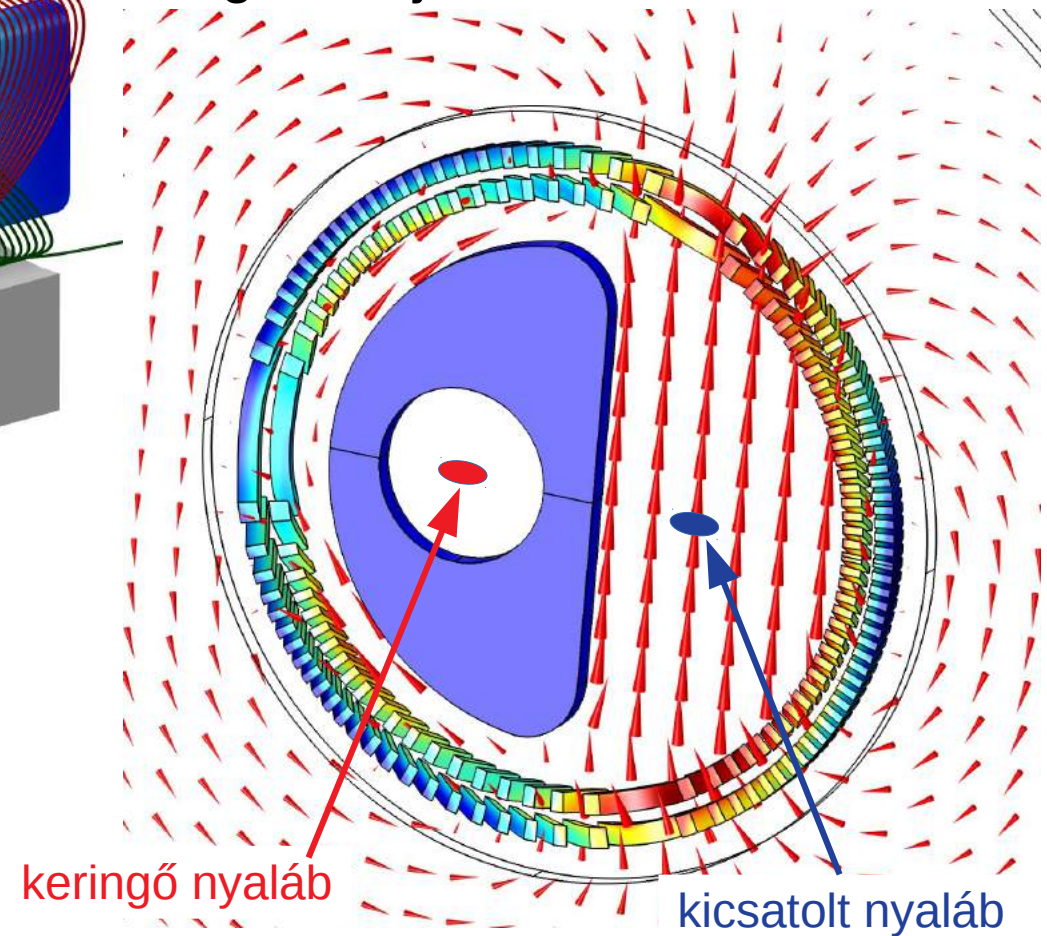
Eredményes munka esetén
kiutazás, prezentáció a CERN-ben

Kitekintés: CERN-Wigner SuShi septum projekt

SuShi =
Superconducting
Shield



Hosszabb távon (vagy párhuzamosan) be lehet kapcsolódni az FCC kicsatoló mágnes fejlesztésébe



Szupravezető mágnes építése Magyarországon (2019-2021)

