**Optikai alagutazás klasszikus és kvantumos dinamikája a fázistéren**

*Hack Szabolcs, fizikus MSc szakos hallgató*

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar

Témavezető:

Dr. Czirják Attila, tud. munkatárs, c. egyetemi docens, SZTE TTIK Elméleti Fizikai Tanszék

Napjainkban már rutinszerűen képesek vagyunk olyan intenzív és ultrarövid lézerimpulzusokat előállítani, amelyek csak néhány optikai ciklust tartalmaznak úgy, hogy egy ilyen femtoszekundumos lézerimpulzus csak egyetlen attoszekundumos fényimpulzust generál. Ezek olyan pumpa-próba kísérleteket tesznek lehetővé, amelyek valóban attoszekundumos időfelbontásban tudnak elemi atomi és molekuláris folyamatokat vizsgálni, ezáltal az attoszekundumos fizikában robbanásszerű fejlődést indítottak be.

Amikor egy atom kölcsönhat egy ultrarövid lézerimpulzussal sokféle folyamat játszódhat le. Az attoszekundumos fényimpulzusok előállítása szempontjából az egyik legfontosabb kvantummechanikai folyamat az optikai alagutazás [1], ezért ennek vizsgálatát választottuk a dolgozat központi témájának. Az optikai alagutazással kapcsolatban több olyan alapvető kérdés van, amelyek jelentősen befolyásolják bizonyos kísérleti eredmények értelmezését is: ilyen pl. az alagutazási idő, vagy a kezdő impulzus kérdése.

A dolgozatban röviden áttekintjük az intenzív lézerimpulzus és az atom kölcsönhatásakor lejátszódó legfontosabb folyamatokat [2], valamint a főbb módszereket és közelítéseket ezek elméleti leírására [3]. Ezután egy atomban kötött elektron optikai alagúteffektussal történő ionizációját tárgyaljuk kétféle megközelítéssel. Egyrészt a klasszikus fizika eszközeivel [4] egy a Newton-Lorentz egyenletekből analitikusan származtatható megoldást adunk az atomtörzstől elszakadt elektron alagúteffektus utáni dinamikájára, és közelítő összefüggést adunk arra, hogy az elektron aszimptotikus (kísérletileg mérhető) impulzusából hogyan lehet visszakövetkeztetni az alagúteffektus körülményeire. Másrészt ugyanezt az ionizációs folyamatot megvizsgáljuk a kvantummechanika szemszögéből, az időfüggő Schrödinger-egyenlet numerikus megoldásával egy térdimenzióban. Az iontörzs és a kiszabaduló elektron kölcsönhatását jól ismert atomi modell potenciállal közelítjük, a lézerimpulzussal történő kölcsönhatást pedig dipólus közelítésben és ún. hossz-mértéket választva vesszük figyelembe.

Az elektron klasszikus és kvantumos dinamikáját a fázistéren értelmezett Wigner-függvény, valamint a belőle intuitív módon származtatott releváns mennyiségek segítségével vetjük össze. Eredményeink azt mutatják, hogy az alagúteffektus után a klasszikus mozgásegyenletek alapján számított trajektória a fázistéren jól közelíti a kvantummechanikai dinamikát, ha megfelelő kezdeti paraméterekkel látjuk el. Az alkalmazott modell potenciál egy dimenzióban valóban jó analogonja lehet a valódi Coulomb-potenciálnak.

[1] L. V. Keldysh. 1965. *Ionization in the field of a strong electromagnetic wave*, Journal of Experimental and Theoretical Physics, **20**, 1307

[2] F. Krausz, M. Ivanov. 2009. *Attosecond physics,* **81,** 163

[3] Varró Sándor. 2010. *Bevezetés az intenzív fény és anyag kölcsönhatásának elméleti leírásába, Szegedi Tudományegyetem*, Elméleti Fizikai Tanszék

[4] Xu Wang, J. H. Eberly. 2012. *Classical theory of high-field atomic ionization using elliptical polarization,* Phys. Rev. A **86,** 013421