

# física

PRIMAVERA

2016

Societat Catalana de Física

núm 17

[Inici](#)

[Com podeu col·laborar?](#)

[Subscripció](#)

[Sumari](#)



**EDITORIAL**

La redacció

## Ones gravitacionals

El 14 de setembre de 2015, a les 9:20:45 UTC (temps universal coordinat) dos objectes distanciat uns 5,66 km es van moure  $10^{-18}$  m d'una manera injustificada si hom hi aplica tot allò que sap a excepció de la relativitat general. L'11 de febrer de 2016 es publica un article signat pel miler, aproximadament, de científics que observaren aquest fet extraordinari. En aquest article s'argumenta que el moviment "injustificat" dels dos objectes estaria causat directament per l'arribada a la Terra de les ones gravitacionals generades per la fusió de dos forats negres a una distància de  $1,23 \times 10^{22}$  km fa  $1,3 \times 10^9$  anys

Dos, com a mínim, són els fets extraordinaris. D'una banda, l'observació directa, per primer cop, d'una ona gravitacional. Directa per què se n'han mesurat els efectes en un laboratori. El dos objectes s'han mogut perquè una ona gravitacional estava passant per allà en aquell mateix moment. De l'altra, perquè, també per primer cop, s'ha observat directament un forat negre; més concretament la fusió de dos forats negres descrita per l'espaitemps de Kerr. Els dos ingredients "forat negre" i "espaitemps de Kerr" eren, fins al febrer passat, models construïts segons la teoria de la relativitat general que es presumia que correspondrien a objectes amb una existència real en algun lloc de l'univers.

Davant de tanta transcendència, el forat negre queda en segon terme. Més o menys s'havien fet observacions indirectes dels seus efectes i la seva existència està d'acord amb el gruix de la relativitat general, fins i tot se'n pot raonar l'existència amb arguments més o menys newtonians. No és exactament així amb les ones gravitacionals. Per entendre-ho podem fer un paral·lelisme amb el que va passar amb la llum, abans que la llum fos una *ona electromagnètica*. Va ser James Clerk Maxwell qui, agafant una equació d'aquí i una l'altra d'allà va formular un conjunt d'equacions sense contradiccions que explicaven la totalitat dels fenòmens electromagnètics *coneguts*. Cal dir que en aquell moment la llum no es considerava un fenomen *electromagnètic*. Però resulta que de les equacions de Maxwell hom podia deduir que el camp electromagnètic es pot propagar pel buit amb una velocitat d'uns 300000 km/s. Estudiant les propietats que tenien aquestes ones es va comprovar que, per a certes freqüències, corresponien a la llum.

Albert Einstein parteix justament de les equacions de Maxwell per raonar que són incompatibles amb la formulació estrictament newtoniana de la mecànica. Amb un cert abús de llenguatge podríem dir que les equacions de Maxwell ja

eren relativistes, però no encaixaven amb la teoria que permetria saber com es mouen els cossos afectats de camps electromagnètics. Einstein se les va prendre molt seriosament i va mirar de canviar la resta de la física. El 1905 publica el famós article on formula la teoria especial de la relativitat. La relativitat especial és un marc teòric que es podia aplicar a la pràctica totalitat de la física, de manera que s'obtenia com a resultat una física relativista, en completa harmonia amb les equacions de Maxwell. Encara quedava un detall: els observadors no inercials i, més generalment, la teoria de la gravitació, no encaixaven en la formulació de la relativitat especial. Els col·legues d'Einstein li desaconsellaven que tirés pel camí de reformular la teoria de la gravitació de Newton. Amb el munt d'èxits que havia acumulat la teoria de Newton! Només per un petit desajust d'uns segons d'arc en la precessió del periheli de Mercuri (ja trobarien la causa newtoniana, pensaven) i amb la feinada que tenien a causa de l'aparició de la teoria quàntica, no tenia cap sentit capficar-se a fer relativista la gravitació. El coratge d'Einstein és no fer cas del corrent de pensament majoritari i sí fer cas al que li demanava el cos...o el cervell! El motiu no eren els segons d'arc de Mercuri, sinó l'estructura lògica de tot plegat! Mans i mànigues a mirar de fer compatibles relativitat i gravitació. Entre 1915 i 1916 Einstein publica la teoria de la relativitat general, on també dedueix ones de camp gravitatori. El 1918 estudia els efectes d'aquestes ones. Només calia trobar-ne l'existència real... i aquí és on la història difereix de la de les ones electromagnètiques. No hi havia cap ens real que estigués esperant a ser modelitzar per alguna teoria que correspongués a les ones gravitacionals, com sí que passava en el cas de la llum. Completament tothom sabia què era la llum molt abans que es modelés com a ona electromagnètica. Aquest és el fet extraordinari. Ara fa cent anys Einstein va fer una predicció d'una entitat de la qual no hem tingut, fins ara, cap efecte físic detectable. Trobar les ones gravitacionals és doncs, com a mínim, tan important com, en el seu moment, haver descobert que la llum és una ona electromagnètica. Podem dir que el que s'ha trobat és una llum nova, no de més o menys freqüència. Nova de veritat. Això no passa cada dia. S'ha trobat la llum gravitacional!

## Sumari

◀ 1/4 ▶

[Inici](#)

[Com podeu col·laborar?](#)

[Subscripció](#)

**ISSN:** 1988-7930 **DL:** B-31773-2012 **Adreça a la xarxa:** [www.RRFisica.cat](http://www.RRFisica.cat) **Adreça electrònica:** [redaccio@rrfisica.cat](mailto:redaccio@rrfisica.cat) [difusio@rrfisica.cat](mailto:difusio@rrfisica.cat)

**Comitè de redacció :** Josep Ametlla, Octavi Casellas, Xavier Jaén, Octavi Plana, Jaume Pont.

**Treballem conjuntament :** Societat Catalana de Física, Associació de Professores i Professors de Física i Química de Catalunya, XTEC, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de Barcelona



Aquesta obra està subjecta a una [Llicència de Creative Commons](#)



**Programació web:** Xavier Jaén i Daniel Zaragoza.

**Correcció lingüística:** Serveis Lingüístics de la Universitat Politècnica de Catalunya.

**Recursos de Física col·labora amb [la baldufa](#) i també amb [ciències](#)** Revista del Professorat de Ciències de Primària i Secundària (Edita: CRECIM-UAB)