

Zéró Mágneses Tér Laboratórium építése Nagycenken

Erdős Géza¹, Nagy János¹, Németh Zoltán¹, Veres Miklós¹, Lemperger István², Wesztergom Viktor²

(¹) MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont

(²) MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet

Az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet és az MTA Wigner FK közösen GINOP pályázaton 435 MFt összegű vissza nem térítendő támogatást nyert egy elektromágnesesen csendes laboratóriumi helyiség létrehozására a nagycenki Széchényi István Geofizikai Observatórium területén.

Miért vállalkoztunk a laboratórium építésére (motiváció)?

Miért éppen Nagycenken?

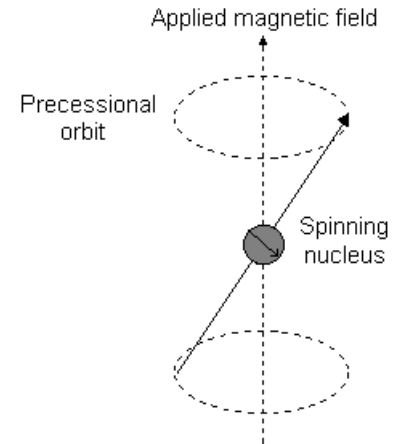
Hogyan kompenzáljuk a földi teret?

Mire jó a zéró mágneses tér laboratórium?

Atomi magnetométer



Mágneses térben egy mágneses dipólus tengelye precessziós mozgást végez, amelynek frekvenciája arányos a mágneses térrel és az atomok mágneses momentumával.



SERF magnetométer

Szomszédos atomok külső elektronjai spincsere ütközéseket szenvednek, az atomok mágneses momentuma fluktuál.

SERF = Spin Exchange Relaxation Free

Kálium atomok 200 C fokon

Elektron spin-csere ütközések gyakoribbak, mint a precesszió periódusa

Mágneses tér < 10 nT

Motiváció

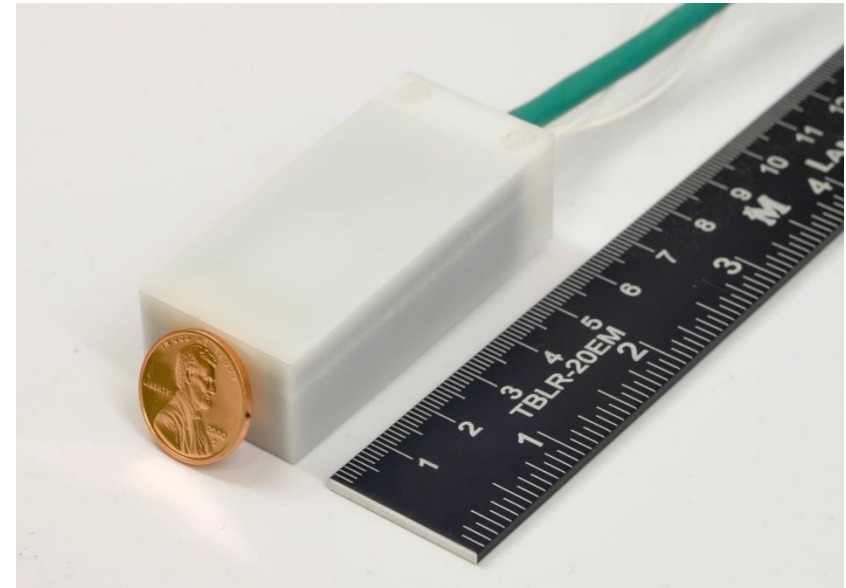
- SERF Magnetométer fejlesztése űrfizikai alkalmazásra
- Űreszközök mágneses tisztasága

Interplanetáris tér a Földpályánál: ~5nT

Fluxgate magnetométer (Double Star)



SERF magnetométer



Field sensitivity

<5 fT/Hz^{1/2}

Sensor size

1.9 × 2.7 × 6 cm

Bandwidth

0–100 Hz

Fluxgate és a SERF magnetométerek között az a különbség, hogy a SERF magnetométereknél a zajt nem pT/√Hz-ben, hanem fT/√Hz-ben adják meg.

Performance Criteria	Double Star OB flight sensor	Double Star IB flight sensor
Analogue Voltage Noise density @1 Hz for temperature range -35°C to 25°C	< 5 pT/√Hz	< 13 pT/√Hz
Offset Drift between -35°C and 25°C	< 0.03 nT/°C	< 0.07 nT/°C
Scale Factor Drift between -35°C and 25°C	<0.05%	<0.05% R5-R7 <0.4% R4 <1.5% R3

Miért éppen
Nagycenken?



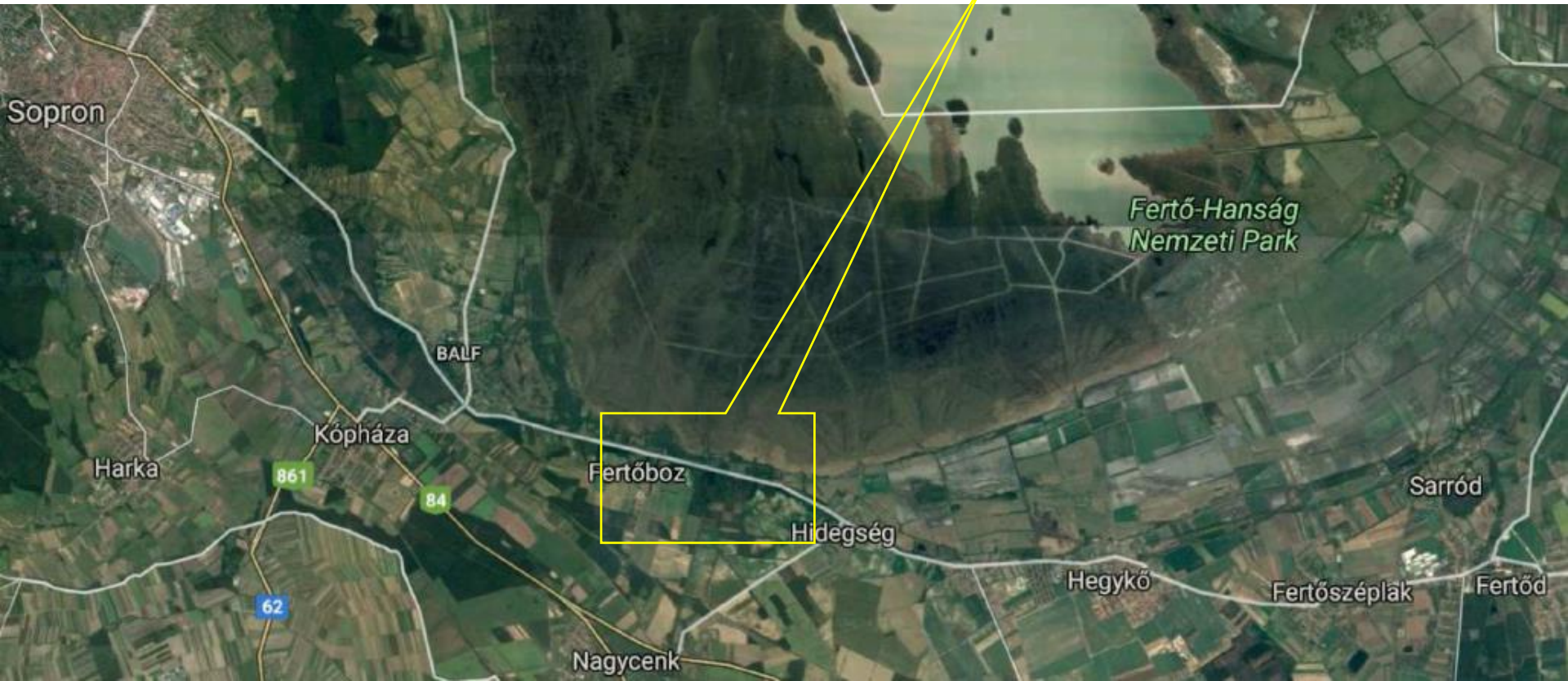
GINOP pályázat: Pest megyén kívüli kutatási infrastruktúra fejlesztése
(20 Milliárd Ft)
(VEKOP: 4 Milliárd Ft)

Elektromágnesesen csendes (természetvédelmi) környezet

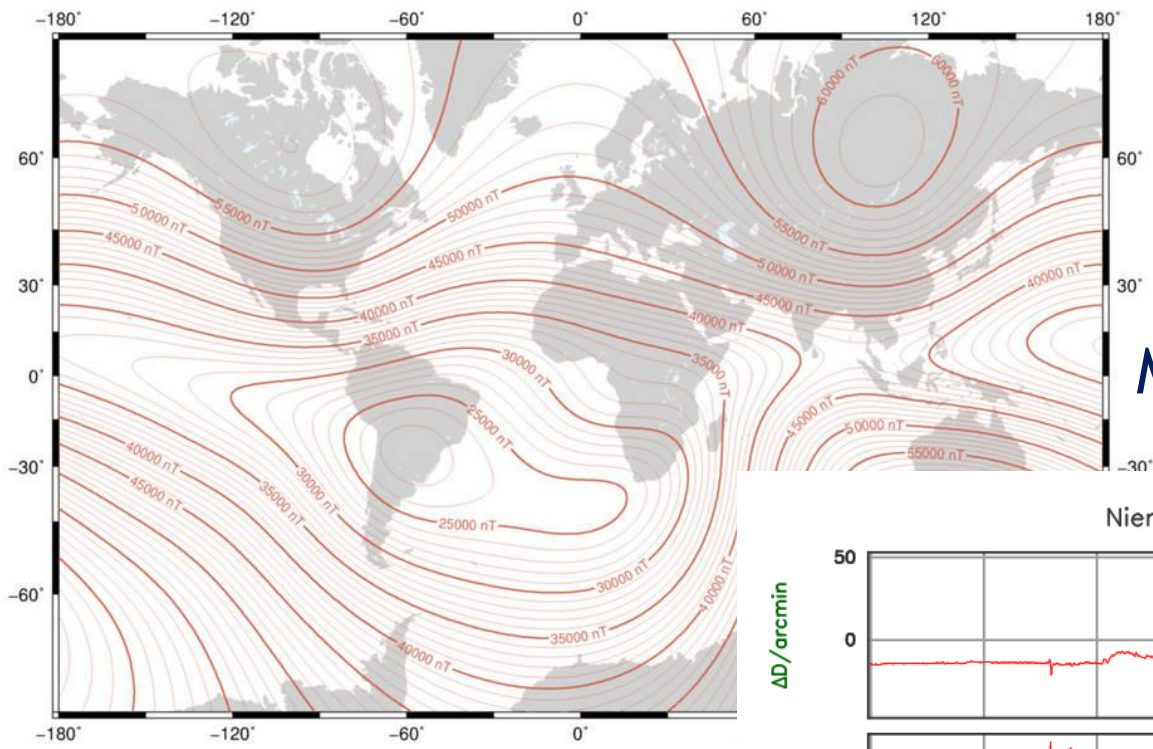
Geomágneses obszervatórium, szakemberek

Fertő-Hanság Nemzeti Park

2 km mély üledékes talaj
(Pannon tenger maradványa)

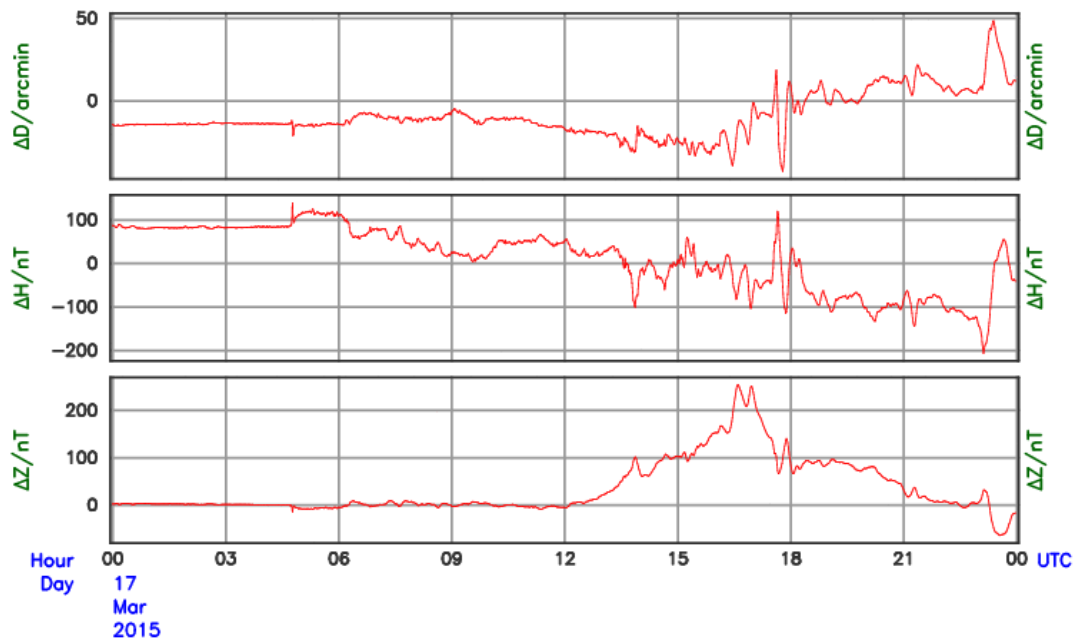


Földi mágneses térerősség Magyarországon: 48000 nT



Mágneses vihar: 200 nT

Niemegk Geomagnetic Variations



Determination of the absolute values: $D = 207' + \Delta D$, $H = 18818 \text{ nT} + \Delta H$, $Z = 45557 \text{ nT} + \Delta Z$

Hogyan kompenzáljuk a földi teret?

- Aktív védelem: mágneses tekercsek

100 m távolságból mérjük a földi mágneses teret, ennek alapján folyamatosan frissítjük a kompenzáló tekercsekben folyó áram erősségét.

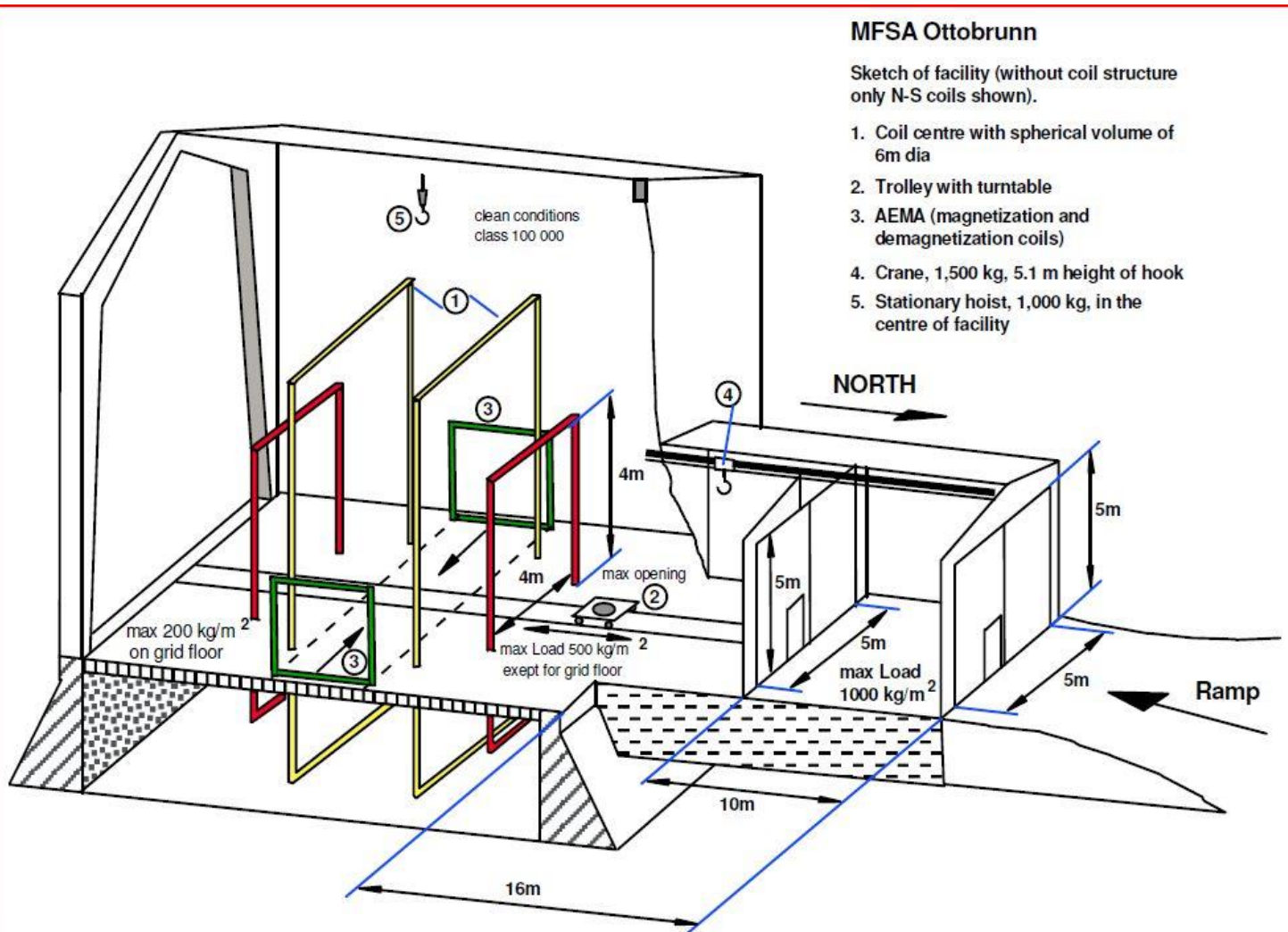
- Passzív védelem: nagy permeabilitású (mumetal) doboz(ok)



Kompenzálás mágneses tekercsekkel

$$B = \frac{NI}{2\pi R}$$

$$R = 5 \text{ m} \pm 1 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad B = 50000 \text{ nT} \pm 10 \text{ nT}$$



Problémák a tekercsekkel

- Geometria precizitása
- Lokális zavarok
- Nagyfrekvenciás terek

Passzív árnyékolás

Mumetal lemezek
(permeabilitás: 10^5 , nikkel-vas-... ötvözet)

Egymásba skatulyázott dobozok

Nagycenken:
3 réteg, 2,5m belső tér, 10^3 árnyékolás



Figure 5: Photograph of the magnetic shield under construction, view on the top, the right wall and the rear wall of the inner cube with the first MUMETALL shell.

Mire jó a zéró mágneses tér laboratórium?

Úrkutatás:

Magnetométerek fejlesztése, kalibrálása
Űreszközök mágneses tisztasága

Anyagtudomány, kohászat:

Hőkezelés zéró mágneses térben

Geológia:

Paleomágneses mérések

Biológia:

Földi mágneses térrel tájékozódó élőlények vizsgálata
Galambok
Magnetotaktikus baktériumok

Élettudomány:

Agyáramok mérése (MEG=Magnetoencefalográfia)

Kémia:

NMR zéró mágneses térben

Részecskefizika:

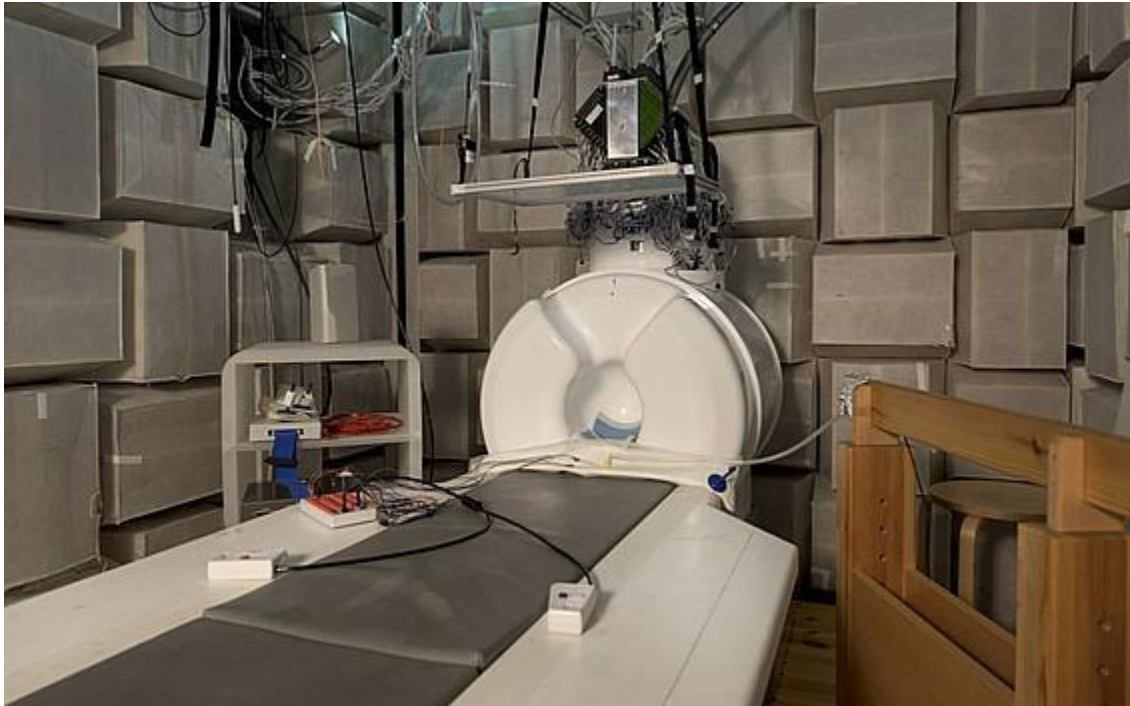
EDM=electric dipol moment



Agyáramok mérése

EEG = Elektroenkefalográfia

**Invázív vizsgálat pl. epilepszia
műtéti előkészítésénél.**

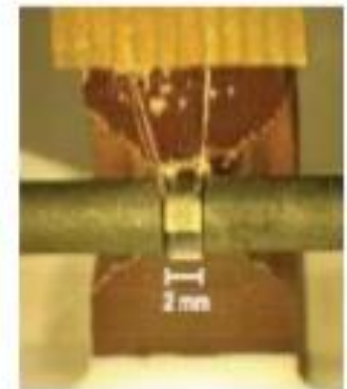
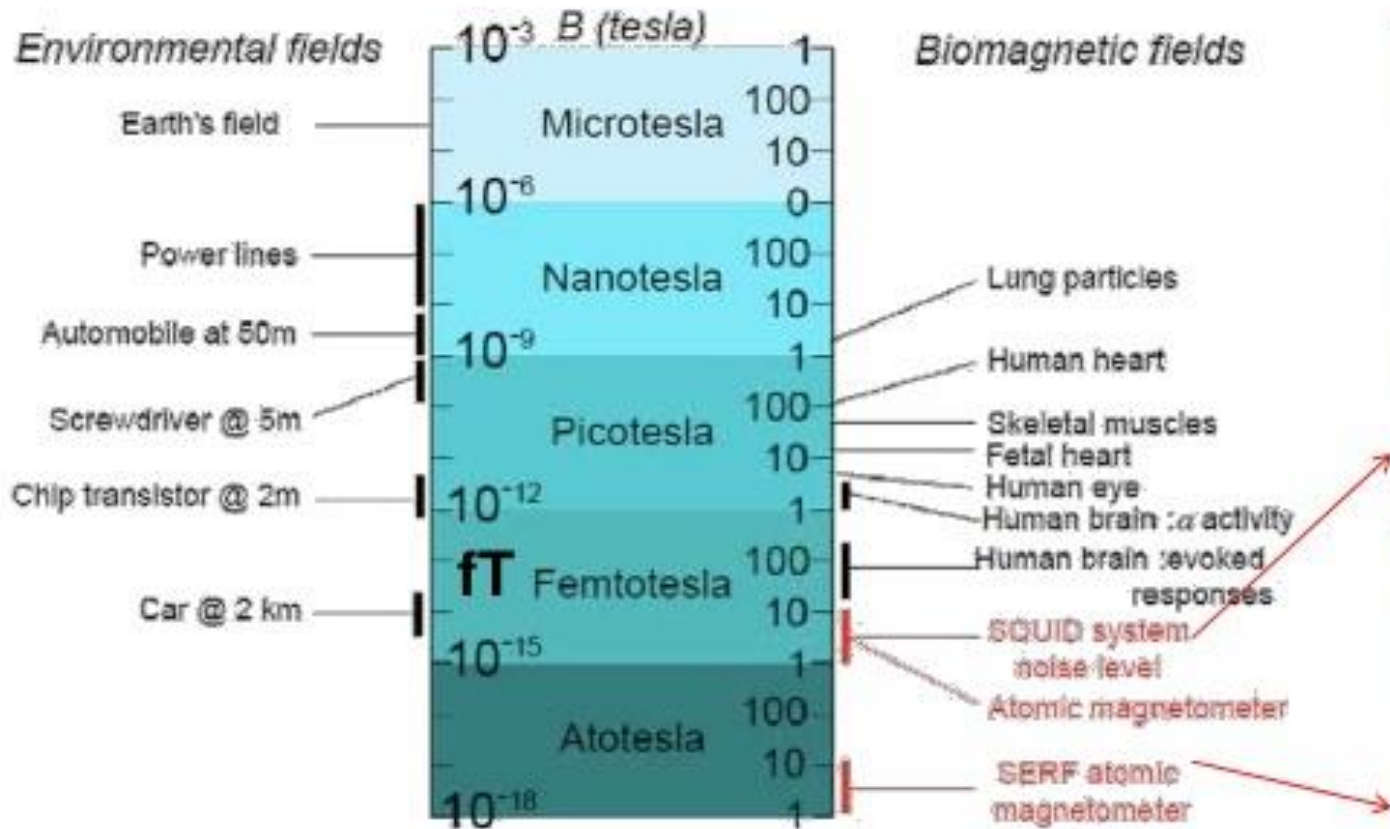


**MEG =
Magnetoenkefalográfia**

**Mágneses tér mérése
SQUID-ekkel**

**SQUID kiváltása SERF
magnetométerekkel?**

MEG Challenges



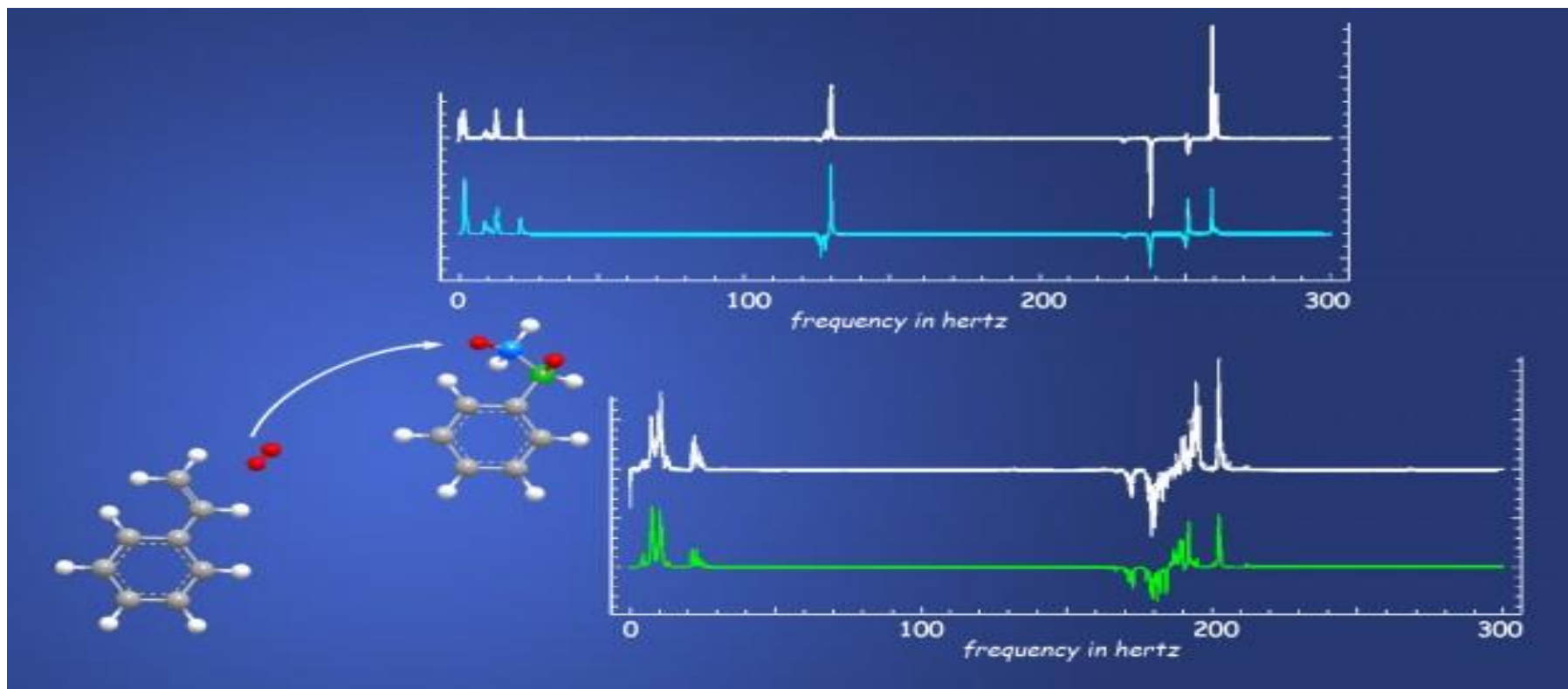
Magnetic fields generated by brain: ~100fT, <100Hz.

NMR zéró mágneses térben

A null-tér NMR érzékeny az atomok közötti szögekre és távolságokra.

Kémiai „ujjlenyomat”, az anyag kémiai szerkezete is meghatározható.

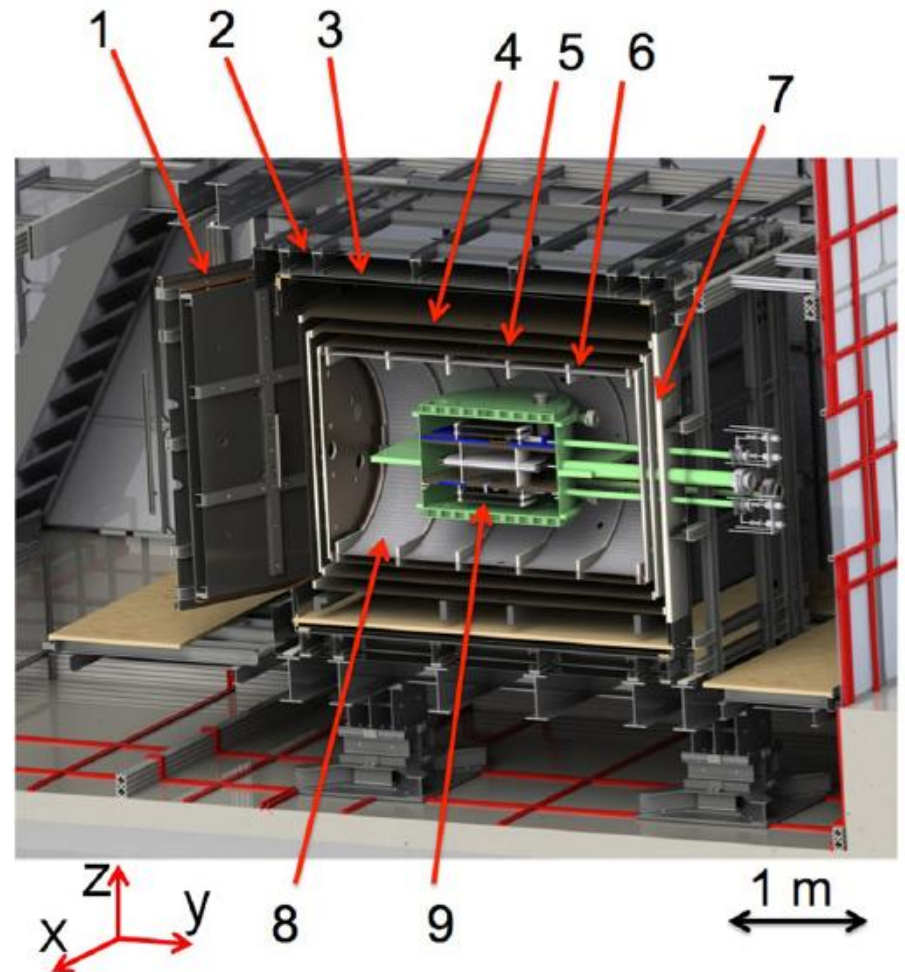
	NMR	Nulltér NMR
Mágneses tér	T	nT
Jel	Chemical shift	J-coupling
Frekvencia	100 MHz	100 Hz
Érzékelő	Tekercs	SQUID SERF



Részecskefizika

Standard modell (CPT szimmetria) ellenőrzése

Semleges részecskék (pl. neutron) precessziós frekvenciájának mérése közel nulla mágneses térben. Ha a mágneses térrel azonos és ellentétes irányú elektromos térenél különbözik a frekvencia, az a részecske elektromos dipól momentumára utal, ami a CPT (töltés-, paritás- és idő-tükrözési) szimmetria sérülését jelenti.

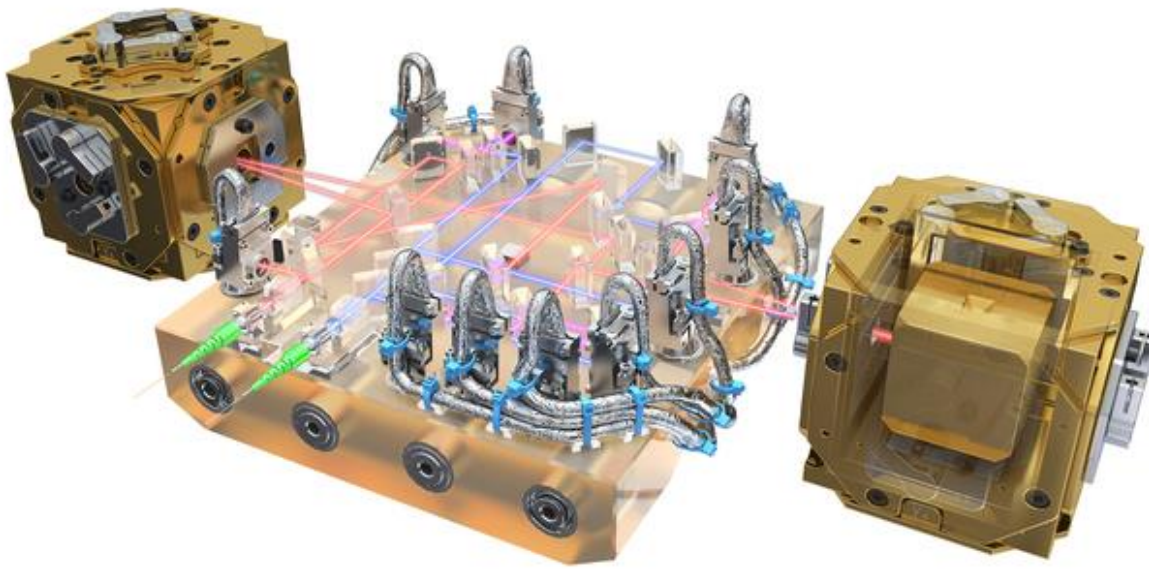


Mágnesesen árnyékolt kamra, TUB, Garching

Gravitációs hullámok detektálása?

ESA terv: Gravitációs hullámok kimutatása űrszondák pályájának precíz mérésével (fellövés: 2035)

LISA pathfinder (2016): technológiai űrszonda mikro-hajtóművek tesztelésére.



Mágneses „higiénia”

Két arany-platina
ötvözetből készült
kocka mágneses
momentumának
mérése Berlinben.

Mágnesesen árnyékolt szobák TUB, Berlin



Összefoglalás

- Nagycenken, a Széchenyi István Geofizikai Obszervatórium területén zéró mágneses tér laboratóriumot építünk.
- Befejezés: 2019. június.
- Feladatok:
 - Minőség biztosítása (nT nagyságrendű tér a szoba közepén)
 - Költségek tartása

A laboratórium sokfajta célra alkalmas, aminek használatában szívesen látunk kutatókat!