

Kvantumoptika és frekvenciafésű

A 2005. évi fizikai Nobel-díjak



Az interneten futótűz gyorsaságával terjedt el a hír, hogy a 2005-ös fizikai Nobel-díjat a Svéd Királyi Tudományos Akadémia a fény természetének kutatásában elért alapvető eredményekért ítélte oda.

Mióta ember él a Földön, a legtöbb ismeretet a fény közvetíti számára. A fény segítségével nem csupán közvetlen környezetünk tárgyai között tájékozódhatunk, hanem vizsgálataival Világegyetemünk legtávolabbi galaxisainak tulajdonságairól is ismereteket szerezhethetünk.

De mi is a fény? Miben különbözik a gyertya fénye a CD-lejátszóban lévő lézerek által keltett fénysugaraktól? Lehetséges-e a fényen alapuló, új optikai órákat készíteni, lehet-e a mai atomóráknál jóval pontosabban mérni az időt?

A fény tulajdonságait a fizikán belül az optika tudománya kutatja, és e terület három tudósa nyerte el a 2005-ös fizikai Nobel-díjat, a fenti alapvető kérdésekre adott válaszaival.

Roy Glauber professzor nyerte el a díj egyik felét a fényrészecskék kvantumoptikai tulajdonságainak elméleti értelmezéséért. A díj másik felét *John Hall* és *Theodor Hänsch* professzorok kapták. Ők rendkívül pontos, új módszereket fejlesztettek ki az atomok és molekulák színének, fényének meghatározásához.

A rádióhullámokhoz hasonlóan a fény is az elektromágneses sugárzás egyik formája. Ennek klasszikus, hullámképen alapuló elméletét a skót fizikus, *James C. Maxwell* dolgozta ki az 1850-es években. A Maxwell-egyenletek alapján működnek a mai telekommunikáció adó-vevő berendezései, a

mobiltelefonok, a televízió és a rádió. Ha egy vevőeszköz vagy mérőberendezés fényjelet észlel, akkor elnyeli a sugárzás energiáját, és az így keletkezett jelet továbbítja. A fényjel energiája azonban nem nyelhető el tetszőlegesen kicsiny mennyiségekben, hanem csupán bizonyos adagokban, vagy csoma-

Az időmérés fejlődése. Minél gyakrabban bekövetkező, periodikusan ismétlődő eseményeket választunk az időmérés alapjául, annál pontosabb óránk lesz. A nyílakon szereplő számok az eszközök közti hozzávetőleges frekvenciaarányt jelzik.



A távoli csillagokból érkező fényrészecsképeárokat miért észlelünk a véletlenül sokkalgyakrabban egyszerre két teleszkópban?



gokban, melyeket kvantumoknak nevezünk. 100 évvel ezelőtt *Albert Einstein* megmutatta, hogy a fény egy adagjának, kvantumának az elnyelődése egy fotoelektron keletkezésével jár együtt. Ez a fényelektromos hatás, melynek felfedezése hozzájárult Einstein 1921-ben elnyert fizikai Nobel-díjához. A fényelektromos hatás lényege, hogy a fény által hordozott energiaadag teljes egészében egyetlen elektronnak adódik át, és az ilyen módon keletkezett fotoelektronok számának, azaz a keltett fotoáramnak a vizsgálatával megszámlálhatjuk a sugárzás részecskéit, azaz a fény kvantumait, a fotonokat.

Ily módon a fény kettős természetű: bizonyos körülmények között hullámként, más körülmények között pedig részecskéként viselkedik. A kvantumoptika tárgya ennek a kettős természetnek a vizsgálata. E terület elméleti alapjait Roy Glauber rakta le. Elmélete segítségével megtudta magyarázni, mi a különbség a forró, termikus forrásból származó, különböző hullámhosszú és fázisú fényhullámok keverékéből összetevődő fénysugarak (például a gyertya vagy a csillagfény) és a lézerek koherens, rendezett fénye között. Ilyen módon pontos értelmezést tudott adni arra a *Robert Hanbury Brown* és *Richard Q. Twiss* által megfigyelt jelenségre, hogy a távoli csillagokból két különböző optikai teleszkópban detektált fényrészecskéék, fotonpárok miért érkeznek a véletlennél nagyobb valószínűséggel egyszerre a mérőberendezésbe. Elmélete segítségével rámutatott arra is, hogy hasonló korrelált fotonpárok a lézerek fényében nincsenek jelen, és éppen az ilyen korrelációk hiányának segítségével pontos kvantumoptikai értelmezést tudott adni az optikai koherencia fogalmára.

John Hall és Theodor Hänsch fontos fejlesztéseket, precíziós mérési eljárásokat dolgoztak ki, melyek lehetővé tették a fénysugárzás rezgésszámának, frekvenciájának meg-

határozását 15 számjegyes pontossággal. Ily módon lehetővé vált a rendkívül pontosan egyszínű lézerek készítése, és a frekvenciafűtechnika segítségével mérhető meg a tetszőleges színű fény frekvenciája. Ennek a módszernek a segítségével az atomóráknál is pontosabb optikai időmérő eszközök készíthetők. A megnövelt pontosság segítségével pedig lehetővé válik majd a földrajzi helymeghatározás, a GPS-technológia továbbfejlesztése, a gravitációs hullámok detektálása és az általános relativitáselméletet ellenőrző további precíziós kísérletek elvégzése. A telekommunikációs fejlesztések új korszaka nyílhat meg, lehetővé téve a hosszú úrutazások alatti pontosabb navigációt. Az új, optikai standard óra segítséget nyújt majd az új teleszkóprendszerek koordinálásában, az antianyag, az antihidrogén tulajdonságainak, színképének a vizsgálatában, és lehetővé teszi az alapvető természeti állandók időbeli változásának (vagy változatlanságának) kísérleti vizsgálatát.

A díjazottak életrajzi adatai és honlapjai



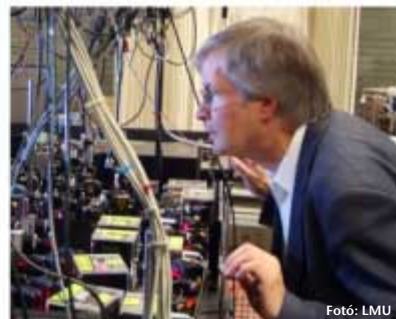
Fotó: Jane Reed

Roy J. Glauber: 1925-ben született az Amerikai Egyesült Államokban, New York állam New York városában, amerikai állampolgár. PhD-fokozatát 1949-ben a Harvard Egyetemen (Cambridge, MA, USA) nyerte el. Jelenleg a Harvardon a fizika Mallinckrodt-professzora. <http://www.physics.harvard.edu/people/facpages/glauber.html>



Fotó: Larry Harwood

John L. Hall: 1934-ben született az Amerikai Egyesült Államokban, Colorado állam Denver városában, amerikai állampolgár. PhD-fokozatát a pittsburghi Carnegie Institute of Technologyn (Carnegie Műszaki Intézetben) nyerte el 1961-ben. A Nemzeti Szabványügyi és Technológiai Hivatal (National Institute of Standards and Technology) tudományos főmunkatársa és a Colorado Egyetem JILA Laboratóriumának munkatársa, Boulderben, Colorado államban. <http://jila-www.colorado.edu/www/faculty/#hall>



Fotó: LMU

Theodor W. Hänsch: 1941-ben született a németországi Heidelbergben, német állampolgár. PhD-fokozatát a Heidelbergi Egyetemen szerezte 1969-ben. A garchingi Max Planck Kvantumoptikai Intézet igazgatója, és a müncheni Ludwig Maximilian Egyetem fizikaprofesszora. <http://www.mgq.mpg.de/~haensch/hm/haensch.htm>

Csörgő Tamás
MTA KFKI RMKI

Irodalom

http://www.kva.se/KVA_Root/swe/_news/detail.asp?NewsId=693&br=ns&ver=6up
<http://www.nobelprize.org/physics/laureates/2005/phyadv05.pdf>