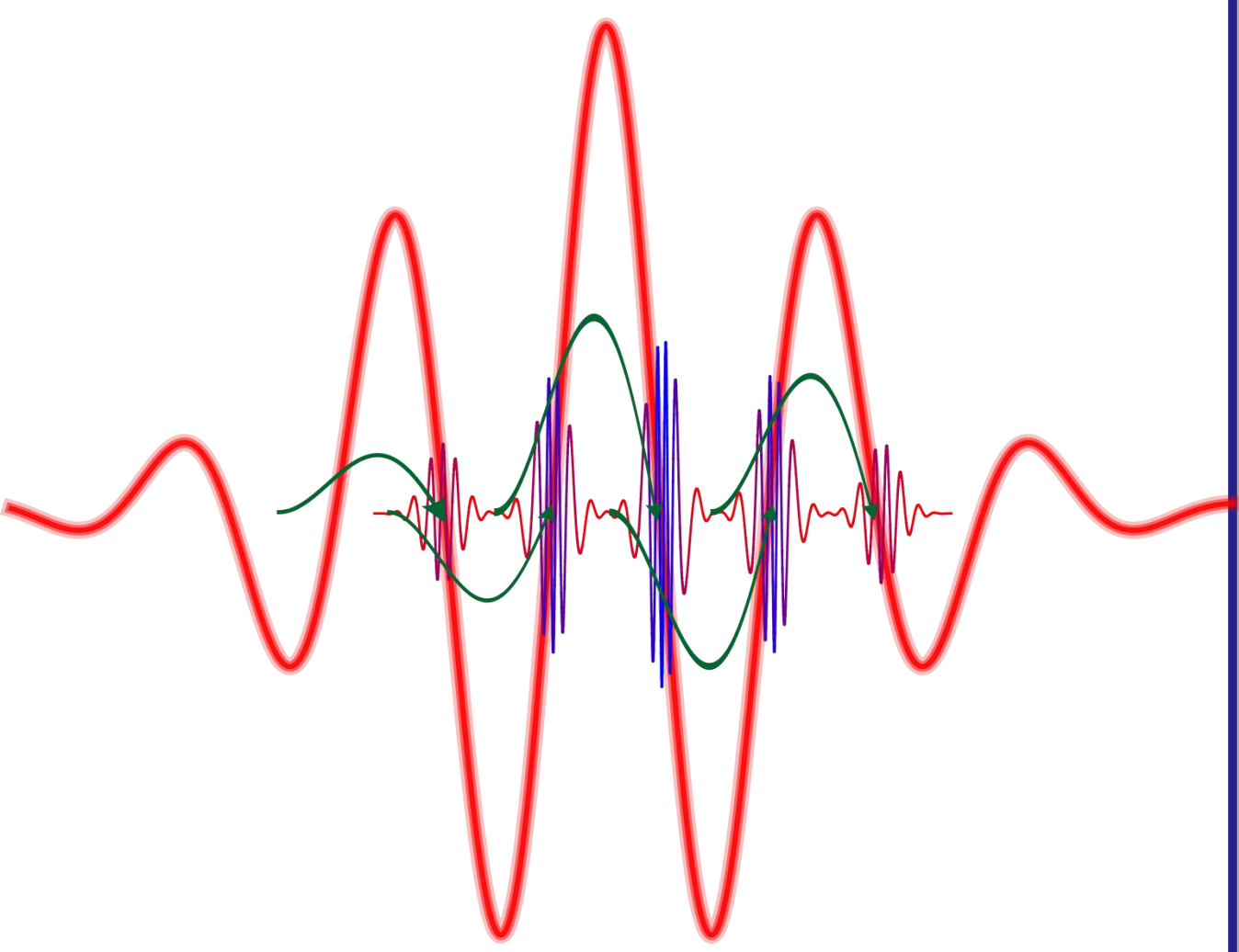




A lézertechnológia rohamos fejlődése, az egyre növekvő intenzitások elérése új tudományterületek felé nyit utat. Ma már egyetemi laboratóriumokban rutinszerűen előállíthatók olyan intenzív lézerterek, melyek esetében az elektromos térerősség eléri, sőt meghaladja az atomok, molekulák elektronjait kötő (Coulomb-) tér nagyságát. A nagy intenzitású ( $10^{14}$  W/cm<sup>2</sup>) lézertér képes atomok vagy molekulák elektronjainak kiszakítására (optikai ionizáció), és a szabaddá vált elektronok gyorsítására. Ha az elektron visszajut az iontörzs közelébe, ott befogódhat, és energiája egy foton formájában kibocsátódik.

1987 óta ismert, hogy az előbbi folyamat révén szabad nemesgáz atomok nagy teljesítményű lézertérben a lézer frekvenciájának páratlan többszöröseit sugározzák ki. A spektrum magas központi frekvenciája, illetve nagy sávzélessége (akár a több századik felharmonikus is elérhető) lehetővé teszi attoszekundumos ( $10^{-18}$  s) impulzusok előállítását. A magasrendű harmonikusok kutatása 2001-ben nyert új lendületet, amikor az attoszekundumos impulzusok létét több laboratóriumban is kísérletileg igazolták. Azóta komoly erőfeszítés jellemzi az attoszekundumos impulzusok előállítására és alkalmazására irányuló törekvéseket.

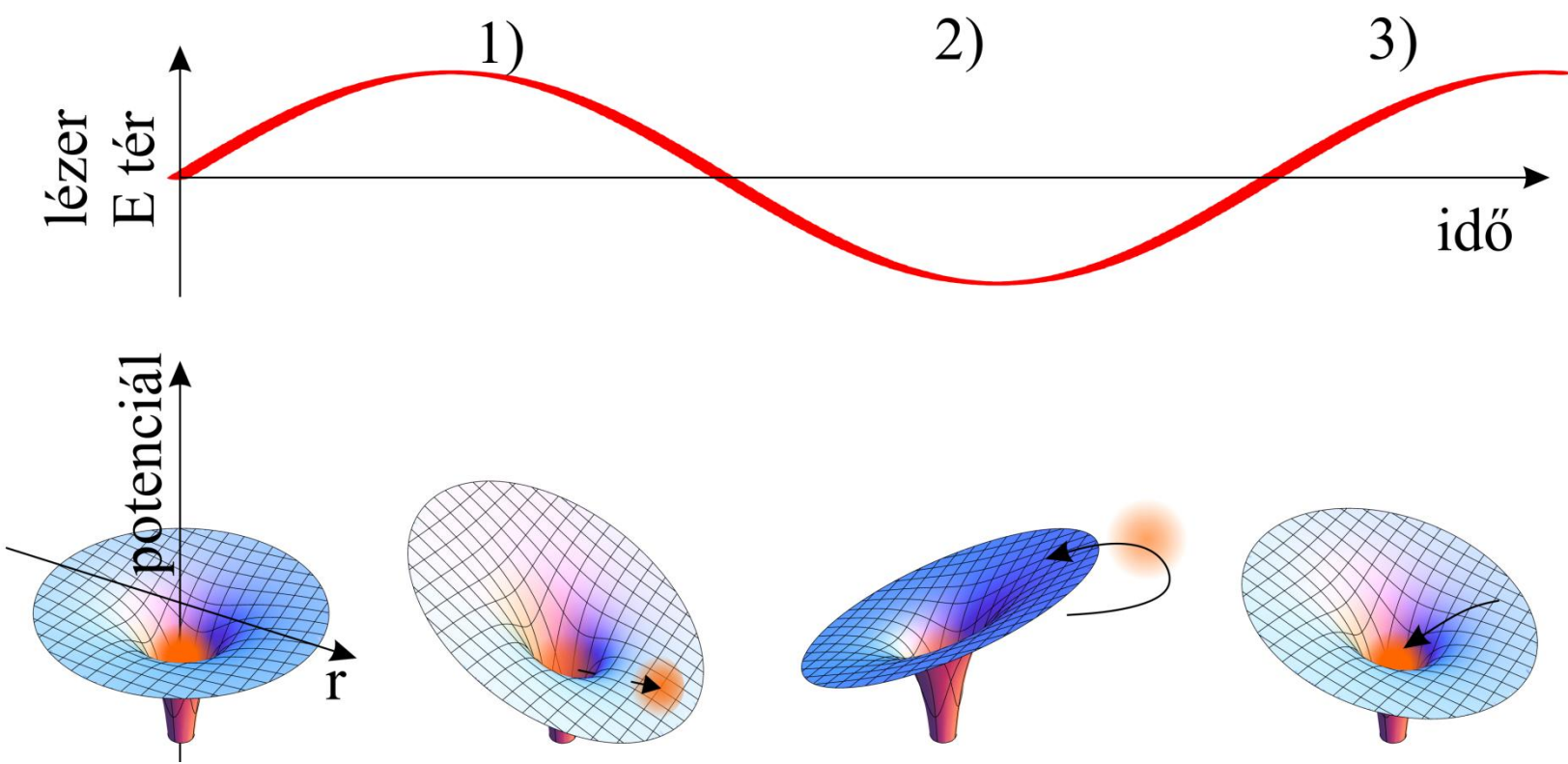
Az attoszekundumos időskálán elektronok viselkedése figyelhető meg. Az attoszekundumos impulzusok biztosítják az elektronok mozgásának vizsgálatához, illetve irányításához szükséges eszközt. A nemlineáris optika, az intenzív fény-anyag kölcsönhatási vizsgálatok mára az attoszekundumos fizika megszületéséhez vezettek.

A helyi attoszekundumos fizikai kutatásoknak különös jelentőséget és aktualitást biztosít, hogy Szeged határában épül meg az *Extreme Light Infrastructure – Attosecond Light Pulse Source* (ELI ALPS) attoszekundumos specializációjú európai kutatóintézet.

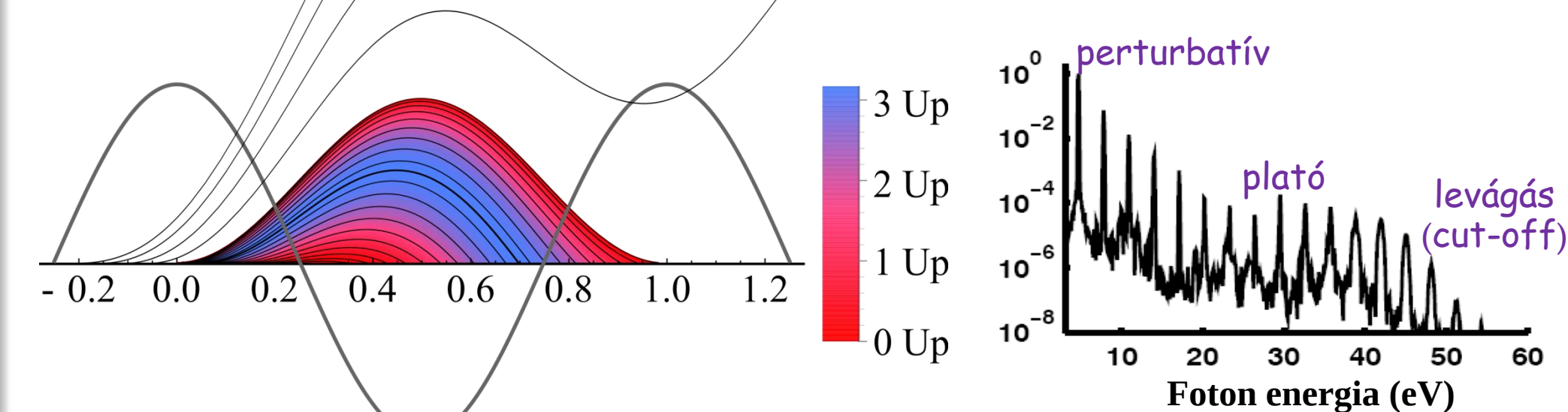
### Kutatási módszerek

Kutatócsoportunk fő érdeklődési területe az attoszekundumos impulzusok keltésének vizsgálata, optimalizációja. A vizsgálatokat elméleti modellekkel végezzük.

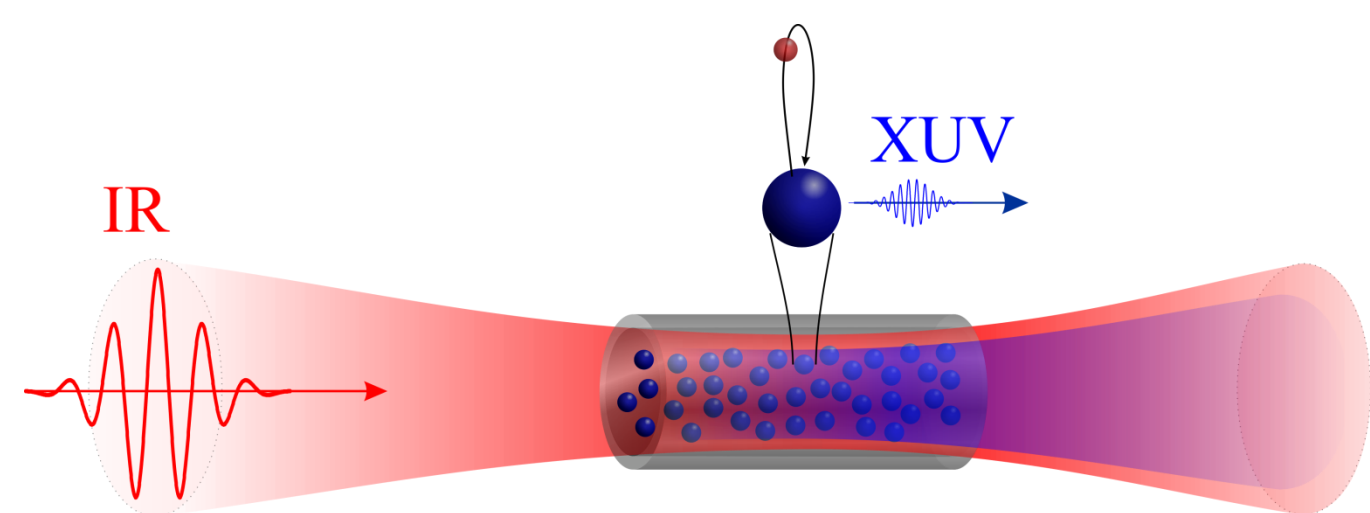
Egyetlen atom és a lézertér kölcsönhatását egy félklasszikus (fél kvantummechanikai), három fázist megkülönböztetett modellel számoljuk.



Az elektron ionizációjának időpontja meghatározza a lehetséges visszatérés idejét és energiáját, ezáltal a keltett sugárzás frekvencia-idő tulajdonságát.



A kiterjedt közeg nemlineáris válaszához meghatározásához egy háromdimenziós propagációs modellt használunk, mely figyelembe veszi a közegben terjedő keltő impulzus torzulását, így a tér egyes pontjaiban a helyi lézertér értékével számolja az egy-atom kölcsönhatást és fázis-helyesen összegzi az elemi forrásokból származó magasharmonikus sugárzást.



### Együttműködéseink

Hazai partnereink:

Dombi Péter, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest  
Hebling János, Pécsi Tudományegyetem

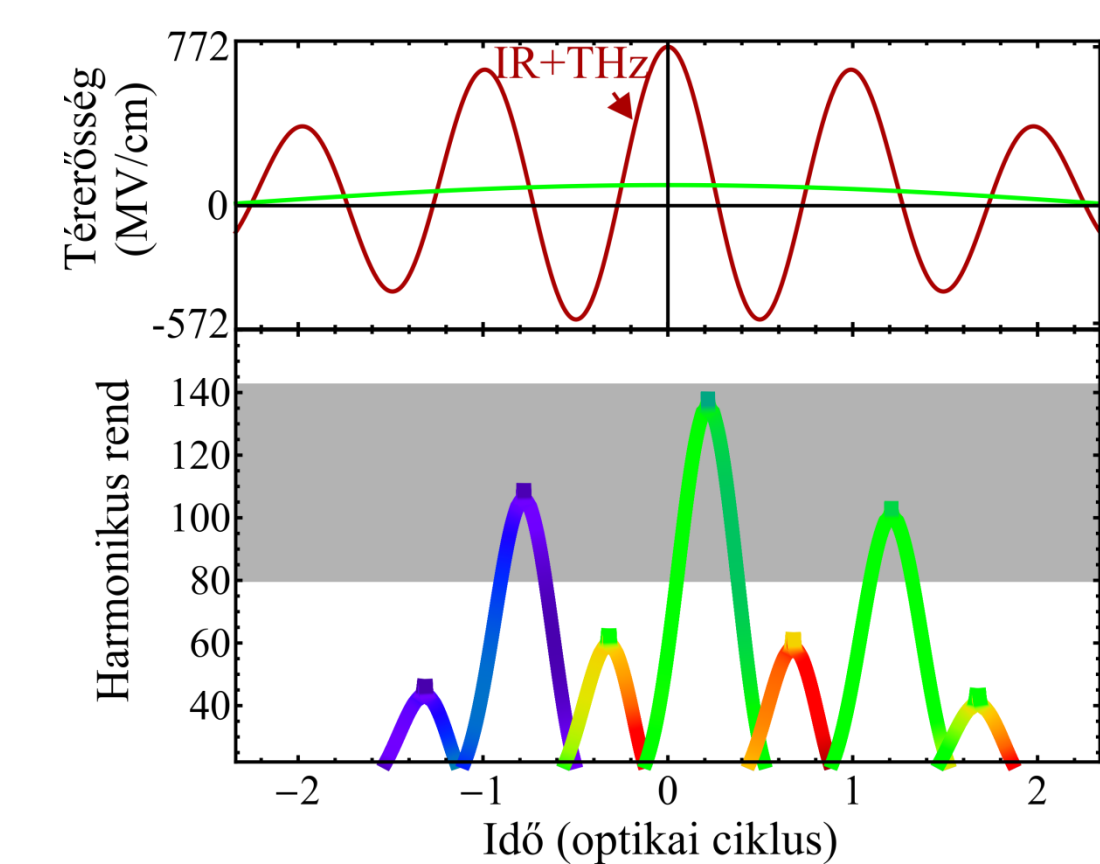
Külföldi partnereink:

Valer Toşa, Nat Inst for R&D of Isotopic and Molecular Techn, Kolozsvár, Románia  
Anne L'Huillier, Lundi Egyetem, Svédország  
Marc Vrakking, Max Born Intézet, Berlin, Németország  
Eleftherios Goulielmakis és Veisz László, Garching, Max Planck Intézet, Németország

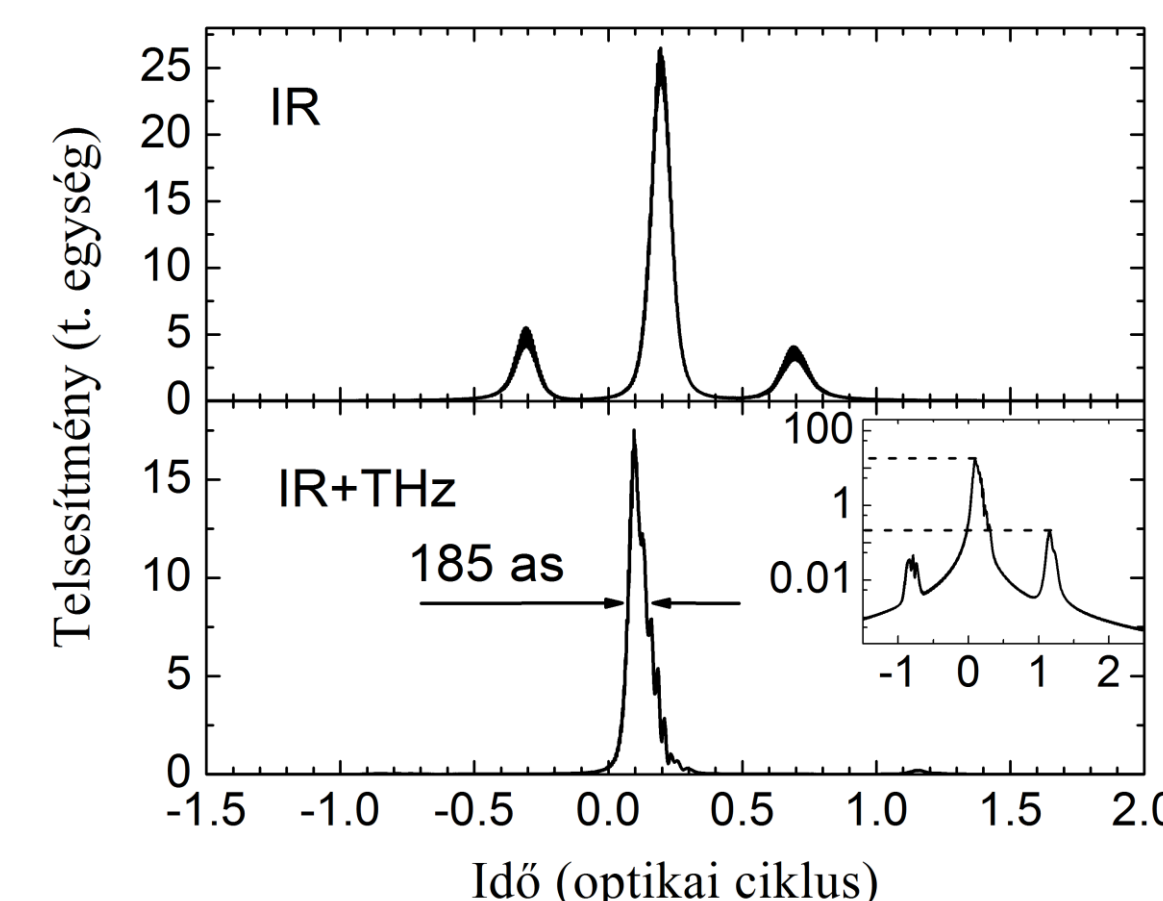
### Legfrissebb eredményeink

Kiterjedt vizsgálatokat folytattunk annak meghatározására, hogy ha a lézerimpulzussal ( $800$  nm,  $6 \times 10^{14}$  W/cm<sup>2</sup>,  $672$  MV/cm) együtt egy hosszabb hullámhosszú, kisebb intenzitású ( $1,3 - 10$   $\mu$ m,  $100 - 300$  MV/cm) impulzust is a gáz targetre fókuszálunk, hogyan változik a keltett magas harmonikus sugárzás intenzitása, sávzélessége, illetve az attoszekundumos impulzusok száma.

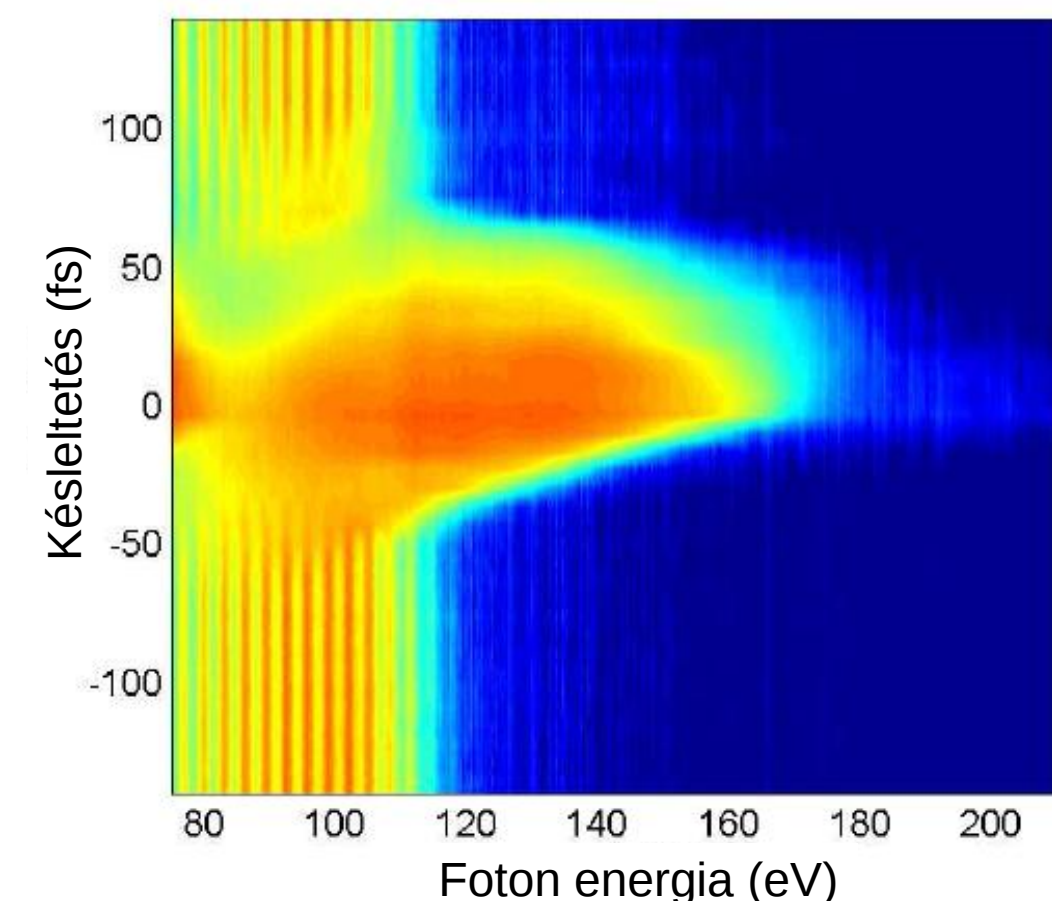
Balogh (2011)  
Balogh (2012)  
Balogh (2013)  
Weber (2014)



THz tér hatása a lézerimpulzus által létrehozott trajektóriákra.



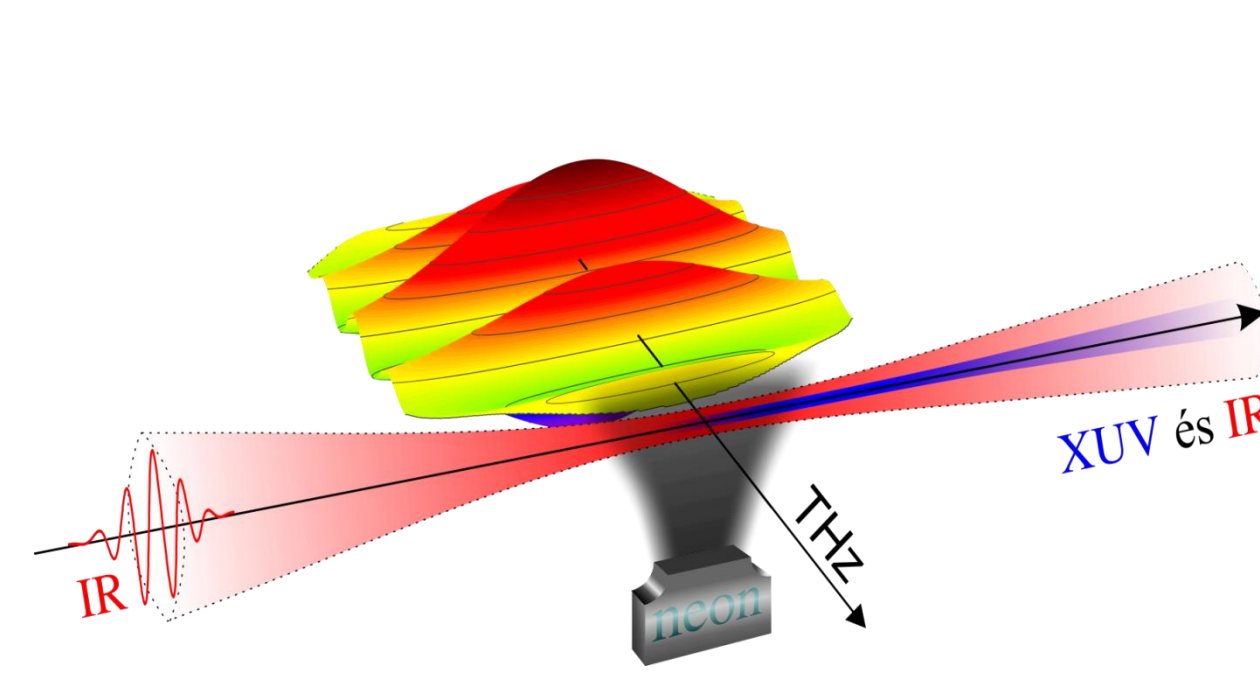
8 fs lézerimpulzussal keltett attoszekundumos impulzus sorozat THz tér nélkül és jelenlétében.



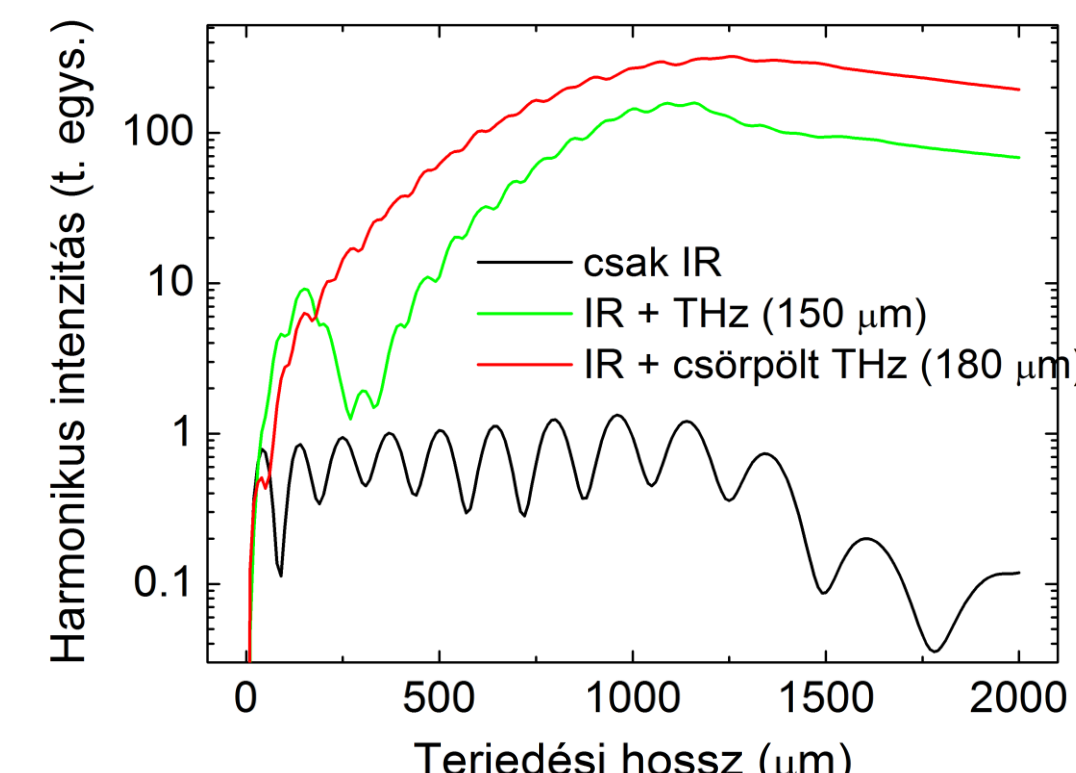
Magas harmonikus spektrum a MIR és  $800$  nm impulzusok késleltetése függvényében.

A THz tér másik alkalmazási területe, ha a keltő lézertér terjedési irányára merőleges irányban alkalmazzuk a gáz cellában, és lokálisan modulálva a lézerimpulzus térerősségét, kvázi-fázisillesztést hozunk létre a lézer és a magas harmonikus sugárzás között. Gyenge másodlagos térrel elérhető kvázi-fázisillesztés skálázási tulajdonságait vizsgáltuk általános tér alakok mellett.

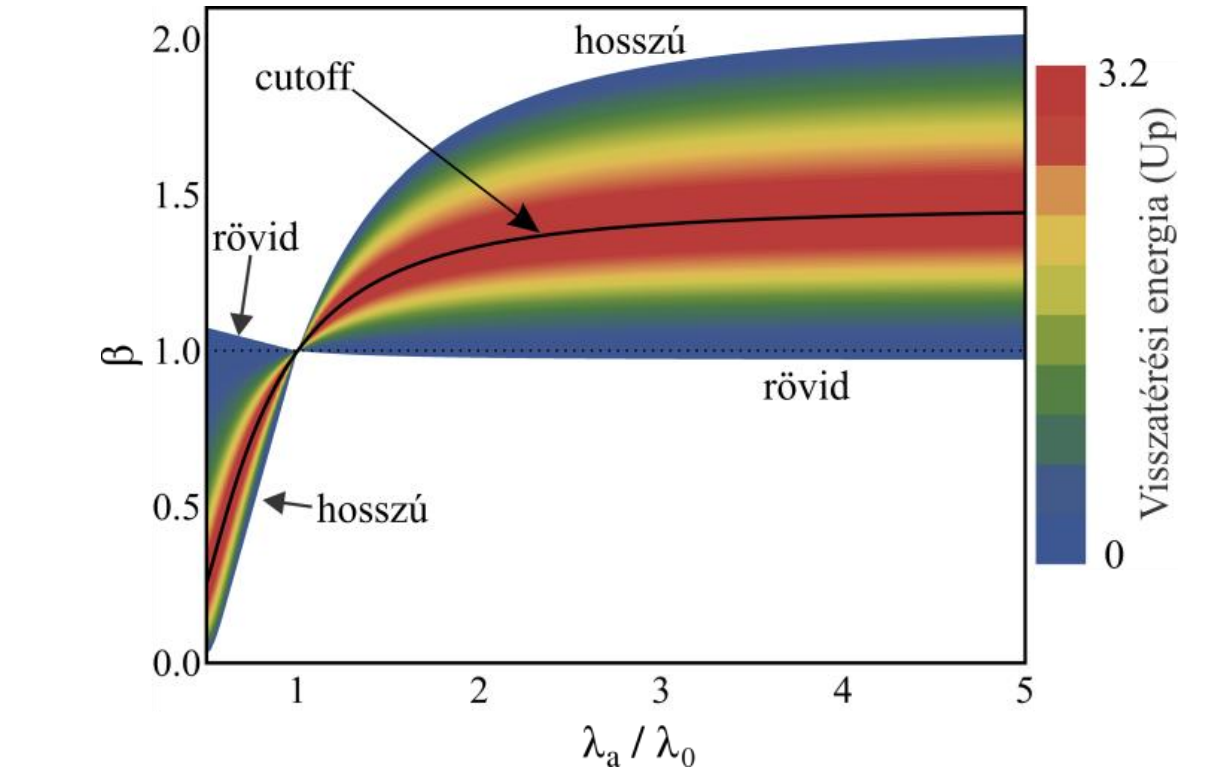
Kovács (2012)  
Balogh (2014)



THz tér által létrehozott QPM elrendezése.



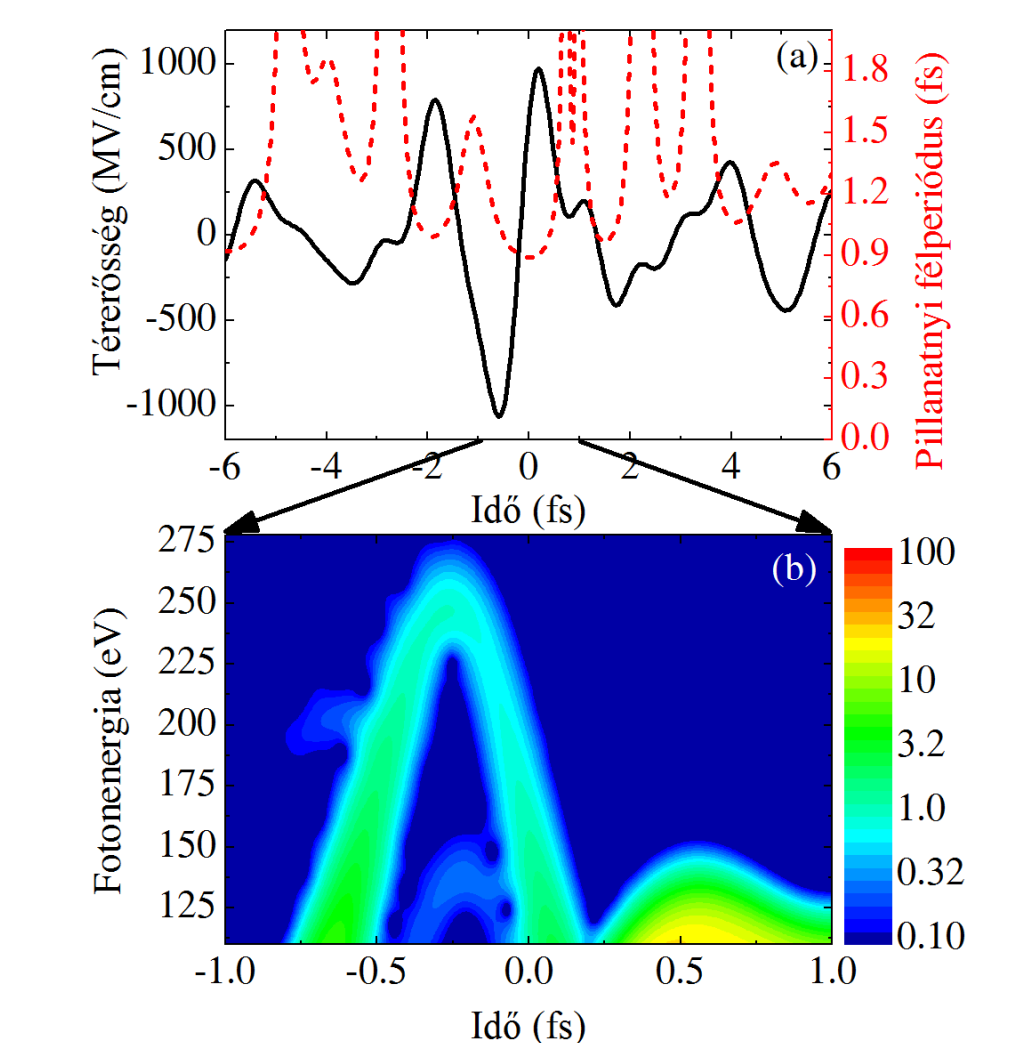
Fázis illesztetlen magasharmonikus jel, és a THz tér jelenlétében elérhető fázisillesztés eredménye.



Korrektions faktor gyenge másodlagos térrel elérhető QPM paramétereinek meghatározásához.

Extrém széles sávú keltő lézertér precíz hangolásának hatása (genetikus algoritmus alkalmazásával) az attoszekundumos impulzusok alakjára.

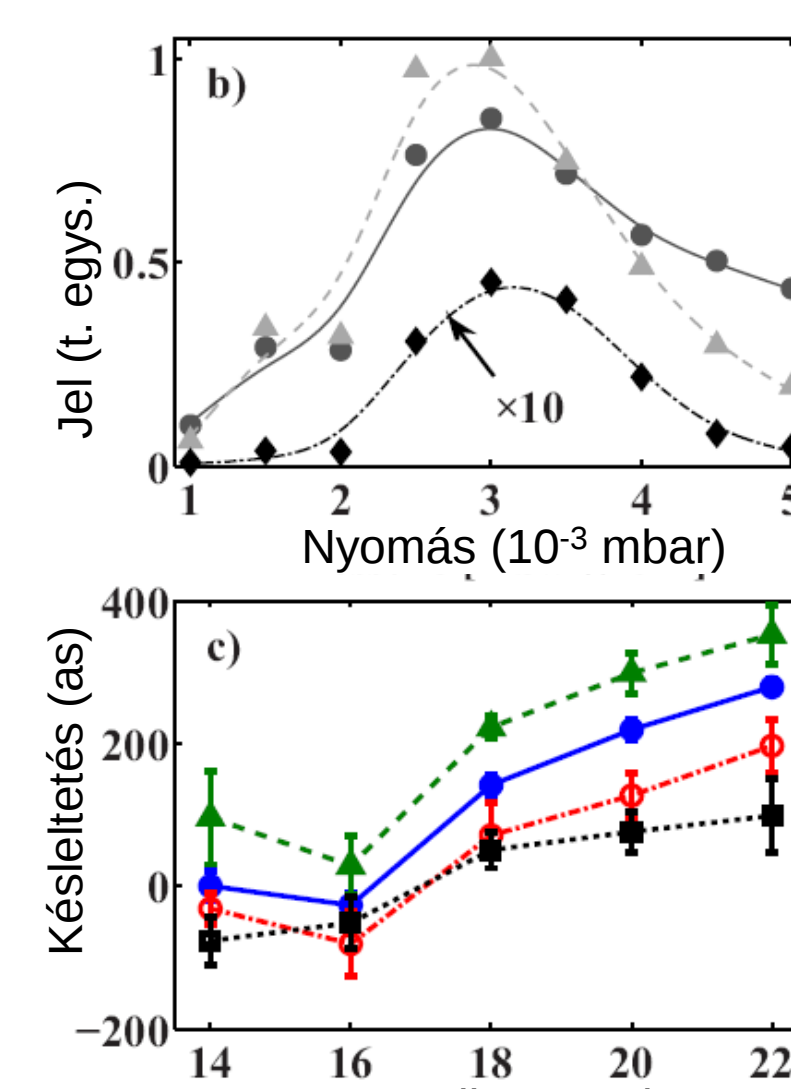
Balogh (2014)



Genetikus algoritmus segítségével optimalizált lézertér és a keltett harmonikus sugárzás idő-frekvencia képe.

A gáz target makroszkópikus paramétereinek (nyomás, hossz) hatását vizsgáltuk kísérletileg és modellszámítások segítségével.

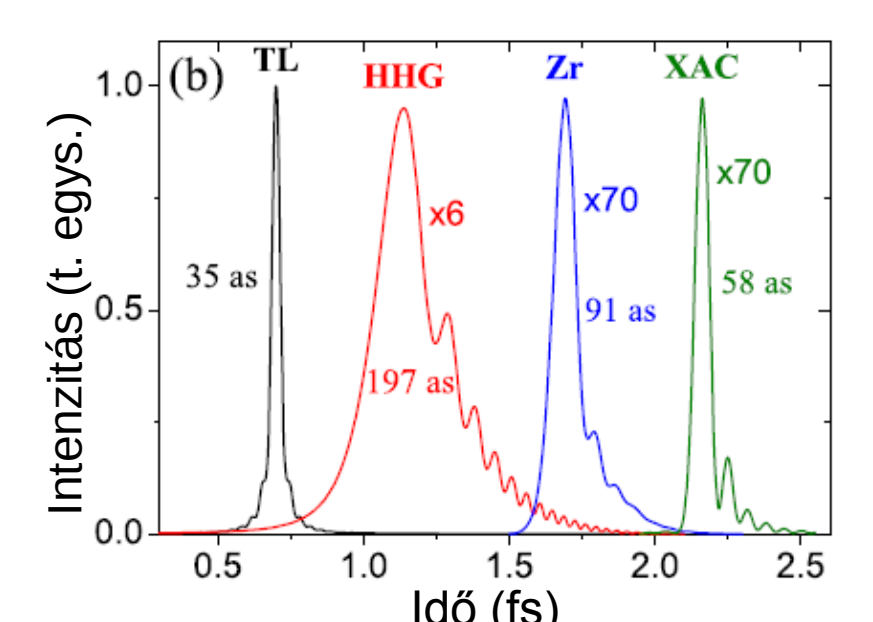
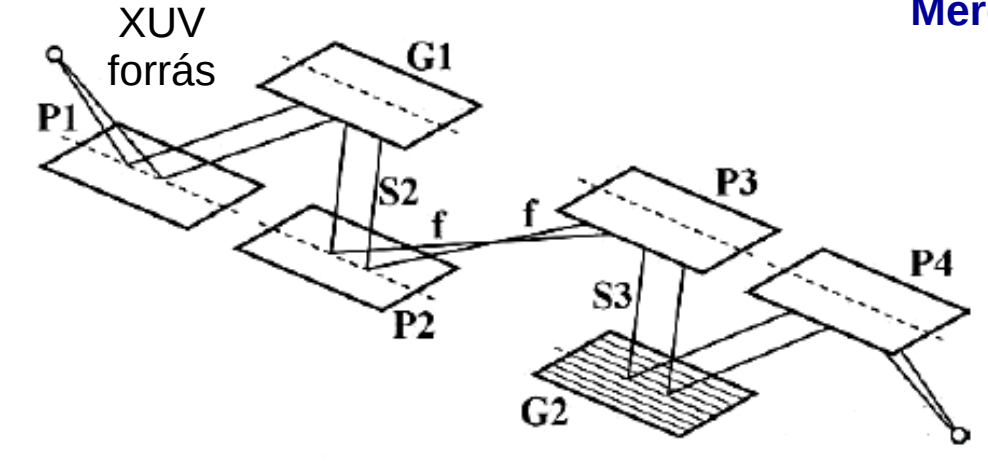
Ruchon (2008)  
Kroon (2014)



A harmonikus sugárzás erősségének és csoportkésleltetésének változása a keltő gáz nyomásának függvényében.

XUV tartományban kis veszteséggel működő impulzus alakformáló elrendezés kompresszáló hatását vizsgáltuk, és összehasonlítottuk a jelenleg használt fém szűrők hatásával.

Mero (2011)



XUV impulzus összehasonlítás lehetőségeinek összehasonlítása.



University of Szeged • Department of Optics & Quantum Electronics

Attosecond physics group

#### Main research interest:

Studying attosecond pulse generation in the interaction of an intense laser pulse and gaseous media. Optimization of the laser pulse parameters and macroscopic gas cell factors to enhance spectral, temporal or magnitude features of the produced radiation. The effect of weaker assisting fields inducing quasi phasematching or cutoff extension is examined in different geometrical arrangements.

#### Collaborations:

Nat Inst for R&D of Isotopic and Mol Techn, Cluj-Napoca, Romania  
Max Born Institute, Berlin, Germany  
Department of Physics, Lund University, Lund, Sweden  
Wigner Research Centre for Physics, Budapest, Hungary  
Department of Experimental Physics, University of Pécs, Hungary  
Max Planck Institute, Garching, Germany

#### Recent works:

Ruchon, *Macroscopic effects in attosecond pulse generation* NEW J PHYS 10 025027 (2008)  
Heissler, *Toward single attosecond pulses using harmonic emission from solid-density plasmas* APP PHYS B 101 (3) 511 (2010)  
Balogh, *Single attosecond pulse from terahertz-assisted high-order harmonic generation* PHYS REV A 84 (2) 023806 (2011)  
Mero, *Compression methods for XUV attosecond pulses* OPT EXP 19 (23) 23420 (2011)  
Balogh, *A case study for terahertz-assisted single attosecond pulse generation* J PHYS B 45, 074022 (2012)  
Kovács, *Quasi-phase-matching high-harmonic radiation using chirped THz pulses* PHYS REV LETT 108, 193903 (2012)  
Balogh, *Application of high intensity THz pulses for gas high harmonic generation* CENT EUR J PHYS 11, 1135 (2013)  
Weber, *Optimization of two-color high-order harmonic generation in the soft X-ray regime* PHYS REV A (2014)  
Balogh, *Quasi-phase-matched high-order harmonic generation by low-intensity assisting fields: field strength scaling and bandwidth* PHYS REV A (2014a)  
Balogh, *Genetic optimization of attosecond pulse generation in light-field synthesizers* NEW J PHYS (2014b)  
Kroon, *Attosecond pulse walk-off in high-order harmonic generation* OPT LETT (2014)

#### Kutatócsoport-vezető:

Dr. Varjú Katalin

varju@physx.u-szeged.hu

http://titan.physx.u-szeged.hu/~atto

