

**Energia,
vagy**

**fenntartható fejlődés
fenntartható
hanyaglás?**

**Kárpátaljai Fizika és
Matematika Iskola, 2023. 03.17**

Csernai László
Prof. Emeritus
University of Bergen

Energia & Termodinamika

Extenziv / Összeadható

Intenziv/ Kiegyenlítődő

Idő :	t	[s, h, yr]
Térfogat:	V	[m ³]
Felület:	A	[m ² , km ²]
Tömeg:	m	[g, kg]
Teljesítmény	P	[W, kW, hp]
Energia	E	[J(Ws), kWh, MJ]
Entrópia	S	[J/K] ~hőmennyiség

Hőmérséklet:	T	[C, K, F]
Nyomás:	p	[atm]

Energia

Hőenergia E_h üzemanyagok elégetése, magreakciók, napsugárzás

Mechanikus E_m mozgási, potenciális, **villamos (nem energia forrás ,! kivéve PV)**

Energia átvitel

Hatásfok: η [%]

$E_m \rightarrow E_h$ $\eta = 100\%$

$E_h \rightarrow E_m$ $\eta \ll 100\%$, $(T_> - T_<) / T_>$ *Carnot hatásfok* \rightarrow **veszteség**

Pl.: elektromos autók, sokszoros átvitel, nagy veszteség
kivétel PV napelem

Fenntarthatóság



- A Fenntarthatóság szó egymagában gyakran fejlődés és tudomány ellenességet, fed. A hanyatlás persze könnyen fenntartható!
- Politikai definíció: *Brundtland* report “*Our Common Future*” (1987). “Sustainable development is a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet ***their own needs.***”
(Fejlődni akar a jövő generációja? És merre?)
- Van jobb tudományos (és kvantitativ) definicio?

Tudományos definíció (1944)

3.8 milliárd éve jelent meg az élet a Földön prokaryotic egysejtűekben, baktériumokban. Azóta az anyag állandó fejlődésen megy keresztül, egyre növekvő komplexitású anyagi szervezetekben a biológiában és technológiában.



- **Erwin Schrödinger**, a kvantum-mechanika felfedezője, “*What is Life*” (1944), című könyvében írta le először, hogy a fejlődés csak a növekvő **Komplexitás** irányába lehetséges (ő az “**orderliness**”, *rendezettség* kifejezést használta). Azaz a fejlődés iránya a:
- Csökkenő **Entrópia. (S)** (Ez precíz és számszerűen adott!)
- **Energia (E) [kWh, Joule]** , **Teljesítmény (P) [W, kW, GW]**

Növekvő Komplexitás → Entrópia

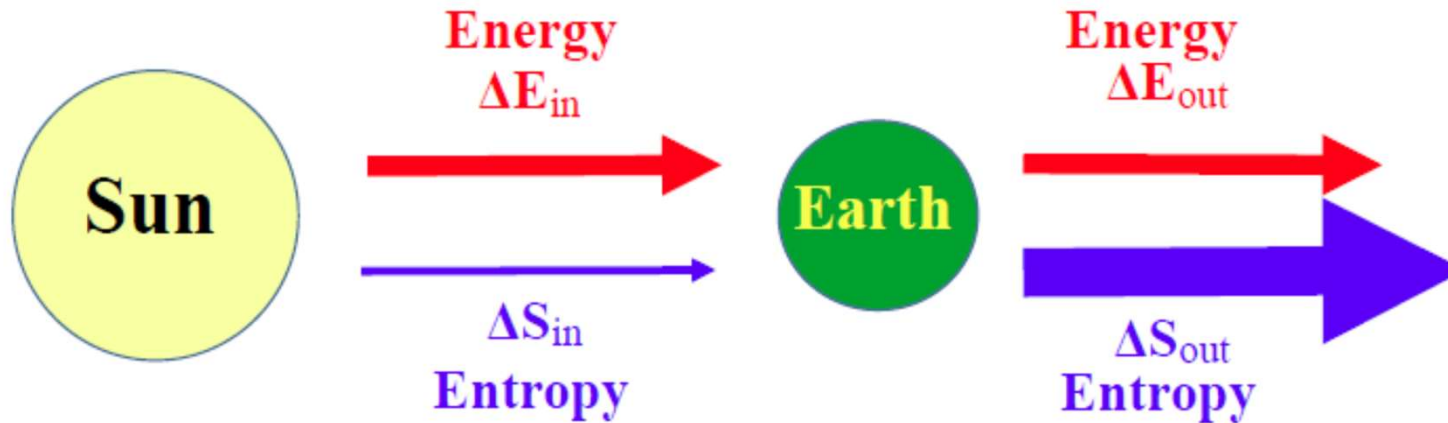
A kémiai és biológiai fejlődés:

Material or tissue	Entropy, S, for 1 kg [J/K°]
H ₂ – ideal gas hydrogen	58.3 · 10 ³
H ₂ O – water vapor, ideal gas	8.24 · 10 ³
H ₂ O – liquid water, T = 100 C°	4.43 · 10 ³
H ₂ O – liquid water, T = 0 C°	3.12 · 10 ³
H ₂ O – water ice, T = 0 C°	1900.2
UF ₆ – Uranium-hexa-fluoride, ideal gas	513.2
C ₆₀ – Fullerene, ideal gas	263.2
DNA molecule* of <i>Candidatus Carsonella ruddii</i> (CCr)	1.79 · 10 ⁻⁹⁶¹⁰⁵
Human DNA	3.96 · 10 ^{-1 974 000 000}
One state of the Human brain tissue	~ 10 ^{-301 000 000 000 000}

*DNA molecule of the smallest bacteria, with only N = 159 662 base pairs.

[L.P. Csernai, S.F. Spinnangr, S. Velle, Quantitative assessment of increasing complexity, *Physica A* 473 (2017) 363–376, arXiv: 1609.04637.]

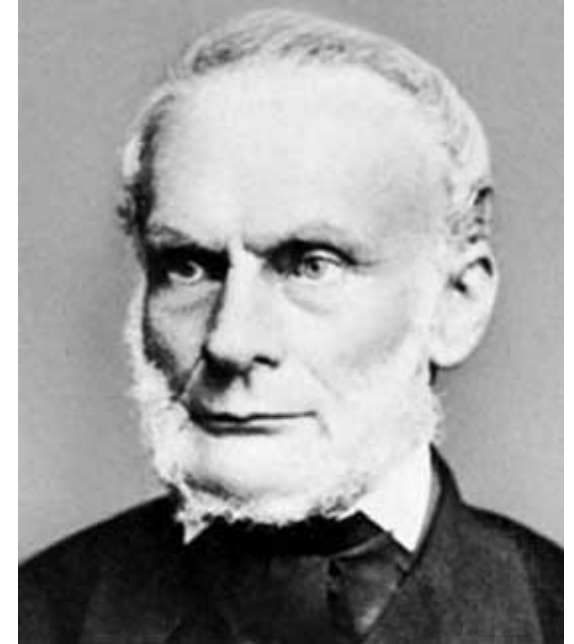
A Föld Energiája & Entrópiája



- Entrópia változás: $\Delta S = \Delta E / T$.
- Az energia a Napból és a Földről kisugárzott energia közel azonos: ΔE .
- A beérkező napsugárzás hőmérséklete magas: $T_{in} \approx 6000 \text{ K}$
- A Föld visszasugárzása a világűrbe alacsonyabb: $T_{out} \approx 300 \text{ K}$
- Így a Föld entrópiájának változása: $\Delta S = \Delta E / T_{in} - \Delta E / T_{out} < 0 \quad !!!$
- **Negatív $\Delta S \rightarrow$ Növekvő Komplexitás**
- Ezt a Föld atmoszférája teszi lehetővé, különösen a benne lévő víz!
- A **VIZ** a Földön 3 fázisban van jelen: jég, víz, gőz \rightarrow **Termosztát !!!**

Energia, Hő, Entrópia, Víz

- A **Napról** érkező energia legnagyobb része **Hővé** alakul.
- A Földön a **Fejlődéshez** viszonylag magas hőmérsékletre, $T \sim 300K$, van szükség, hogy a kémiai és biológiai reakciók megfelelő **sebességgel** menjenek végbe.
- A **víz** mint **termosztát** (az olvadó jég látens hője) egyensúlyban tartja a hőmérsékletet az utóbbi 10000 – 30000 évben →
- A Föld nagy mennyiségű **Entrópiát sugároz ki**, és ez teszi lehetővé a **fenntartható fejlődést**.
- [L.P. Csernai, I. Papp, S.F. Spinnangr and Yilong Xie, Physical Basis of Sustainable Development, *Journal of Central European Green Innovation*, 4, 39-50 (2016), arXiv: 1612.06439.]



1865 Rudolph Clausius

Fenntartható fejlődés - Energia & Entrópia

- A fenntartható fejlődéshez **Csökkenő Entrópia** kell, mert komplexebb állapotokat kell létrehozni. Ehhez pedig **Energia szükséges (!)**.
- Ezt az energiát a lehető **legkisebb Entrópia** **produkcióval** kell előállítani. → **Maximális hatásfok!**

- Például **vízenergia**
Mellesleg: Energia tároló, (Predikálószerk), árvíz és aszály védelem, híd, víztároló, üdülőhely (Tiszató).

Vízerőmű



- Three Gorges Dam **22.5 GW**
(103 TWh/yr) 2014 Kína →
- The largest hydropower turbines (Enclosed turbines.):
- $P = 767 \text{ MW}$ Francis turbina
Hatásfok: $\eta \sim 94\%$.
Veszteség: $\sim 6\%$ →
Hő (Entrópia)
- A legjobb **energiatároló**



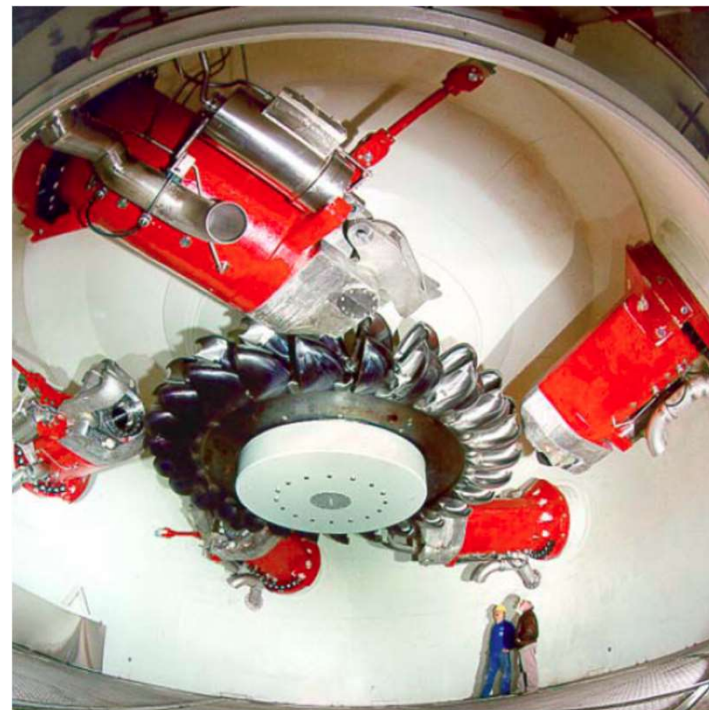
Vízerőmű - Hatásfok & Entropia , Hő

- The largest hydropower turbines (Enclosed turbines.):

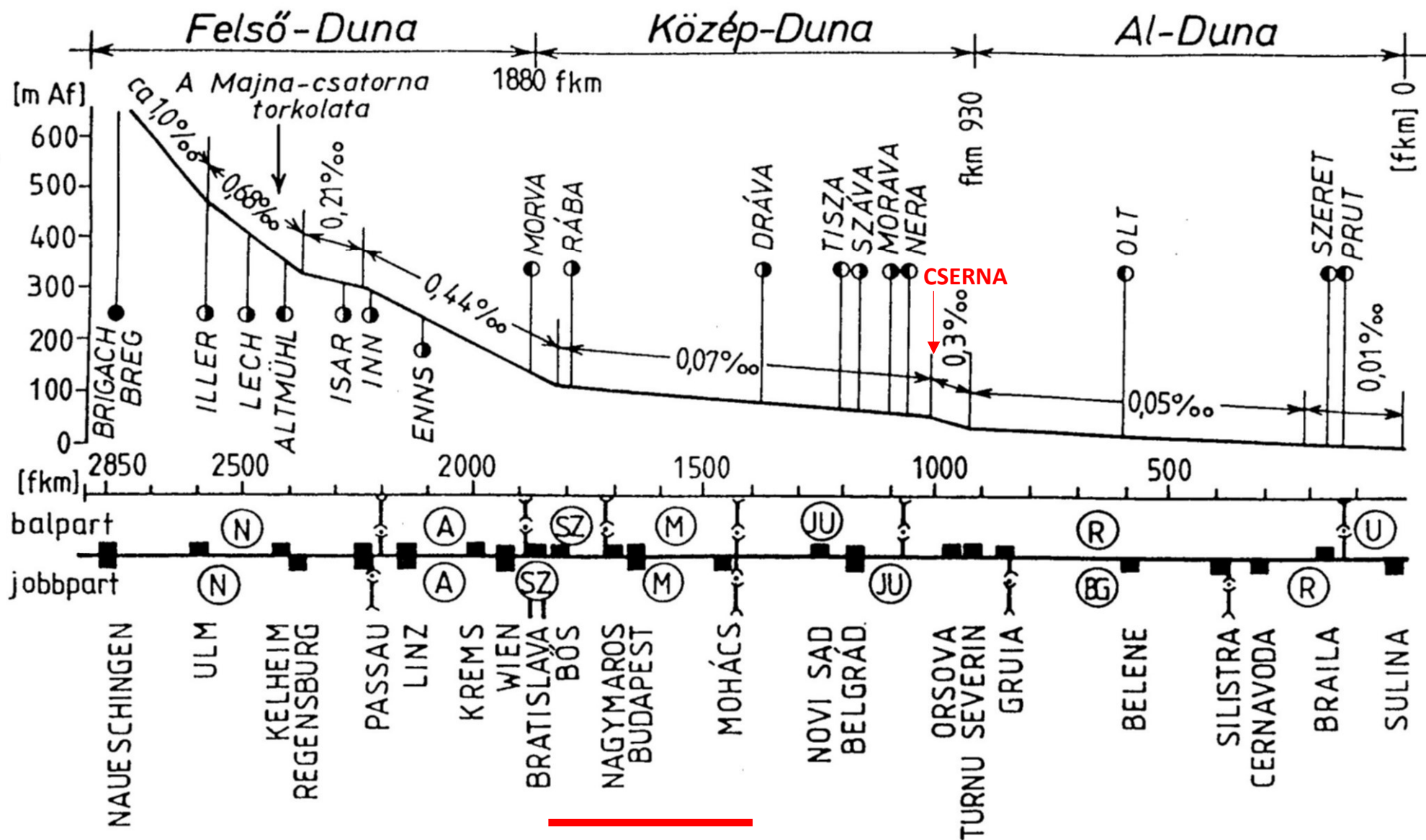
- P= **767 MW** Francis turbina
Three Gorges, Kína,
diameter: 10m, **efficiency**: $\eta \sim 94\%$.
Loss $\sim 6\% \rightarrow$ Waste Heat
 $\Delta S = (1 - \eta) P \Delta t / T$, small
($T \sim 300$ K, ambient temp.)



- P= **423 MW** Pelton turbina
Bieudron P.St. , Svájc,
diameter: 4.63 m,
efficiency: $\eta = 90-95\%$.
Loss $\sim 5-10\% \rightarrow$ Waste heat
 $\Delta S = (1 - \eta) P \Delta t / T$, small



A Duna hossz-szelvénye



A Bős-Nagymarosi Vízlépcső rendszer



A Bős-Nagymarosi Vízlépcső rendszer

- Korábbi ellenérvek:
 - Kis teljesítmény az árhoz képest (igen, de a szélenergia is!)
 - Környezetvédelmi okok \ (ma, Bős megépült → az ellekezője)
 - Vízminőség, stb. \ lásd Tiszató
- Mai helyzet megváltozott:
- 1. Energiatároló (Atomenergia, Szélenergia, PV, miatt !)
- 2. Víz tározás, ivóvíz, öntözés, ipar (Bős → Csallóköz)
- 3. Árvízvédelem (2013: Bős → Győr 70cm, Bp. 31cm, Baja 10cm)
- 4. Hajózás, a Bécs – Budapest szakasz nem hajózható egész évben
- 5. Híd
- 6. Túrizmus, Vizi sport

Water



Apart of the fundamental role in Sustainable Development and Converting Solar Energy into Mech Energy, it is one of the most important Energy sources.

- From **pumped** reservoirs on mountains one can have substantial **adjustable energy storage**. Enclosed turbines. E.g.:
 - Afourer Pumped Storage P.St.
0.465 GW, *Francis t.*, 2004
Morocco, drop: 800/480 m →
 - Aura kraftverk, P.S. P.St.
0.29 GW, drop: 783 m
Pelton t., 1953 Norway
 - Prédikálószék: 639 m



From ocean tidal currents **regularly changing energy production**.

Open turbines. E.g.:

- Orkney Islands, **1 MW**, rotor diameter: 18m, depth: 35m, 2010 Scotland
- Tidal Sails (underwater) planned, **4 MW**, slow, large surface Norway

Szélerőmű Statoil HyWind pilotpark, Skócia



- Egy turbina = 6MW

- Torony: 2200 tonna acél ← 30.4 GWh |

- Ballaszt: 8100 tonna beton ← 6.3 GWh |
- ~3.5 év termelés

- Merülés: 78 m

H= 253 m,
Turbina Ø : **d=154 m**,
30 MW: (5x 6 MW turb.)



ANNONSØRINNHOLD

Aftenposten



Disse fem vindturbinene står utenfor kysten av Peterhead i Skottland og produserer strøm til 20.000 husstander.
Foto: Øyvind Gravås / Woldcam

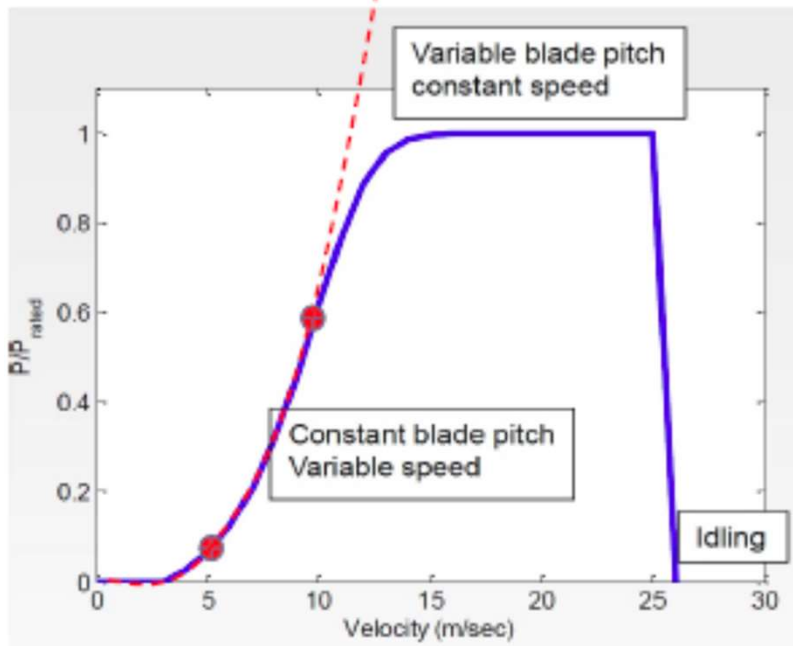
Szélerőmű hatásfoka (HyWind)



- A szél mozgási energiaja/s:
 $P = E_k/s = M v^2/2$
- Az átáramló levegő tömege:
 $M = \rho r^2 \pi v \rightarrow P \sim v^3 !$
- $E_k = 32.6 - 185.6 \text{ MW}$ -- 14–25 m/s
szél-sebességnél
- De $P_{\max} = 6 \text{ MW}$ constant !

- **A hatásfok változik:**
 - $\eta = 18.4 \%$ -- 14 m/s (max)
 - $\eta = 3.2 \%$ - 25 m/s szél-sebességnél

← [Finn G. Nielsen, UoB GFI, 2017]



Szélerőmű – Entrópia termelés



Turbulens áramlás →

Látható kondenzáció

A látens hő melegíti a léggömböt

Kis energia termelés

Nagy entrópia termelés

→ Nem fenntartható

→ Felület igényes

~5MW / 1km²

1GW / 200 km²

Wind Power: Efficiency

The wind is a form of mech kinetic energy, which is generated from the uneven Solar radiation. The **wind-turbines** at high wind-speed and low efficiency transform back this mech energy into heat in nearly **80-95%** ! This is due to the fact that the wind turbines cannot adjust their production even to the available wind energy!

Sails adjust to the wind energy much better. The sails are permanently adjusted in their direction and shape, to gain most energy out of the wind with possibly minimal turbulence!

See the large, 45', America's Cup boats, which can reach 100 km/h in high winds.

L.P.Csernai



Atomenergia



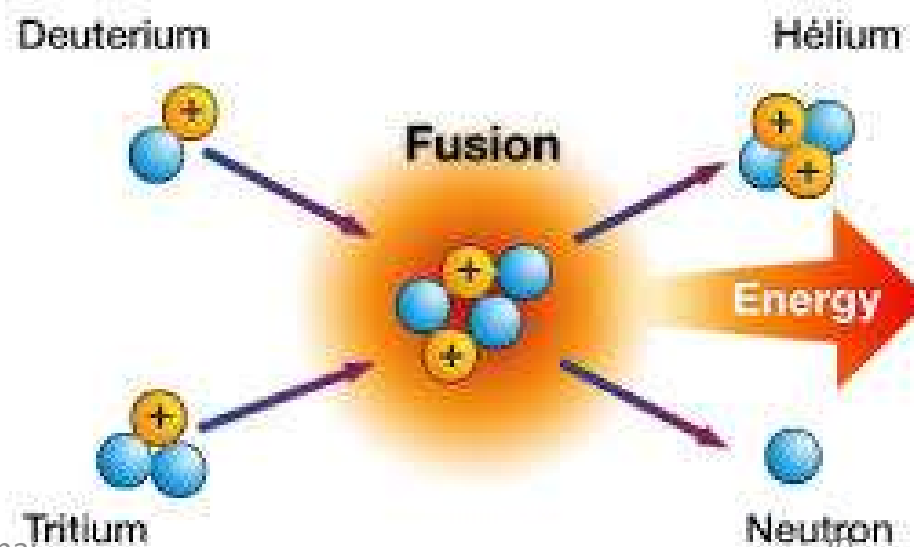
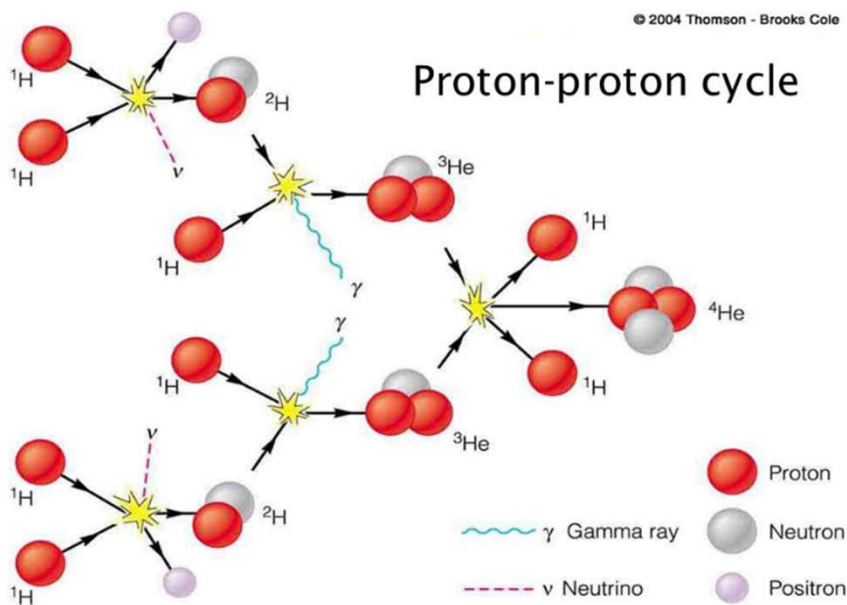
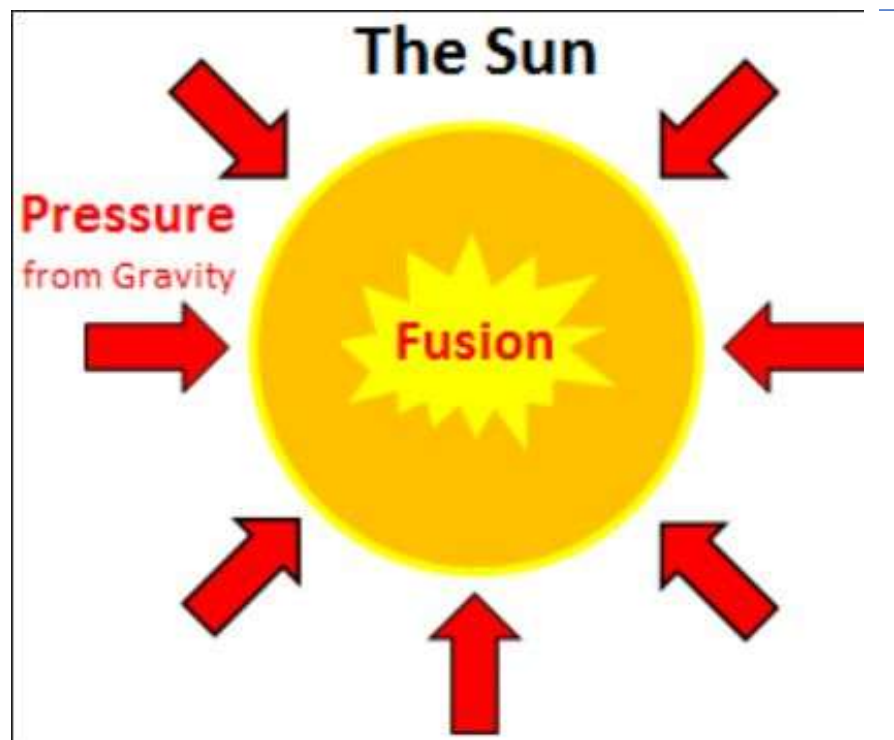
Atomreactor

Heller-Forgó hűtőtorony

Atommag Fúzió



Csökkenő entropia !!!

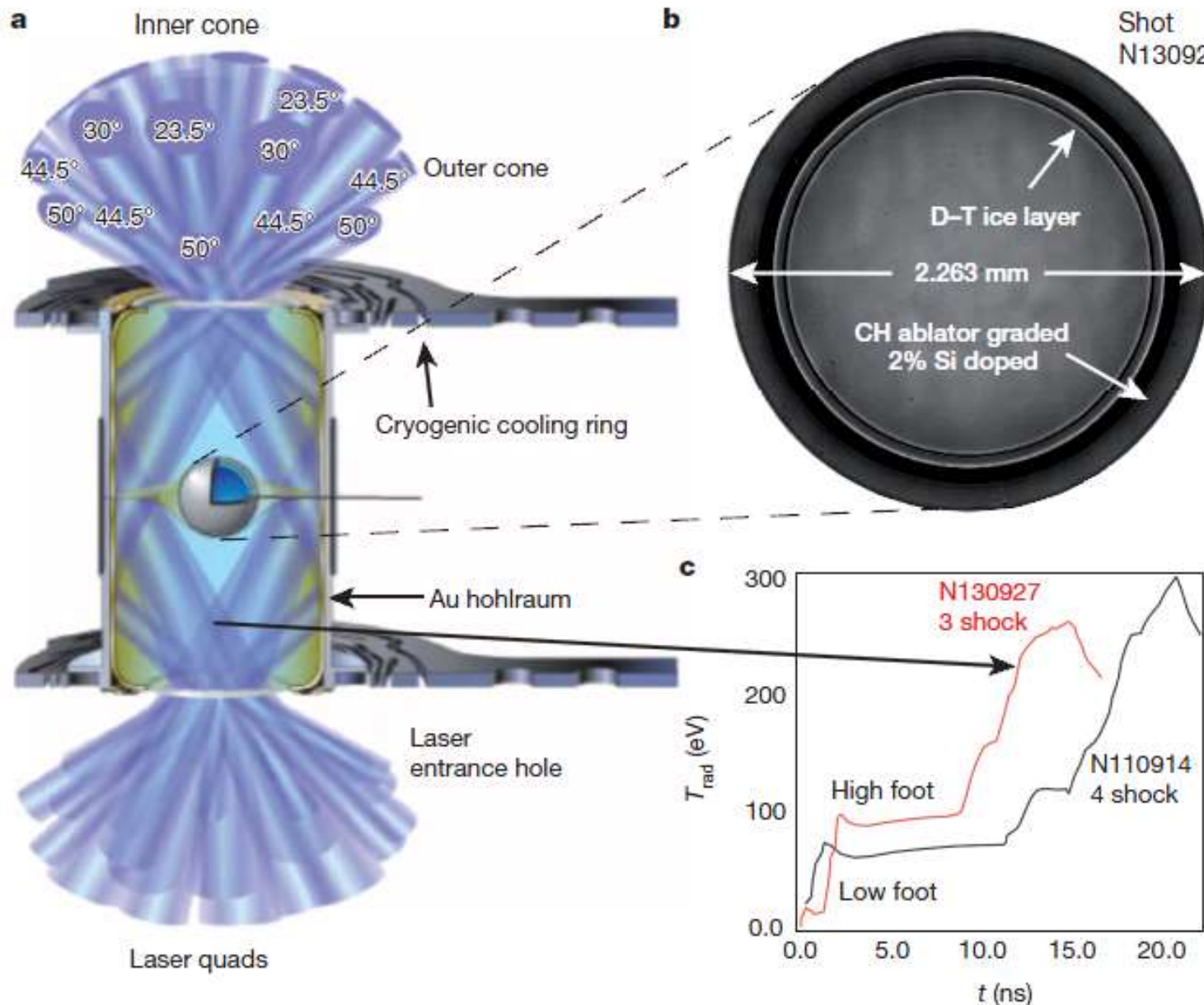


NANOPLAZMONIKUS LÉZER FÚZIÓ (**NAPLIFE PROGRAM**)

- A fúzió lézeres **Egyidejű begyűjtása** a céltárgy egész térfogatában (**saját és új ötlet**, az előadás tárgya)
- **Nanoantennák** gyűjtik össze a lézer energiát, a céltárgy belsejében (**saját és új ötlet**, öt nagyságrenddel rövidebb, ~100fs lézerimpulzusokkal)
- Lassú termikus égés helyett a lézerbelövés energiáját direkt használjuk.
(nincs termikus egyensúly !)
- Nagy teljesítményű belövések az **ELI-ALPS** berendezéseivel (csak 2 nyaláb, 10 lövés/sec, 32J, szembe ütköző pl. H és D nyalábok)
- Projekt vezető (HU): Biró Tamás (Wigner FK)
 - **Fúziós energia = legtisztább energia és korlátlan üzemanyag**



Indirekt begyújtás 192 lézer, NIF



Lézer besugárzás időfüggése:

Kezdeti
összenyomás:
→ 800 g/cm³
~ **10 ns**,

→ Középponti
begyújtás:
~ **15/5 ns**

→ **2018 - 2022**
Be: 422 MJ (2.05MJ)
Ki: 54 kJ 3.15MJ

Vastag érme alakú target - Új konfiguráció

Target vastagsága: h

h függ a pulzus energiától,
a gyulladási energiától, a
target tömegétől

Második feladat:

Egyidejű begyújtás a teljes
térfogatban

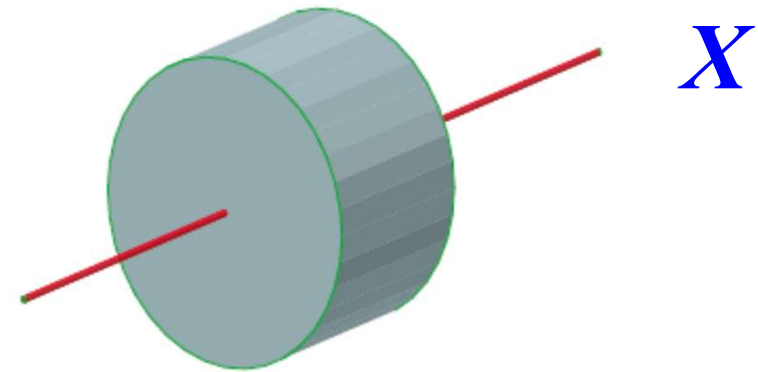


Figure 1: (color online) The target still should be compact to minimize the surface effects. The irradiation is performed along the x -axis from both sides towards the target. The laser beam should be uniform hitting the whole face of the coin shaped target.

Radiation dominated implosion with flat target

László P. CSERNAI^{1,3}, Mária CSETE², Igor N. MISHUSTIN^{3,7}, Anton MOTORNENKO³,
István PAPP⁴, Leonid M. SATAROV³, Horst STÖCKER³, and Norbert KROÓ^{5,6}

¹

¹ Dept. of Physics and Technology, Univ. of Bergen, Norway

² Dept. of Optics and Quantum Electronics, Univ. of Szeged, Hungary

³ Frankfurt Institute for Advanced Studies, Frankfurt/Main, Germany

⁴ Dept. of Physics, Babes-Bolyai University, Cluj, Romania

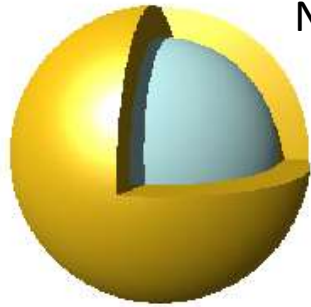
⁵ Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

⁶ Wigner Research Centre for Physics, Budapest, Hungary

⁷ National Research Center "Kurchatov Institute" Moscow, Russia

[arXiv:1903.10896v3
és *Physics of Wave
Phenomena*, **28**, 187-
199 (2020)]

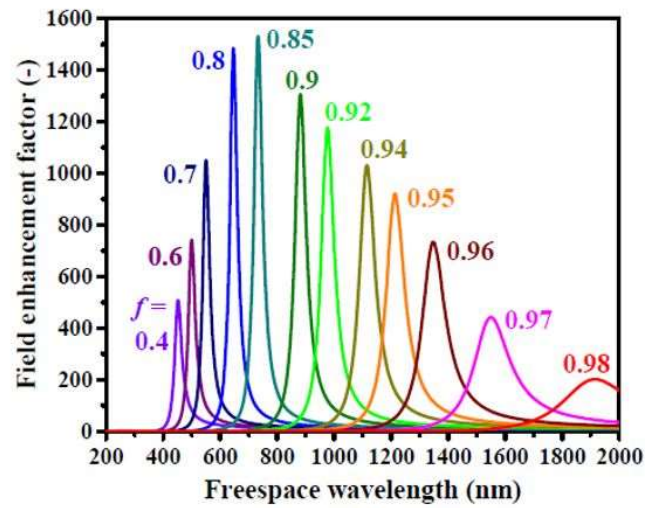
Csernai L.P., Kroó N. Papp, I. Patent # P1700278/3 (2017).



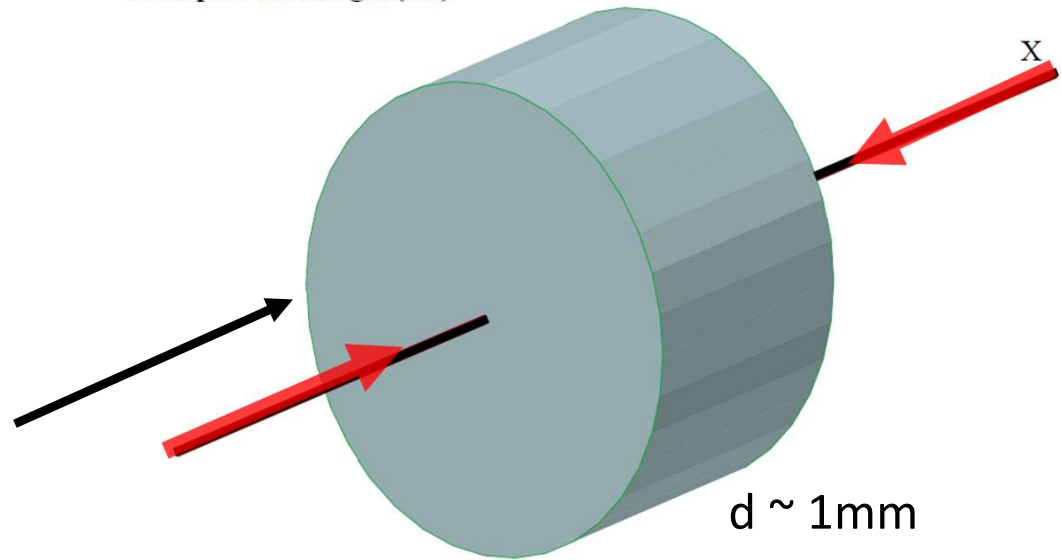
NANOSHELL



NANOROD



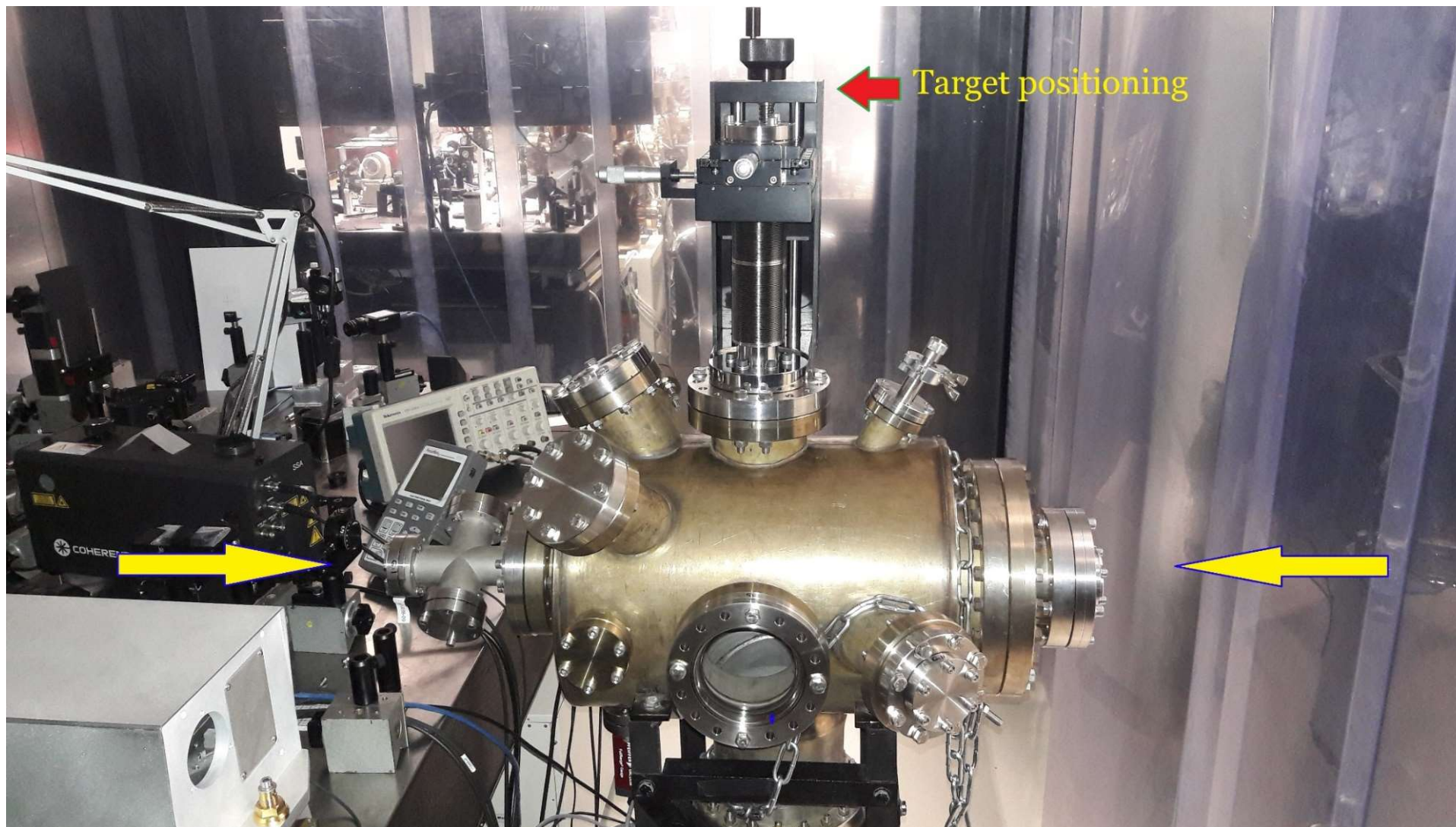
$\lambda = 800\text{nm}$



PICO/FEMTOSECOND LASER PULSES
 HIGH REPETITION RATE
 LIGHT SPEED: NO INSTABILITIES
 TWO BEAMS
 VOLUME IGNITION

NANOPARTICLES
 DOPED FUEL
 L.P.Csernai

Kétoldali Besugárzás



Abszorpció eloszlás beállítása a nano-antennák sűrűség eloszlásával.
UDMA targeten.

Csete Mária, Bonyár Attila et al.

Európai Lézer Infrastruktúra – Szeged, HU



Még az idén **itt** is
elindulnak a kísérletek!

ELI-ALPS Szeged:
EU Extrém Fény Infrastruktúra
Attosec. Impulzusú Fényforrás
2PW extrém nagy térerősség
10 Hz, <10fs, **20 J**