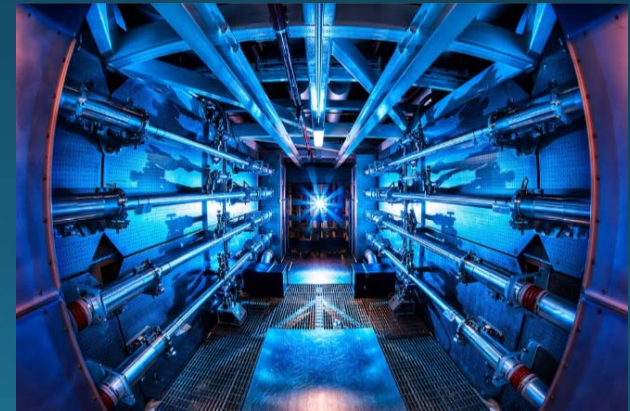
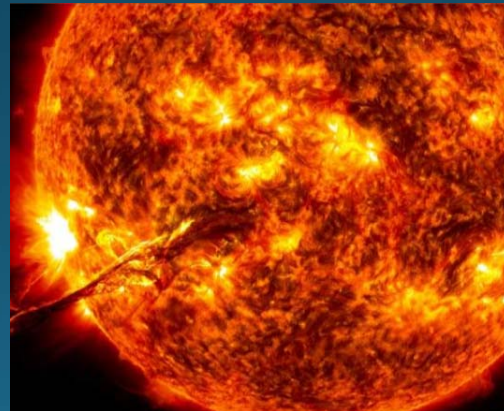
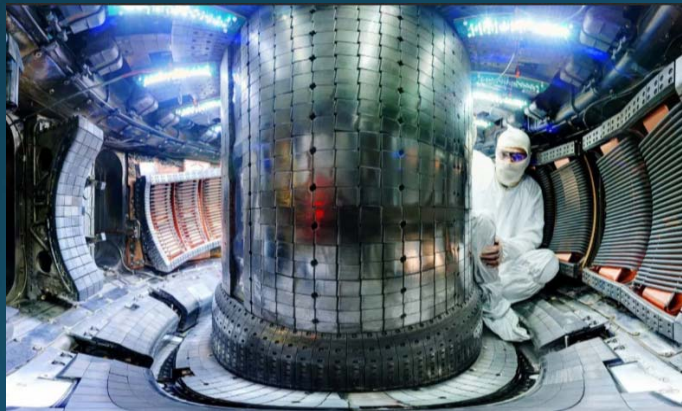
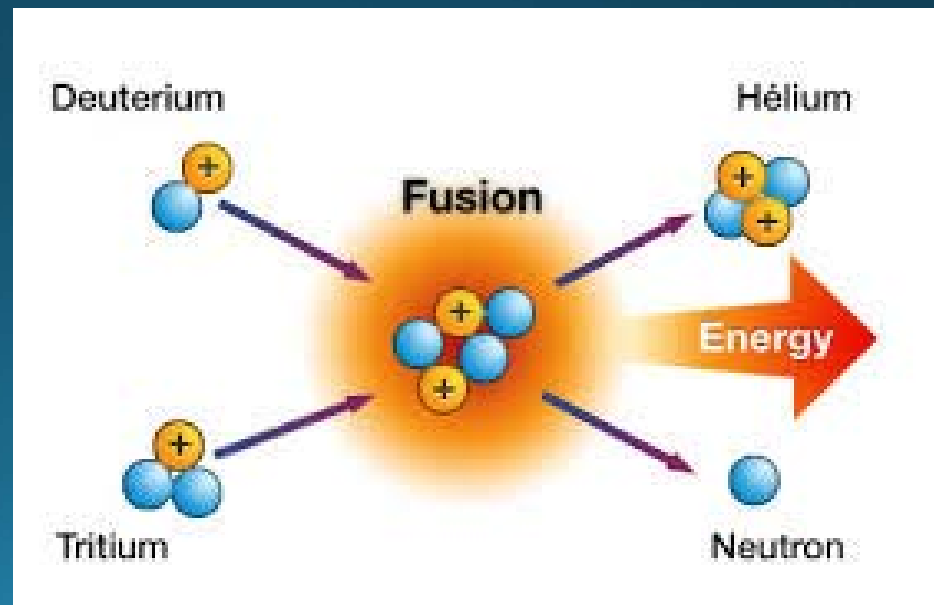
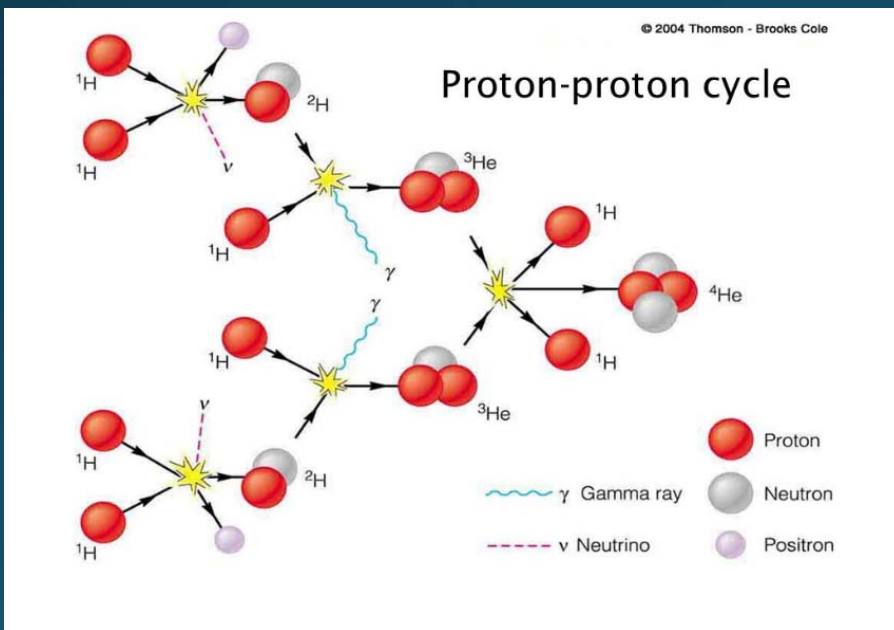
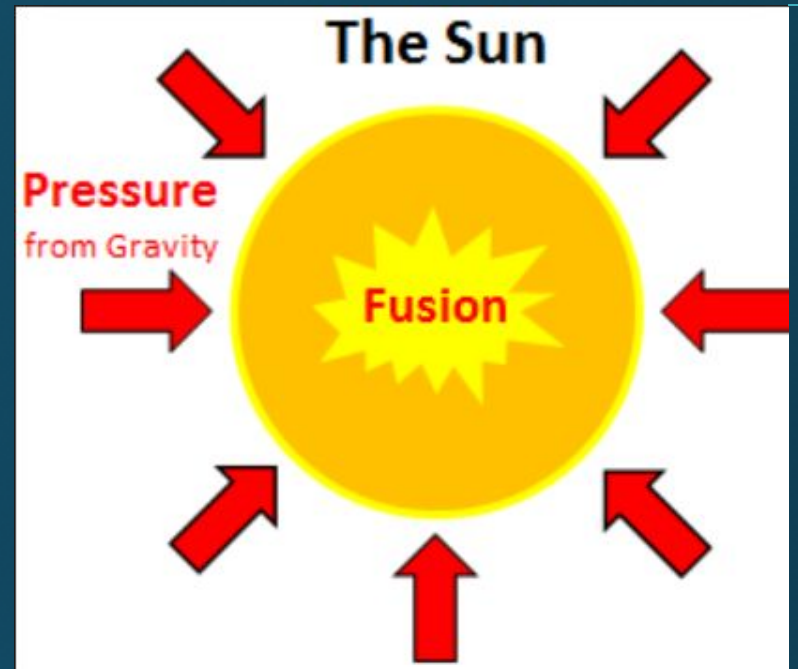
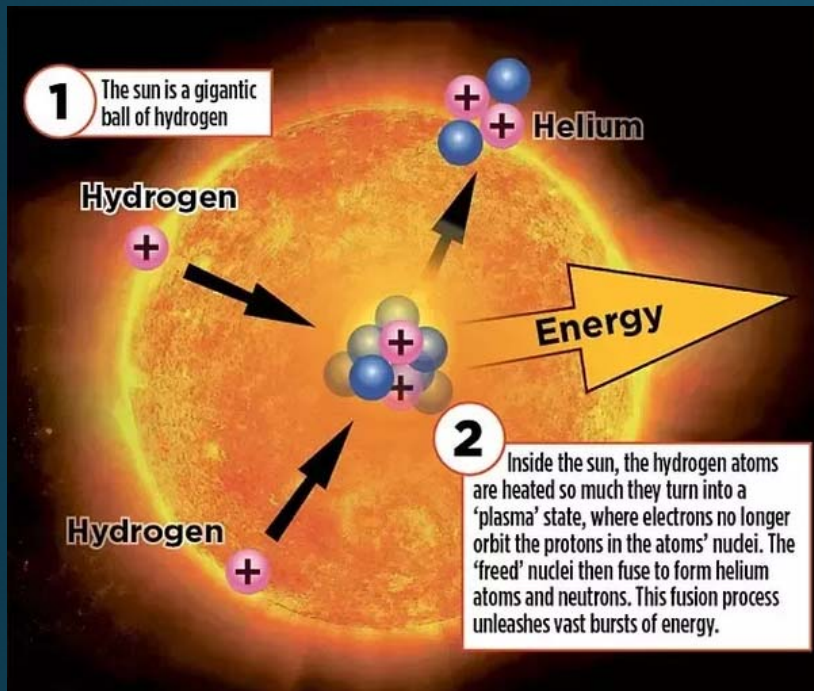




PLAZMON SEGÍTETT LINEÁRIS LÉZERES FÚZIÓ?

Kroó Norbert
Wigner Fizikai Kutatóközpont





A MÁSODIK A NIF (LÉZERES MEGOLDÁS)



INERCIÁLIS LÉZERES FÚZIÓ (1)

Napenergiatermelés utánzása.

Hidrogénbomba megszelidítése (korlátlan energiaforrás).

Több lézeres próbálkozás (pl. NIF).

Utóbbinál óriási lézer energia igény és sok nyaláb (192),
(alacsony lézer hatásfok, ritka lövések).

TOVÁBBI PROBLÉMÁK:

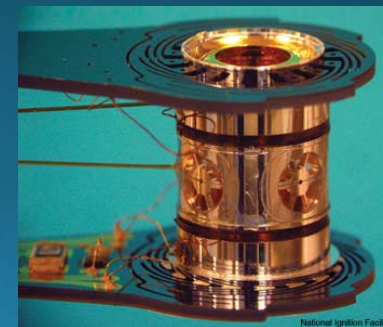
„Lassú” összenyomás, hosszú lézerimpulzus
(néhányszor 10 nanosec).

Rayleigh-Taylor instabilitás.

Nem jut be a fény az anyagba (plazmatükör).

Begyújtás csak a gömbtarget közepén, nem time-like.

Néhány további részletprobléma.



INERCIÁLIS FÚZIÓ (2)

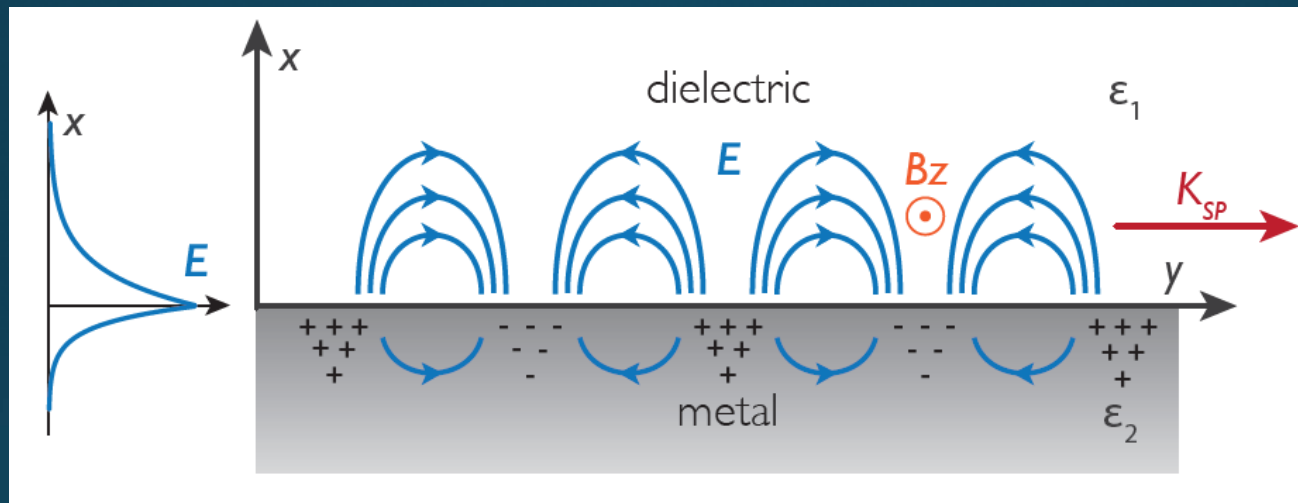
ALAPÖTLETEINK A FENTI PROBLÉMÁK ELKERÜLÉSÉRE:

1. Nanorészek a targetben (gyors folyamat, plazmonikus erősítés, térfogati összenyomás, lapos target, csupán két nyaláb,)
Kisebb minta, kisebb energiaigény, gyakori és femtoszekundumos lézerimpulzusok, nincs termikus egyensúly és Rayleigh-Taylor instabilitás.
2. A target „egyidejű” begyűjtása és más effektusok.

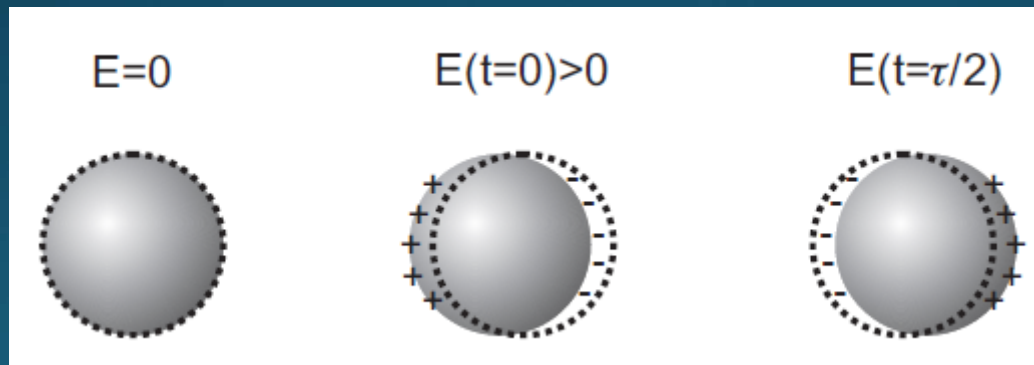
Jelen előadásrész a rövid bevezetés után az első ötlettel foglalkozik.

AZ 1. JAVASLAT A PROBLÉMÁK MEGKERÜLÉSÉRE:

PLAZMONIKA NAGY TEREK BEN



SPP



LSP

Ti:Sa lézer: $\lambda=800\text{nm}$ ($\sim 1.55\text{eV}$)

Anyag extrém körülmények között

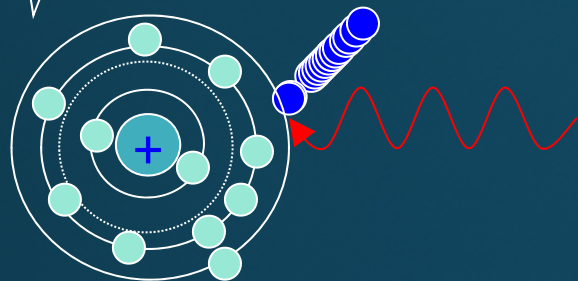


szabad
atom

$$I = 10^{16} \text{ W cm}^{-2}$$

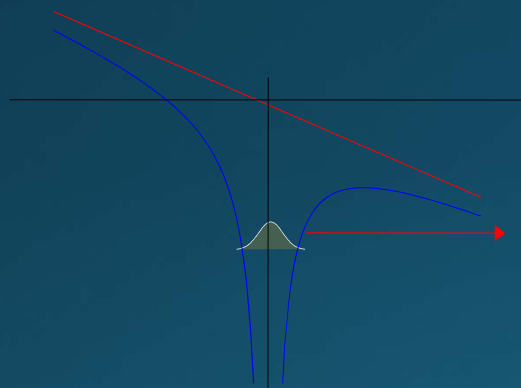


$$E \sim 10^9 \text{ V/cm}$$



Nagy intenzitás
Fotoelektromos
effektus

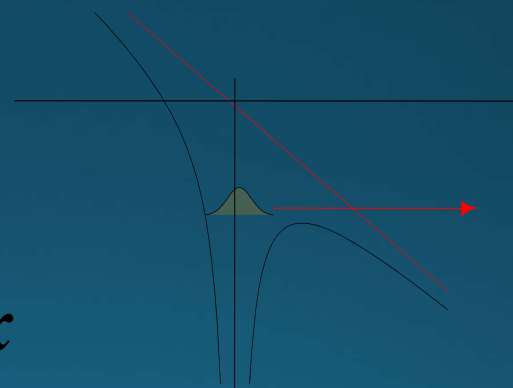
A valencia elektronok gyors ionizálódása



Tunnellezés

$$10^{14} - 10^{15} \text{ W cm}^{-2}$$

$$V = -\frac{q}{x} \pm E \cdot x$$

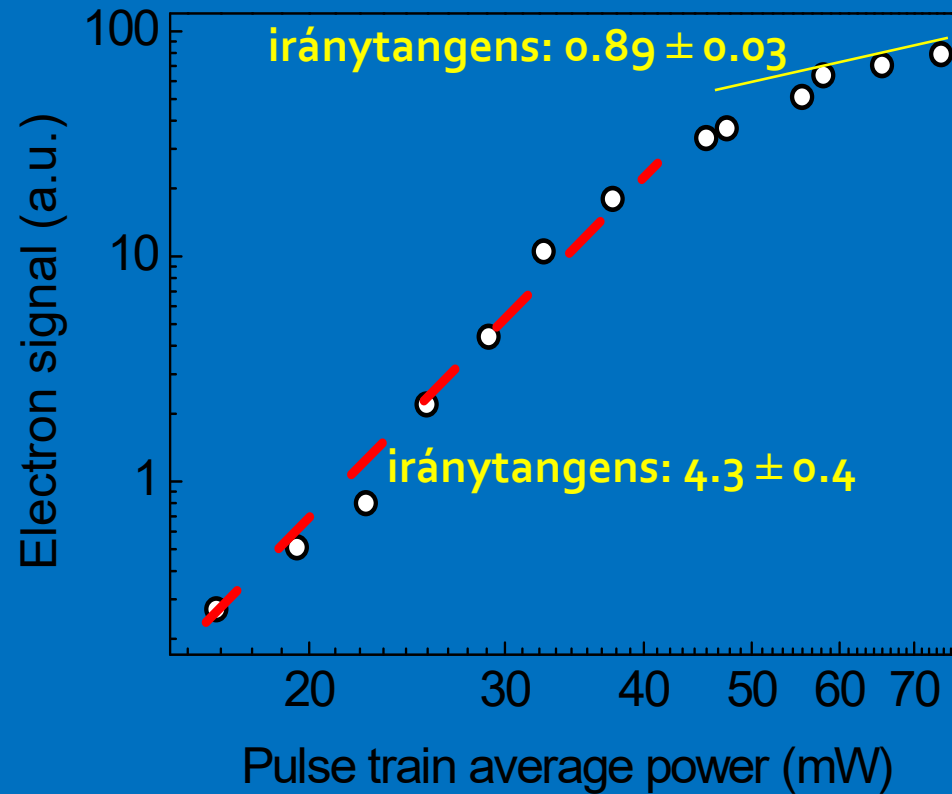


A barrier felett

$$> 10^{15} \text{ W cm}^{-2}$$

Minden atom elveszít legalább egy elektront. Egyesek akár hatot !

A TELJES ELEKTRON ÁRAM INTENZITÁSFÜGGÉSE



Multifoton-alagúteffektus

átmenet

$\sim 4 \times 10^{10} \text{ W/cm}^2$ beeső

intenzitásnál,

$\sim 5.5 \times 10^8 \text{ V/m}$ térerő

Keldysh-gamma $\gamma=31$

→ egyértelműen mutatja a felületi plazmon tér erősítés hatását

A FELÜLETI PLAZMONOK SZEREPE?

W : kilépési munka, E_l : lézer tér erősség

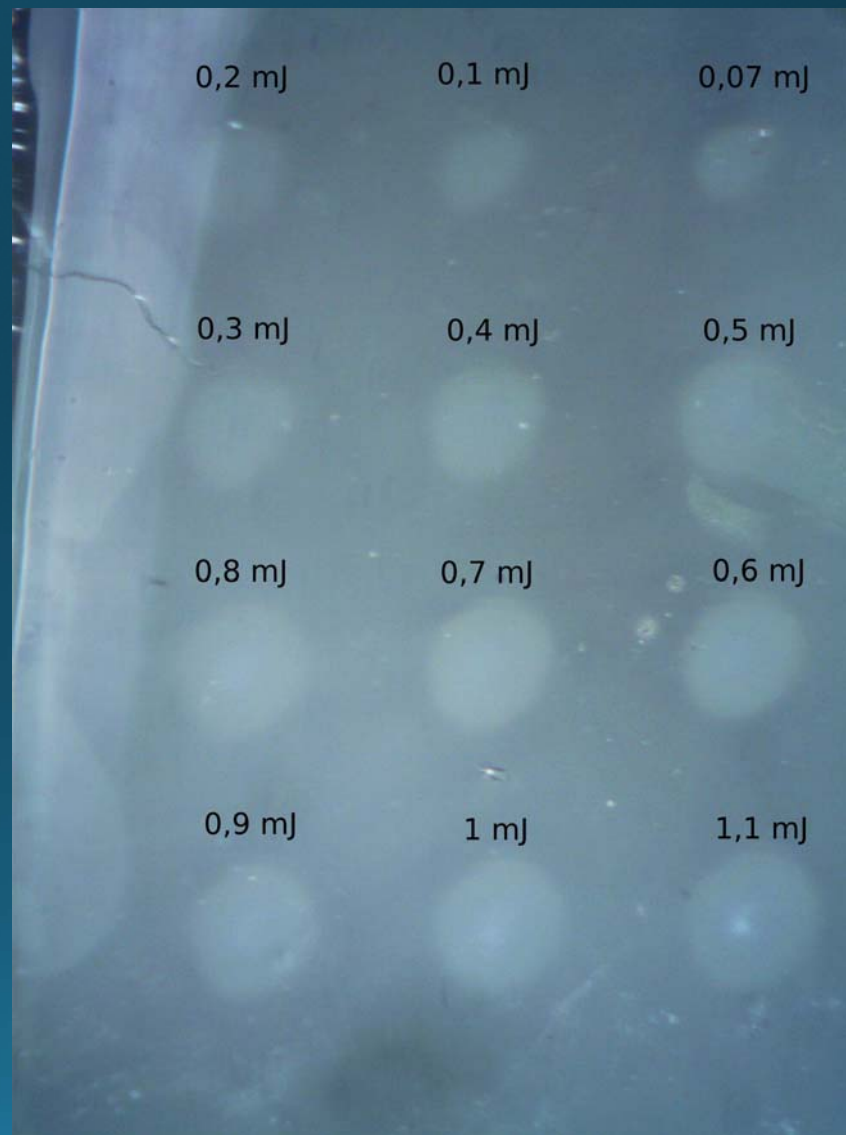
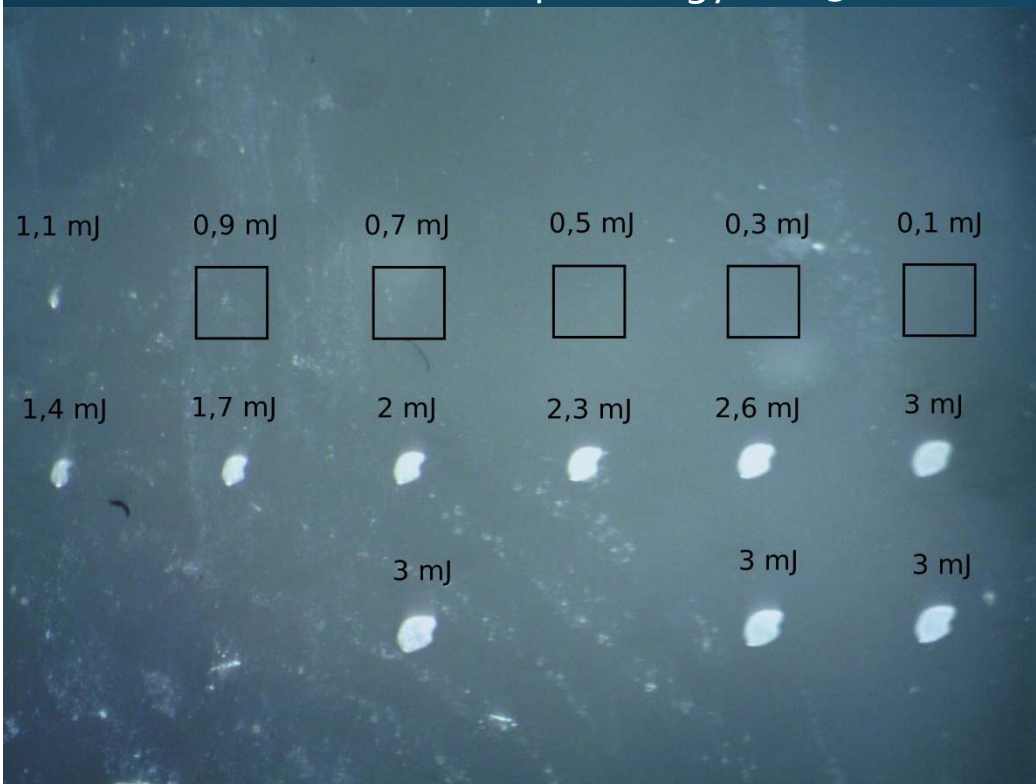
$$\gamma^2 = \frac{W}{2U_p} = \left(\frac{\omega \sqrt{2mW}}{eE_l} \right)^2$$

300 fs-os lézerimpulzusok

A FÉNY ELÉRI AZ ARANY NANORÉSZECSKÉKET!

Dopolt (nagyítás: 40x)

Nem dopolt (nagyítás: 30x)



Nanorészecskék
lézersugár irányú
eloszlása!

Lézer

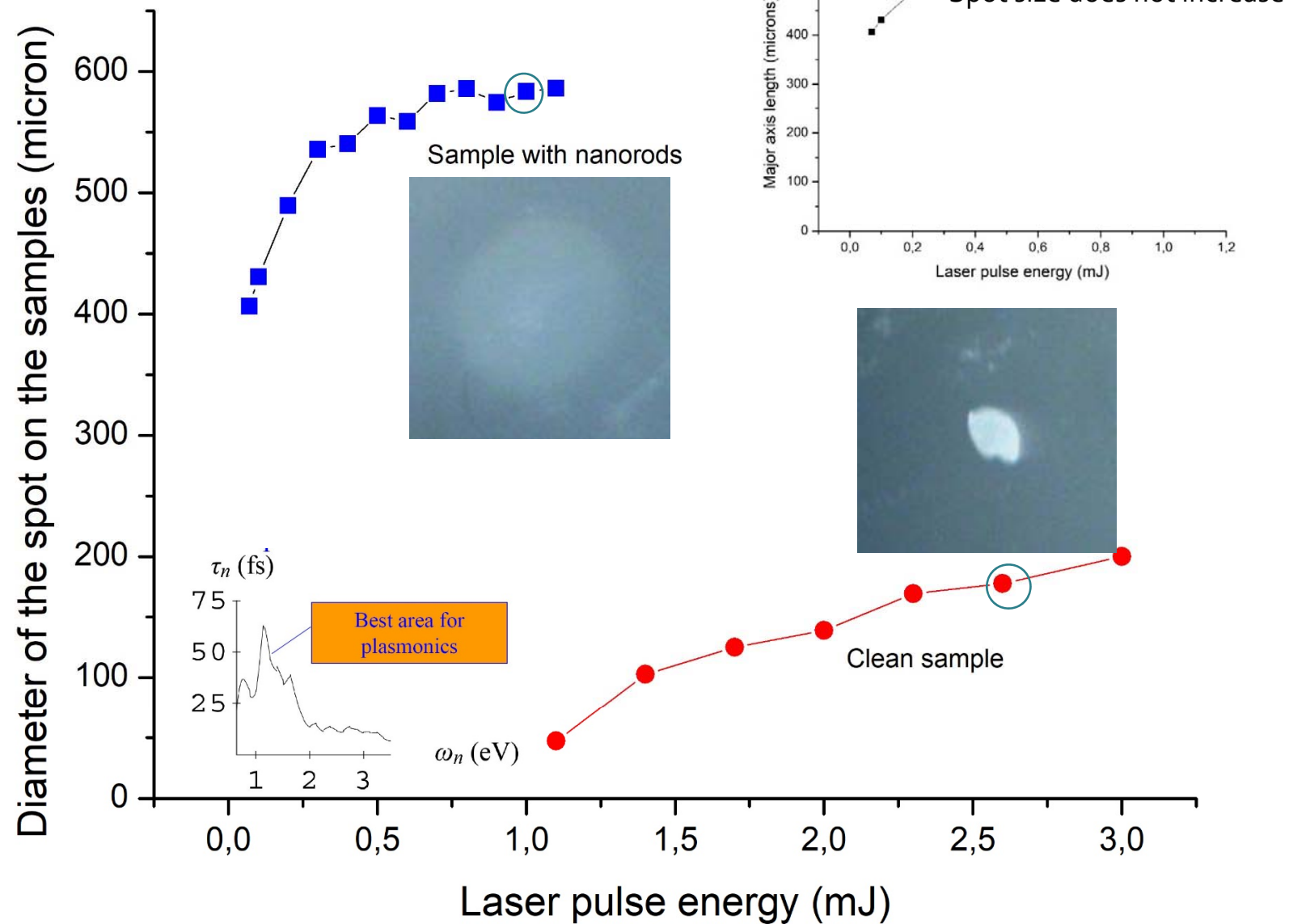


Fokusz: 85 μ átmérőjű
Impulzus: 300fs
Intenzitás: max. $\sim 4 \cdot 10^{14} \text{W/cm}^2$

Vastagság: $\sim 30\mu$ illetve 40μ

$\sim 10^{11}/\text{cm}^3$ arany nanorészecske

Laser pulse length: 300 fs
Ti:Sa laser: $\lambda=800\text{nm}$,



Giant plasmonic amplification; the laser light reaches the nanoantennas;

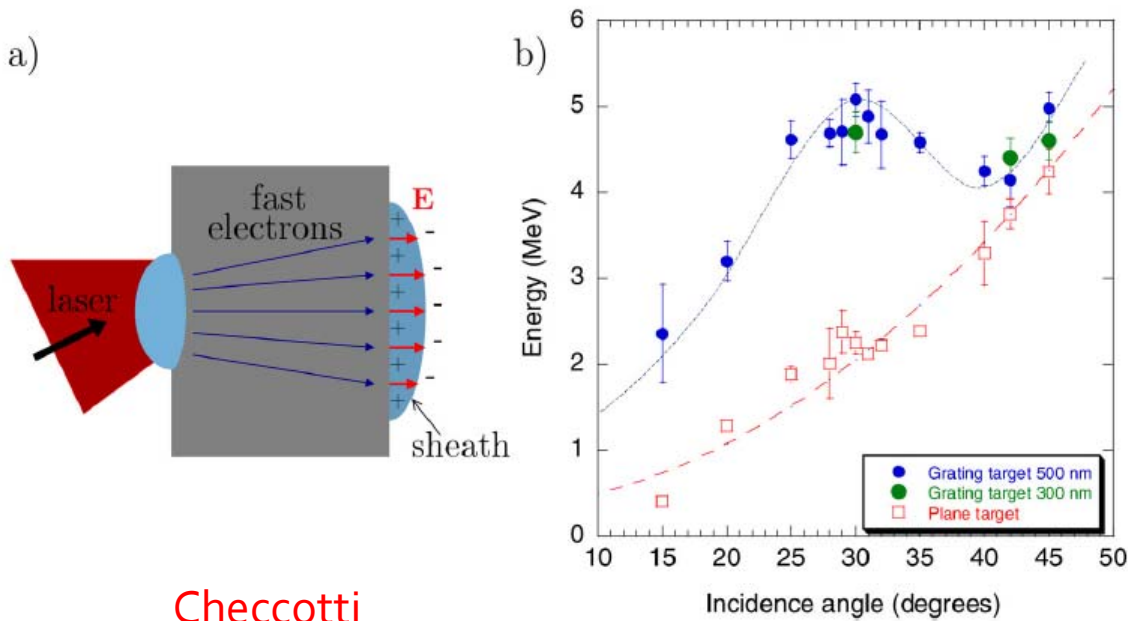


FIG. 5. Plasmon-enhanced TNSA of protons.⁹⁵ (a) Schematic of TNSA. The fast electrons produced by the interaction at the front side cross the target and produce a sheath at the rear side, where ions are accelerated. (b) Experimental data from the interactions of a high-contrast 25 fs, $2.5 \times 10^{19} \text{ W cm}^{-2}$ laser pulse with solid plastic targets. The cut-off energy of protons emitted from the rear measured as a function of the incidence angle from both flat and grating targets (for two different values of the grating depth). An up to 2.5-fold energy increase is observed for gratings, with a broad maximum around the resonant angle for SP excitation (30°). Data from Ref. 95.

Checcotti

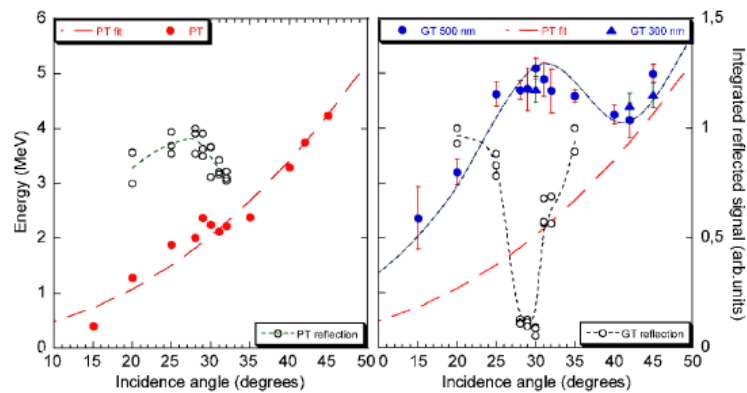


FIG. 3 (color online). Maximum proton energy (filled data points) and reflected light signal (empty data points) as a function of incidence angle α . Left and right frames correspond to $20 \mu\text{m}$ thick plane targets PTs and to $23 \mu\text{m}$ thick grating targets, respectively. Filled circles and triangles correspond to 0.5 and $0.3 \mu\text{m}$ deep gratings, respectively. The red dashed line is proportional to $\sin^2 \alpha / \cos \alpha$. The other lines are guides for the eye.

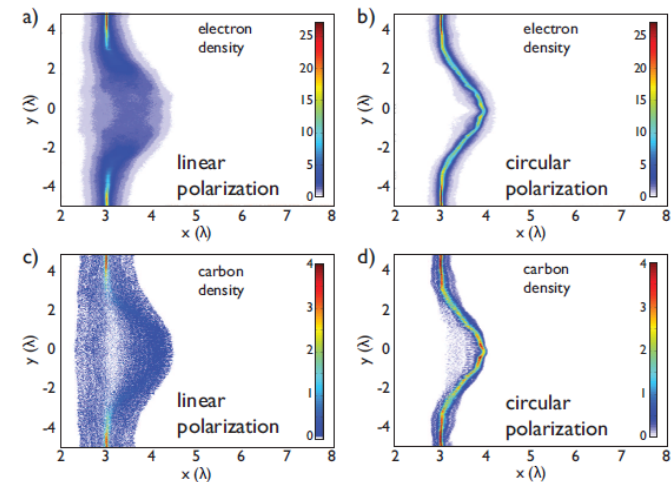


FIG. 4: (color). Cycle-averaged electron (a,b) and carbon ion (c,d) density at $t = 61 \text{ fs}$ after the peak of the laser pulse reached the 5.3 nm target initially located at $x = 3\lambda$. While linear polarization results in strong expansion of the target caused by hot electrons, for circularly polarized irradiation the foil is accelerated as a dense, quasi-neutral plasma bunch.

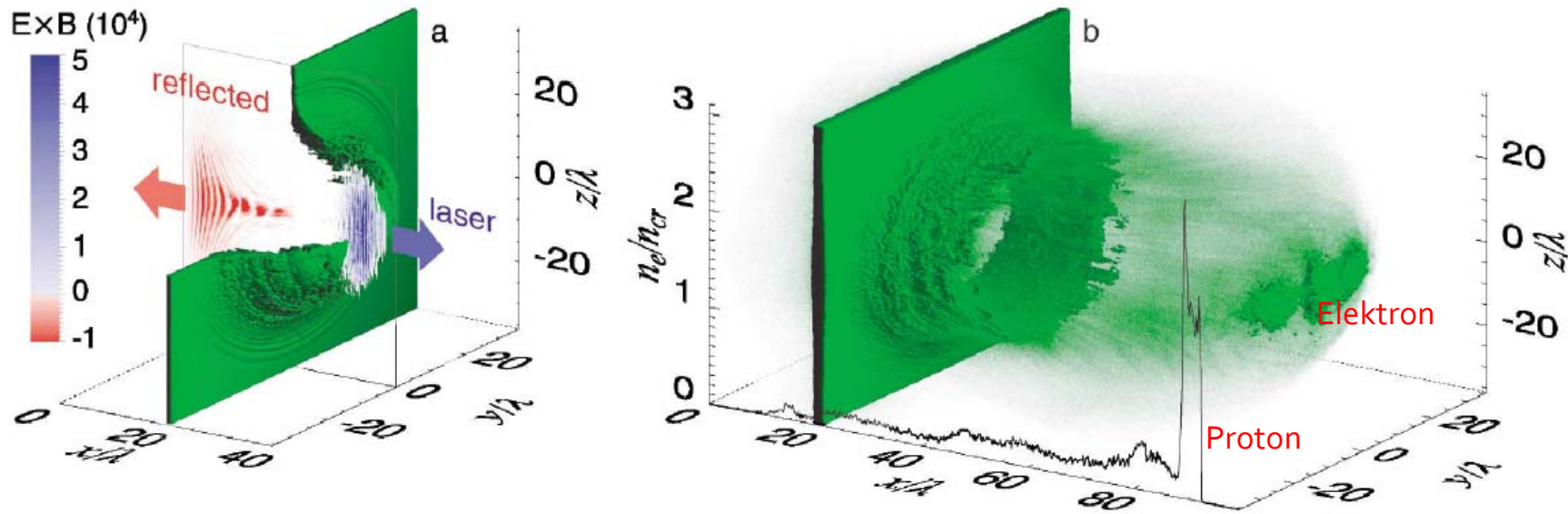


FIG. 1 (color). (a) The ion density isosurface for $n = 8n_{cr}$ (a quarter removed to reveal the interior) and the x component of the normalized Poynting vector $(e/m_e\omega c)^2 \mathbf{E} \times \mathbf{B}$ in the $(x, y = 0, z)$ plane at $t = 40 \times 2\pi/\omega$. (b) The isosurface for $n = 2n_{cr}$, green gas for lower density at $t = 100 \times 2\pi/\omega$; the black curve shows the ion density along the laser pulse axis.

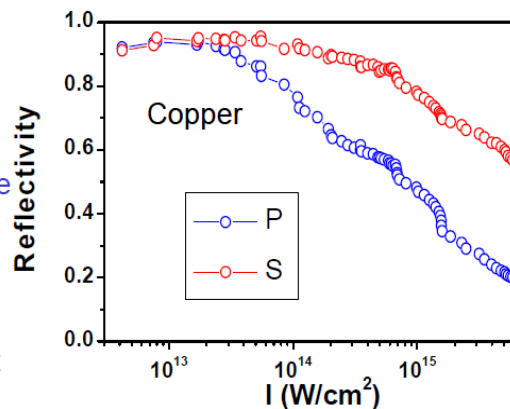
Plasma absorption

• $A = 1 - R$

$I < 3 \times 10^{13} \text{ W cm}^{-2}$, A is almost polarization independent & obeys Fresnel laws, as IB is dominant

• at higher intensities, there is a clear polarization dependence of absorption

• the difference in absorption should account for extra absorption mechanisms, which are polarization dependent

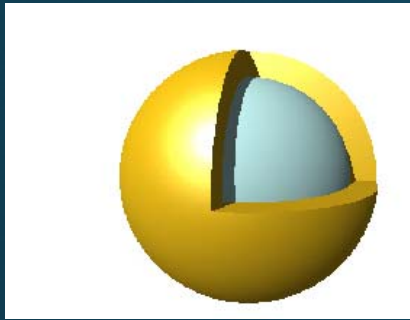


R vs I at 45°

TIFR data

A p-polarizációs görbe a plazmonikus eset.

Kumar

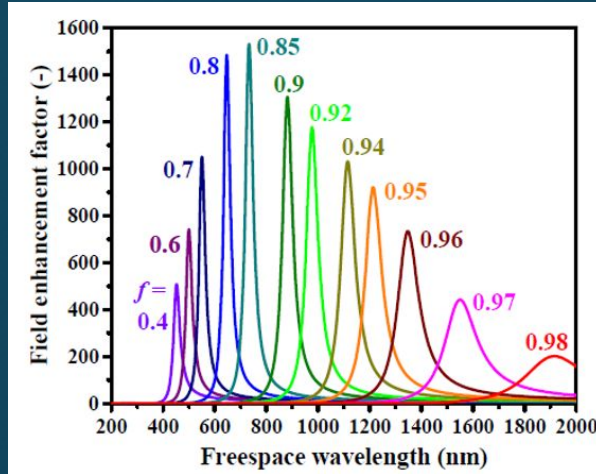


NANOHÉJ

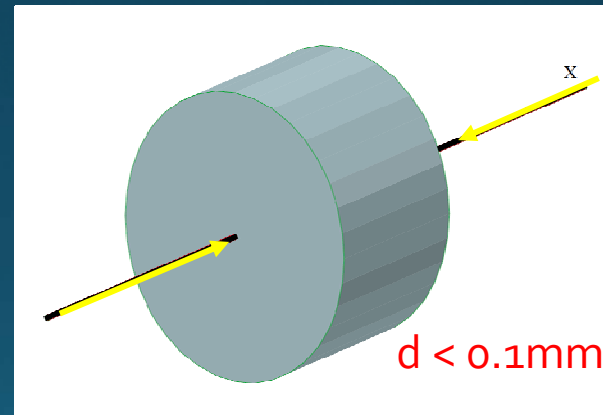
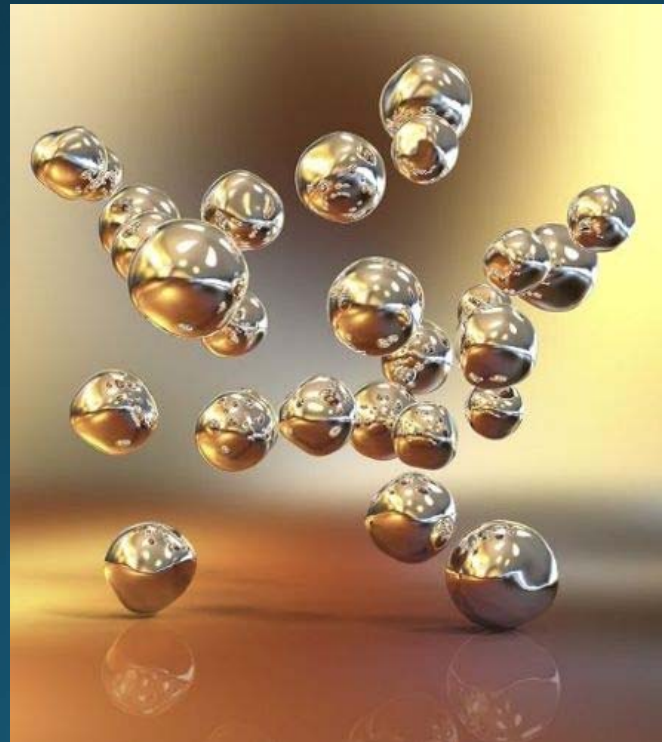
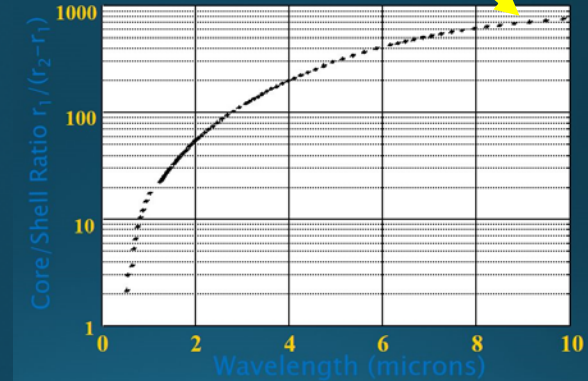


NANORÚD

$\lambda = 800\text{nm!}$



TÉRERŐSÍTÉS A
NANOHÉJ FELÜLETÉN
ÉS HANGOLÁS



NANO-
RÉSZECSKÉK A
„FŰTŐANYAGBAN”

PICO/FEMTOSZEKUNDUMOS
LÉZER IMPULZUSOK,
NAGY ISMÉTLÉSI FREKVENCIA,
FÉNYSEBESSÉG: NINCS
INSTABILITÁS
CSAK KÉT NYALÁB
EGYIDEJŰ TÉRFOGATI BEGYÚJTÁS

NANOPLAZMONIKUS LÉZER FÚZIÓ

- *1. A fúzió egyidejű lézeres begyűjtása a céltárgy egész térfogatában (új ötlet; Csernai).*
- *2. Nanoantennák gyűjtik össze a lézer energiát a céltárgy belsejében (új ötlet)*
- *Lassú termikus égés helyett a lézerbelövés energiáját direkt használjuk.*
- *Így a begyűjtés és égés nagyságrendekkel gyorsabban történik (2. eredménye).*
- *Nagy teljesítményű belövések az ELI-ALPS berendezéseivel (csak 2 nyaláb)*
- *Kialakításra kerül a megfelelő céltárgy szerkezet és belövési módozat.*
- *Végcél egy megvalósíthatósági tanulmány, a fejlesztési fázis előkészítése (Bíró T).*
 - **Fúziós energia = legtisztább energia és korlátlan üzemanyag**



**KÖSZÖNÖM A
FIGYELMET!**