

Részecske vagy hullám? (avagy a fény és a lézerek természetéről)

Dombi Péter

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
ELI Lézerközpont, Szeged

Egy kis ismétlés...

Milli: 10^{-3} (1795, latin, ezer)

Mikro: 10^{-6} (? , görög, kicsi)

Nano: 10^{-9} (1947, görög, törpe)

Piko: 10^{-12} (1915, spanyol, vminek hegye?)

Femto: 10^{-15} (1960 SI, svéd/dán, 15)

Atto: 10^{-18} (1960 SI, svéd/dán, 18)

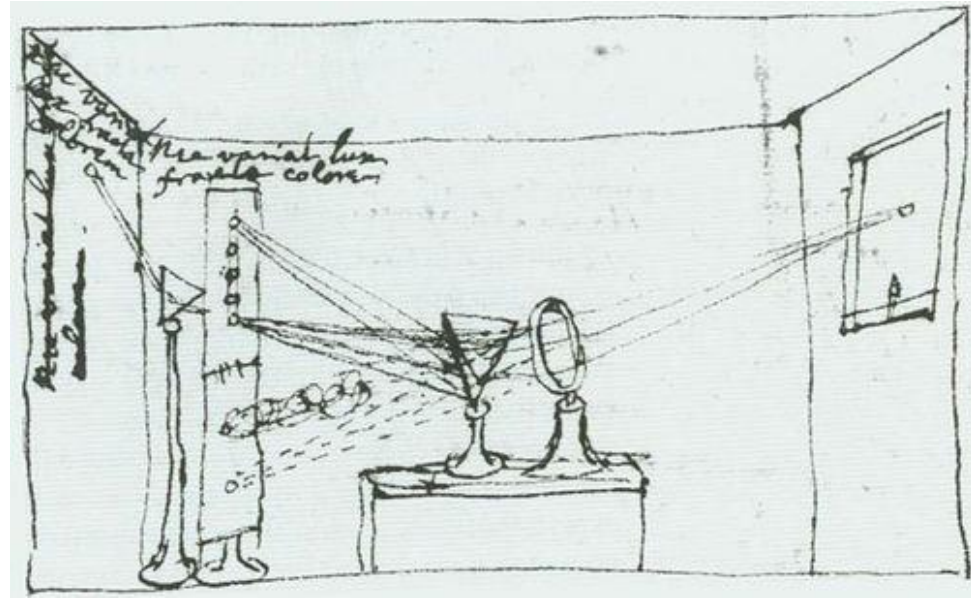
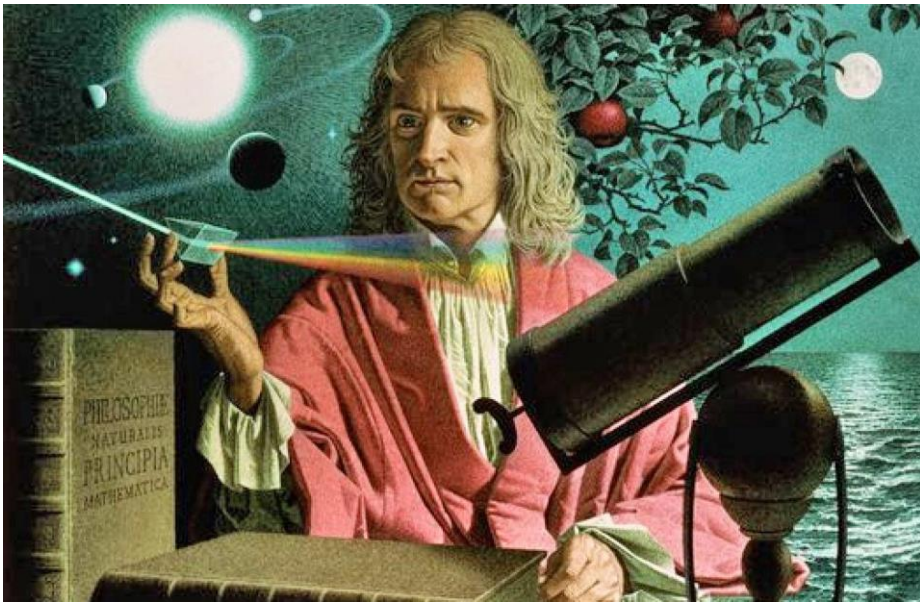
Zepto: 10^{-21} (1960 SI, latin, 7, 1000^{-7})

Úgy gondolom, hogy a fény...

- ▶ (A) Részecskék összessége
- ▶ (B) Elektromágneses hullám
- ▶ (C) Mindkettő helyes

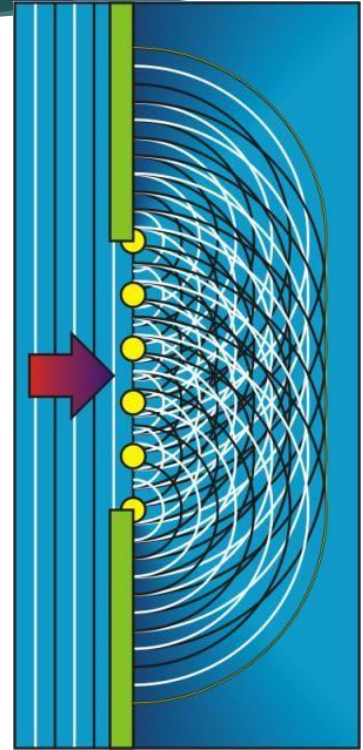
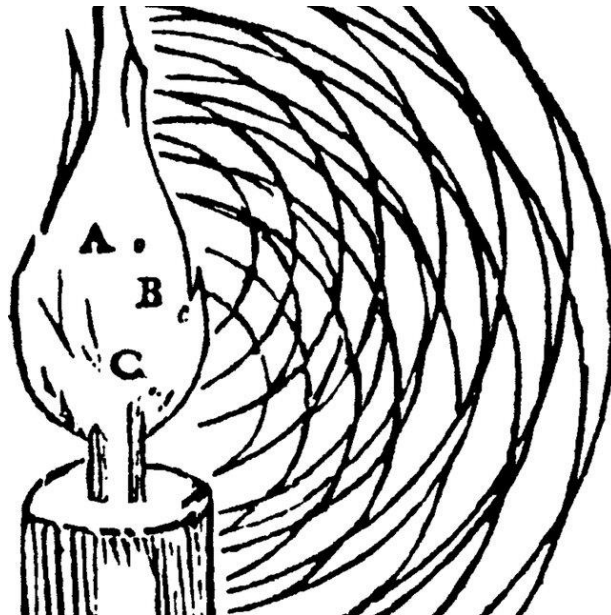
Isaac Newton szerint (1704)...

▶ (A) Részecskék összessége

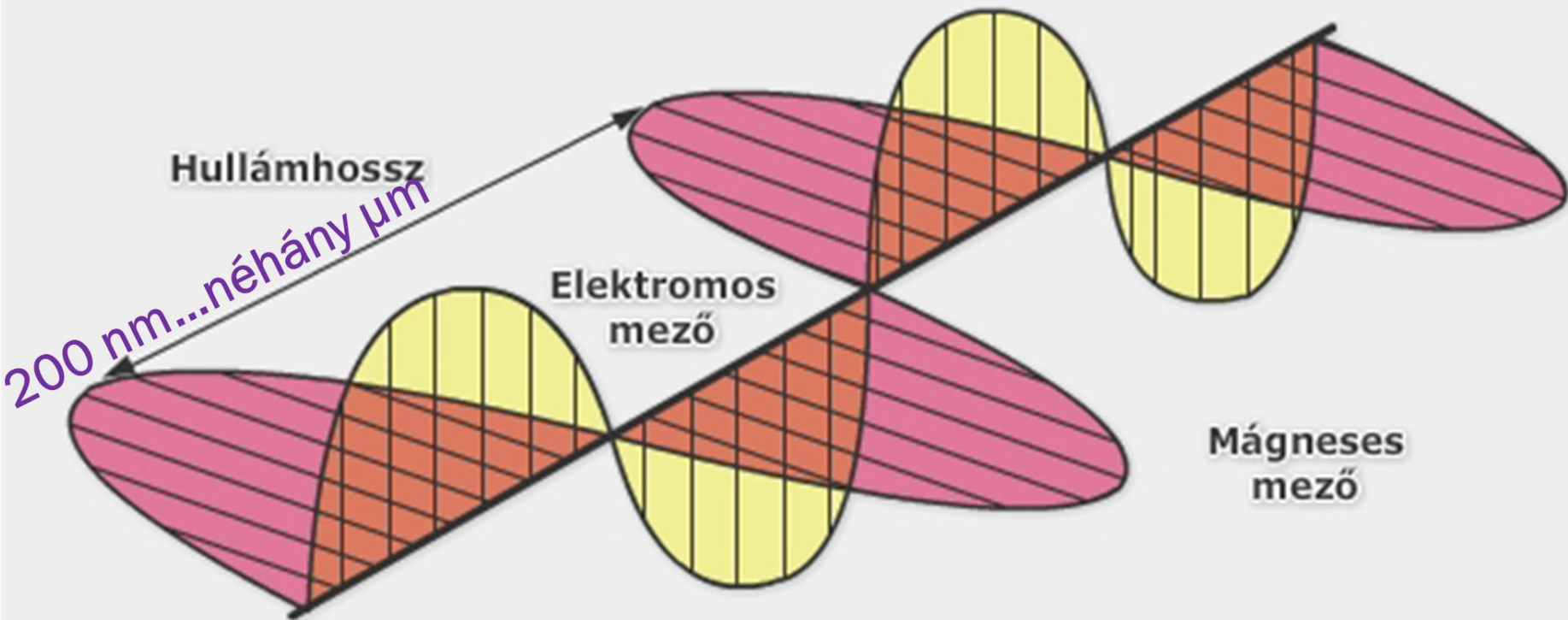


Christiaan Huygens szerint (1690)...

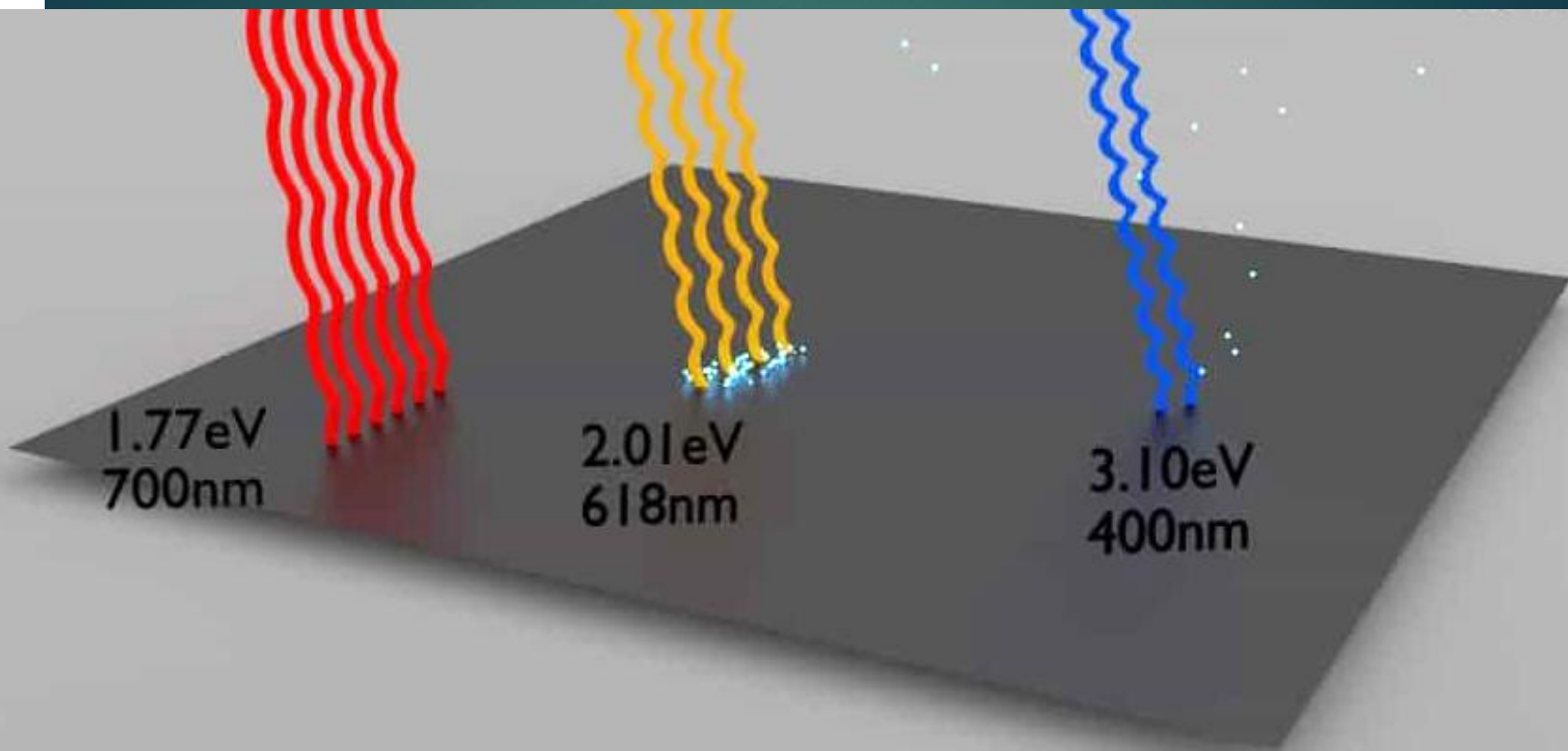
▶ (B) ~~Elektromágneses~~ hullám



170 évvel később (Maxwell, 1873)...



~1900: Hertz, Hallwachs, Lénárd...



Einstein magyarázata (1905)

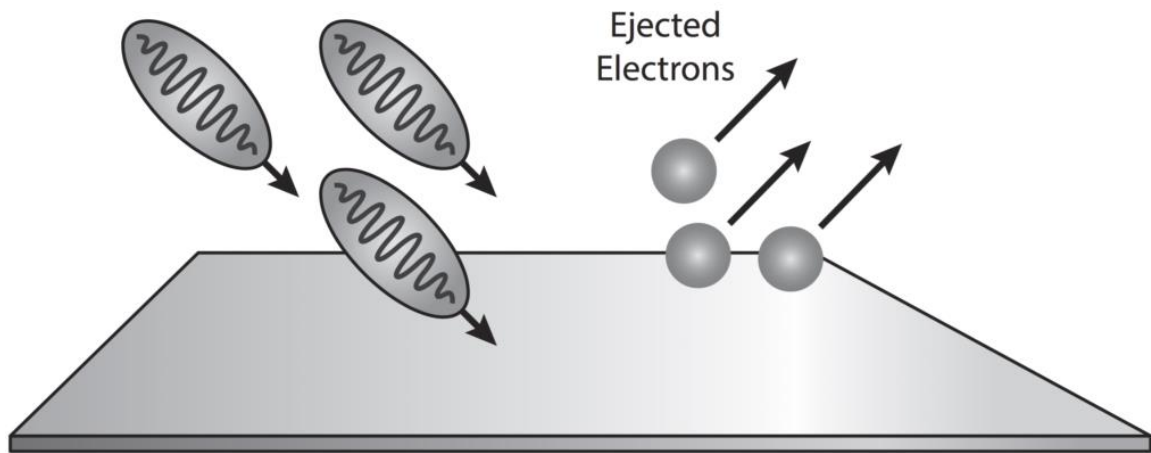
$$E_{\text{kin,elektron}} = h \cdot f - W_{\text{kilépési}}$$

ahol

f: a fényhullám frekvenciája

h: a Planck-állandó

W: a kilépési munka



Einstein Nobel-díja (1921)



„az elméleti fizika területén szerzett eredményeiért, különös tekintettel **a fényelektromos jelenség** törvényszerűségeinek felismeréséért”

Tehát a fény:



részecske- és
hullámtermészetet
is mutat

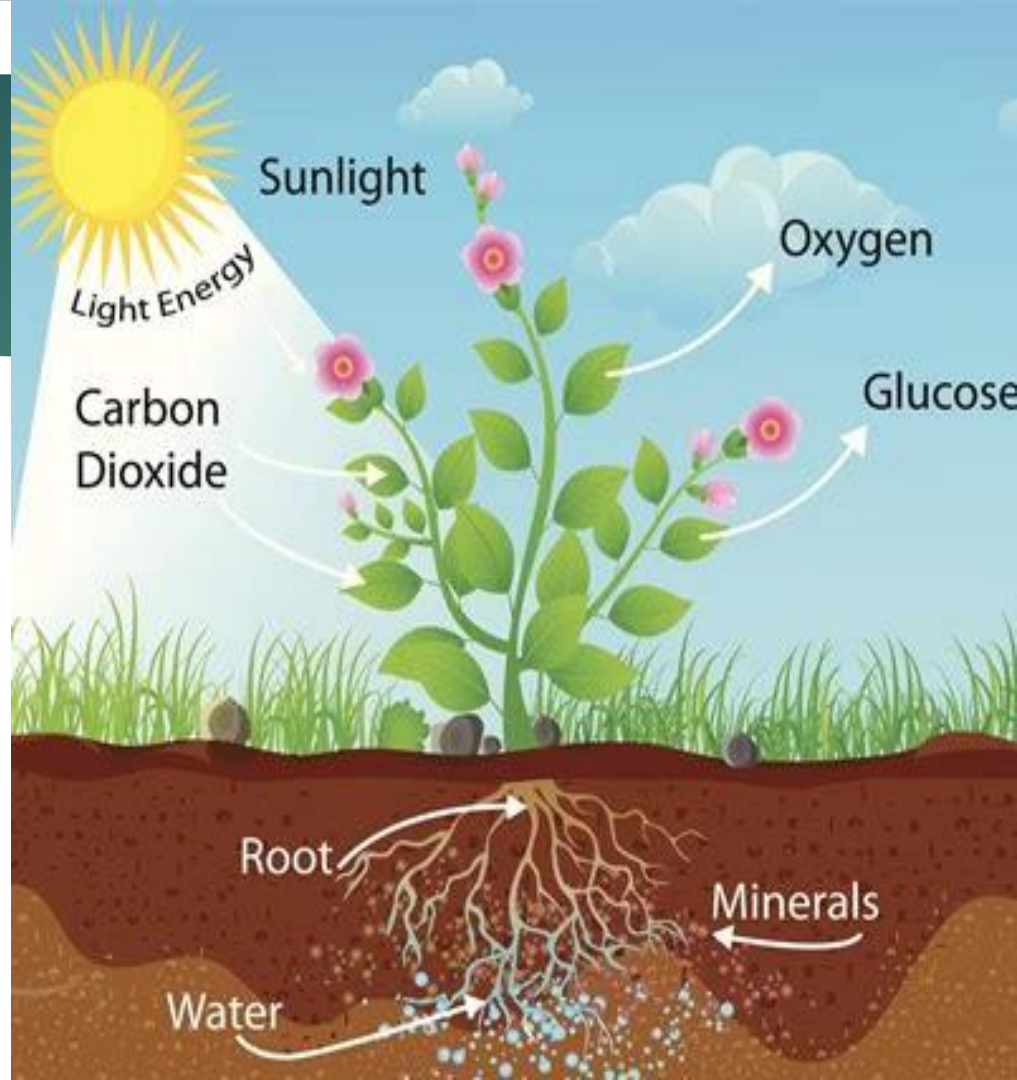
vagyis

fotonok összessége és
elektromágneses hullám is

Miért jó a fény?

...mert elektronokat mozgat:

- fotoszintézisnél
- látás folyamatában
- energiatermelésben (napelem, vízbontás- H_2 stb.)
- gyógyászati alkalmazásokban

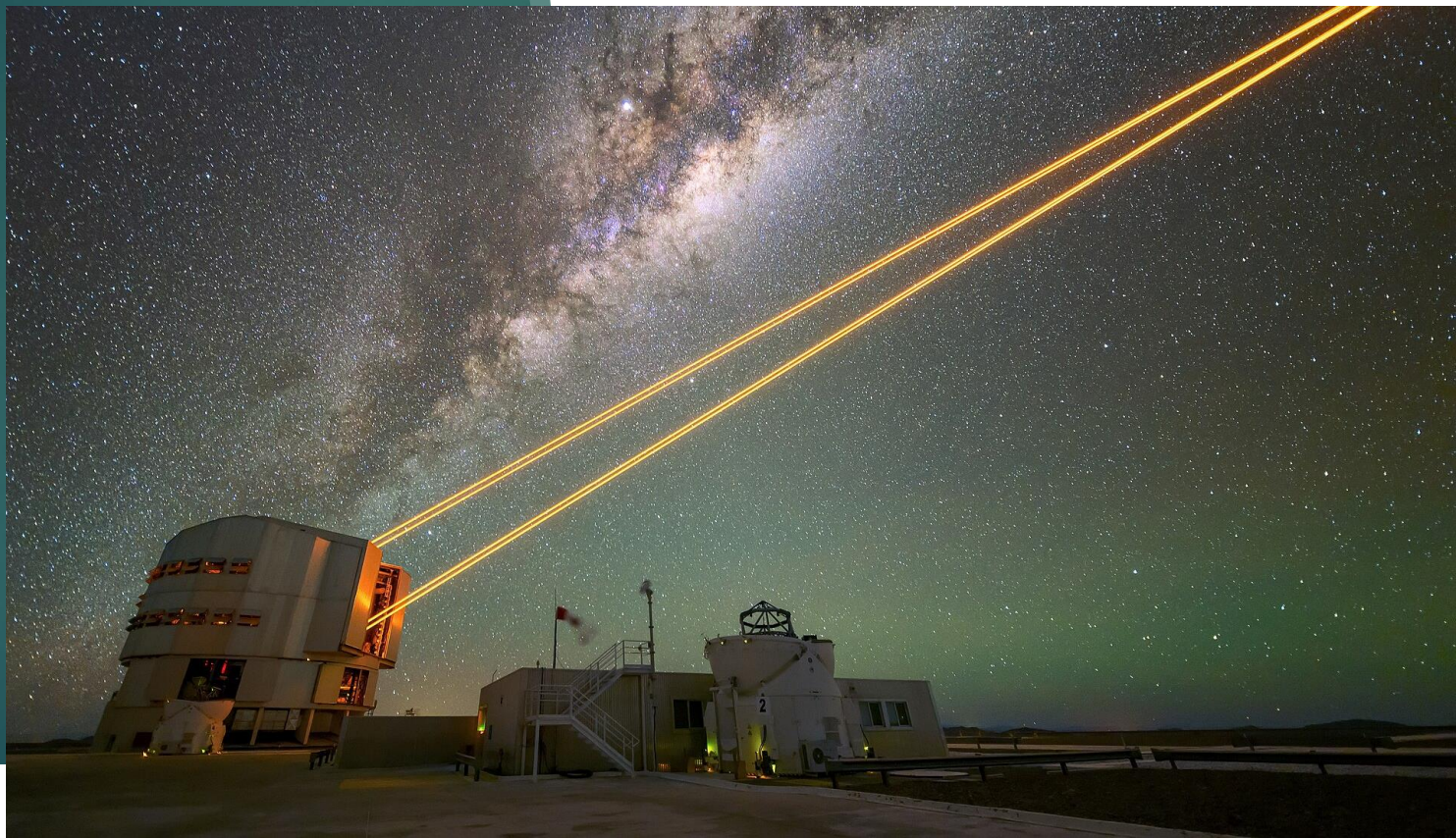


Bónusz infó – az elektron, proton stb. is:



**részecske- és
hullámtermészetet
is mutat**

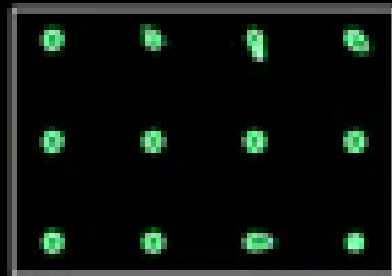
Mi is a lézer?



Hagyományos fényforrás ↔ lézer



Mi kell egy lézerhez?

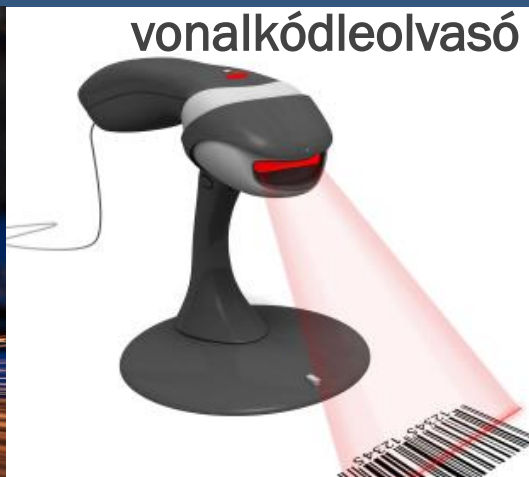


Lasermedium

Lézerek a mindennapi életben – CD olvasó



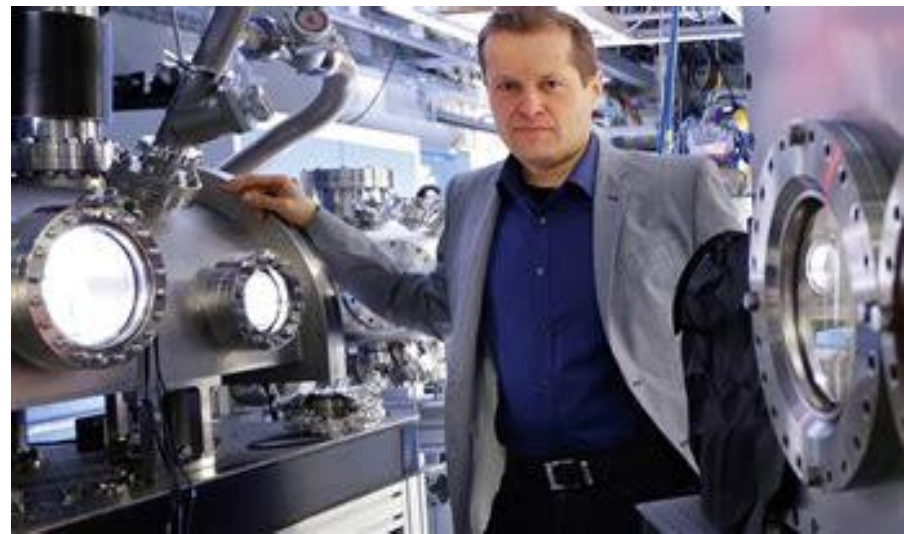
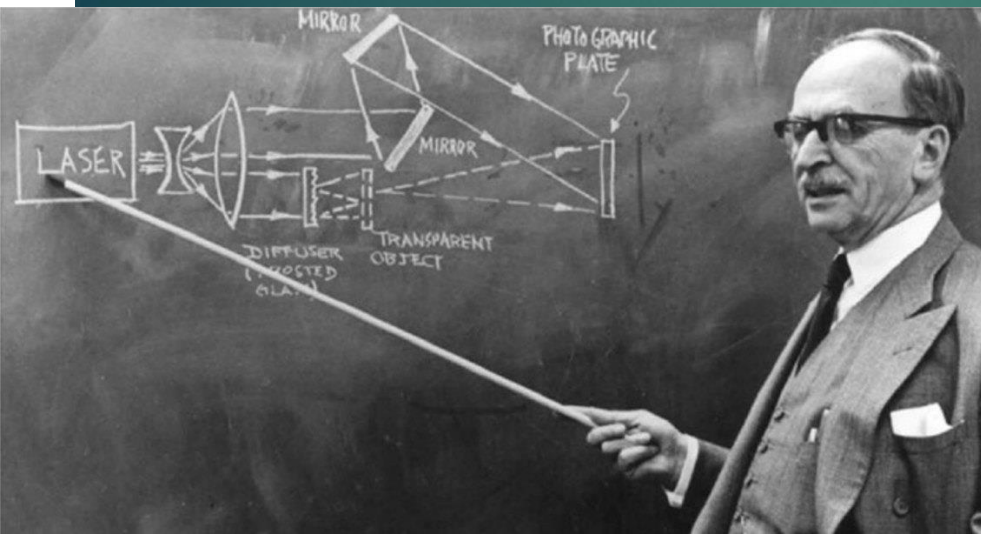
Lézerek a mindennapi életben



Magyar Nobel-díjak lézerek alkalmazásáért

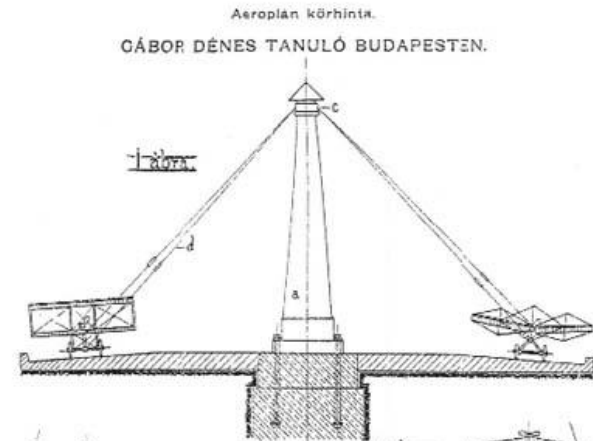
Gábor Dénes (1971) &

KRAUSZ FERENC (2023)



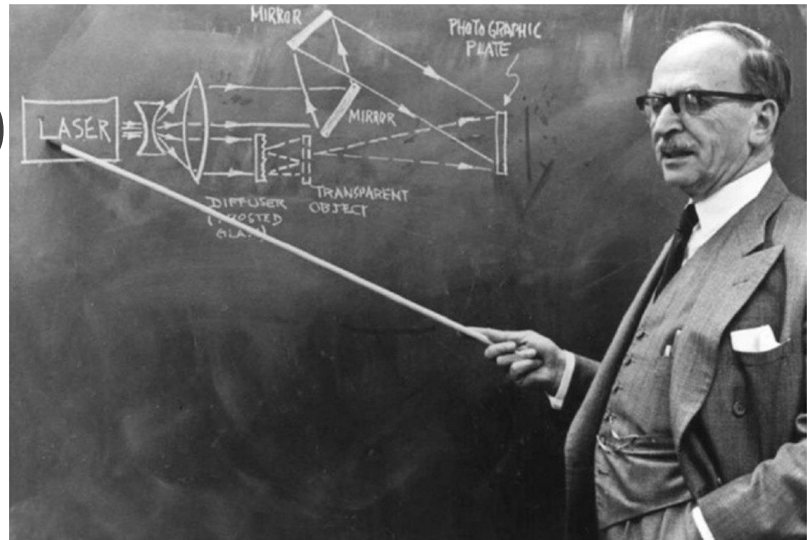
Gábor Dénes élete

- 1900 // született Budapesten
- 1910-1918 // Markó Utcai Főreálgymnázium
- **1910 // első szabadalmi bejelentés**
- **(„Aeroplán körhinta”)**
- 1918-1920 // Gépészmérnök tanulmányok, Műegyetem
- 1920- // Németország, Anglia



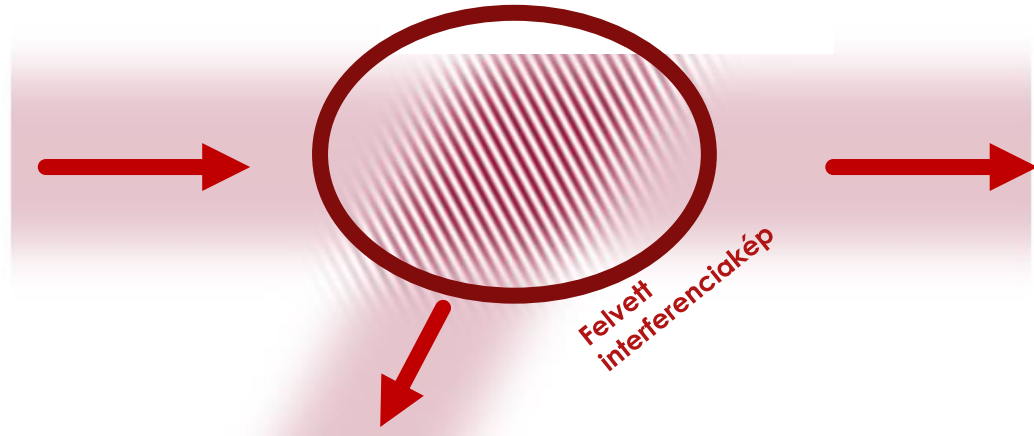
Gábor Dénes élete

- ▶ 1947 // A holográfia alapelve
- ▶ 1967 // Nyugdíjba vonul
- ▶ **1971 // Nobel-díj („a holografikus módszer feltalálására és kifejlesztésére”)**
- ▶ Életműve: 110 szabadalom



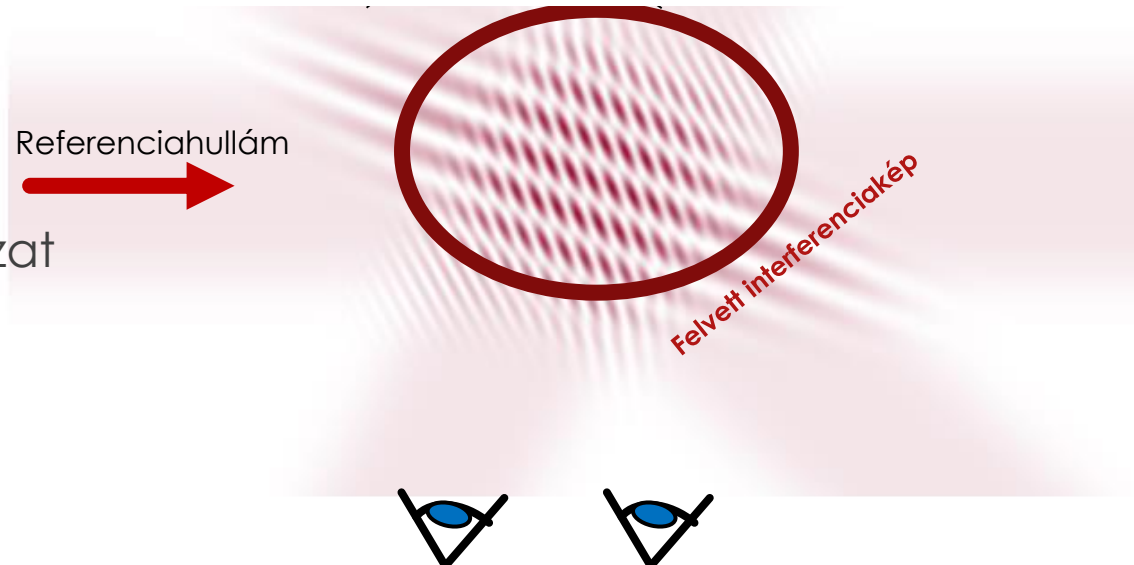
A holográfia elve

- ▶ 2 nyaláb interferenciája
- ▶ A fény hullámtermészete → Interferencia
- ▶ a felvett interferenciamintázat előállítja az alsó nyalábot akkor is, ha felülről nincs bemenet



A holográfia elve

- ▶ Objektumról érkező 3 vagy több nyaláb interferenciája
- ▶ A fény hullámtermészete → Interferencia
- ▶ a felvett interferenciamintázat előállítja az alsó nyalábot akkor is, ha felülről nincs bemenet



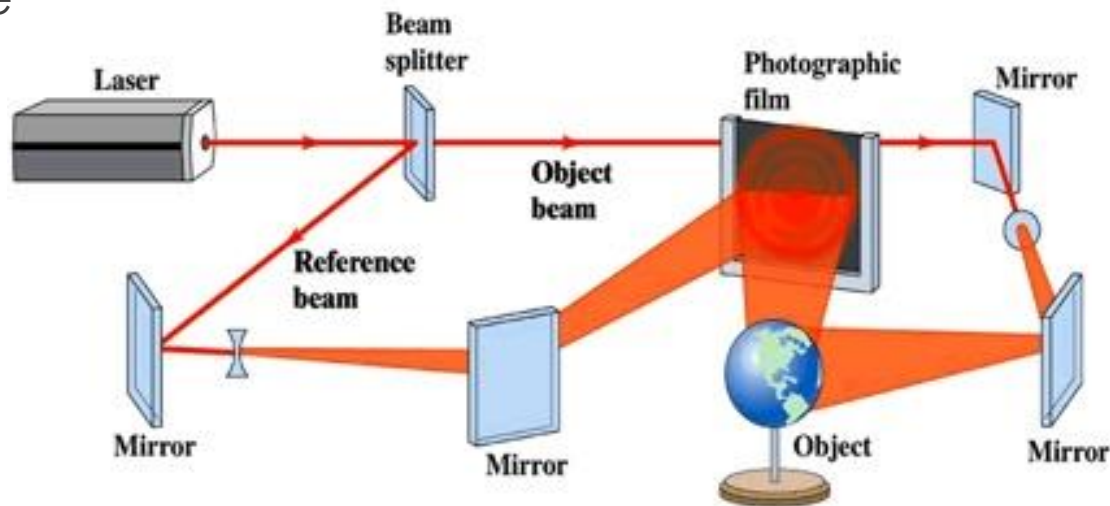
A holográfia története

▶ 1947 // Gábor Dénes felismerése

▶ 1947-1964 // Lézer nélküli kísérletek - sikertelenek

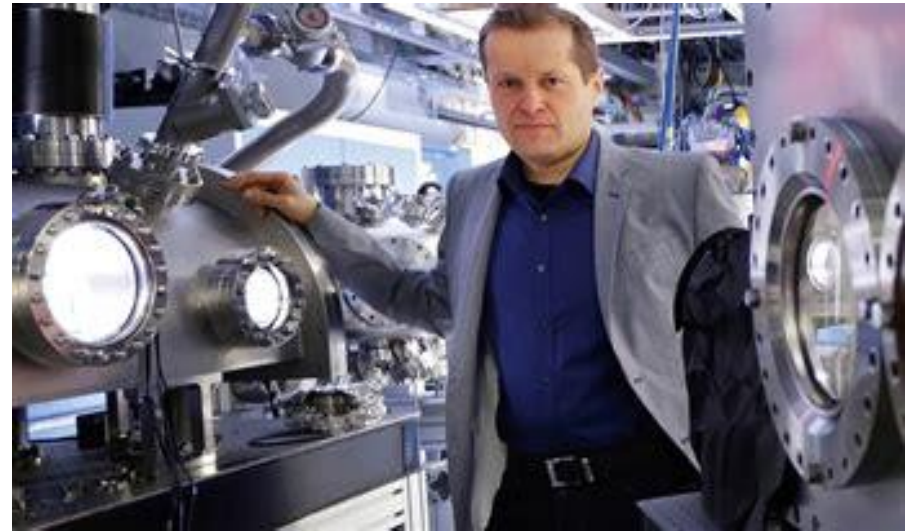
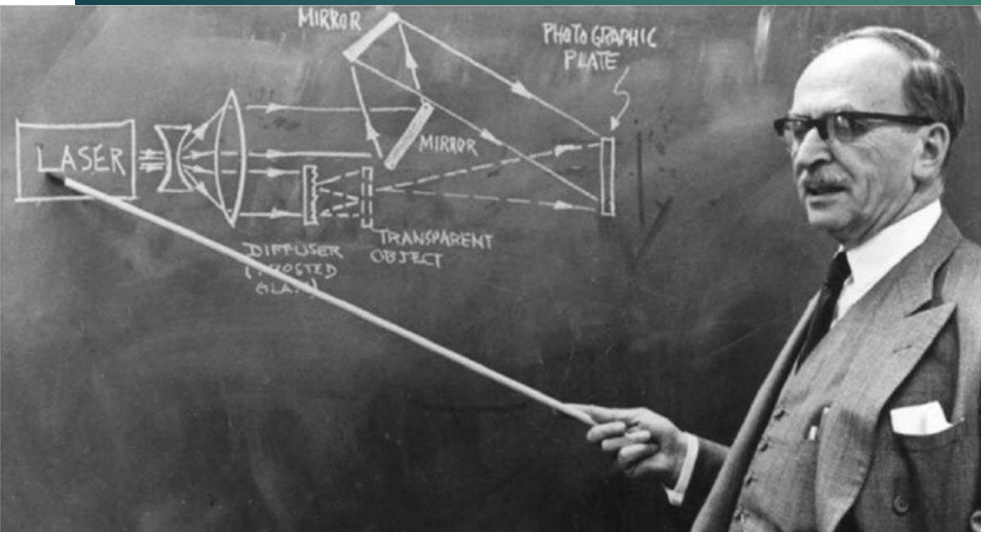
▶ **1960 // A lézer feltalálása (Nobel-díj, 1964)**

▶ 1962 // első „igazi” hologram lézerrel (Leith&Upatnieks, USA)



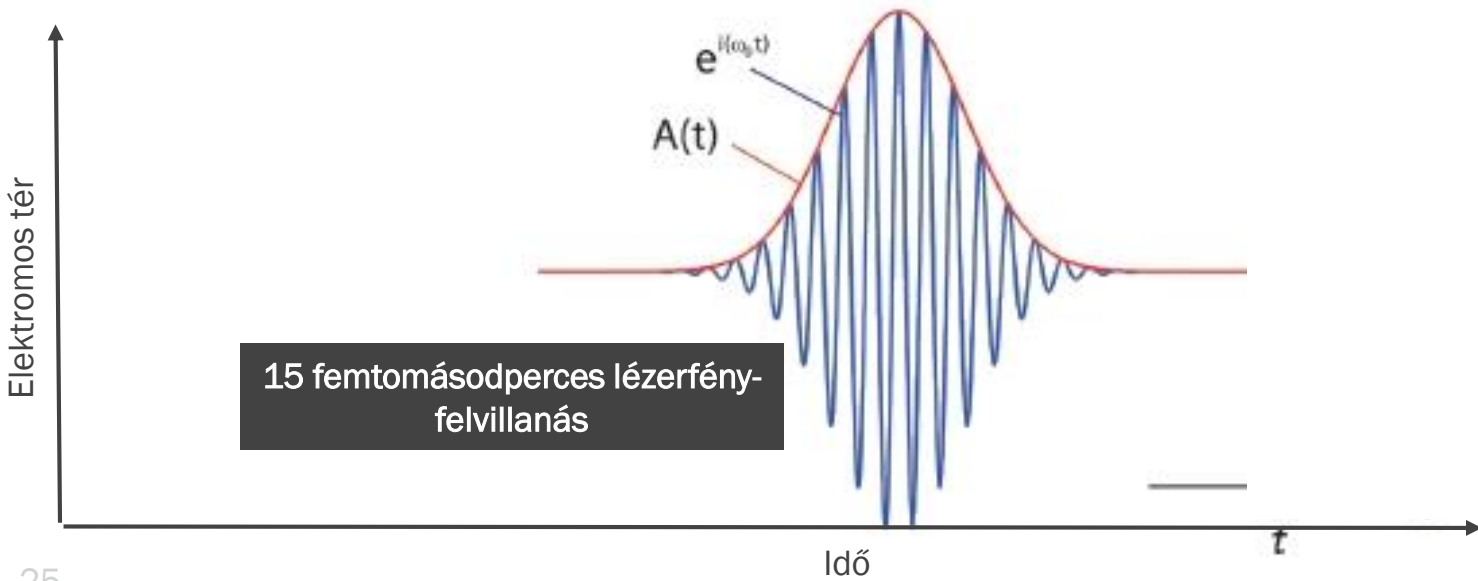
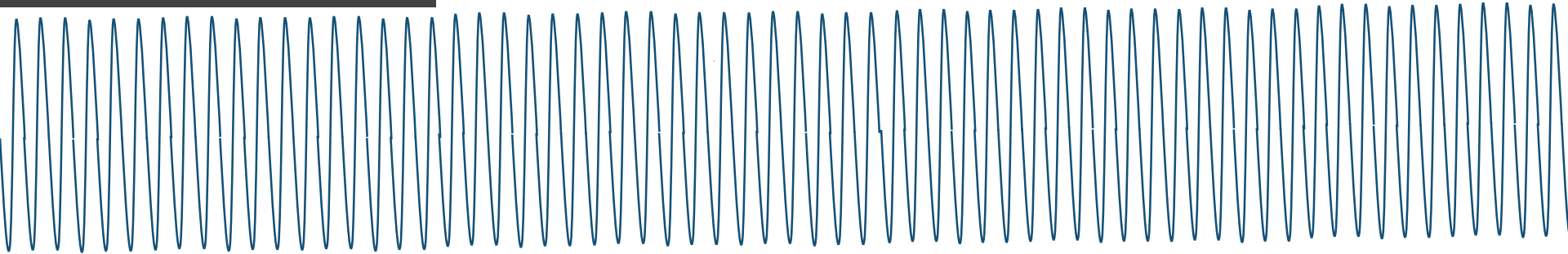
Magyar Nobel-díjak lézerek alkalmazásáért

Gábor Dénes (1971) & **KRAUSZ FERENC (2023)**

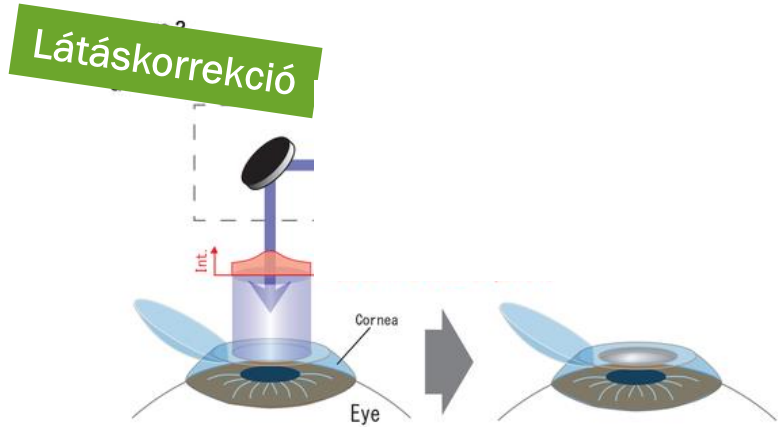
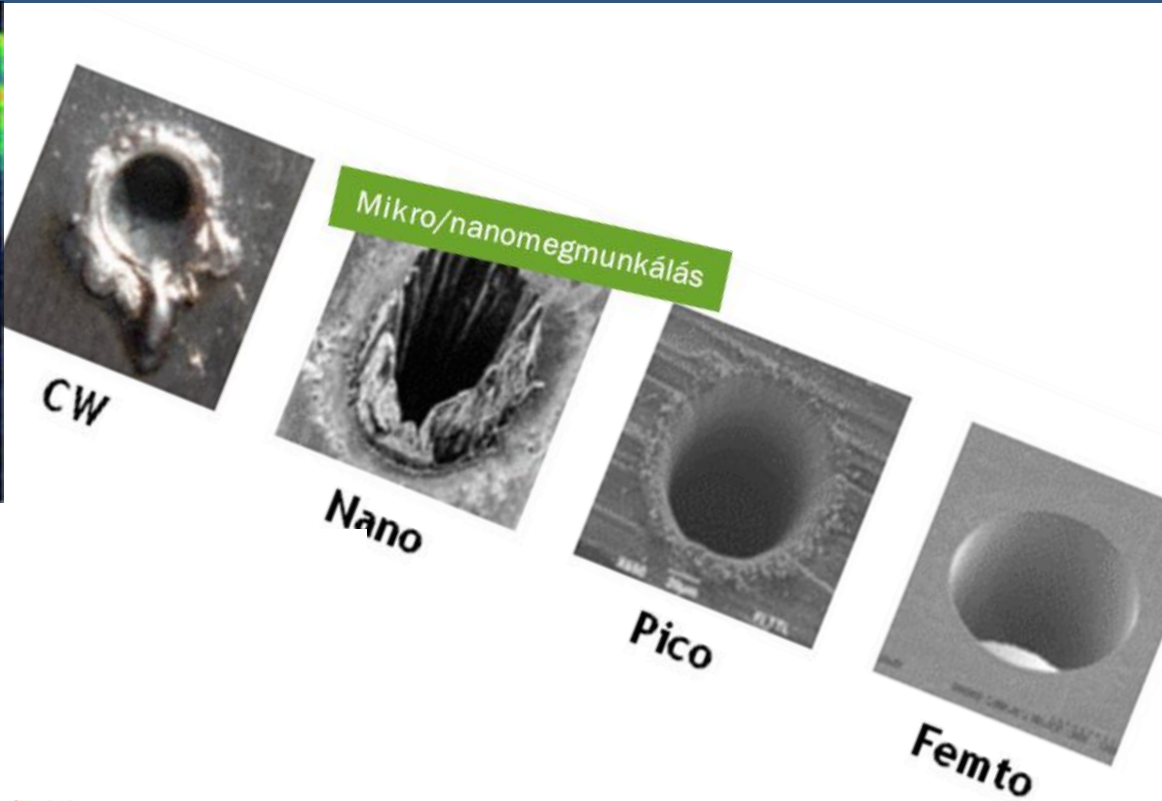
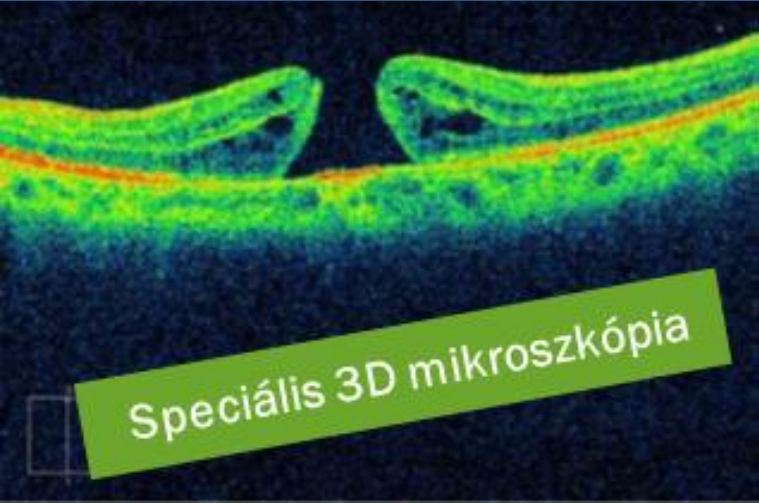


Hogy „néz ki” egy rövid lézervény-felvillanás?

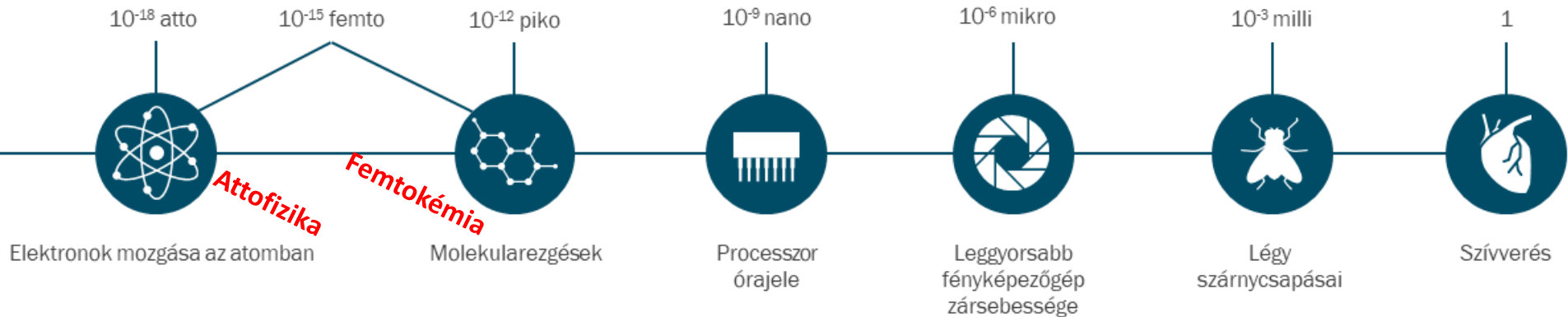
Folytonos lézervény



Femtoszekundumos lézerek a „mindennapi” életben



A természet extrém gyors folyamatai

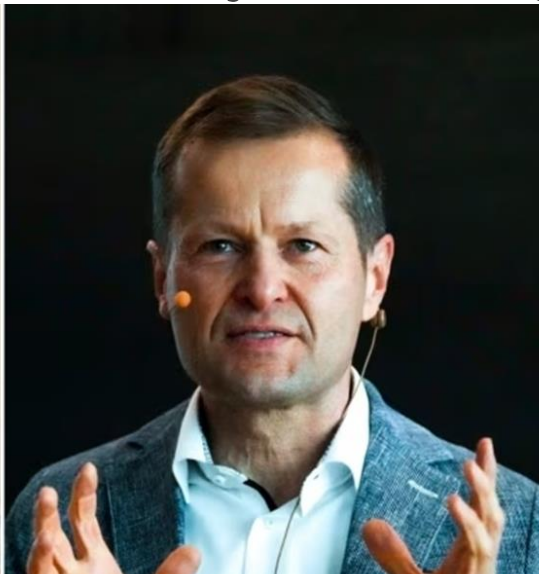
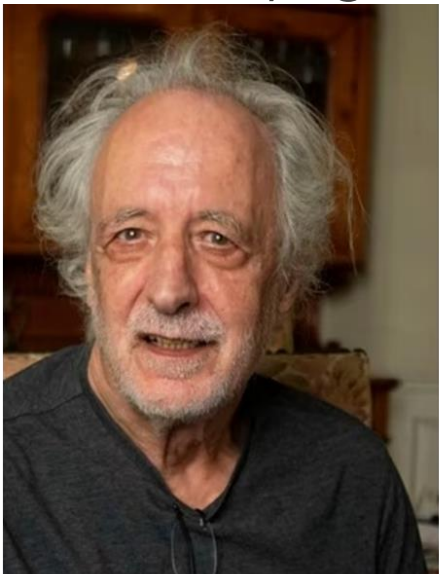


Attoszekundum – mennyi az annyi?

$$\frac{2,2 \text{ attosec}}{1 \text{ sec}} = \frac{1 \text{ sec}}{\text{a világegyetem kora}}$$

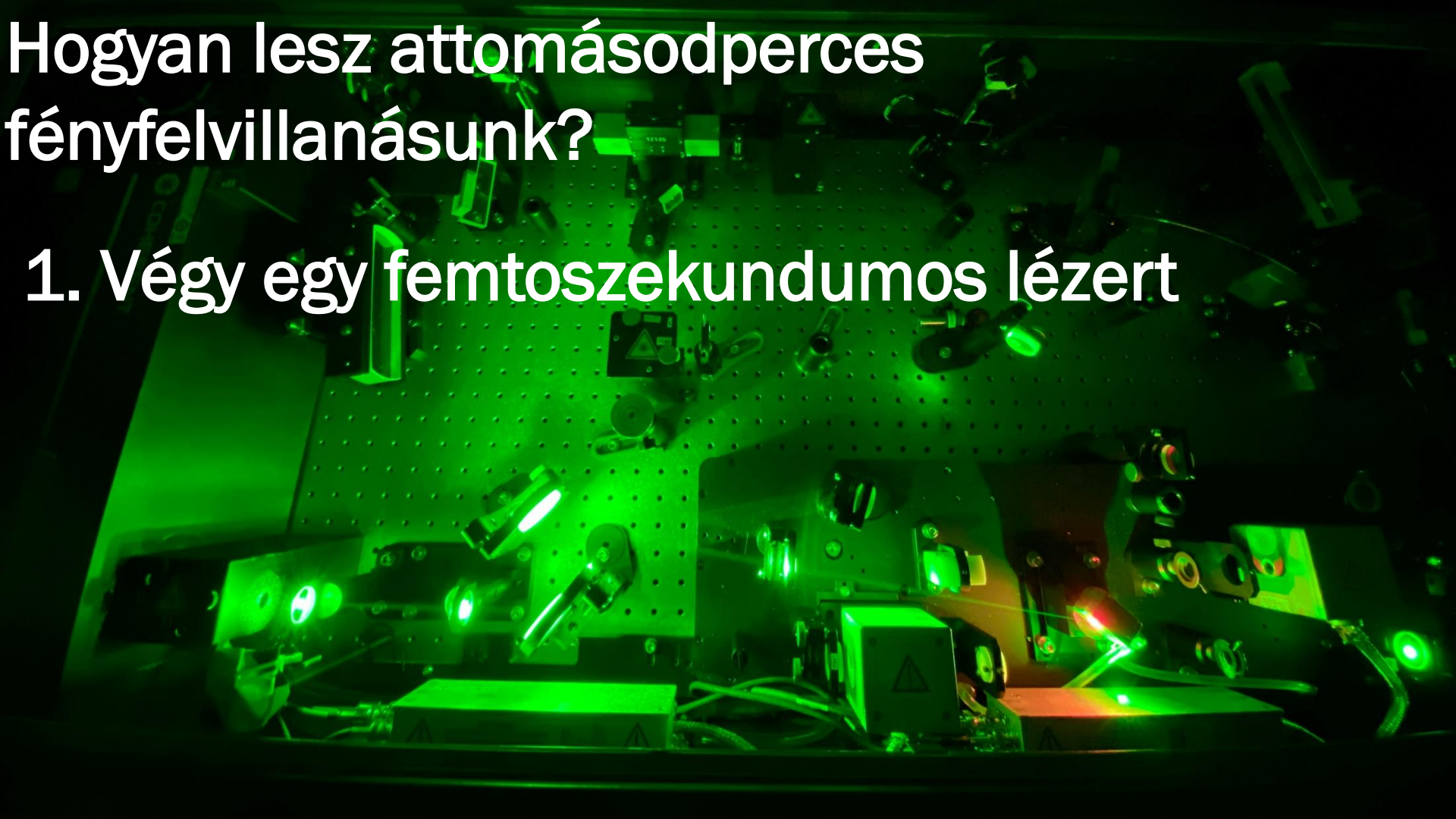
Amiért a 2023-as Nobel-díjat odaítélték:

► „**attoszekundumos fényfelvillanások** kísérleti előállításáért, melyekkel az anyagok **elektronjainak mozgása** tanulmányozható”

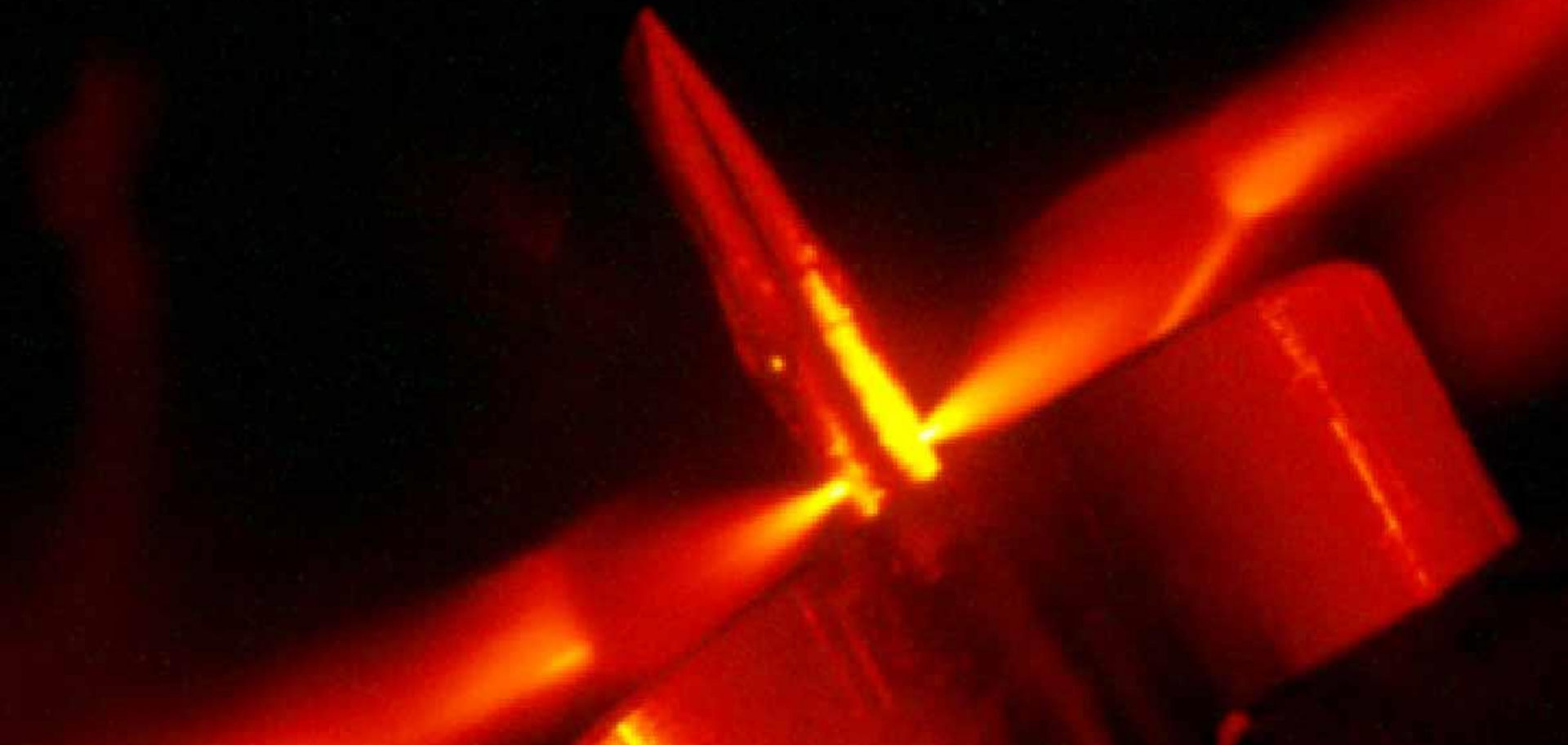


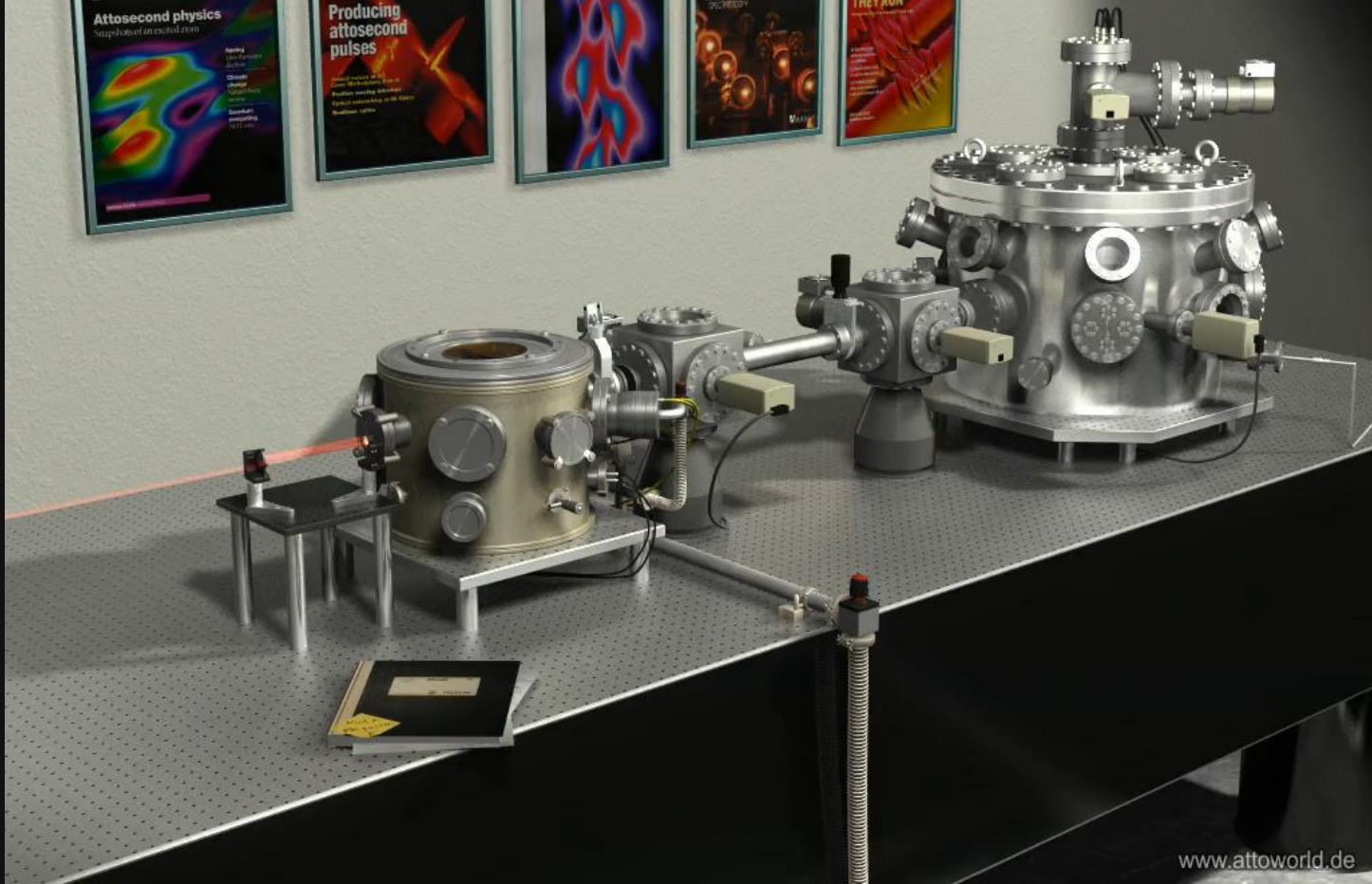
Hogyan lesz attomásodperces
fényfelvillanásunk?

1. Végy egy femtoszekundumos lézert

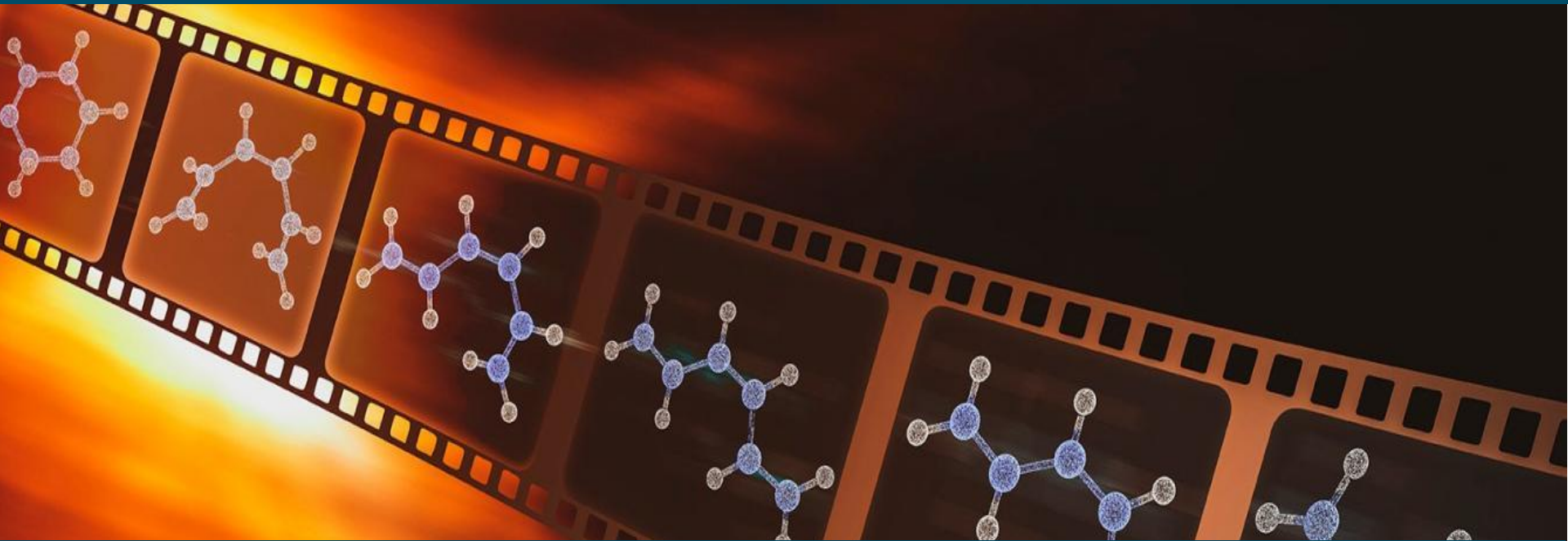


2. Fókuszáld a lézerfényt nemesgázatomokra, és...





Femtokémia – mozifilm molekulák főszereplésével



Attófizika – mozifilm az elektronok főszereplésével

A legrövidebb fényfelvillanások világrekordja



Share       

Apply Now 

Who
ATTOSECOND SCIENCE GROUP -
ETH ZÜRICH, HANS JAKOB
WÖRNER, THOMAS GAUMNITZ

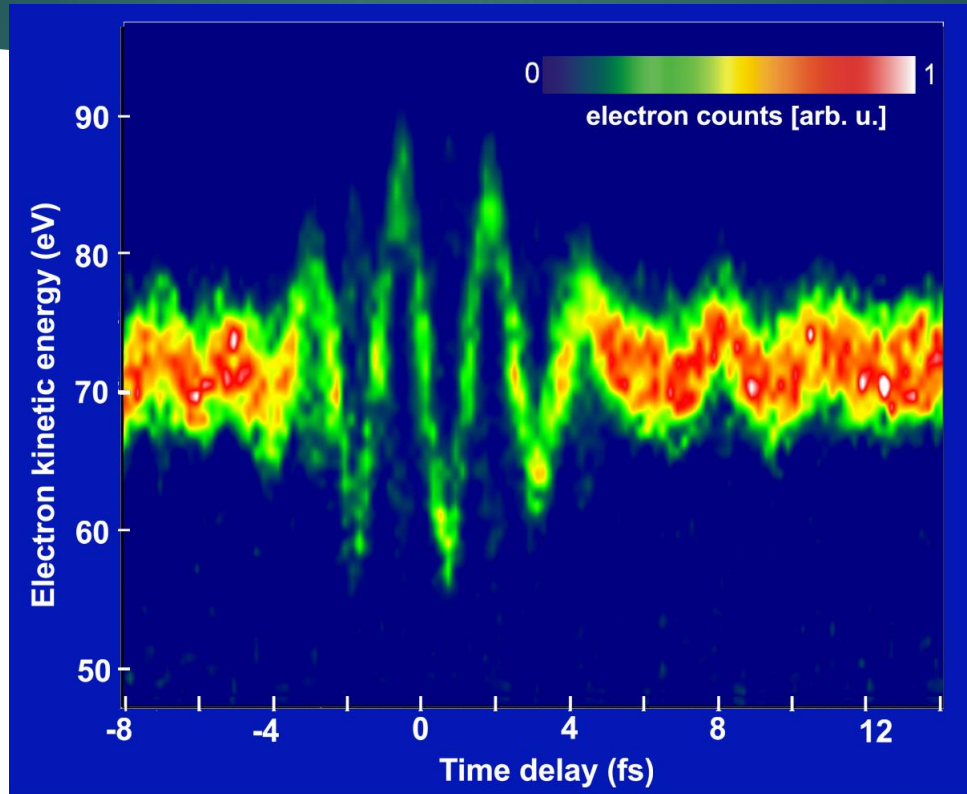
What
43 ATTO SECOND(S)

Where
SWITZERLAND (ZÜRICH)

When
30 OCTOBER 2017

The shortest pulse of light is 43 attoseconds and was achieved by Attosecond Science Group - ETH Zürich (Switzerland), Hans Jakob Wörner and Thomas Gaumnitz

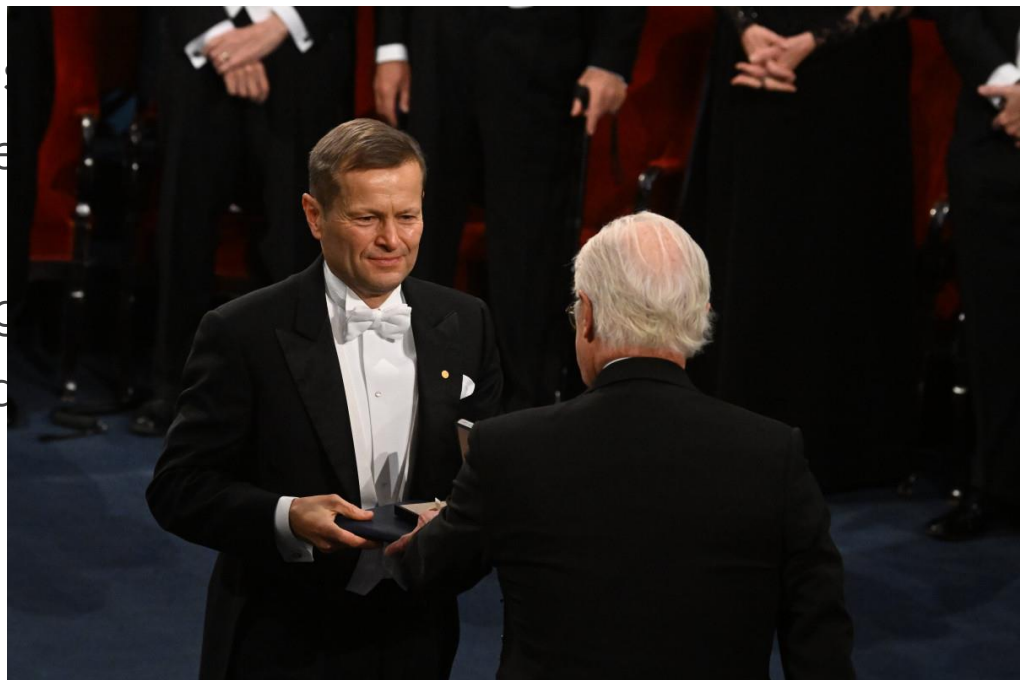
Az első, láthatóvá tett fényhullám



Krausz F.
és mtsai
2005

Krausz Ferenc élete

- 1962-ben született Móraon
- 1981-1986 villamosmérnök és fizikus
- 1988-2003 Bécsei Műszaki Egyetem
- 2001 a Nobel-díjas felfedezés
- 2003- Max Planck Intézet igazg
- 2019- vérminta-elemzéses kuta
- 2023 Nobel-díj



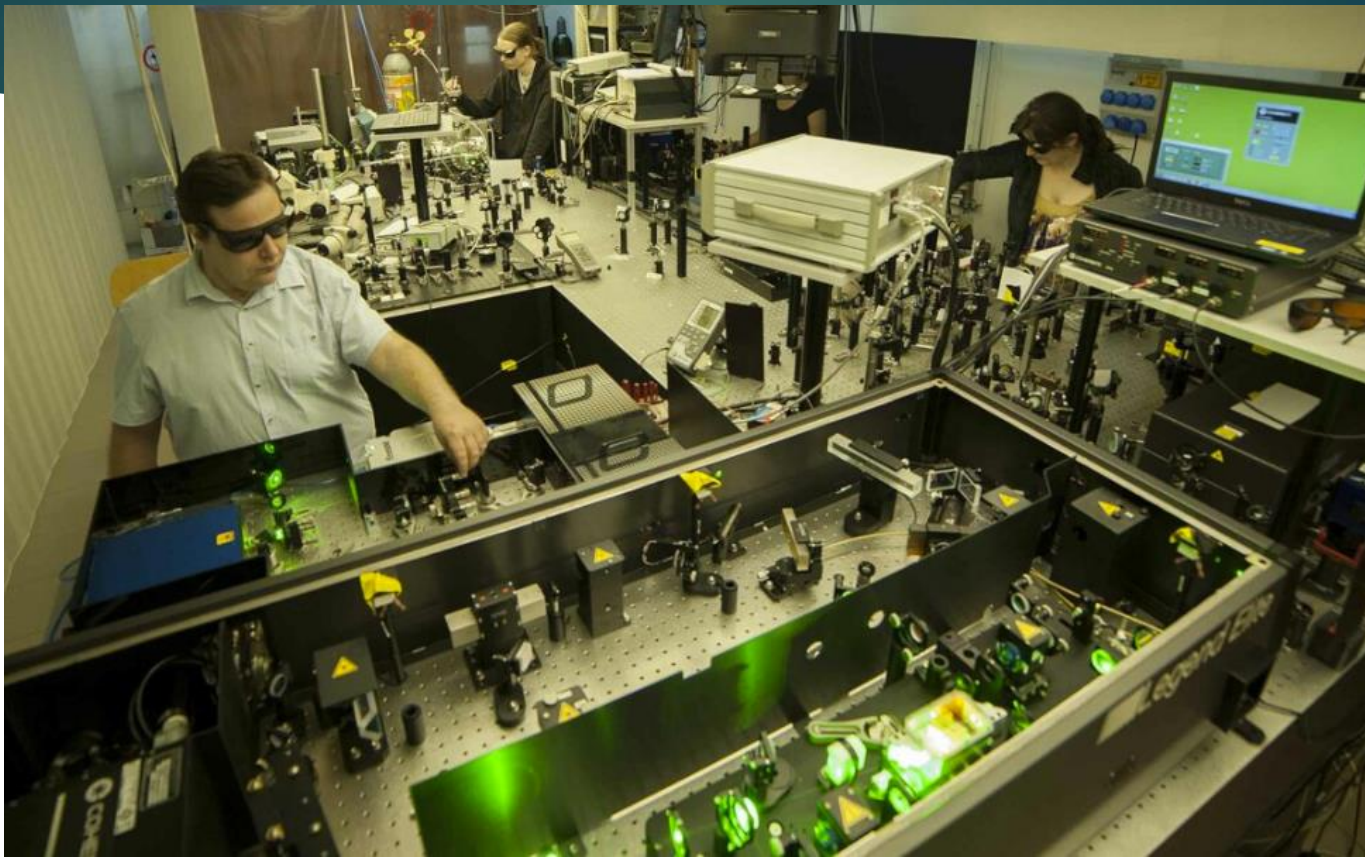
Saját kutatások:

Mozifilmek
forró elektronok
főszereplésével

Sándor et al., Nano Lett. 2024



Ahol a mozifilm készül...

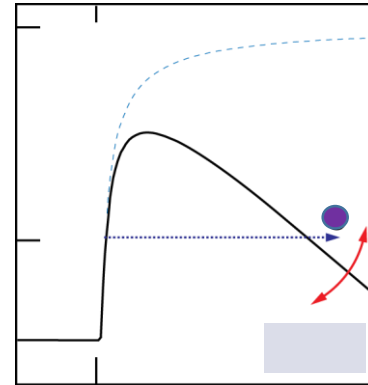
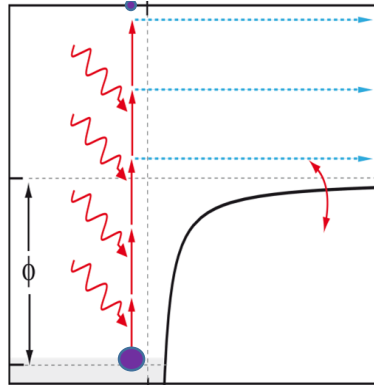
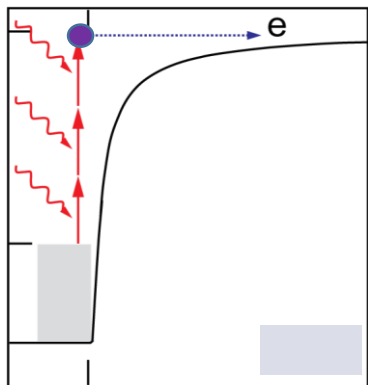


Elektron kilépése lézerfény hatására

Több foton \rightarrow 1 elektron

Még több foton...

Alagutazás



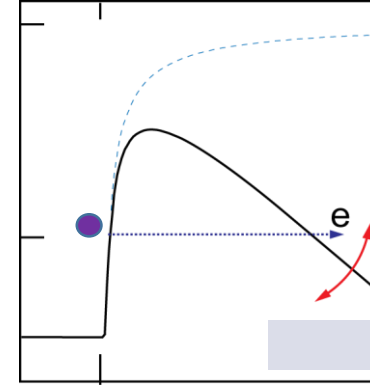
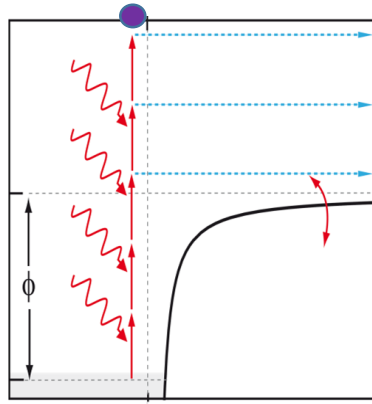
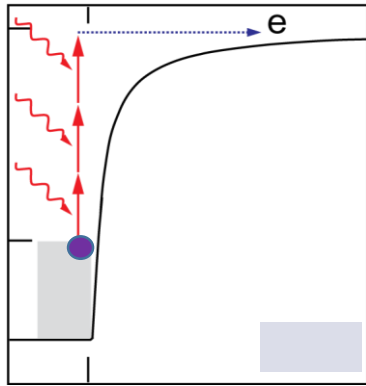
Egyre erősebb lézerfény \rightarrow

Elektron kilépése lézertfény hatására

Több foton \rightarrow 1 elektron

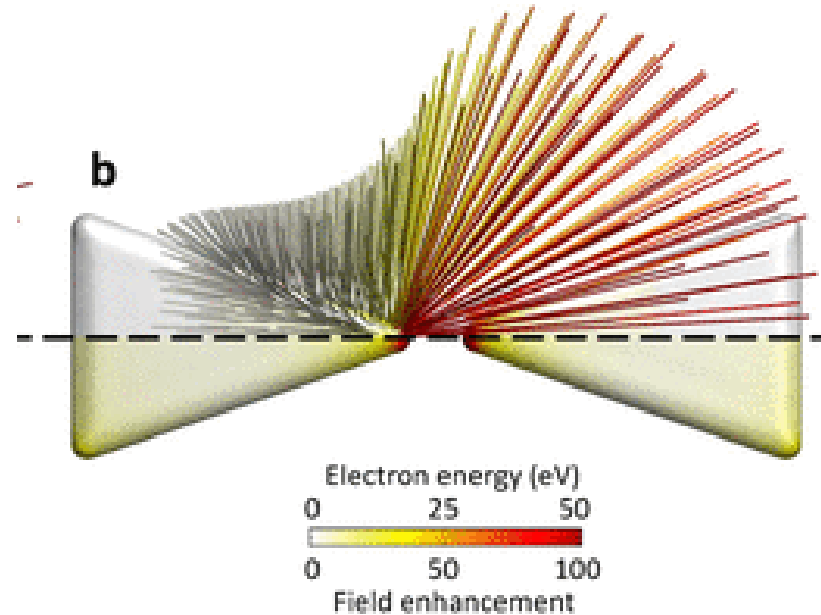
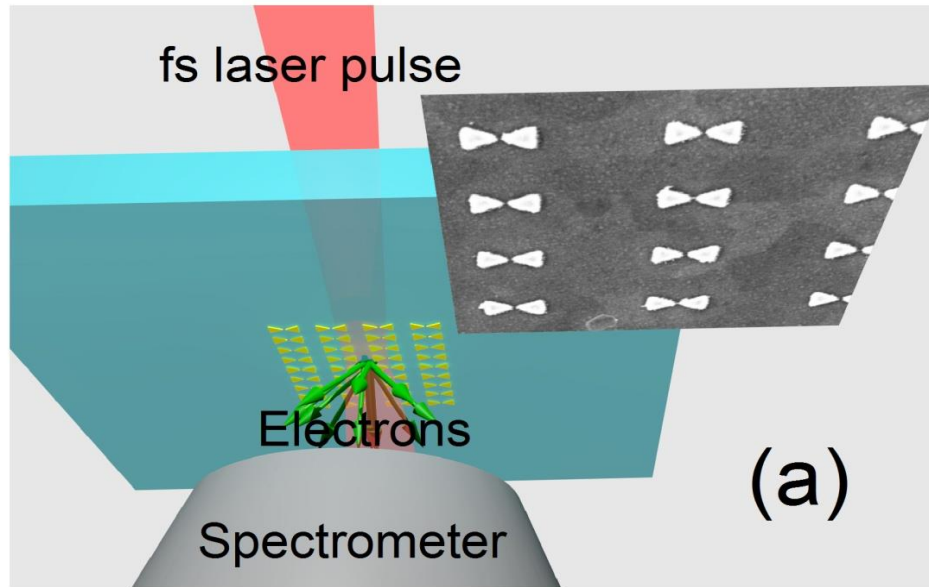
Még több foton...

Alagutazás



Egyre erősebb lézertfény \rightarrow

Elektron kilépése lézerfény hatására



Mert kell egy csapat..

Köszönettel:

Rácz Péter

Pápa Zsuzsanna

Budai Judit

Papp Eszter

Sándor Péter

Václav Hanus

Fehér Beatrix

Lovász Béla

Bánhegyi Balázs

Kiss Gellért Zsolt

Ligeti Gábor

Vereb Katalin



WIGNER ULTRAFAST
NANOOPTICS LAB



eli

