

El cinquè estat de la matèria

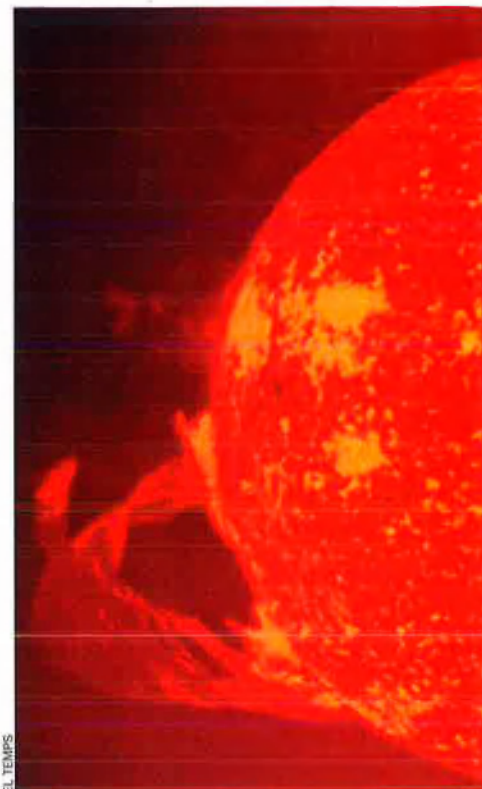
El condensat Bose-Einstein –teoritzat per Albert Einstein i el científic indi Satyendra Nath Bose–, el cinquè estat de la matèria, no va ser experimentat fins al cap de setanta anys. Aquesta tecnologia obre un ventall de possibilitats en camps com la medicina i la nanotecnologia.

El segle XX va arribar amb un bullici de nous descobriments, conceptes i teories que acabarien revolucionant tota la ciència coneguda fins aleshores. Pel que fa a la física, aquesta activitat va culminar en les teories de la relativitat general i la mecànica quàntica, que van canviar per sempre més les concepcions clàssiques d'espai, temps, matèria i energia. Un dels pares de la teoria quàntica, el físic alemany Max Planck, va proposar el 1900 que l'energia no es transmetia de manera contínua, sinó que ho feia en una mena de paquets que va anomenar quanta. En el cas de la radiació electromagnètica, com la llum, les microones, les ones de ràdio o els raigs X, els paquets es coneixen amb el nom de fotons. Aquesta proposta, aparentment extravagant, no va ser acceptada fins a anys més tard per la comunitat científica, quan Albert Einstein la va utilitzar com a peça fonamental per comprendre fenòmens que no s'havien pogut explicar mai. Des de llavors, aquesta nova interpretació ha donat lloc a troballes sorprenents, entre les quals destaca la predicció d'Einstein i del físic indi Satyendra Nath Bose sobre un nou estat de la matèria, predicció que ha hagut d'esperar més de setanta anys fins que ha pogut ser comprovada experimentalment.

Els cinc estats de la matèria. A l'inici dels anys vint, Bose va trametre els resultats dels seus estudis sobre el comportament dels fotons a Einstein.

Després d'estudiar-los detingudament, Einstein no tan sols va recomanar-ne la publicació, sinó que va estendre els resultats de Bose al comportament d'àtoms de matèria. D'aquesta manera es va arribar a la conclusió que si es refreden àtoms fins a temperatures extremadament baixes –més de 273 graus sota zero–, s'observen comportaments i propietats essencialment diferents dels corresponents als altres estats de la matèria: gas, líquid, sòlid i plasma. Els tres primers estats són prou coneguts. El plasma és format per un gas els àtoms del qual han estat ionitzats, és a dir, els electrons han deixat d'estar lligats al nucli atòmic i han esdevingut partícules lliures. Es tracta d'un estat força comú a l'univers: els estels, entre els quals es troba el nostre sol, per exemple, són formats per matèria en estat de plasma. El nou estat de la matèria, diferent dels quatre primers, va ser anomenat condensat de Bose-Einstein.

El condensat de Bose-Einstein. La teoria quàntica descriu els sistemes físics mitjançant uns paràmetres anomenats nombres quàntics. Cada paràmetre fa referència a una magnitud física, de manera que dona informació sobre el valor de la magnitud. Així, l'estat d'un sistema es descriu i queda caracteritzat amb els valors d'aquests nombres. Una de les magnituds més importants a l'hora d'estudiar qualsevol sistema és l'energia, amb la qual cosa el nombre quàntic corresponent a



EL TEMPS

La superfície solar, on la matèria pren la forma del plasma. Aquest, la quarta forma de la matèria, després del gas, el líquid i el sòlid, és format per un gas els àtoms del qual, els electrons, han deixat d'estar lligats al nucli atòmic i han esdevingut partícules lliures.

aquesta magnitud és un dels més interessants. Per tant, si ens centrem en l'energia, cada estat possible en què es pot trobar un sistema té un cert valor d'energia associat, i també un nombre quàntic. A temperatura ambient, el més normal és trobar els àtoms d'un material en estats energètics diferents. A mesura que disminueix la temperatura, però, cada vegada són menys els estats possibles, de manera que pot arribar un moment en què tots els àtoms es trobin en el mateix estat energètic, és a dir, un estat en què tots els àtoms tinguin la mateixa energia. En aquest estat, els àtoms són indistingibles i es comporten de manera coherent com una unitat. Això és el que s'anomena condensat de Bose-Einstein.

Premi Nobel de física, any 2001. L'any 1995 els físics Carl Wieman, Wolfgang Ketterle i Eric Cornell, present el setembre passat en un seminari de la Universitat de Barcelona, van aconseguir per primera vegada observar el comportament del condensat de

La universitat, a casa

A la UOC integrem la formació a la teva vida

Diplomatures

- Ciències Empresarials
- Turisme

Llicenciatures

- Administració i Direcció d'Empreses (2n. cicle)
- Estudis de Ciències Polítiques i de l'Administració (2n. cicle/Master)
- Ciències del Treball (2n. cicle)
- Comunicació Audiovisual (2n. cicle)
- Documentació -Gestió de la Informació- (2n. cicle)
- Dret
- Estudis de l'Àsia Oriental (2n. cicle/Master)
- Filologia Catalana (també accés directe al 2n. cicle)
- Humanitats (també accés directe al 2n. cicle)
- Investigació i Tècniques de Mercat -*Màrqueting*- (2n. cicle)
- Psicologia
- Psicopedagogia (2n. cicle)
- Publicitat i Relacions Públiques (2n. cicle)

Enginyeries

- Enginyeria en Informàtica (2n. cicle)
- Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió
- Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes
- Enginyeria Tècnica de Telecomunicació (especialitat en Telemàtica)
- Graduat en Multimèdia (títol propi)

Sol·licitud d'accés: del 8 d'octubre fins al 26 de novembre

Inici període lectiu: febrer de 2006

Atràs estudis

- @teneu universitari
(assignatures de la UOC sense requisits d'accés)
- Curs d'accés a la UOC per a >25 anys
- Formació de postgrau


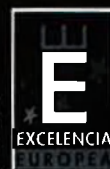
Informa-te'n als centres de suport de la UOC

a Barcelona, Lleida, Manresa, Reus, Sabadell, Salt, Sant Feliu de Llobregat, Terrassa, Tortosa, Vic, Vilafranca del Penedès, Ciutadella, Eivissa, Manacor, València, Madrid, l'Alguer i Brussel·les, al tel. 902 141 141 i al nostre web www.uoc.edu

 UOC

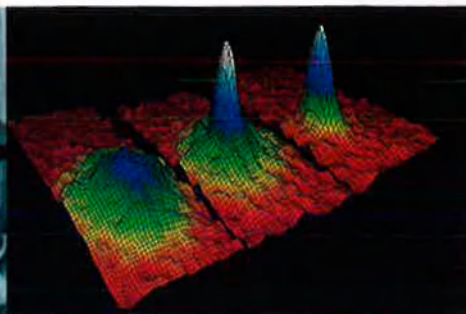
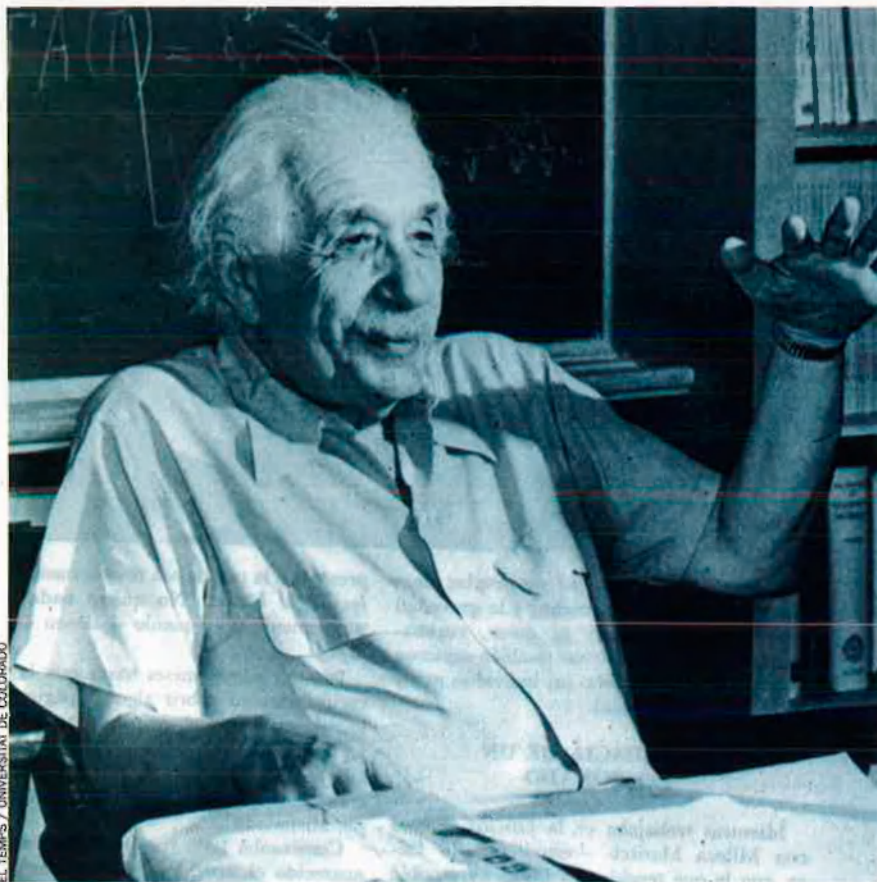
www.uoc.edu

Segell d'excel·lència
en reconeixement
a la qualitat
de la UOC



Bose-Einstein en àtoms de sodi i rubidi, després d'haver-los refredat fins a temperatures inferiors a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, a tan sols algunes milionèsimes de grau per sobre el zero absolut de temperatura. Per fer-ho, van haver de desenvolupar mètodes específics de refredament, basats en làsers i en tècniques d'evaporació magnètica. Aquest treball els va valer el 2001 el premi Nobel de física i va engegar una intensa recerca en la física dels àtoms freds. Sobre les propietats dels àtoms que emergeixen a tan baixes temperatures, Ketterle explica: "Hi ha dues propietats noves. Una és que els àtoms estan congelats, tan quiets com els permeten les lleis de la mecànica quàntica. Això fa que la interacció entre ells sigui molt dèbil i es pugui observar com els afecta la gravetat: cauen com si fossin una roca, cosa que no s'acostuma a veure a escales atòmiques. Però continuen sent un gas, i això és el més fascinant. Es comporten com sòlids, però no ho són. La segona propietat és que els àtoms són coherents, formen una única ona, com la llum en els làsers."

L'alentiment de la llum i altres aplicacions. Una de les característiques més interessants del condensat de



Albert Einstein (a la foto de l'esquerra) i el físic Indi Satyendra Nath Bose van predir un nou estat de la matèria. A banda del sòlid, el líquid, el gas i el plasma, el condensat Bose-Einstein –el nom d'aquest cinquè estat de la matèria– no va poder ser experimentat fins a setanta anys més tard.

Bose-Einstein és que permet observar a escales macroscòpiques efectes quàntics tan sols visibles al món atòmic. Una conseqüència sorprenent d'un d'aquests efectes és l'alentiment de la velocitat de la llum fins a 20 milions de vegades. La velocitat de la llum en el buit és d'aproximadament 300.000 quilòmetres per segon. Cientí-

tics de les universitats de Cambridge, Harvard i Stanford han aconseguit fer circular llum a través d'un condensat de Bose-Einstein i n'han mesurat la velocitat: tan sols 17 metres per segon. Aquesta llum, retardada gràcies a la temperatura extremament baixa, inicia una nova òptica en què petits nombres de fotons podrien aconseguir els matei-

xos efectes que feixos de llum tradicional de gran intensitat, donant lloc a una nova manera de transmetre informació que podria canviar els sistemes de telecomunicacions que coneixem actualment.

A més, el control sobre la matèria que implica el domini dels condensats de Bose-Einstein pot permetre realitzar mesures de magnituds com el camp gravitatori i el temps, amb precisions que bo s'han assolit mai fins a avui, fet que podria ajudar a construir rellotges atòmics d'altíssima precisió. El domini d'aquesta tecnologia també pot donar lloc a làsers d'àtoms, essencialment diferents dels de llum, que permetrien manipular la matèria a escales gairebé atòmiques, amb totes les conseqüències que això pot tenir en camps com la medicina i la nanotecnologia.

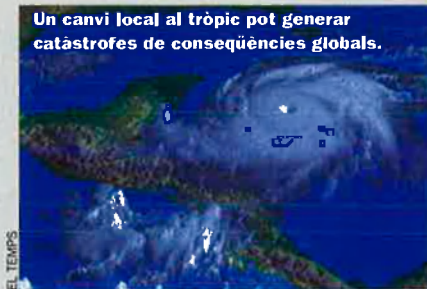
Toni Pou

Breus

Els tròpics tenen un paper més actiu del que es pensava

Investigadors de la Universitat Autònoma de Barcelona i de la Universitat de Durham (Regne Unit) han descobert que, fa un milió d'anys, uns canvis en la circulació tropical del Pacífic, similars als que es produeixen actualment entre episodis del fenomen d'"El Niño", van provocar canvis climàtics globals. En aquella època, els canvis en els corrents atmosfèrics van fer variar els fluxos d'humitat i de calor, i van provocar un gran creixement dels gels a les zones polars, així com una reorganització global del clima. La descoberta, pu-

Un canvi local al tròpic pot generar catàstrofes de conseqüències globals.



blicada a *Geology*, demostra que els canvis locals en el clima dels tròpics poden generar canvis climàtics a escala més global, i subratlla la hipòtesi que els tròpics tenen un paper més actiu en el control del clima del que es pensava.

Congrés de democràcia i participació electrònica

Els dies 13 i 14 d'octubre se celebrà a la Universitat de València el II Congrés de la Xarxa d'Especialistes en Dret i Tecnologies de la Informació i Comunicació (TIC), que enguany estava dedicat monogràficament a analitzar les llibertats, la democràcia i el govern electrònic.

Entre altres qüestions a debat, els participants analitzaren la polèmica generada al voltant del vot electrònic, la superetat en la xarxa i les diverses propostes de participació democràtica mitjançant Internet.