

RESSENYES BIBLIOGRÀFIQUES



Relojes de Einstein, mapas de Poincaré

Peter Galison

Drakontos, Crítica (Barcelona, 2005),

442 pàg., trad. de Javier García Sanz (versió original anglesa, 2003)

En el celebrat treball de 1905 sobre l'electrodinàmica dels cossos en moviment, per fer compatibles el principi de relativitat i el postulat de la velocitat de la llum en el buit, Einstein ha de revisar el concepte de *temps* vigent a l'època.

Aquesta és la innovació més notable de la teoria especial de la relativitat. El temps absolut de Newton, fonamentat en veritats eternes i la sanció teològica, és reemplaçat pel temps de cada sistema de referència, fonamentat en una munió de rellotges idèntics i sincronitzats. La igualtat de dos intervals de temps i la sincronització de rellotges —o la simultaneïtat d'esdeveniments— són convencions basades en criteris operatius amb l'única limitació de la mútua coherència lògica.

En la part cinemàtica de l'article de 1905, Einstein estableix una definició operativa de simultaneïtat i de sincronicitat de rellotges distants.

Per saber si dos rellotges, *A* i *B*, separats per una certa distància estan o no sincronitzats, s'envia un senyal lluminós que va de *A* a *B*, allà és reflectit i torna a *A*, i s'enregistren: *a*) els temps t_A i t'_A que indica *A* a la sortida i la tornada del senyal, respectivament, i *b*) el temps t_B que indica *B* en el moment de rebre i reflexar el senyal. Si $t'_A - t_B = t_B - t_A$, diem que els dos rellotges estan sincronitzats. Si no, la mateixa equació serveix d'eina per corregir un dels rellotges i sincronitzar-lo amb l'altre.

Molts autors anomenen aquest mètode *protocol d'Einstein*. Però, no hi havia ningú més, cap al tombant del segle XX, que es preguntés què volia dir la simultaneïtat de dos esdeveniments distants?

En el domini de la física teòrica més fonamental, el qüestionament dels absoluts newtonians d'espai i de temps és gairebé tan antic com la mecànica de Newton. En aquest camí cal no perdre de vista l'assaig de Poincaré, *La mesure du temps* (1898), en el qual reflexiona sobre les convencions subjacents en la mesura del temps i la sincronització de rellotges.

El llibre de Galison ens porta per un conjunt de situa-

cions i problemes tècnics, plenament vigents al tombant del segle XX, que, d'una manera o altra, incideixen sobre aquest mateix tema: com determinar la simultaneïtat a distància, i mostra el context històric de les aportacions d'Einstein i Poincaré.

Comença exposant el procés d'unificació de l'hora que es dona tot al llarg del segle XIX, a partir de les hores locals de cada ciutat —és migdia quan el Sol és al punt més alt—, i de la confusió que aquestes comportaven en un món en què el ferrocarril permetia una comunicació ràpida entre llocs distants. La necessitat de regular el trànsit ferroviari i els enllaços entre línies ferroviàries diferents van fer necessària la coordinació de l'hora en regions cada cop més extenses, començant pels mateixos estats. El telègraf va fer possible la transmissió elèctrica de l'hora de l'observatori astronòmic de la ciutat cap a la seva zona d'influència. Així mateix, les extenses xarxes de cable telegràfic van permetre determinar les diferències horàries entre els migdies locals de llocs separats per distàncies cada cop més grans —d'Europa a Amèrica i de les metròpolis a les colònies a Àsia i Àfrica. Aquest procés culmina amb la Conferència Horària Mundial (1884), que estableix la divisió de la Terra en 24 fusos horaris a partir del meridià de Greenwich (longitud 0).

Conèixer les diferències horàries també és molt important per a la geodèsia i la cartografia. Per saber la longitud geogràfica del lloc és suficient saber quina hora és, posem a París o Londres, quan aquí és migdia. Una diferència d'una hora significa una diferència de longitud de 15°. En el segle XVIII el transport d'un rellotge estable com els de John Harrison permetia conèixer l'hora de la metròpoli quan era migdia en un lloc determinat del mar, però les exigències del segle XIX demanaven més precisió. Les xarxes telegràfiques de la segona meitat del segle van complir aquest objectiu de transmetre l'hora de la metròpoli i van permetre millorar molt la cartografia de les noves terres colonitzades.

Cap al 1888 les mesures de la diferència horària entre París i Londres donaven una discrepància d'unes 20 centèsimes de segon —un error d'uns 100 m en la posició relativa— que ja a l'època era excessiu.¹ Els cartògrafs de l'últim quart del segle XIX havien d'eliminar i corregir les fonts d'error en les mesures de diferència horària entre dos llocs, *A* i *B*. Entre d'altres, havien de tenir en compte el temps de transmissió del senyal telegràfic que comunica l'hora de *A* en el lloc *B*. Sense saber la velocitat de transmissió del senyal elèctric pel cable telegràfic que unia *A* i *B*, suposaven que el temps de transmissió era el mateix en un sentit, de *A* a *B*, i en l'altre, de *B* a *A*. La semisuma de les diferències horàries en un sentit i en l'altre donava el temps de transmissió del senyal entre *A* i *B*. Però aquesta és la idea que hi ha en el fons

¹El lector ha d'anar en compte amb el significat ambigu de *minuts* i *segons*, que tant es poden referir a longitud com a temps.

de l'anomenat *protocol d'Einstein*.

Podríem dir, per resumir, que la tesi principal del llibre de Galison és el caràcter abstracte-concret (o concret-abstracte) de l'evolució de la noció de temps que culmina en la teoria especial de la relativitat. En l'elaboració de la nova concepció del temps va ser molt important la confluència de problemes tècnics reals, com ara la coordinació de rellotges distants (amb les seves implicacions polítiques i econòmiques) i el problema teorico-filosòfic del temps, que la nova mecànica de Lorentz va tornar a posar d'actualitat en la física de final de segle.

Sovint, les persones que s'ocupaven d'uns i altres problemes eren les mateixes. Així, posa en relleu com la posició de Poincaré al capdavant del Bureau des Longitudes va ser un context tècnic concret ideal per a la maduració de les idees que exposa a *La mesure du temps* i també per a la seva comprensió del significat físic del *temps local* que Lorentz va introduir com a auxiliar matemàtic en la seva dinàmica de l'electró. També subratlla el context en què es produeixen les reflexions teòriques d'Einstein sobre el temps, a l'Oficina de Patents de Berna, en un moment i un lloc (Suïssa) en què el problema tècnic de la coordinació elèctrica de rellotges distants era a l'ordre del dia.

El material del llibre està ben organitzat, l'exposició és clara i no és imprescindible que el lector estigui prèviament familiaritzat amb el tema. Tot això, juntament amb la bona qualitat de la traducció, fa que la lectura sigui amena. Aconsegueix, a més, ressaltar la importància que tenen factors *externs*, com ara els problemes tecnològics i les necessitats de l'economia i la política, en el progrés i el desenvolupament de conceptes bàsics, com el temps en aquest cas, que pertanyen a un domini més fonamental.

Josep Llosa

LLIBRES REBUTS



Revista Española de Física

Real Sociedad Española de Física

Madrid, 2005, vol. 19, núm. 1. ISSN 0213-862X

Revista Española de Física

Real Sociedad Española de Física

Madrid, 2005, vol. 19, núm. 2. ISSN 0213-862X

Revista Española de Física

Real Sociedad Española de Física

Madrid, 2005, vol. 19, núm. 3. ISSN 0213-862X

Mètode

Universitat de València

València, 2005, núm. 45. ISSN 1133-3987

Lettera Matematica

PRISTEM Centro Eleusi. Milano

Springer Verlag Italia, 2005,

núm. 55, ISSN 1593-5884