

FISICA

2005

Aquest any 2005 ha contemplat una activitat important en el domini de l'astrofísica de partícules (sovint coneguda amb el neologisme 'astropartícules'). En aquest camp la física de raigs còsmics ha esdevingut un dels temes més interessants. L'observatori AUGER va ser inaugurat de manera oficial el novembre de 2005. Aquest experiment d'unes dimensions colossals consisteix en 1600 tancs d'aigua amb fotomultiplicadors, combinat amb 24 càmeres de fluorescència per a detectar les cascades de milions de partícules que la incidència d'un raig còsmic provoca en l'atmosfera. Cobreix una zona de 3200 Km² a una zona poc habitada d'Argentina anomenada Pampa Amarilla. Curiosament l'origen i composició d'aquests raigs còsmics (descoberts per Victor Hess el 1912) és encara un misteri; especialment pel que fa als més energètics.

Alguns observatoris de raigs còsmics, però no tots, han observat aparentment raigs amb una energia tan gran com 10²⁰ GeV. Per a fer-nos una idea, aquesta es l'energia que té una pilota de tennis quan un jugador del gran slam la colpeja. Pot no semblar molt, però una pilota de tennis té un diàmetre d'uns 10 cm i un protó (es creu que molts raigs còsmics són protons) té una mida inferior a 10⁻¹³ cm. Per tant la densitat o concentració d'energia es 10⁴² vegades més gran en un raig còsmic. Per si això no fos suficientment sorprenent, un resultat teòric degut a Greisen, Zatsepin i Kumin prediu que no poden existir raigs còsmics tan energètics, a no ser que provenguin de fonts molt properes. De ben segur que l'observatori AUGER proporcionarà informació molt important en els propers mesos. De fet, els resultats inicials semblen confirmar l'existència de raigs còsmics altament energètics. Un experiment complementari, anomenat AMS, preveu estudiar mitjançant un detector a l'estació espacial internacional la composició d'aquests raigs còsmics. Aquest experiment s'ha vist considerablement endarrerit per les dificultats de la NASA amb el transbordador espacial.

Els raigs gamma de molt alta energia es un altre dels punts d'interès comú de la física de partícules i l'astrofísica. Dos telescopis de llum Cerenkov (MAGIC, a La Palma i HESS a Namíbia) examinen l'origen d'aquest altre tipus de radiació còsmica. Com els fotons no tenen carrega, no són desviats pel camp magnètic terrestre i, per tant, apunten a fonts astrofísiques concretes. HESS aquest any ha proporcionat resultats molt interessants, especialment sobre fonts de raigs gamma d'origen galàctic de molt alta energia (10¹¹ eV o més), moltes d'elles sense contrapart òptica o ràdio coneguda, possiblement relacionat amb fonts de raigs còsmics carregats també. Poc a poc els físics van entenent els mecanismes de producció d'aquest tipus de radiació, associada en principi a supernoves, púlsars, quàsars, micro-quasars, zones de formació d'estrelles i alguns altres dels fenòmens més espectaculars de l'univers. Sovint es distingeix entre emissions 'curtes' i 'llargues' de raigs gamma molt energètics. Si les llargues semblen ser deguts a supernoves, l'origen de les emissions curtes (menys de dos segons) sembla més incert. Al mes d'octubre s'ha publicat un treball on combinant observacions de raigs gamma i raigs



Un dels 1600 detectors de l'experiment AUGER distribuïts sobre la desolada Pampa Amarilla. Els detectors estan separats 1,5 km. Al fons s'observa els Andes.
(Foto: D. Espriu)

X amb observacions òptiques els científics han determinat que aquests són possiblement deguts a col·lisions d'estrelles de neutrons.

Els geoneutrinos són neutrinos (partícules neutres, sense càrrega elèctrica, que interaccionen molt feblement) provinents de les reaccions nuclears que es produeixen al centre de la Terra. Sorprenentment, la composició del nucli terrestre és prou desconeguda i la mesura de l'espectre d'energies d'aquests geoneutrinos aporten informació sobre una zona del nostre planeta que és evidentment inaccessible per altres mitjans. En un article a *Nature* l'experiment KamLAND, al Japó, va mesurar antineutrinos originats en la desintegració beta del Urani-238 i Tori-232, de l'interior de la Terra, per primer cop. Naturalment les perspectives en prospecció geològica i geofísica que s'obren són immenses i ja s'han avençat agosarades propostes.

Sense deixar els neutrinos, de la mateixa manera que recentment la missió espacial WMAP ha mesurat petites variacions en la temperatura de la radiació de fons, aquestes variacions han d'existir també en l'espectre dels neutrinos, amb una abundància similar a la dels fotons de la radiació de microones de 2,7K i una temperatura lleugerament inferior d'uns 2K. En un article aparegut a *Physical Review Letters*, dos astrofísics, després d'analitzar les dades de WMAP, han conclòs que conté evidència de la presència d'un terme de viscositat que s'interpretaria en termes de petites variacions en la temperatura dels neutrinos. Finalment esmentar que John Bahcall, el gran expert mundial en física de neutrinos i física del Sol, va morir el mes d'agost de 2005 havent vist confirmat el seu model solar ben establert ara per les mesures dels neutrinos provinents del nostre astre

que proporcionen informació directe del seu interior, i no només de la fotosfera com ho fa la simple observació òptica del Sol. Hans Bethe, descobridor dels mecanismes de nucleosíntesi de nuclis pesats dins de les estrelles, va morir el mes de març de 2005.

La fotònica ha conegut important avenços el 2005, particularment en el tema interessantíssim dels cristalls fotònics. Aquests consisteixen en materials, nanoestructures, on variacions en la constant dielèctrica produeixen un 'gap' fotònic. Els fotons amb energia dins d'aquest 'gap' (similar al mateix fenomen en semiconductors) no poden propagar-se dins del cristall. Es produeix una estructura de bandes. Científics d'Holanda, Bèlgica i Escòcia treballant conjuntament van desenvolupar un microscopi que permet mesurar amb precisió l'amplitud i la fase d'un pols de llum al travessar un cristall fotònic i permet mesurar l'estructura de bandes. Dos investigadors nord-americans de la universitat de Stanford van aconseguir també reduir la velocitat de grup d'un pols de llum en un factor 100 utilitzant un cristall fotònic. Aquestes tècniques poden ser de gran utilitat per a dissenyar nous tipus de làsers.

El mes d'agost investigadors dels Estats Units i d'Holanda van construir el primer quasicristall fotònic en tres dimensions (els quasicristalls són estructures regulars, però no periòdiques, la qual cosa té conseqüències sobre l'estructura de bandes), mentre que un equip nord-americà va utilitzar un cristall fotònic per a accelerar electrons. És evident que aquest camp proporcionarà notables sorpreses encara en el futur.

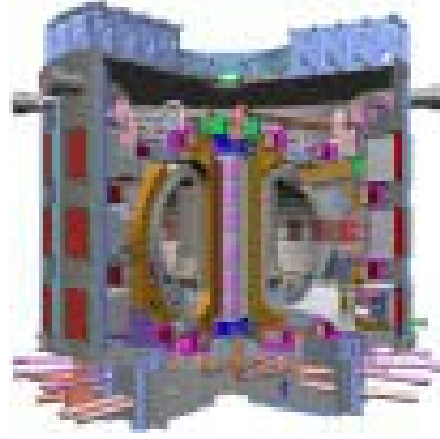
Des de fa més de deu anys els físics han utilitzat tècniques tal com gasos ultrafreds i diferent tipus de cristalls per a 'accelerar' o 'frenar' la llum. Alguns grups han aconseguit fins i tot 'aturar' i 'emmagatzemar' fotons, mentre d'altres han aconseguit velocitats de grup més gran que la velocitat de la llum en el buit. Aquestes tècniques (algunes de elles fins i tot aconseguides a temperatura ambient), però, no es veuen adients per a utilitzar-les en xarxes de fibra òptica. A l'agost de 2005 González-Herráez de la universitat d'Alcalá de Henares i col·laboradors de la EPF de Lausanne han demostrar com a través de l'efecte combinat de dos làsers (un efecte anomenat dispersió de Brillouin) és possible canviar la velocitat de la llum en una fibra òptica ordinària.

La empresa TOSHIBA va aconseguir utilitzar la criptografia quàntica per a transmetre veu i vídeo a través d'una fibra òptica segura. La demostració és molt significativa perquè demostra que la tecnologia actual d'enciptació és compatible amb el Internet Protocol (IP) i també suficientment robusta per a implementació comercial en xarxes de fibra òptica.

Investigadors francesos de les universitats de Nancy i Paris 6 i 7, en el camp de la superconductivitat, han descobert un mètode per a produir en grans quantitats un nou superconductor basat en carboni. És conegut com CaC_6 i conté àtoms de calci inserits entre fulls hexagonals de grafit. A començaments de 2005 científics del University College London i de Cambridge van descobrir que el CaC_6 esdevé superconductor per sota de 11,5 K.

Els camps magnètics molt intensos normalment destrueixen l'estat superconductor. Però quan es va a extraordinàriament baixes temperatures (en el rang dels mK), s'entra en el camp de les transicions de fase quàntiques, ple de sorpreses. Científics francesos han

publicat a la revista *Science* la descoberta, en efecte, d'un metall que esdevé superconductor en la presència de camps magnètics extraordinàriament elevats.



Projecte del reactor de fusió ITER: A la dreta la ubicació proposada a Cadarache (França). A l'esquerra esquema del tokamak que contindrà el plasma de deuteri i triti (Font: http://www.iter.org/index_mediacenter.htm)

El mes de juny va veure l'anunci llargament esperat de la decisió final sobre la ubicació del reactor de fusió ITER. Després d'una llarga lluita política entre la Unió Europea, Japó i Estats Units, i havent assegurat contrapartides industrials a totes les parts, el consorci promotor de ITER va adoptar la proposta francesa de construir-lo a Cadarache . Aquest reactor utilitza la tècnica de confinament magnètic i escalfant el plasma de deuteri i triti a una temperatura de 100 milions de graus aconseguirà superar la repulsió produir les reaccions de fusió. La inversió que aquest reactor pre-comercial representa supera els 10.000 milions de Euros. Espanya va presentar al seu dia la proposta de Vandellòs per a la localització del reactor i Barcelona ha obtingut finalment la seu central de l'Ens promotor de ITER que es situarà al districte tecnològic 22@.