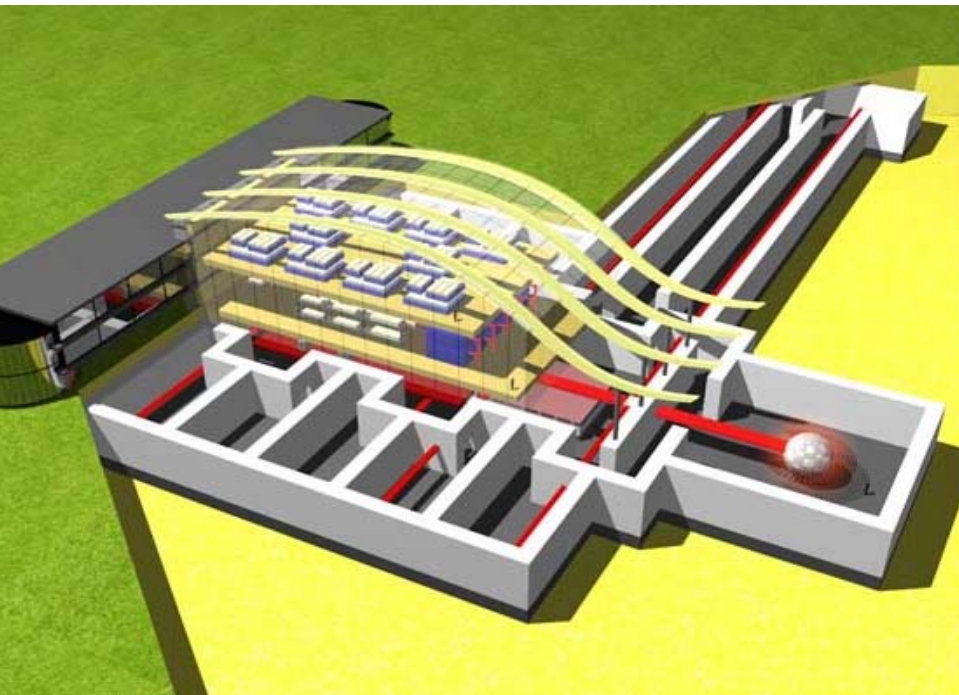


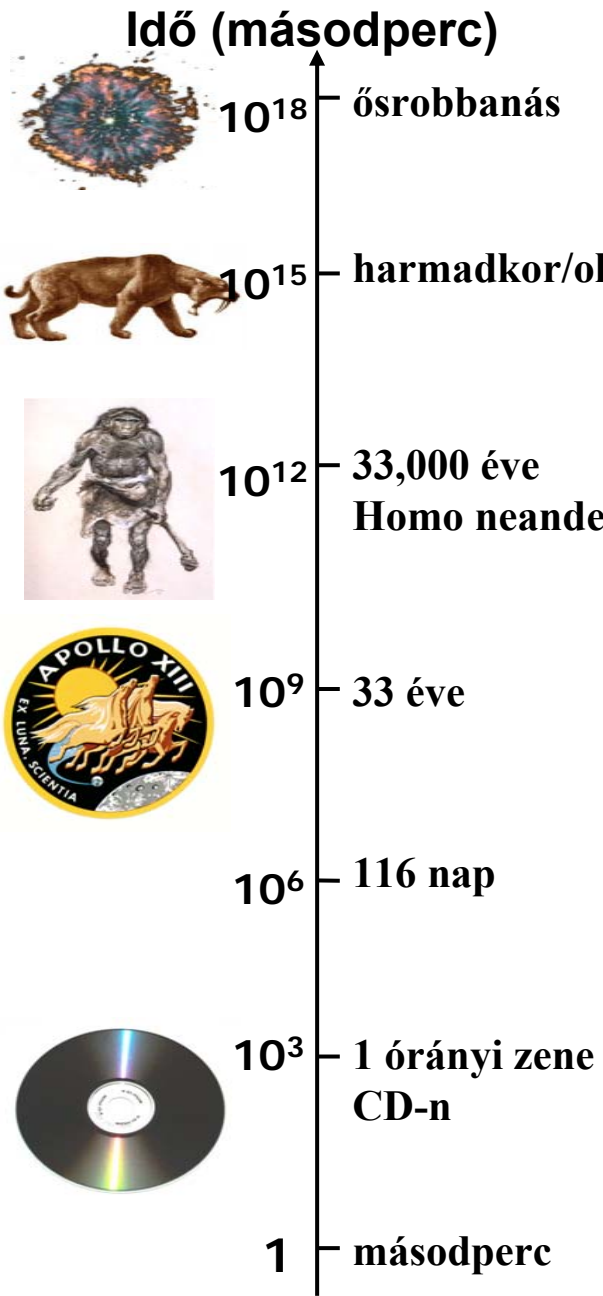
Az ELI projekt („szuperlézer”)



Dombi Péter

MTA Szilárdtestfizikai és
Optikai Kutatóintézet
Budapest

Időskálák a természetben



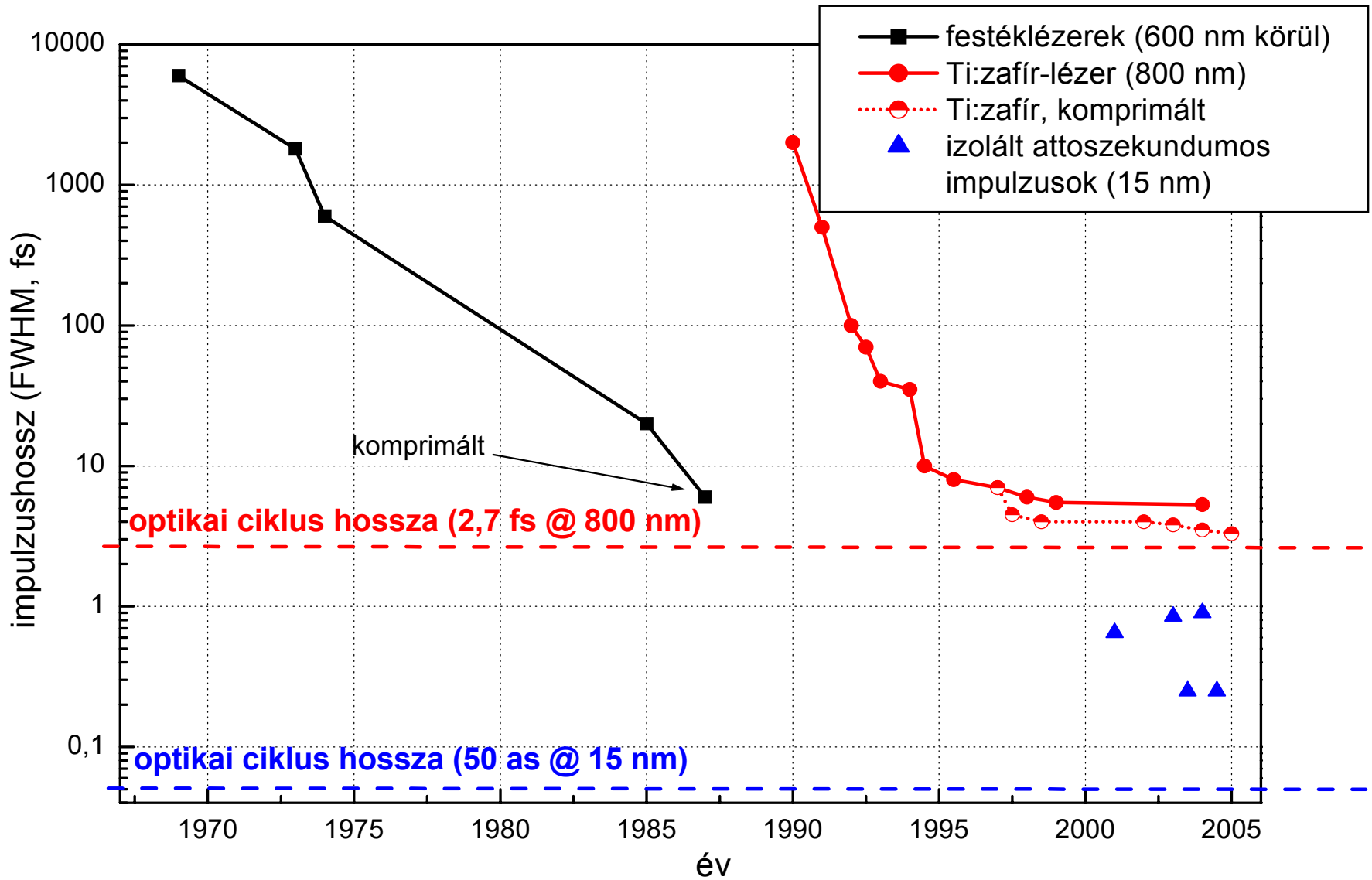
Időskálák a természetben

$$\frac{1 \text{ fs}}{1 \text{ perc}} = \frac{1 \text{ perc}}{\text{a világegyetem kora}}$$

1 másodperces „lézerimpulzus“ hossza: Föld-Hold távolság
1 fs-os lézerimpulzus hossza: 300 nm

(1 as: 3 Å \Rightarrow attoszekundum / Ångström)

Legrövidebb lézerpulzusok hosszának változása



Mire jók a rövid lézerimpulzusok ?

1. Ultragyors folyamatok időfeloldott vizsgálata

Legjobb időbeli felbontás csak optikai módszerekkel lehetséges
jelenleg 10^{-16} másodperc !!!

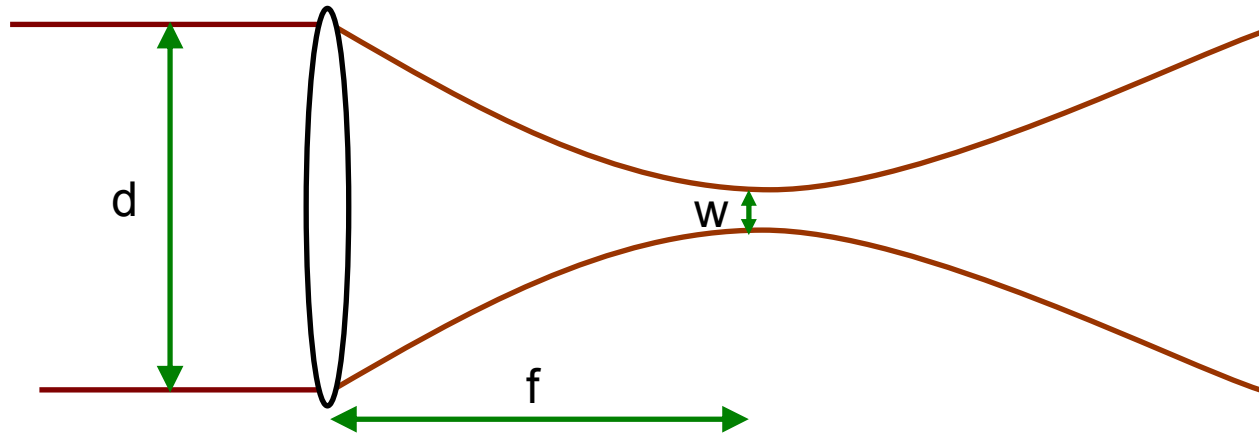
(vö. elektronikus eszközök max. 10^{-11} s körüli feloldás)

2. Extrém mértékű energiakonzentráció térben és időben

Ultrarövid impulzusidőtartam

→ extrém nagy intenzitás (teljesítmény/felület)

Fókuszált intenzitás



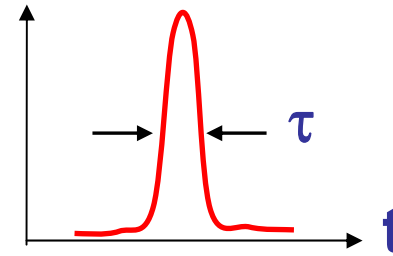
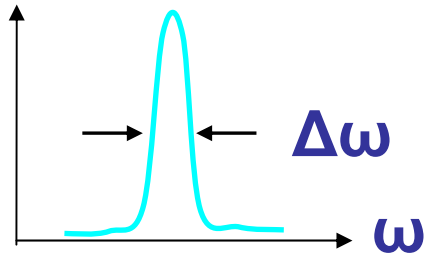
$$w \sim f \lambda / d$$

$$I \sim E_{\text{imp}} d^2 / \tau_{\text{imp}} f^2 \lambda^2$$

Jelenlegi maximum $\sim 10^{22}$ W/cm²

Heisenberg-reláció: $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$

Elektromágn. hullámra: $\Delta\omega \cdot \tau \geq 1$



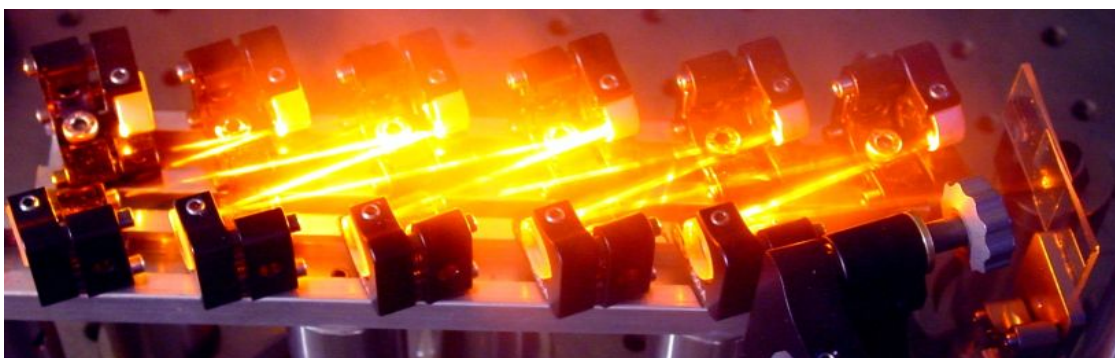
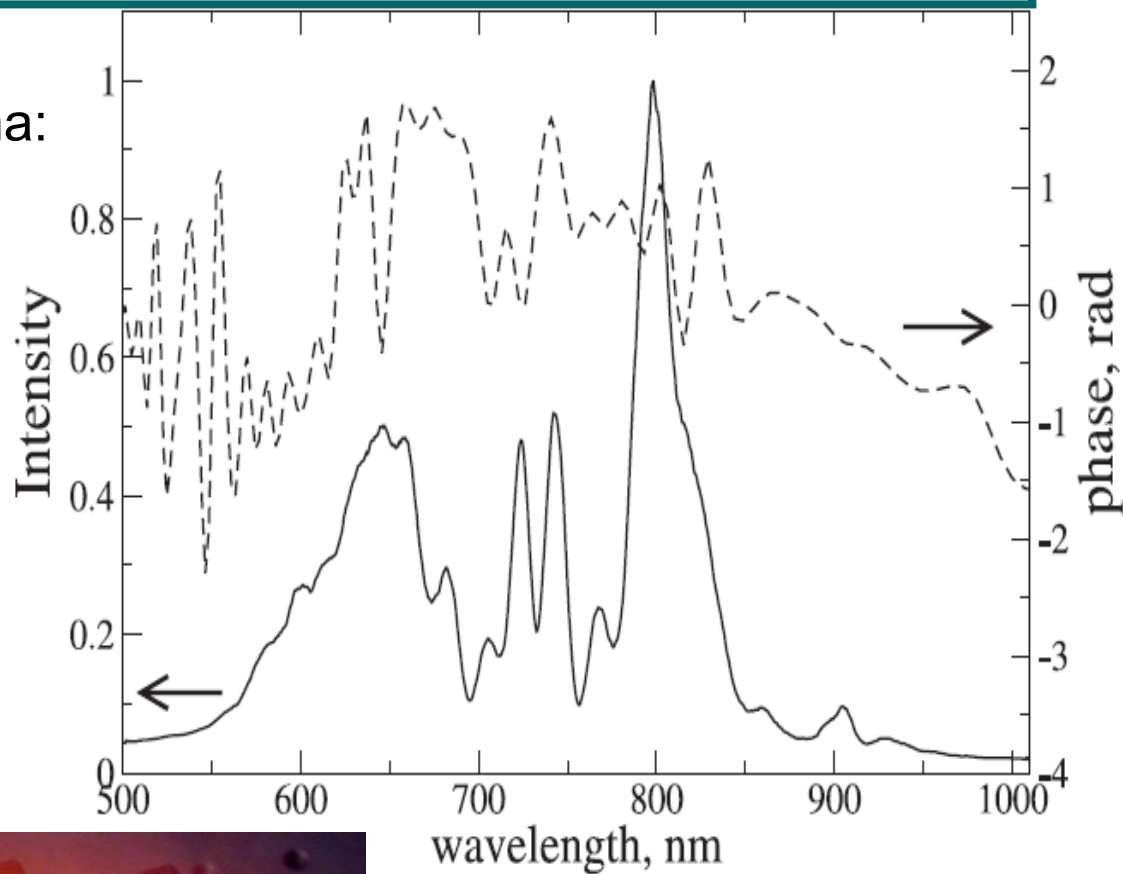
lézerimpulzus

Rövid τ impulzushossz csak extrém nagy $\Delta\omega$ sávzélességgel:

$$\tau \sim 1 / \Delta\omega$$

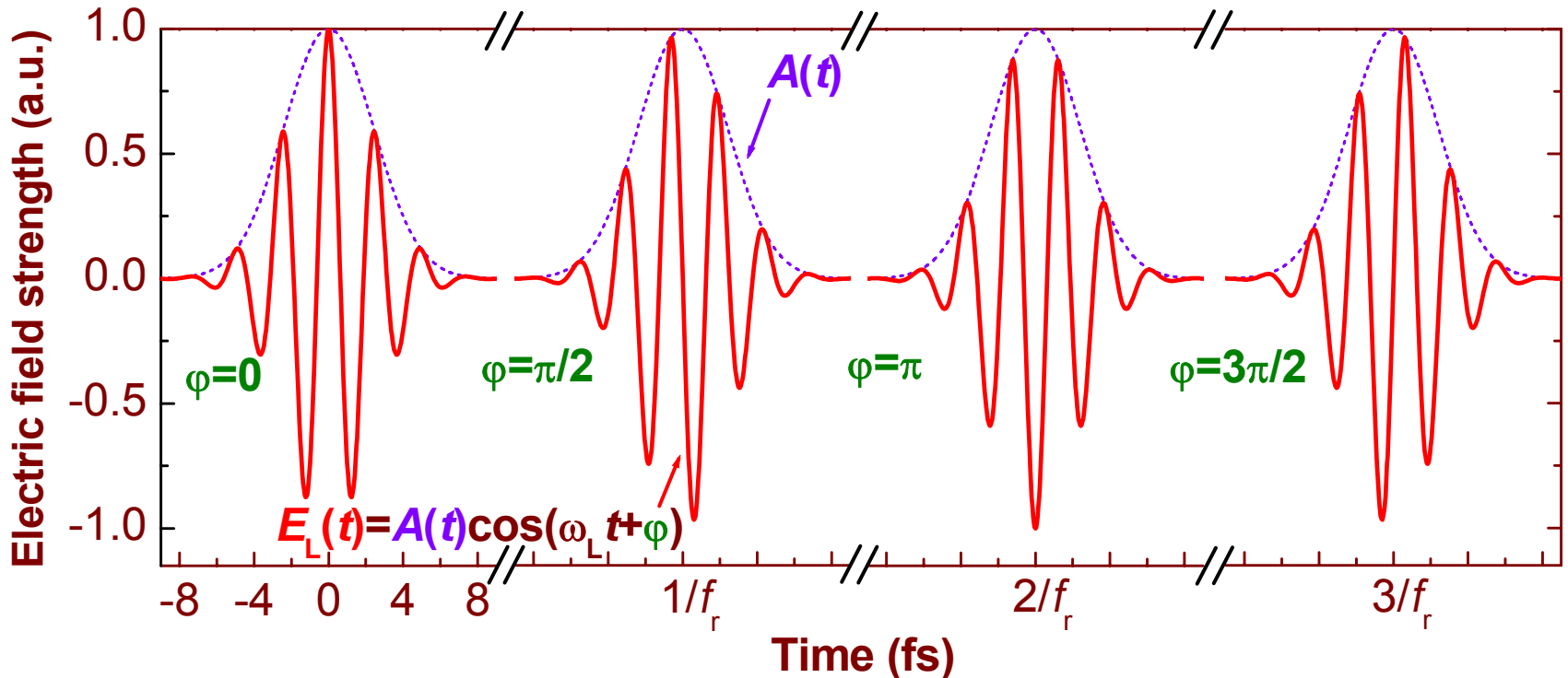
Ultrarövid időtartam → extrém nagy sáv szélesség

4 fs-os lézerimpulzus spektruma:



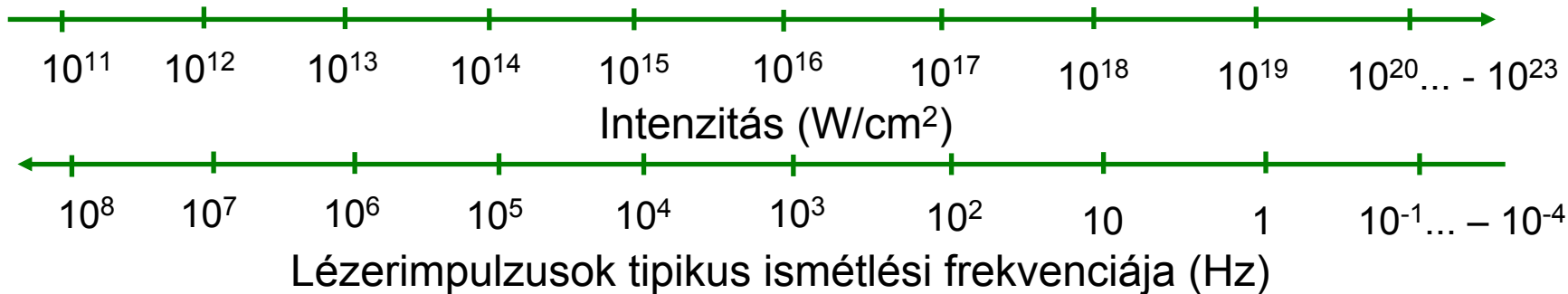
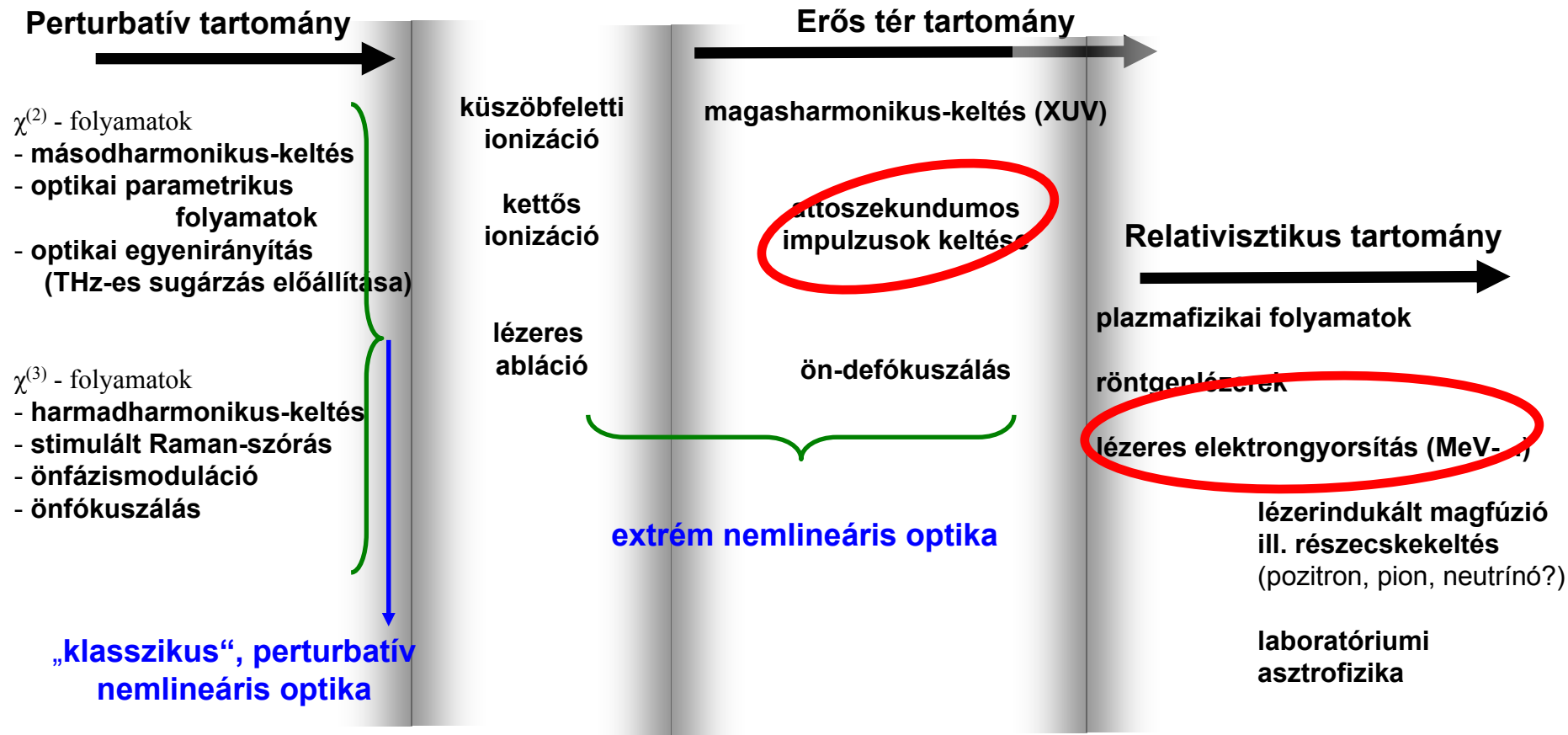
(Yakovlev, Dombi, 2003)

Ultrarövid lézerimpulzusok



1. Kevés optikai ciklus a gaussi burkoló alatt
2. nemcsak a burkoló alakja, hanem a tér tényleges lefutása számít

Fény-anyag-kölcsönhatás különböző intenzitástartományokban



Hogyan lesz a femtoszekundumból attoszekundum?

1 optikai ciklus 800 nm-es hullámhossz mellett: 2,7 fs

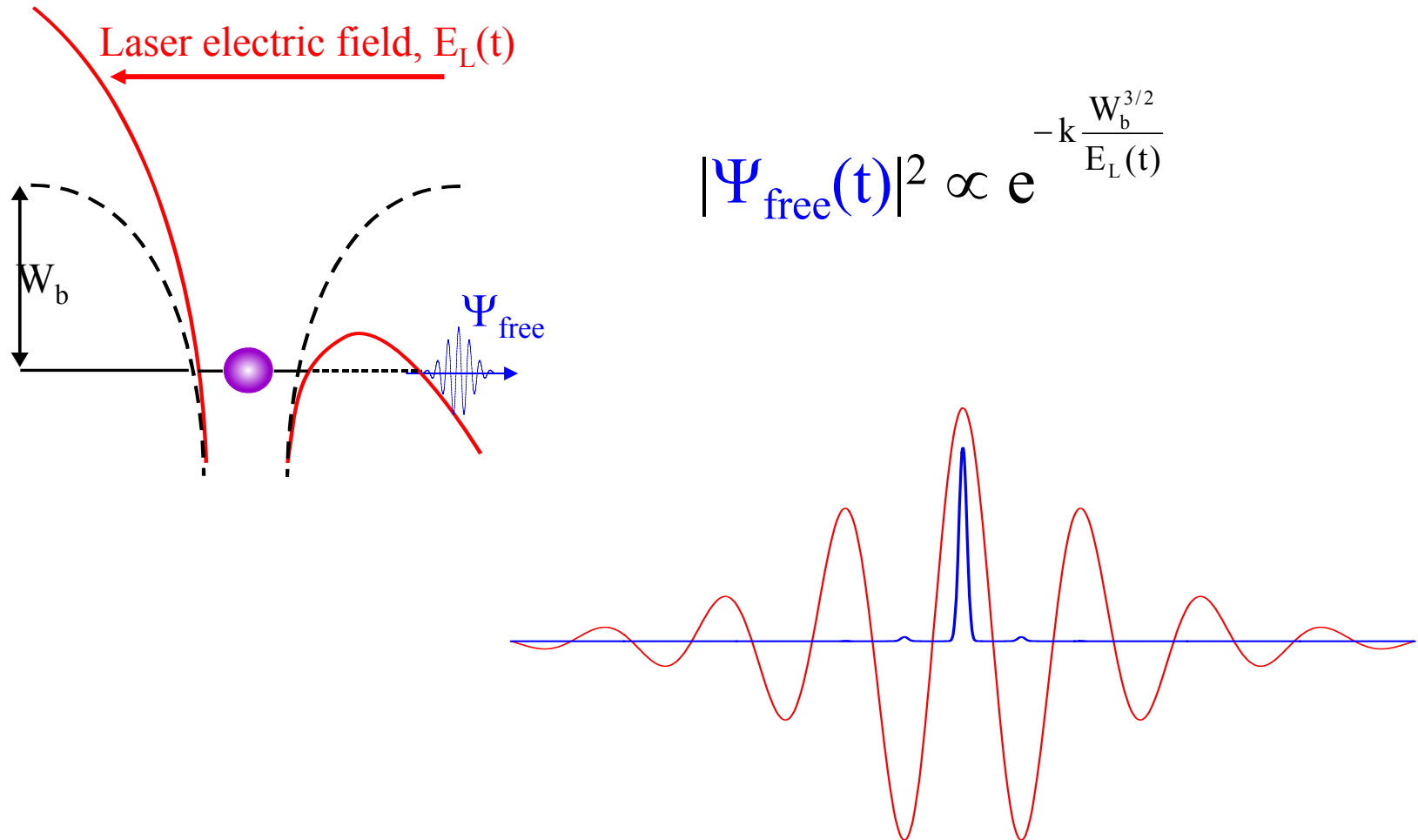
→ attoszekundumhoz

2-3 nagyságrenddel rövidebb hullámhossz kell!

megoldás: magasrendű harmonikus-keltés

Hogyan lesz a femtoszekundumból attoszekundum?

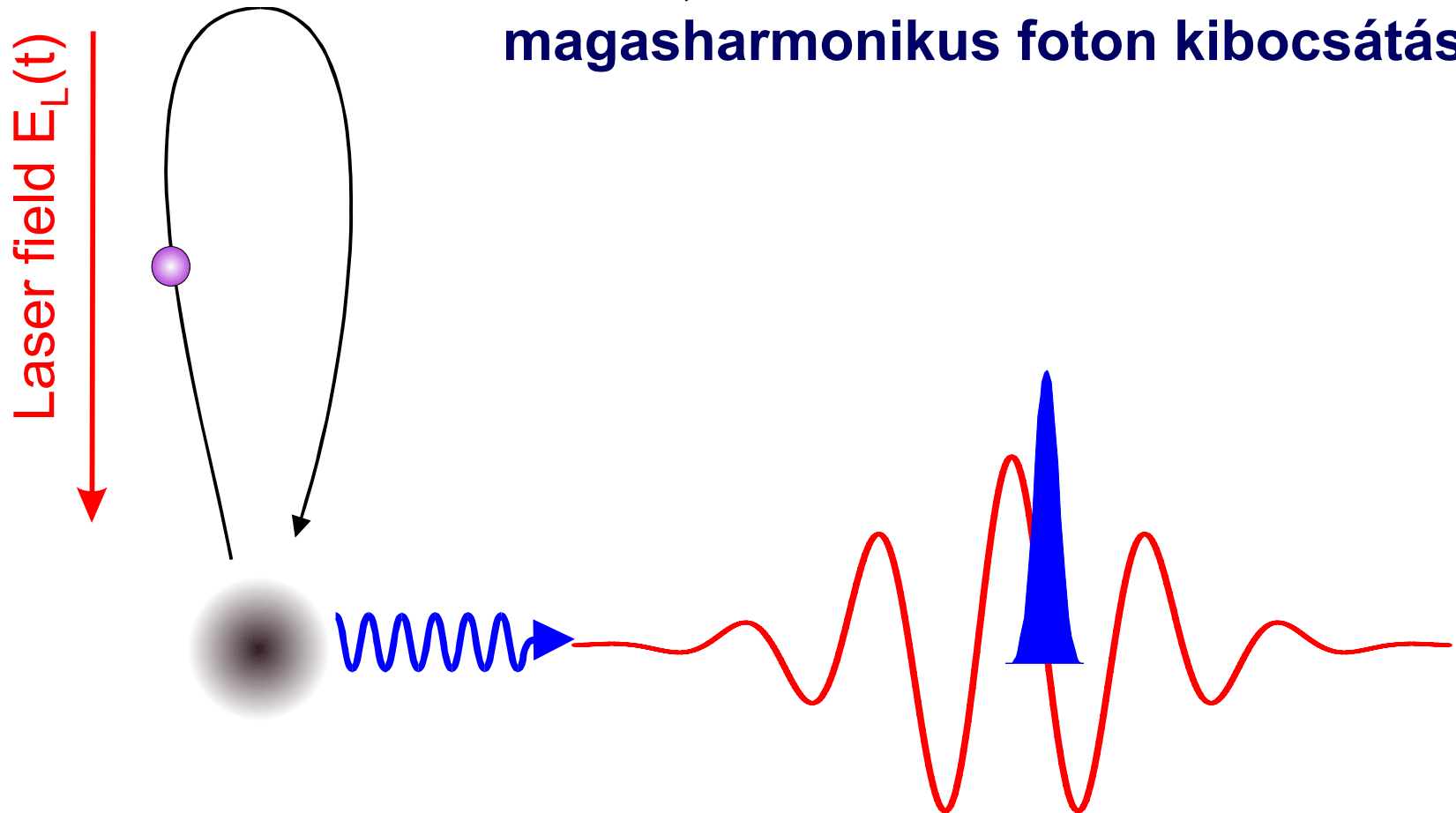
1. tunnelionizáció a lézertimpulzus E-terében



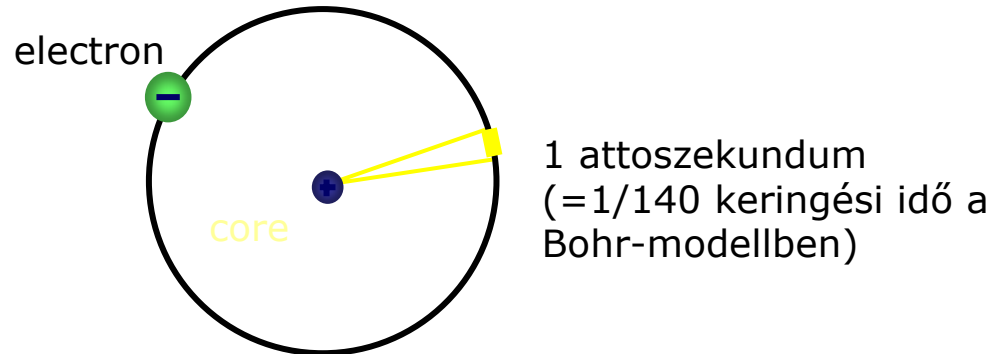
Hogyan lesz a femtoszekundumból attoszekundum?

2. az e^- klasszikus mozgása a lézerimpulzus E-terében

3. rekombináció az ionnal,
magasharmonikus foton kibocsátása



Miért attoszekundum?

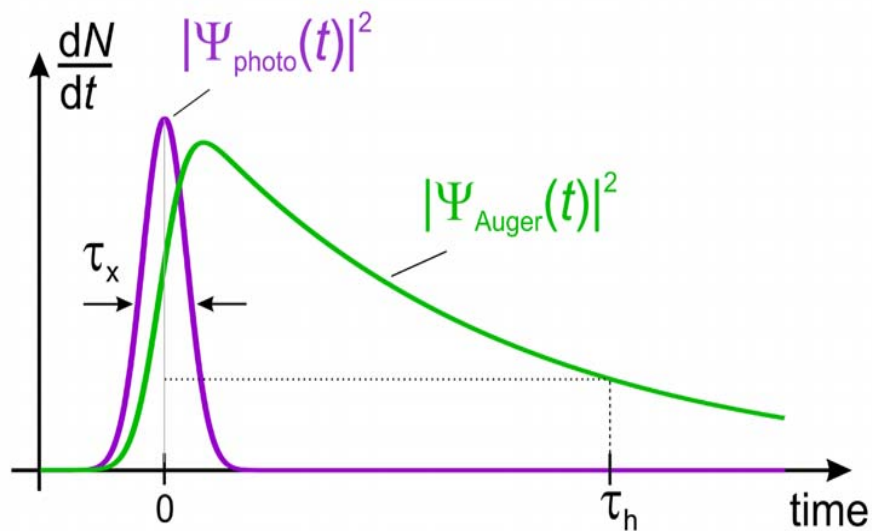
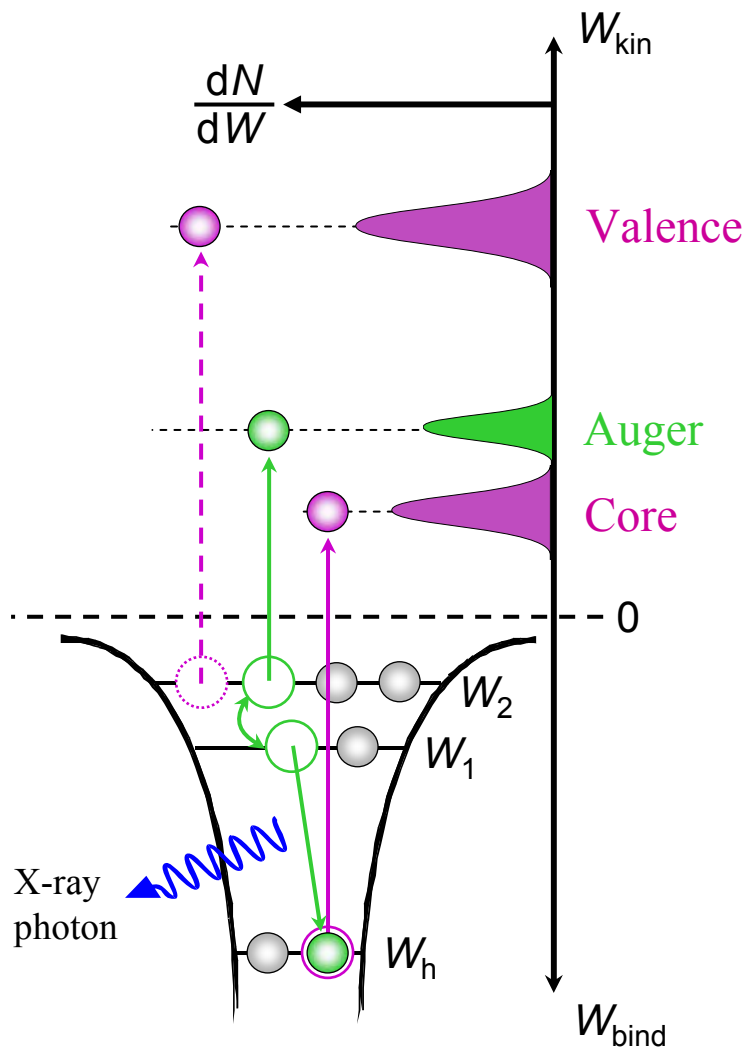


Térben: $d \approx c\tau = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s} \cdot 10^{-18} \text{ s} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 0,3 \text{ nanometer}$

Attophysics meets Nanophysics

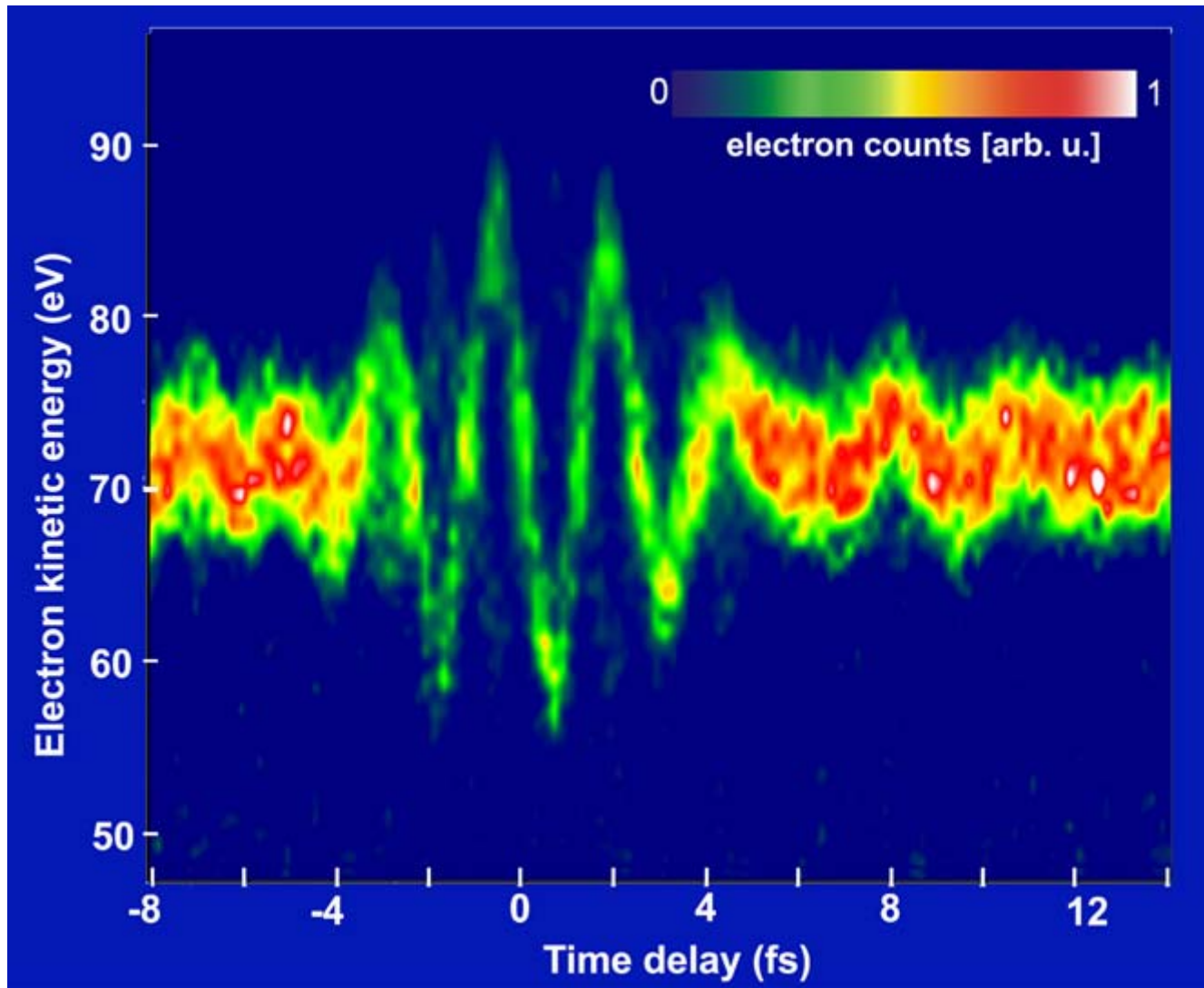
Atomi belső héjak dinamikájának vizsgálata az attoszekundumos időskálán és Angström-ös térbeli felbontással

Alkalmazás: attoszekundumos feloldású Auger-emisszió



τ_x ... duration of x-ray pulse
 τ_h ... decay time of core hole

Az első „láthatóvá tett” optikai hullám



Goulielmakis et al., Science 305, 1267 (2004)

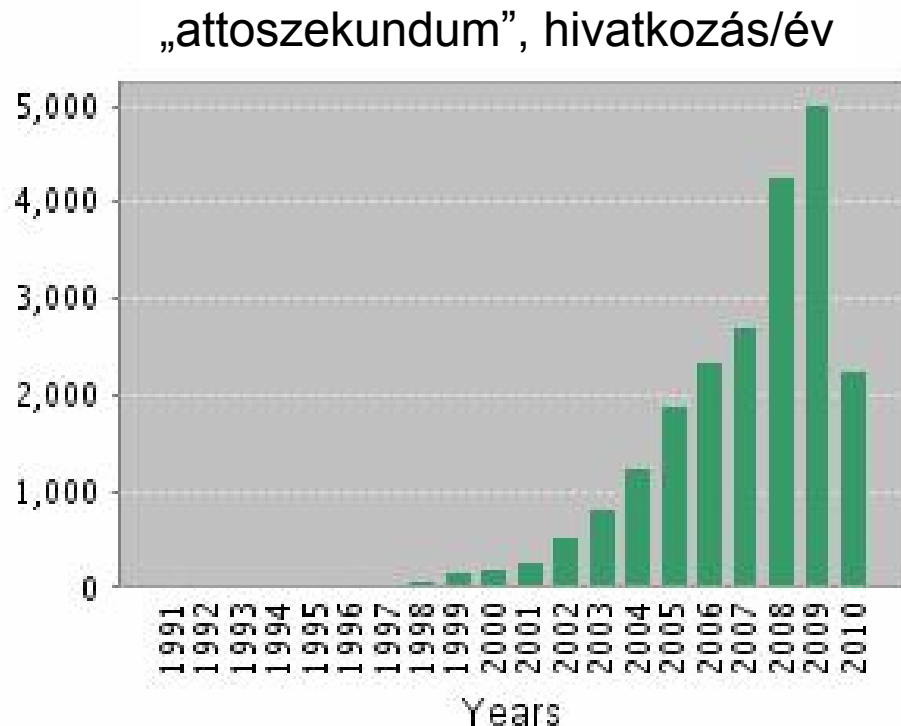
Attoszekundumos tudomány, magyar vonatkozások

Első javaslat: Farkas Győző, Tóth Csaba (MTA SZFKI, 1992),

Első kísérleti bizonyíték:

Krausz Ferenc (Bécsi Műszaki Egyetem→Max Planck Intézet, 2001)

Attoszekundumos tudomány (~80 Nature/Science publikáció 2001-2010 között)

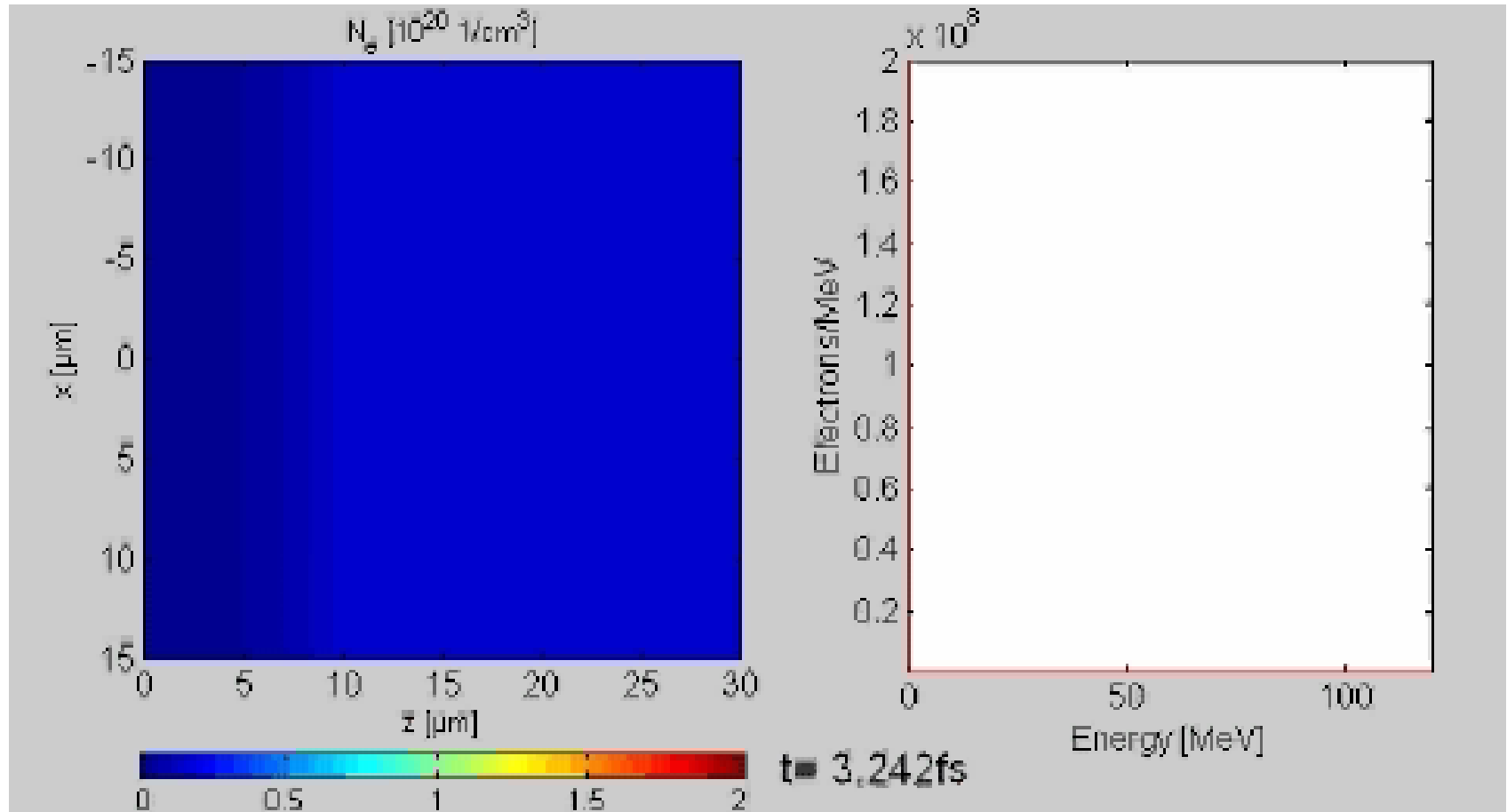


Lézeres elektrongyorsítás

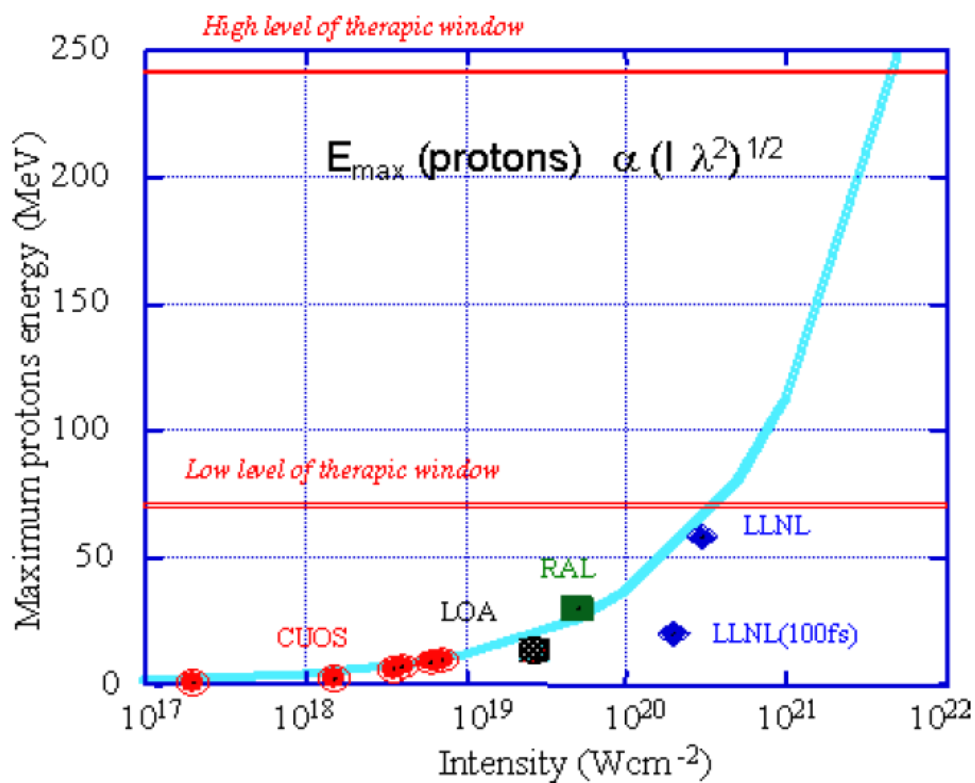
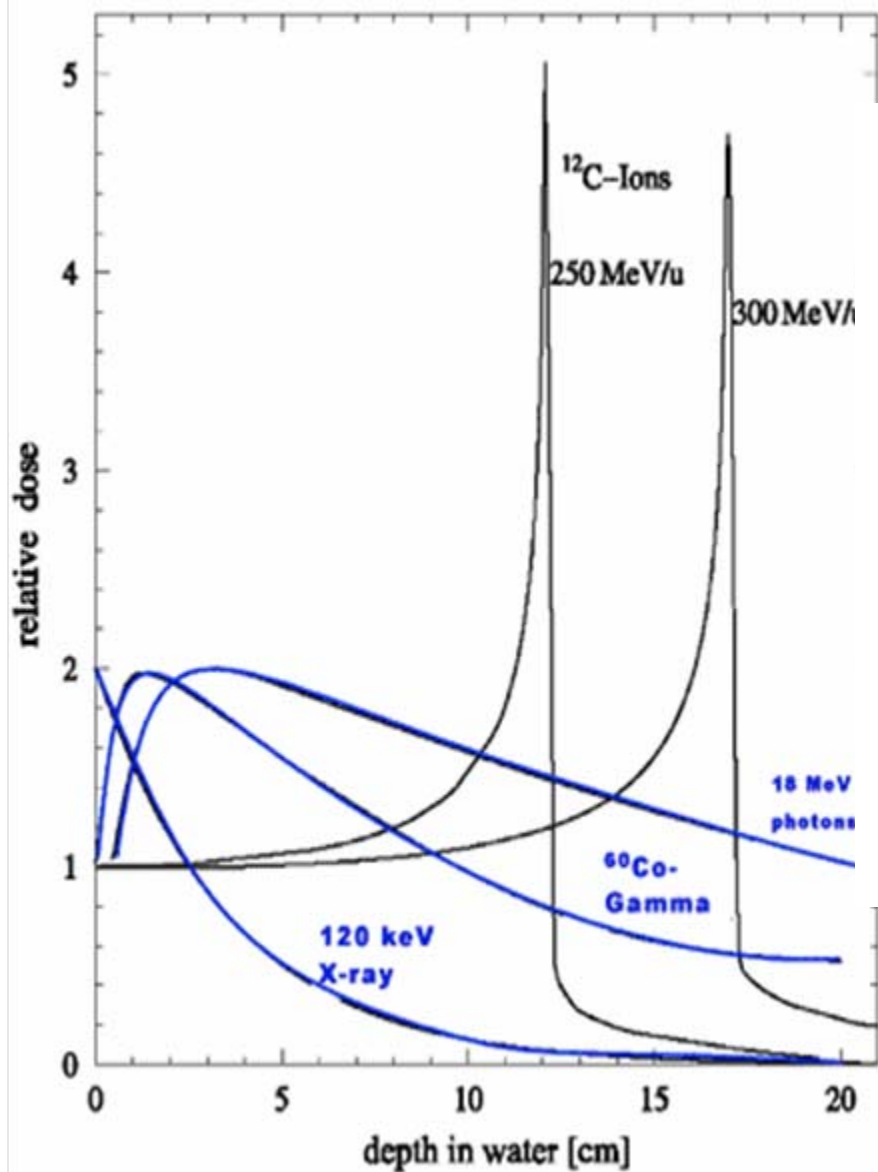
Lorentz-erő:

$$\mathbf{F} = q (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Nagy intenzitásoknál elektron
a lézernyaláb irányába gyorsul



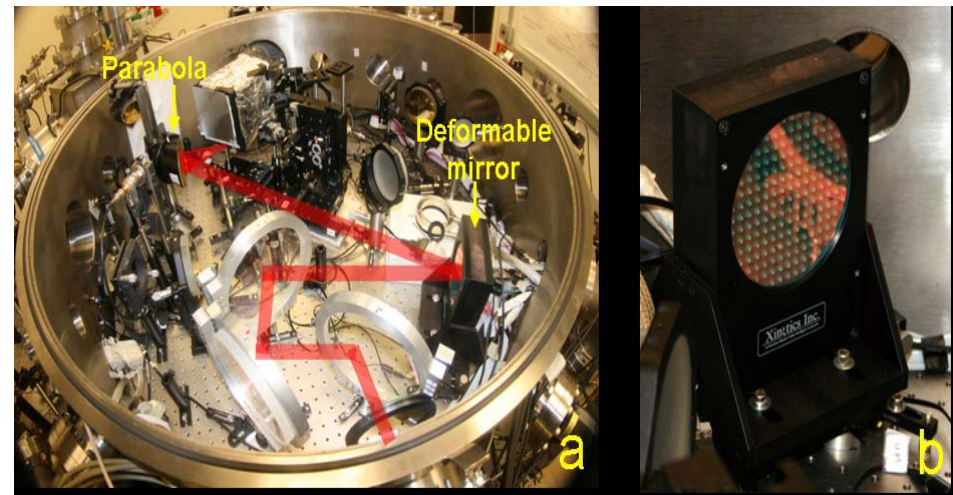
Rákerápia részecskenyalábokkal



Rákterápia részecskenyalábbokkal



helyett:



Intenzív femtoszekundumos lézerek legújabb alkalmazásai

- **Attoszekundumos (atom- és molekulafizikai) folyamatok vizsgálata, időfeloldott mérések**
- **hatékony lézeres részecskegyorsítás pár cm-es hosszon GeV-os nyalábenergiáig → rákterápia protonnyalábbal**
- **laboratóriumi asztrofizika**
- **fotonukleáris fizika (lézerindukált magreakciók)**
- **újfajta koherens röntgenforrások kutatása**
- **orvosi, anyagszerkezeti stb. kutatások**
- **nukleáris hulladék ártalmatlanítása**
- **stb. stb.**

ELI célkitűzések

1. Ultranagy fókuszált intenzitás
2. kevés optikai ciklusból álló
(néhány fs-os) lézerimpulzusokkal
3. olyan kísérletek elvégzéséhez,
amik más nagy lézerberendezésekkel nem valósíthatók meg

Előkészítő fázis 2008 – 2011:



Magyar résztvevők



- **EU nagyberendezés, 3 helyszínnel: Prága, Szeged, Bukarest**
- magyar helyszín: attoszekundumos alkalmazások (röntgenforrás), 10 PW-os Ti:zafír erősítő fejlesztése lézeres részecskegyorsítás
- 100-150 állandó alkalmazott (kutató/mérnök/technikus) + felhasználók („user facility”)
- Építés: 2012-13 / „First light”: 2015
- Beruházás: 240 M€





Attoszekundumos berendezés

intenzív attoszekundumos impulzusok keltése nagy ismétlési frekvenciával

• lézertechnológiai fejlesztések

• 10 PW osztályú erősítő

• szinkronizált fény-, röntgen és részecskeforrások

• orvosi, biológiai, kémiai, anyagtudományi alkalmazások



„Beamline” berendezés

Lézer által keltett

• röntgenforrások és

• részecskeforrások

• alkalmazások orvos- és anyagtudományban

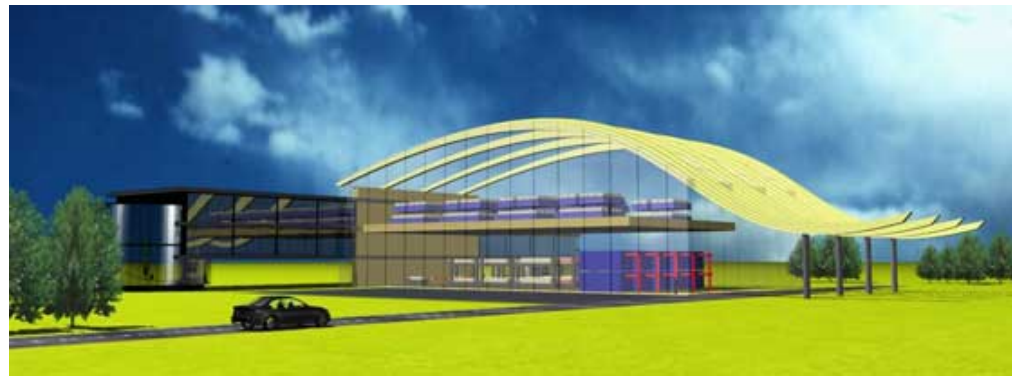
• plazmafizikai kísérletek

• „egzotikus”, nagy intenzitású fizika



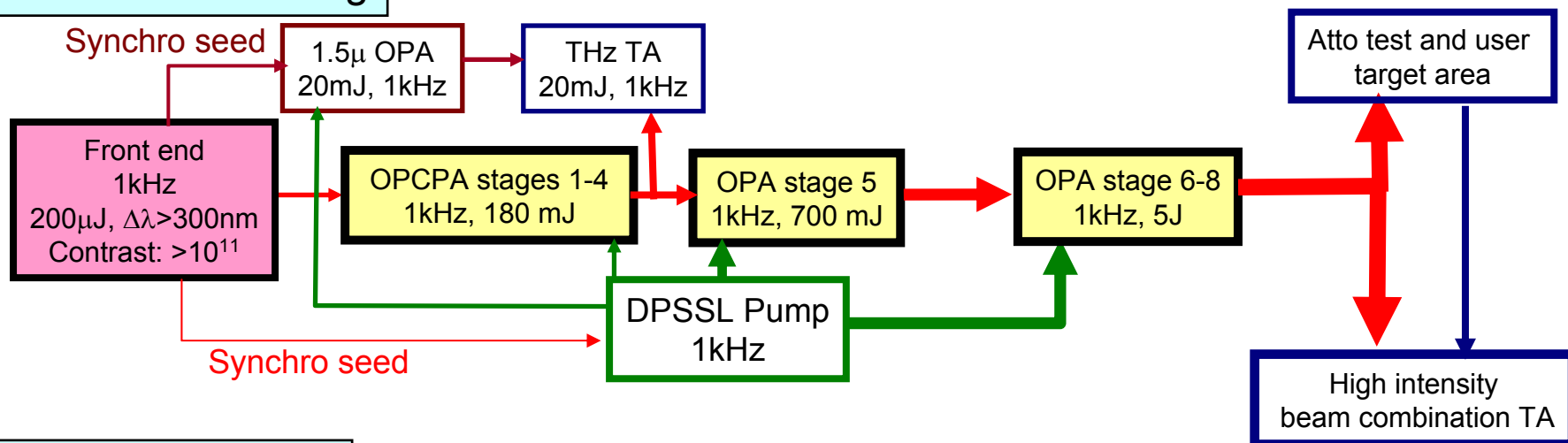
Fotonukleáris központ

Lézer által keltett magfizikai folyamatok vizsgálata

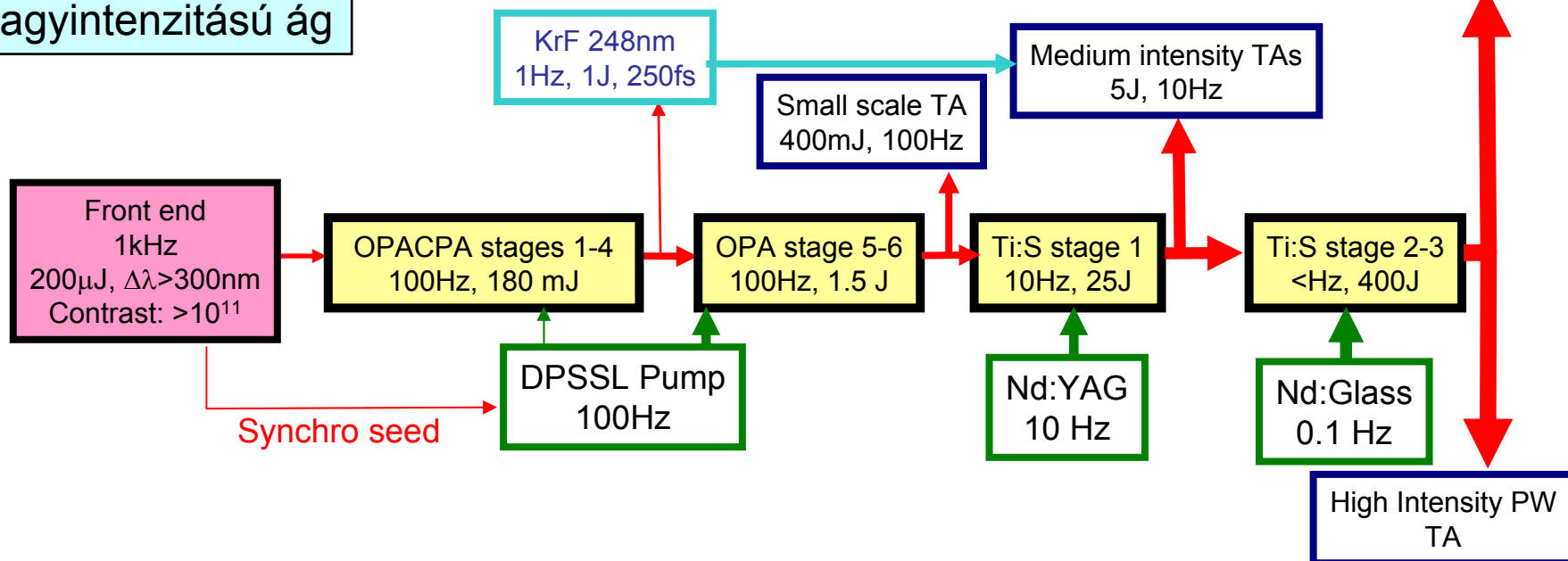


Erősítőlánc és targetterületek

1. Attoszekundumos ág



2. Nagyintenzitású ág



Leendő helyszín Szeged mellett



Megvalósítási ütemterv

