

Szemtől szemben a lézerekkel

ELŐSZÓ

Bor Zsolt
az MTA rendes tagja

A lézer különleges fényforrás, melynek nyalábja rendkívül rendezett, nagyon párhuzamos, kicsi a széttartása, és ezért lencsék segítségével nagyon kis területre fókuszálható. Van olyan lézer, amely nyalábjának olyan kicsi a széttartása, hogy a Földtől 380 ezer kilométerre lévő Holdra világítva, a lézerfény foltja mindössze ötven méter átmérőjű lesz. A lézer másik lényeges tulajdonsága, hogy hullámvonulata elképesztően tökéletes. Elő lehet állítani olyan hibátlan hullámvonulatot is, amely olyan hosszú, hogy tízszor hosszabb a Föld területénél, rajta a hullámok olyan sűrűk, hogy egy milliméteren belül ezer hullámvonulat van, és ezen a hosszú hullámvonulaton egyetlen hibás alakú hullámocskát se lehet találni. A lézerekkel mint tökéletes hullámokkal rendkívül pontos méréseket lehet végezni. Például a lézerrel vezérelt, úgynevezett atomórák olyan pontosan működnek, hogy ha az atomórát Krisztus születésekor indították volna, akkor az mára még tízezred másodpercet sem késne vagy sietne. John L. Hall és Theodor W. Hänsch e fantasztikus mérési pontosság eléréseért és azért, hogy a kvantummechanika helyességét ilyen pontossággal kísérletileg is igazolták, kapták a 2005. évi fizikai Nobel-díjat.

A lézer szó az angol LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* – fényerősítés kényszerített fénykibo-

csátás útján) betűszóból származik, és egy nagy eszközcsalád közös működési elvére, az Albert Einstein által 1917-ben megjósolt kényszerített emisszióra utal. A lézerek a fizikai méret, a sugárzás hullámhossza, a teljesítmény, az előállítási költség, felhasználhatóság stb. paraméterek tekintetében rendkívül különböznek. Például a félvezetőlézerek a mákszemnél is kisebbek lehetnek, míg a termonukleáris fúzió begyűjtására épített lézerrendszer egy több futballpálya alapterületű, tízezer hektáros területet tölt meg. A lézeres mutatópálcában vagy a DVD-lejátszóban lévő félvezetőlézer teljesítménye 1 milliwatt, azaz százszor kisebb, mint egy zseblámpaizzó teljesítménye. A termonukleáris fúzió begyűjtására épített lézer impulzusának csúcsteljesítménye viszont több ezer terawatt (TW). (1 TW = 1 millió megawatt. Összehasonlításképpen a paksi erőmű teljesítménye 0,002 TW, a világ teljes elektromos fogyasztása 2 TW.)

A lézerek a mikrohullámú, az infravörös, a látható, az ultrabiolya, a röntgen- és a gamma-tartományban, vagyis az elektromágneses hullámok teljes spektrumában képesek működni. A lézerek bonyolultságuk és előállítási költségeik tekintetében is nagyon különböznek. A CD-lemezjátszóban lévő félvezetőlézer mindössze pár forintba kerül. Az árszála költséges végén lévő Stratégiai

Védelmi Kezdeményezés, vagyis az űrbe és levegőbe telepített lézer alapú rakétaelhárító rendszer előállításának költsége még az Egyesült Államok költségvetését is alaposan megterhelte, a hasonló szovjet védelmi lézerrendszer kifejlesztésének költsége pedig egyenesen megroppantotta a kommunista világrendszer amúgy is atrofias gazdasági gerincét.

A lézereket a mindennapi életben is széles körben használjuk. A CD- és DVD-lejátszó, az áruházi vonalkód-leolvasó, a rendőrségi sebességmérő kamera, a lézernyomató, a postai és internetvonalak többsége lézereket alkalmaz. Lézertechnikával állítják elő mindennapi használati tárgyaink egy részét is: a borotvapengét, a füstszűrős cigarettát, a számítógép-processzort, a perforált nyomtatópapírt, a mobiltelefon alkatrészeit, továbbá lehet lézerrel birkát nyírni, arcbőrt fiatalítani, vérösszetételt analizálni, fekélyes sebeket gyógyítani, szőrteleníteni és tetoválást eltávolítani. De használják a lézereket a sebészek, a szemészek, az építészek, a régészek, a gépészek, a zenészek, fényképészek és a térképészek is.

Se szeri, se száma a lézerek tudományos felhasználásának, amelyet tematikus összeállítás cikkei is igazolnak. A lézernyalábbal mint különlegesen szabályos hullámvonulattal elképesztően pontosan mérhető a távolság, sebesség, rezgés, deformáció, hőmérséklet, felületi érdesség, keménység vagy akár a kémiai összetétel. A lézeres eljárások jelentősen gazdagítják a kísérletes természettudományok szinte minden ágának instrumentális eszköztárát. A lézerek forradalmi változásokat hoztak a biológia számára oly fontos mikroszkópia számára is.

A lézertechnikának a jövőben is fontos tudományos és technikai szerep jut majd. Az Einstein-féle gravitációs hullámok létét lézeres interferométerrel kívánják igazolni vagy cáfolni. Nagy erőket koncentrálnak kisméretű, olcsó lézeres részecskegyorsítók

fejlesztésére. Változatlanul folyik a szinte korlátlan és környezetvédelmi szempontból tiszta energiaforrás reményével kecsegtető lézeres fúziós reaktor fejlesztése. A fotolitográfia, vagyis az elektronikai komponensek előállításának technológiája szintén lézereket használ. Az anyagtudományok, a nanotechnológia, a környezetvédelem, a hírszerzés, a terrorizmus elleni harc eszköztárában a lézereknek mindig fontos szerepe lesz.

A modern haditechnikai eszközök hatékonyságát a lézertechnika ugrásszerűen növelte. Ennek elvileg akár örülhetnénk is, de ezt mégsem tehetjük önfelédten, mert a gondolkodó ember emlékszik a távol- és közelmúlt történelmi példáira, amelyek azt igazolják, hogy a technikai fölény nem mindig jár együtt a politikai jó szándékkal.

A magyar fizikusok jelentős sikereket értek el a lézerfizikai kutatásokban. Az első hazai lézert 1963-ban a KFKI-ban Bakos József, Csillag László, Kántor Zoltán és Varga Péter építették, ami szép teljesítmény volt az akkori titkolózós-embargós világban. (Az első lézerek egyikét e beosztású szerzője még középiskolás diákként látta, amikor a készüléket bemutatták a *Középiskolai Matematika Lapok* által szervezett fizikaszakción.) A hazai spektroszkópiái és optikai tudományos műhelyek érdeklődése természetesen azonnal a lézerek felé fordult. Kényes, mégis hálás feladat néhány személy és csoport máig ható tudományos teljesítményének kiemelése.

Farkas Győző és csoportja a nagyintenzitású lézerterekben lejátszódó fotoeffektust tanulmányozta, és eredeti eljárást javasolt az attoszekundumos lézerimpulzusok előállítására, egy évtizeddel megelőzve ezzel az akkor még kételkedő, de ma már az ötletet magukénak valló nemzetközi versenytársakat. Bakos József, Csillag László és Jánossy Mihály csoportja a gázlézerfejlesztésben, a spektroszkópiában, a nemlineáris optikában, a plazmafizikában és az utóbbi időben

a lézeres hűtés területén ért el kiemelkedő eredményeket. Bakos József jól képzett, tájékozott, igényes fizikus. Alapos, érdeklődő és kíváncsi természetéről személyesen is meggyőződhettem saját kandidátusi és nagydoktori értekezésem védelme során.

Szipócs Róbert és Krausz Ferenc unikális, úgynevezett diszperziót kompenzáló tükröt talált fel. Ezeket a tükröket a világban működő több ezer femtoszekundumos lézerrendszerben alkalmazzák, használata nem kerülhető meg. A diszperziót kompenzáló tükröknek meghatározó szerepük volt, van és lesz az ultragyors lézertechnikában. A két kitűnő kutató útjai később szétváltak. Szipócs Róbert sikeres magyarországi vállalkozó lett, lézerei számos hazai és külföldi laboratóriumban működnek. Így például Szegeden több; Pécsen és az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutató Intézetben, ahol segítségével egy nagyfelbontású, pásztázó többfotonos mikroszkóp továbbfejlesztését végzik. Krausz Ferenc a bécsi műegyetemen dolgozván a korábban kevésbé ismert fizika tanszékét híressé tette, majd a világ egyik legmagasabb presztízsű lézerfizikai intézetének, a garchingi Max-Planck-Institut für Quantenoptiknak lett az igazgatója. Az attoszekundumos lézerimpulzusok generálása és a rendkívül erős lézerterek fizikájának területén elért eredményei olyan kiemelke-

dők, amelyeket Nobel-díjjal szoktak jutalmazni. Ne feledjük, hogy Krausz Ferenc még csak 43 éves!

A hazai lézerfizika többközpontú. A KFKI és a Műegyetem mellett erős csoportok alakultak ki a Szegedi Tudományegyetemen és a Szegedi Biológiai Központban. Szegedről elszármazott fizikusok Hebling János vezetésével megalapozták a Pécsi Tudományegyetemen a kísérletes lézerfizikai kutatásokat, amelyhez a Janszky József köré csoportosuló kivételes képességű fiatal elméleti kvantumoptikusok csatlakoztak.

A hazai lézerfizikai kutatásokat az 1970-es és 80-as években az MTA „szilárdtestfizikai kutatások” kiemelt főirány támogatta. A támogatás megszerzésében meghatározó érdeme volt Kroó Norbertnek. Többen nosztalgiával emlékeznek azokra az időkre, amikor az alapkutatások támogatását a kiszámíthatóság és nem a csapongó kalmárszemlélet jellemezte.

1990 óta a kutatástámogatás súlypontja az ország gazdaság igényeivel összhangban fokozatosan az alapkutatásokról az alkalmazott kutatásokra helyeződik át. Ki kényszerből, ki meggyőződésből, de mindenesetre egyre többen foglalkoznak alkalmazott kutatással és műszaki fejlesztéssel. Ezt a súlypontát helyeződést jól tükrözi ez a cikkgyűjtemény is. Fogadják szeretettel!

