

2010

Jordi Mur

Amb aquest article volem fer un petit resum de les novetats que ens ha portat la recerca en física durant el 2010. Seria il·lusori pretendre que un resum d'un parell de pàgines fos exhaustiu, així que el nostre objectiu serà més modest i ens limitarem a donar quatre pinzellades sobre allò que els investigadors hem après durant els darrers dotze mesos.

La notícia «estrella» del 2010 bé podria ser la detecció d'una asimetria en el valor de la constant d'estructura fina, α , en direccions oposades de l'Univers. Aquesta constant ens indica la intensitat de la interacció electromagnètica, que és la responsable, per exemple, de mantenir units els electrons en els àtoms, i uns àtoms amb altres per formar molècules. És de gran rellevància determinar possibles canvis en el valor de α al llarg de l'evolució de l'Univers, perquè això tindria importants conseqüències en la cosmologia, en la nostra comprensió sobre l'origen de l'Univers, i també en les simetries de les lleis de la física. Així, mitjançant l'estudi de la llum que ens arriba des de quàsars llunyans situats en el cel de l'hemisferi nord, fa uns anys s'havia detectat que el valor de α a una distància d'uns milers de milions d'anys difereix en una part sobre 10000 del valor que es pot mesurar avui a la Terra. Enguany, un grup de la Universitat de Nova Gal·les del Sud (Austràlia) liderat per John Webb i Victor Flambaum ha informat [1] que dades de quàsars del cel de l'hemisferi sud apunten en aquest cas a una variació de α de magnitud similar a l'anterior però amb el signe oposat: fa milers de milions d'anys, α era més gran en aquelles regions de l'espai del que és avui en dia a la Terra. Aquests dos resultats junts implicarien que, fa milers de milions d'anys, α no era una constant, sinó que tenia valors diferents en diferents regions de l'espai. La confirmació d'aquest resultat posaria en dubte el principi d'equivalència de la relativitat general. Així, doncs, seguirem amb gran interès l'anàlisi de les noves dades que es podran recollir els propers anys per confirmar o refutar aquest resultat.

Un altre dels grans misteris sobre l'Univers que la física intenta entendre és per què al nostre entorn observem tanta matèria i pràcticament gens d'antimatèria. En el marc del model estàndard de la física de partícules, per explicar-

ho es necessita argumentar que certs processos trenquen l'anomenada *simetria CP* (càrrega-paritat), però fins avui les observacions experimentals no han estat capaces de trobar cap procés que sigui prou «asimètric» per explicar el que veiem en el dia a dia. Això ha dut a la cerca de «nova física» més enllà del model estàndard, és a dir resultats experimentals que no es podien explicar amb aquest model. Un dels experiments que podem incloure en aquest context és el que duu a terme un gran grup internacional conegut com a «col·laboració D0» de l'accelerador Tevatron de Fermilab (Chicago). En aquest experiment es fan xocar protons amb antiprotons de gran energia i es produeixen mesons B i antipartícules d'aquests mesons. Després d'una anàlisi detallada de les darreres dades experimentals, així com de les possibles fonts d'errors i incerteses, els investigadors d'aquest experiment han arribat a la conclusió que l'asimetria que observen és molt superior a la que preveu el model estàndard [2]. En tot cas, caldrà esperar a tenir més dades experimentals per corroborar o rebutjar aquests resultats. En aquest sentit, s'espera que siguin particularment rellevants els experiments que s'han de dur a terme al detector LHCb del CERN a Ginebra (Suïssa).

Un experiment força diferent és el que ha dut a terme el grup de Mark Raizen a la Universitat de Texas a Austin [3]. Es tracta d'un experiment que en repeteix d'altres fets a principis del segle xx per Jean Perrin i que van ser clau en l'establiment de la teoria atòmica dels gasos. Raizen i els seus col·legues han seguit el moviment d'unes petites esferes de silici suspeses en l'aire, moviment degut a les col·lisions d'aquestes esferes amb les molècules del gas. Es tracta d'un cas de moviment brownià, observat per primera vegada pel botànic Robert Brown el 1827 i explicat amb un model microscòpic per Albert Einstein en un article de 1905. Segons aquest model, el moviment de les partícules en suspensió es compon d'un seguit de moviments balístics (és a dir, moviments lliures, només sotmesos a la gravetat terrestre), interromputs de tant en tant per col·lisions amb les partícules del medi, que fan que les partícules suspeses canviïn la direcció i la velocitat del moviment de manera sobtada. La comprovació expe-

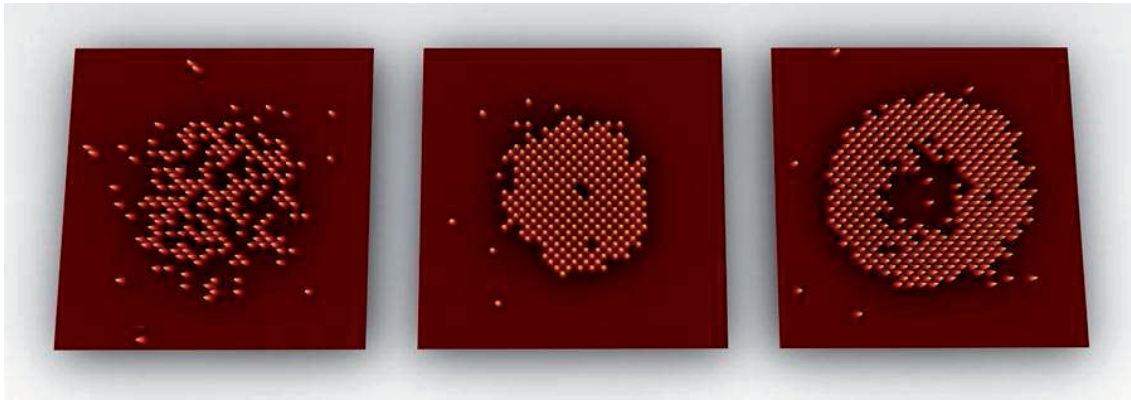


Figura 1: Observació d'una transició quàntica de fase en àtoms en una xarxa òptica. En un condensat de Bose-Einstein (esquerra), la densitat d'àtoms presenta grans fluctuacions entre un lloc de la xarxa i un altre. En un aïllant de Mott (centre), el nombre d'àtoms és gairebé constant (zero o u) sobre la xarxa. Per a una quantitat més gran d'àtoms, apareix una estructura de capes característica (dreta). [imatge cedida per Stefan Kuhr (Institut Max Planck d'Òptica Quàntica, Garching, Alemanya)]

rimental d'alguns punts d'aquesta teoria va dur Perrin a rebre el Premi Nobel de 1926. Però el que no s'ha pogut veure fins ara és el caràcter balístic del moviment entre dos xocs, ja que per a suspensions en medis líquids, el temps entre dos xocs sol ser molt curt (de l'ordre d'unes quantes dècimes de microsegon). L'enginy del grup de Raizen ha consistit a emprar l'aire com a medi: com que l'aire és molt menys viscos que un líquid, el temps entre col·lisions s'allarga fins a les dècimes de mil·lsegon, cosa que n'ha permès, per fi, l'observació directa.

Seguint amb l'observació del comportament de partícules aïllades, que fins fa poc es considerava impossible, cal mencionar l'observació del moviment d'àtoms *individuals* en una xarxa òptica duta a terme independentment per dos grups: el de Markus Greiner a Harvard [4] i el d'Immanuel Bloch i Stefan Kuhr a Garching (Alemanya) [5]. Mitjançant l'ús de lents molt potents, ambdós laboratoris han estat capaços de determinar si un punt determinat de l'espai amb una extensió d'alguns centenars de nanòmetres està ocupat o no per un àtom de rubidi, i ho han pogut fer de manera dinàmica. Això vol dir que es pot seguir en temps real la redistribució d'àtoms que té lloc durant una transició quàntica de fase i aquest fet obre grans perspectives per a l'estudi de la dinàmica de transicions de fase i d'altres processos fora de l'equilibri. Per exemple, la continuació d'aquest treball pel grup de Greiner ha dut a simular un sistema antiferromagnètic [6] mentre que el grup de Kuhr ha passat de produir imatges del núvol atòmic a controlar-ne la distribució [7], de manera similar al que des de fa uns anys es pot fer amb microscopis de forces atòmiques.

En el camp de la física aplicada, cal destacar un avenç fet a l'Institut de Ciències Fotòniques (ICFO) de Castelldefels. El grup dels professors Niek van Hulst i Romain Quidant ha desenvolupat una versió nanoscòpica de la fa-

mosa «Yagi-Uda antenna» (l'antena que tradicionalment trobem als terrats de les cases per rebre el senyal de la televisió). La principal característica d'aquesta antena és la direccionalitat i el que ha fet el grup de l'ICFO ha estat construir-ne una de prou petita que permeti definir força bé la direcció d'emissió de radiació d'un punt quàntic [8]. Els investigadors creuen que el mateix dispositiu ha de possibilitar també la focalització d'un senyal cap a un altre punt quàntic «receptor» i fer d'aquestes nanoantenes possibles elements clau per construir nous sistemes de comunicació basats en la tecnologia quàntica de la llum.

No podem acabar aquest breu repàs sense fer menció del Premi Nobel de Física, que aquest any s'ha atorgat als investigadors russos de la Universitat de Manchester Andre Geim i Konstantin Novoselov pels seus experiments relacionats amb la producció del grafè, un material format per àtoms de carboni disposats en una xarxa hexagonal i amb un gruix monoatòmic. Aquests investigadors van descobrir el 2004 una tècnica que permet la producció d'aquest material de manera relativament simple, cosa que ha dut a una explosió en la recerca sobre aquest material, que es considera molt prometedora des d'un punt de vista tecnològic per les particulars propietats elèctriques i tèrmiques. Val a dir que Andre Geim va rebre l'any 2000 (juntament amb Sir Michael Berry) el Premi IgNobel de Física «per emprar imants per fer levitar una granota». Es tracta del primer cop que una mateixa persona rep els premis Nobel i IgNobel.

Bibliografia

[1] J. K. Webb, J. A. King, M. T. Murphy, V. V. Flambaum, R. F. Carswell, M. B. Bainbridge, Evidence for spatial variation of the fine structure constant. Preprint arXiv:1008.3907 (enviat per a publicació a Physical Review Letters).

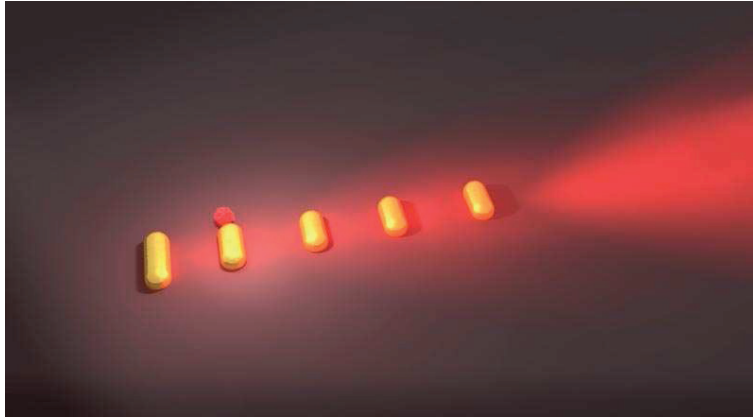


Figura 2: Punt quàntic (esfera vermella) acoblat a una nanoantena formada per unes barres d'or, que en direccionen la radiació (en color vermell). [Imatge cedida per Niek van Hulst, ©ICFO]

[2] V. M. Abazov, et al. (la Col·laboració D0), Evidence for an anomalous like-sign dimuon charge asymmetry. Preprints arXiv:1005.2757 (enviat per a publicació a Physical Review D) i arXiv:1007.0395 (enviat per a publicació a Physical Review Letters).

[3] T. Li, S. Kheifets, D. Medellin, i M. G. Raizen, Measurement of the Instantaneous Velocity of a Brownian Particle, *Science*, 328, 1673-1675 (2010).

[4] W. S. Bakr, et al., A quantum gas microscope for detecting single atoms in a Hubbard-regime optical lattice, *Nature*, 462, 74-77 (2009); Probing the Superfluid to Mott Insulator Transition at the Single Atom Level, *Science*, 329, 547-550 (2010).

[5] J. F. Sherson, et al., Single-Atom Resolved Fluorescence Imaging of an Atomic Mott Insulator, *Nature*, 467, 68 (2010).

[6] J. Simon, et al., Quantum Simulation of an Antiferromagnetic Spin Chain in an Optical Lattice, *Nature* (abril 2011) doi:10.1038/nature09994.

[7] C. Weitenberg, et al., Single-Spin Addressing in an Atomic Mott Insulator, *Nature*, 471, 319 (2011).

[8] A. G. Curto et al., Unidirectional emission of a quantum dot coupled to a nanoantenna, *Science*, 329, 930-933 (2010).