

Any Mundial de la Física

L'any 2005 ha estat declarat **Any Mundial de la Física** en commemoració del centenari de la publicació de quatre articles d'Albert Einstein que van significar una vertadera revolució en els postulats en què es basava la física fins a aquell moment. Diverses institucions del nostre país relacionades amb la física i les matemàtiques han organitzat conferències, cursos i tota mena d'actes relacionats amb aquesta commemoració. La nostra Societat s'ha volgut sumar a la celebració i enguany ha dedicat la Vuitena Trobada Matemàtica a temes de matemàtiques i física, tot compartint la seva organització amb la Societat Catalana de Física.

L'any 1905 Einstein va publicar els articles següents:

1. «Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt». *Annalen der Physik*, 17 (1905), 132–148. (Traducció del títol: «Sobre un punt de vista heurístic referent a la producció i transformació de llum».)
2. «Über die molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen». *Annalen der Physik*, 17 (1905), 549–560. (Traducció del títol: «Sobre el moviment de petites partícules suspeses en líquids estacionaris com a conseqüència de la teoria cinètica molecular de la calor».)
3. «Zur Elektrodynamik bewegter Körper». *Annalen der Physik*, 17 (1905), 891–921. (Traducció del títol: «Sobre l'electrodinàmica dels cossos en moviment».)
4. «Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?». *Annalen der Physik*, 18 (1905), 639–641. (Traducció del títol: «La inèrcia d'un cos depèn de la seva energia?».)

El primer tractava sobre l'efecte fotoelèctric, el segon sobre el moviment brownià i els dos últims sobre la relativitat especial. Cada un d'ells, mirats amb una perspectiva de cent anys, mereix el qualificatiu d'excepcional. Aquí comentarem breument només els articles 1, 3 i 4.

Hertz va descobrir el 1887 que una superfície metàl·lica emet electricitat quan hi incideix llum de longitud d'ona molt curta. Això vol dir que la llum que incideix sobre un metall

fa que es desprenguin electrons d'aquell metall. L'experiment que demostra això té les característiques següents:

- a) La intensitat del corrent que es produeix per alliberament d'electrons és proporcional a la intensitat de la llum incident.
- b) Hi ha una freqüència mínima de la llum incident per sota de la qual no es produeix alliberament d'electrons, per gran que sigui la intensitat de la llum incident.
- c) Per a llum de freqüència superior a la mínima (la freqüència del punt 2), l'emissió d'electrons és immediata per feble que sigui la intensitat de la llum incident.
- d) L'energia cinètica màxima dels electrons emesos és funció lineal de la freqüència de la llum incident i independent de la seva intensitat.

Einstein, a l'article 1, va donar una explicació senzilla a aquest fenomen. Va considerar que cada raig de llum monocromàtica estava constituït per raigs elementals, anomenats *photons*, i va assignar a cada un d'aquests l'energia $E = h\nu$, on h és la constant de Plank i ν és la freqüència de la llum monocromàtica que constitueix el raig elemental. Va considerar que a causa de les condicions en què es realitzava l'experiment (llum monocromàtica incident formada per raigs paral·lels) estadísticament cada fotó incident arrancava un electró del metall, i va escriure que l'energia $h\nu$ del fotó incident era igual a l'energia cinètica E_c de l'electró alliberat més una constant A específica de cada metall, que representa el treball que necessita l'electró per despendre's del metall:

$$h\nu = E_c + A.$$

O sigui, $E_c = h\nu - A$. Quan $h\nu \leq A$ no hi ha emissió d'electrons. Queda clar que l'energia varia linealment amb la freqüència. La intensitat de la llum incident vindria representada pel nombre de fotons incidents per unitat de temps, i la intensitat del corrent produït, pel nombre d'electrons emesos per unitat de temps. Tot això explica perfectament les característiques a, b, c i d del fenomen experimental.

Els articles 3 i 4, com hem dit abans, introdueixen el que avui es coneix com *relativitat especial*. Anem a comentar-los breument. Les lleis de la mecànica clàssica són invariants sota

qualsevol canvi de referència inercial. En canvi, les equacions de Maxwell de l'electromagnetisme no ho són, si es consideren canvis de referència clàssics en què el temps és el mateix per a totes les referències (un temps universal). Per això a final del segle XIX, per enunciar la teoria electromagnètica, feia falta suposar l'existència d'una referència inercial distingida, en repòs. Això era l'èter. D'altra banda, l'experiment de Michelson i Morley (1887) posava en evidència la impossibilitat de mesurar la velocitat de la Terra respecte a aquest suposat èter i mostrava també que la velocitat de la llum en el buit és independent del fet que l'observador que mesura aquesta velocitat viatgi en el mateix sentit o en sentit contrari que la llum. A partir d'aquest fet, Einstein va partir de dos postulats. U: principi de relativitat (les lleis físiques han de tenir el mateix enunciat des de qualsevol sistema inercial). Dos: invariància de la velocitat de la llum en el buit respecte a qualsevol observador inercial. L'admissió d'aquests dos postulats el va forçar a admetre que els temps i les longituds podien canviar en passar d'un a un altre sistema inercial. A partir d'aquests dos postulats va deduir les fórmules (de Lorentz) que donen els canvis de coordenades i de temps associats a un canvi de referència inercial. Va observar que les equacions de Maxwell són invariants per aquests canvis i, en conseqüència, va reconèixer que la hipòtesi de l'existència de l'èter deixava de ser necessària. Aquests dos principis el van portar també, en el camp de la dinàmica, a reformular els conceptes de massa i energia i a admetre que aquests dos conceptes físics són el

mateix (la massa es pot transformar en energia i viceversa). Això ve donat per la seva famosa equació $E = mc^2$.

La interpretació purament geomètrica de la relativitat especial que coneixem avui dia és obra de Minkowski (comunicació a la vuitanta Assemblea de físics alemanys, el 21 de desembre de 1908). Diguem que la relativitat especial descriu la mecànica i l'electromagnetisme en absència de camps gravitatoris. Una llei de gravitació que substituís la famosa llei de gravitació de Newton quedava fora de la relativitat especial de 1905. Per introduir la gravitació en la seva teoria, Einstein va trigar encara onze anys. El 1916 va publicar l'article següent:

- «Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie». *Annalen der Physik*, 49 (1916), 769–822. (Traducció del títol: «Els fonaments de la teoria general de relativitat».)

Aquest treball fonamentava la gravitació dins de la relativitat. En aquesta descripció de la gravitació la visió purament geomètrica de la relativitat especial feta per Minkowski era essencial.

Els especialistes actuals creuen que si Einstein no hagués publicat els dos articles de 1905 sobre relativitat especial, probablement altres investigadors haguessin arribat als mateixos resultats en un curt període de temps. Ara bé, si Einstein no hagués publicat el seu article de 1916 sobre relativitat general potser avui encara no coneixeríem aquesta teoria. Sens dubte l'article més gran de tots els que Einstein va publicar és el de 1916. Per tant, l'any 2016 hauria de tornar a ser l'**Any Mundial de la Física**.

Joan Girbau
UAB

In Memoriam

Josep Laporte

Josep Laporte, nascut a Reus el 20 de març de 1922, morí el passat 15 de febrer d'un atac de cor essent i exercint de president de l'Institut d'Estudis Catalans.

Laporte accedí a la presidència de l'IEC el mes de setembre de 2002 a l'edat de vuitanta anys i no ha tingut l'oportunitat d'acabar

el seu mandat de quatre anys. Ha estat aquesta una etapa curta, però densa en activitat política com correspon a la tipologia d'un home eminentment polític, després d'una llarga trajectòria de servei al país i al seu partit.

A finals de la dècada dels anys setanta Laporte fou una figura clau en els moviments