


Nanoplazmonikus Lézeres Fúzió Kutatólaboratórium

Háttér, célok, módszerek, szervezet

T.S. Biró – NAPLIFE kollaboráció^{1,2,3,4,5,6}

¹ELKH  Fizikai Kutatóközpont, Budapest

²University of Bergen, ³Szegedi Egyetem, Kvantumoptika. ⁴Budapesti Műszaki
Egyetem, Elektrotechnika ⁵Debreceni Egyetem, Fogorvosi Kar ⁶ELKH
Energiakutató Központ, MFA

Az áramtermelés elvi forrásai

környezeti aspektusok

- Fa: 50 év alatt újul, szennyező
- Szén: nem újul, erősen szennyező
- Olaj: nem újul, szennyező
- Szél: megújul, szakadozó, hangszennyezés hatásfok 3%
- Víz: megújul, lokális, gátszakadás veszély tárolással 100 %
- Napelem: megújul, szemetet termel
- Maghasadás: nem újul, de újítható, szemetel
- Fúzió: megújul, rövid felezési idejű szemet,

termelt energia / tüzelőanyag magasan legnagyobb!

1. technika: Mágneses bezárás

ITER



1. technika: Mágneses bezárás tokamak



1. technika: Mágneses bezárás

Forró plazma: 150 M K;

Mágneses terek: tórusz (tokamak), csavart (sztellarátor)

Stabilizálás: szupergyors videó felügyelet

Lawson kritérium: elérve 2000-ben 10-20 másodpercre

Instabilitások: önmagát lefojtja jó esetben

2. Technika: Tehetetlenségi fúzió a NIF-nél épület

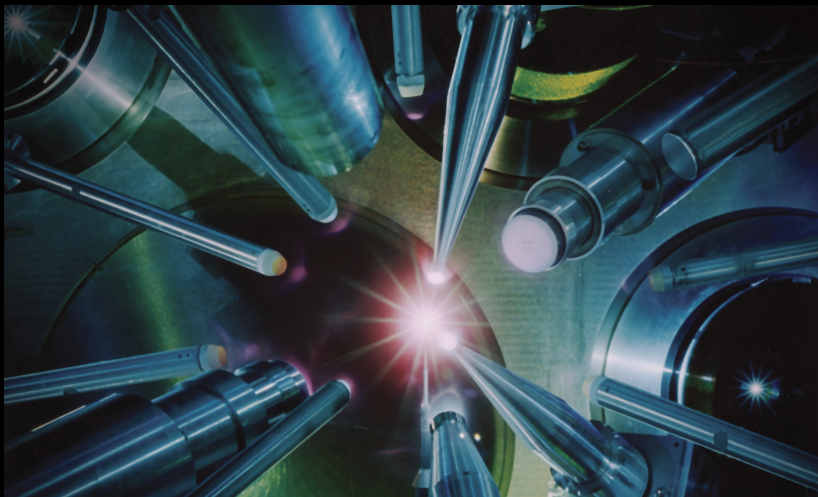


2. Technika: Tehetetlenségi fúzió a NIF-nél beemelés



2. Technika: Tehetetlenségi fúzió a NIF-nél

192 sugár



2. Technika: Tehetetlenségi fúzió a NIF-nél

Rövid pulzus mód (10-20 ns tömörítés, 5 ns begyújtás)

Lézeres begyújtás a target legközepén (10 kJ ért oda, 14 kJ-t termelt)

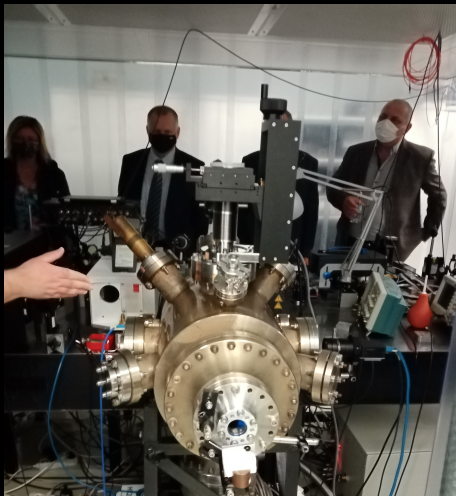
Gömbszerű, soklézeres (NIF: 192 lézer á 1.8 MJ, csúcs 500 TW ps)

Raleigh-Taylor instabilitás

Lawson kritérium: a target közepén teljesül, de az égés lassan terjed kifelé, a tágulás a nagy nyomás miatt gyors, így a target nagy része nem gyullad meg

3. Technika: a mi projektünk

Wigner lézer vákumkamra



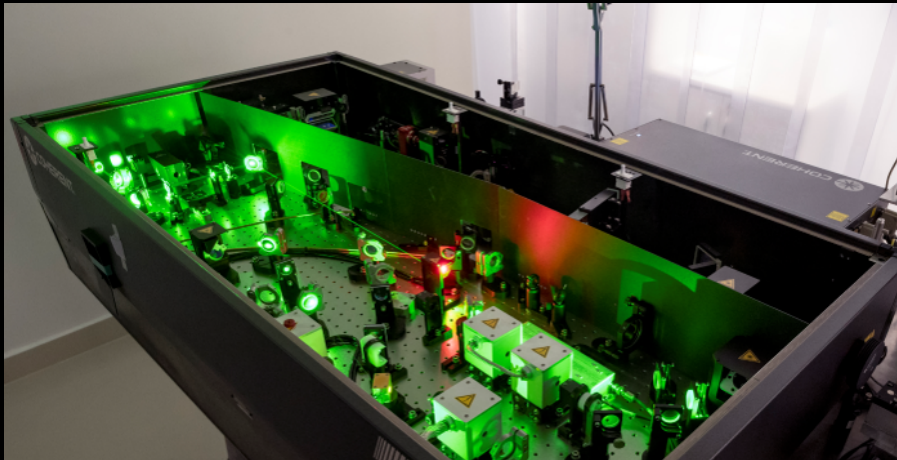
3. Technika: a mi projektünk

Wigner lézer vákumkamra



3. Technika: a mi projektünk

RMI lab lézerasztal



3. Technika: a mi projektünk

Wigner Raman lab



3. Technika: ötleteink

Tervezett rétegek egyidejű begyűjtással

- Vékony (20μ) 2D rétegek: egymással szemben két szinkronizált nyaláb.
- Fém nanogömbök vagy rudacskák: a target közepén növelni az abszorpciót.
- n -termelés: $p + e_{\text{plazmon}}^- \longrightarrow n + \nu_e$ (Widom – Larsen)
- Hőmérséklet helyett wake-field gyorsítás.

Céljaink

- Lézeres femtoszekundumos egyszerre begyűjtással instabilitás elkerülése (Csernai)
- Nanotechnológia céltárgy készítés egyidejű begyűjtáshoz (Csete, Bonyár)
- Lézeres energiaközlés rövid impulzussal, 2 nyalábbal (Kroó, Rác)
- Spektroszkópia, termék-kimutatás (Rigó, Veres)
- Elméleti számolások: energiaátadás, hozam, időzítés

A projekt beadott mérföldkövei

Első lépés: a két alapelv igazolása nem fúziós targeten.

- 1 Nanorészecskék: sűrűség, alak, méret optimalizálása (Csete, Bonyár)
- 2 Lézer: egy- és kétoldali lövések, pulzushossz, intenzitás (Csernai, Rácz)
- 3 Spektroszkópia: SERS, CH és CD vonal vizsgálata, LIBS (Rigó, Veres)
- 4 keletkezik-e neutron a céltárgyban (Kroó)

Második lépés: fúziós target az ELI-ALPS-nál.

Fizikai háttér

reakciók – elvi séma

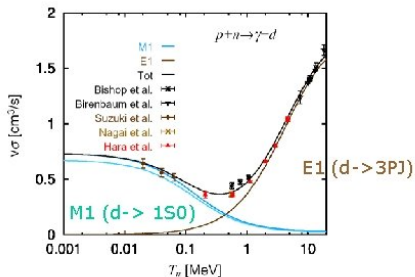
- nanotechnológia séma: nano fém antennák tervezése, implantálása, mérése
- kvantumoptika séma: belövés beállítása, szinkronizálása, on-line mérések
- transzmutáció séma: lézer \rightarrow plazmon \rightarrow lassú neutron \rightarrow d+t termelés
- fúziós séma: lézer \rightarrow fúzió \rightarrow hő \rightarrow áramtermelés
- spektroszkópia: előtte vs utána, nano-val vs anélkül, CH vs CD rezgések, DNS fragmentumok



Radiative neutron capture on proton

$$n + p \rightarrow \gamma + d \quad : \quad J_{\mu}^{cm}, \quad \mathbf{q} = \mathbf{q}_0 = E_{\gamma}$$

first nuclear reaction in BBN



TS et al. (95),

Rupak (00)



A csapat (kb. 30 fő)

2021

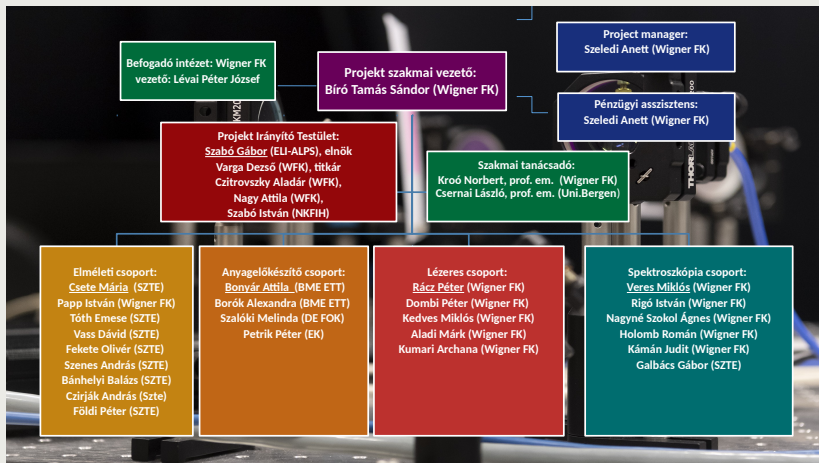
- Projekt felelős (Biró Tamás), asszisztens (Szeledi Anett), pénzügyes (Szeledi Anett), könyvelő (Dömötör Antónia)
- Tudományos tanácsadók (Kroó Norbert¹, Csernai László¹)
- Lézeres csapat (Rácz Péter, Aladi Márk, Kedves Miklós, Archana Kumari, Dombi Péter²)
- Spektroszkópia (Veres Miklós, Rigó István, Holomb Román, Nagyné Szokol Ágnes, Galbács Gábor, Kámán Judit)
- Nanotechnológia (Bonyár Attila, Petrik Péter, Szalóki Melinda, Borók Alexandra)
- Numerika (Csete Mária, Tóth Emese, Fekete Olivér, Vass Dávid, Szenes András, Papp István¹, Földi Péter, Bánhelyi Balázs, Czirják Attila)

¹ szabadalmi bejegyzés, ² tanácsadó, ELI kapcsolat

Lab Structure



organogram

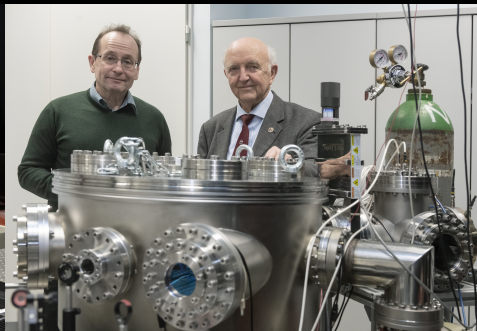
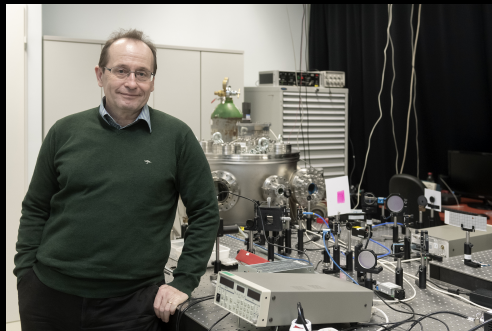


Foglalkoztatási helyzet

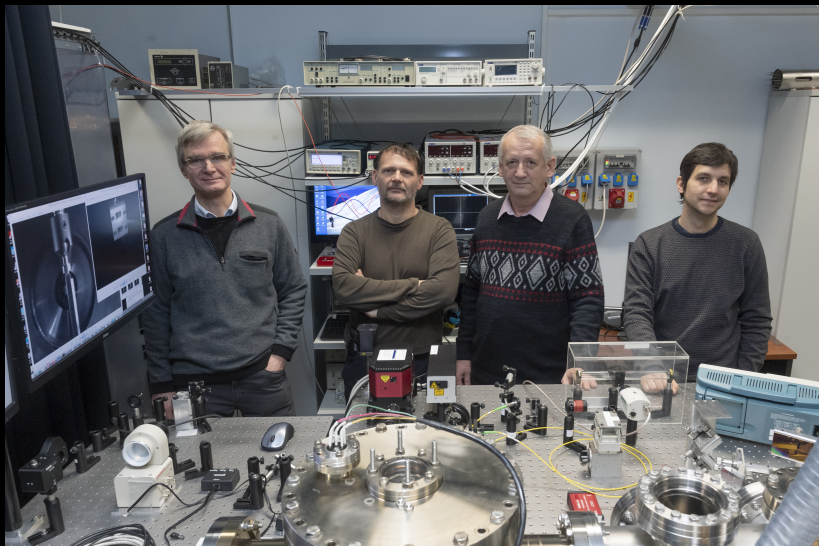
- WFK teljes munkaidő: 2 prof + 3 postdoc
- WFK részmunkaidő: 7 kutató + 2 pénzügyes
- Megbízás külsősöknek: SZTE 9, EK 1, BME 2, DE 1
- Érdeklődő, nem fizetett kollégák: 3
- ELKH+NKFIH segítő: 5, Projekt Irányító Testület: 5,
Szakmai Tanácsadó Bizottság: 2, Felügyelő Bizottság:
10(?)

Szakmai felelősök

Biró Tamás, Kroó Norbert

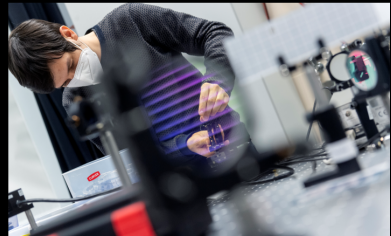
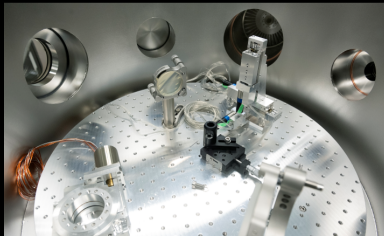
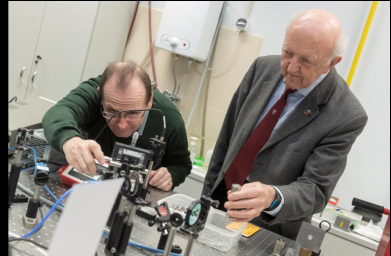
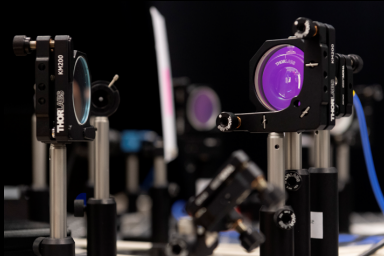


RMI Laser Lab csapat



Fotók a munkapadon

Biró Tamás, Kroó Norbert, Aladi Márk



Külföldi partner intézetek

és kollégák

- Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt am Main, Germany (Prof. Dr. Horst Stoecker, Dr. Leonid Satarov, Dr. Anton Motorenko)
- Extreme Light Infrastructure, ELI-NP, Magurele, Romania (Dr. Etele Molnar)
- University of Oslo, Oslo, Norway (Prof. Dr. Larissa Bravina, Dr. Evgeny E. Zabrodin)
- University of Bergen, Bergen, Norway (Prof. Dr. Laszlo P. Csernai, Prof. Dr. Rolf K. Eckhoff)
- Natl. Res. Ctr., Kurchatov Inst., Moscow, Russia (Prof. Dr. Igor N. Mishustin)
- Fellow of Los Alamos National Laboratory, NM, USA (Prof. Dr. Daniel D. Strottman)
- Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA (Dr. Csaba Toth)
- Purdue University, West Lafayette, IN, USA (Prof. Dr. Denes Molnar)

A NAPLIFE szerzői kollaboráció egy része

A legutóbbi cikk példáján

Laser Wake Field Collider

I.Papp, L.Bravina, M.Csete, I.N.Mishustin, D.Molnar, A.
Motornenko, L.M. Satarov, H. Stöcker, D.D. Strottman, A.
Szenes, D. Vass, T.S. Biró, L.P. Csernai, N. Kroó

published in *Physics Letters A* **396**, 127245, (2021).

Válogatott publikációk ebben a témakörben

a projektben résztvevő személyek társszerzőségével

- 1 Csernai, L.P., Kroó and Papp, I. (2017). Procedure to improve the stability and efficiency of laser-fusion by nano-plasmonics method. Patent Note # P1700278/3 at the Hungarian Intellectual Property Office.
- 2 L. P. Csernai, M. Csete, I. N. Mishustin, A. Motornenko, I. Papp, L. M. Satarov, H. Stöcker, N. Kroo, Radiation dominated implosion with flat target, arXiv:1903.10896v3 and Physics of Wave Phenomena 28 (3) 187-199 (2020).
- 3 L.P. Csernai, Detonation on a time-like front for relativistic systems, Zh. Eksp. Teor. Fiz. 92, 379- 386 (1987).
- 4 L.P. Csernai and D.D. Strottman, Volume ignition via time-like detonation in pellet fusion, Laser and Particle Beams 33, 279 (2015).
- 5 L.P. Csernai, N. Kroo, and I. Papp, Radiation dominated implosion with nano-plasmonics, Laser and Particle Beams 36, 171 (2018).
- 6 Lednický, Tomáš; Bonyár, Attila; Large Scale Fabrication of Ordered Gold Nanoparticle–Epoxy Surface Nanocomposites and Their Application as Label-Free Plasmonic DNA Biosensors; ACS APPLIED MATERIALS and INTERFACES 12 (4) 4804-4814 (2020).
- 7 Bonyár, A ; Csarnovics, I ; Veres, M ; Himics, L ; Csik, A ; Kámán, J ; Balázs, L ; Kökényesi, S; Investigation of the performance of thermally generated gold nanoislands for LSPR and SERS applications, SENSORS and ACTUATORS B-CHEMICAL 255, 433-439 (2018).
- 8 N. Kroó & P. Rácz, Plasmonics - The Interaction of Light with Metal Surface Electrons, Laser Physics 26, 084011 (2016).
- 9 L. P. Csernai, N. Kroó, I. Papp and D. D. Strottman, Nanoplasmonic laser fusion response to Földes and Pokol, Laser and Particle Beams 39, 123 (2020), <https://doi.org/10.1017/S0263034620000348>
- 10 István Papp, Larissa Bravina, Mária Csete, Igor N. Mishustin, Dénes Molnár, Anton Motornenko, Leonid M. Satarov, Horst Stöcker, Daniel D. Strottman, András Szenes, Dávid Vass, Tamás S. Biró, László P. Csernai, Norbert Kroó, (NAPLIFE Collaboration), Laser Wake Field Collider, arXiv-2009.0368

Beadott terveink

plusz alprojektekkel

5 évre terveztünk (v 2.0):	1.600 M Ft; nem egyenletesen.
Optika beruházás és dologi költség:	800 M Ft
Wigner FK lézeres + elméleti + Raman + tanácsadók:	400 M Ft
BME + DE + EK nanotechnológiás céltárgy csapat:	200 M Ft
SZTE kvantumoptika elméleti csapat:	100 M Ft
Vírus RNS és DNS detektálás Raman diagnosztikával:	100 M Ft

Történet sor

Első év, feltételek, kilátások

NKFIH támogatás, nemzeti lab program, 2020 kezdete; döntés értesítés 09.28.

Státuszunk: "kutatólaboratórium"

A támogatás első részlete (115 M Ft) 2021.06.30.-ig költhető; második kb 300 M Ft.

3 havonta szakmai és pénzügyi beszámolás, évente felülvizsgálati döntés

Projektirányító testület: Szabó Gábor (elnök), Varga Dezső (titkár), Szabó István (NKFIH delegált), Citrovszky Aladár, Nagy Imre

ELKH kapcsolattartók: Nikodémusz Antal, Horváth Csaba, Steinczinger Zsuzsa

Előzetes munka

ELKH 2020 külön támogatások 20+10+10 MFt

- 1 Egyirányú belövés polimer targetre, Au nanorudak
- 2 Optikai asztal + vákumkamra setup a kétirányú belövéshez
- 3 UDMA + Au nanorudak, 7 x (2-3) mikron rétegek, össz. 20 mikron
- 4 Energia abszorpció szimulációk a kísérleti paraméterekkel
- 5 Elektromos és mágneses mező számítások közegben, relativisztikusan
- 6 Felületerősített Raman spektroszkópia, strukturális változás, CH és CD csúcsok

Miért másképp, mint mások?

If we all bark against the same tree, we would not make any progress (t'Hooft)

- A fúziós energiatermelés egyik zavaró instabilitását megkerülhetjük az egész target egyidejű begyűjtésével.
- Ezt nanorészecske-sűrűségprofil kialakításával keressük.
- Nagyon kis mennyiségek detektálása felületerősített Raman spektroszkópiával, LIBS-szel és tömegspektrométerrel.

Ez mind magyar ötlet.