

## LECTURA:

### Del naixement del concepte de camp electromagnètic clàssic

Dins la història de la ciència, alguns conceptes innovadors representen autèntiques revolucions del pensament científic: el concepte de camp és un cas paradigmàtic de revolució en física. El procés d'elaboració de la idea de camp és un dels capítols més suggestius del desenvolupament de la física, i el seu acompliment és el resultat del treball i de la imaginació dels físics més prominents i més representatius del segle XIX. Des que Isaac Newton (1642-1727) presentà la llei de gravitació universal, el 1687, hi ha hagut un anhel constant de trobar una explicació de com la presència d'uns cossos pot afectar l'estat d'uns altres sense que, aparentment, s'observi un contacte directe entre ells.

Per a Newton i els seus seguidors, es tractava d'una enigmàtica acció a distància. La noció de camp és un intent de donar resposta a l'enigma de l'acció a distància. La idea de camp es contraposa al concepte d'acció a distància. El camp és l'intermediari de les interaccions entre els cossos. Així, l'espai intermediari entre els cossos és el dipositori d'un conjunt de propietats que permeten que uns cossos actuïn sobre uns altres: el camp és el conjunt de tals propietats. I, en el camp, hi resideix l'energia que es bescanvia quan un cos actua sobre un altre. La dicotomia camp/acció a distància, a vegades presentada en termes de plenum/buit, comporta significacions profundes, i el seu abast va més enllà de l'àmbit de la ciència, ja que té implicacions filosòfiques, religioses, socials i metafísiques.

En el treball desenvolupat durant el segle XIX per donar una explicació de la transmissió de les interaccions elèctriques i magnètiques, des d'un punt de vista historiogràfic, s'han identificat dues classes de teories: les electrodinàmiques i les fonamentades en el concepte de camp. Les electrodinàmiques parteixen de la hipòtesi d'interaccions propagades a distància de forma instantània, sense preocupar-se de si és necessària o no la presència d'un medi material actiu que en permeti la propagació. En les teories basades en la idea de camp les interaccions només es poden explicar per l'existència d'un medi material, un èter, que les suporti.

Entre els coneixedors de la història de la ciència, hi ha una avinença a considerar que els fundadors més significatius de les teories electrodinàmiques del segle XIX són: André Marie Ampère (1775-1836), Franz Ernst Neumann (1798-1895), Wilhem Eduard Weber (1804-1891) i Herman von Helmholtz (1821-1894). Els corresponents pilars creadors de la teoria de camps són: Michael Faraday (1791-1867), William Thomson (1824-1907) i James Clerk Maxwell (1831-1879).

[...]. D'altra banda, els treballs experimentals de Rudolf Heinrich Hertz (1857-1894) sobre ones electromagnètiques van ser decisius per confirmar la teoria de Maxwell i per donar plena validesa a la idea de camp.

La proposta historiogràfica de dicotomia partidaris del camp/electrodinàmics, de manera semblant a qualsevol encasellament, té limitacions i s'hauria de matisar, ja que l'activitat científica –com qualsevol activitat humana– sempre és molt més rica i més complexa. [...]. Així es pot tenir la sorpresa de trobar un Faraday que el 1831 –quan va descobrir la inducció electromagnètica– es manifestava com a amperià, és a dir, com a electrodinàmic, i de veure com Ampère, considerat el fundador de l'electrodinàmica, indicava dues possibles concepcions de fluids eteris.

Parlar de camp/acció a distància com a concepcions totalment oposades és una altra mena de reduccionisme per encasellar. Per posar un exemple, un electrodinàmic ben representatiu com Helmholtz va haver de concebre un medi per poder explicar la teoria electromagnètica de la llum de Maxwell i per justificar el fet que cada element interactués directament a distància amb tots els altres. [...].

Tampoc la disjuntiva plenum/buit no és gens fàcil de destriar. De fet, des de la revolució científica del segle XVII, la idea d'un buit absolut entre els cossos distants no

és defensada per pràcticament ningú. Totes les teories, d'una manera o altra, recorren a la idea d'un èter, una substància subtil i de propietats contradictòries que és omnipresent i impregna tots els cossos. L'existència d'un èter lumínic capaç de transmetre la llum era una noció d'acceptació general. Per tant, l'èter era present en totes les mentalitats científiques. La diferència essencial, però, radica en el diferent paper que les dues tradicions adjudicaven a l'èter.

Per als defensors de l'acció a distància, l'èter no tenia cap participació activa en la transmissió de les forces entre els cossos. En canvi, per als partidaris del camp, l'èter era imprescindible perquè uns cossos poguessin actuar sobre uns altres, i, conseqüentment, confeccionar un model per saber-ne l'estructura mecànica i les propietats dinàmiques era fonamental, dins el context de la concepció mecanicista de la naturalesa que van compartir tots els protagonistes de la física fins a les acaballes del segle XIX. [...], un dels primers mèrits de Maxwell va ser de reduir a un sol medi, un únic èter, els dos tipus d'èter amb que tradicionalment s'havia especulat: el lumínic, en el qual s'havia de propagar la llum, i aquell que havia de permetre la transmissió de les forces elèctriques i magnètiques.

Val la pena remarcar que els partidaris de l'acció a distància esmentats, els electrodinàmics, eren continentals, mentre que els defensors de la idea de camp eren britànics. I, curiosament, es pot observar un canvi de tradició científica ben notable, ja que el defensor més emblemàtic de la idea de plenum és Descartes (1596-1650), un continental prou conegut. Així, doncs, a l'inici de la qüestió que ens ha portat fins aquí, a Anglaterra es configura una concepció newtoniana que no necessita plenum per explicar la gravitació, mentre que al continent predomina un plenum de remolins en què es mouen els planetes.

[...]

Si convenim que la conformació de la història del pensament es basa en l'aportació d'idees, en la formulació de teories o bé en el descobriment de lleis de la naturalesa que a causa de la seva rellevància s'incorporen al llegat de l'esperit i del coneixement humà, el camp electromagnètic de Maxwell restarà per sempre com un element essencial d'aquesta història. A hores d'ara, seria sobrer d'enumerar les aplicacions i l'abast de la teoria electromagnètica. Només cal tenir present alguns dels resultats d'aquesta teoria que han suposat canvis radicals en les formes d'organització social. La ràdio, la televisió, els forns de microones o bé la telefonia mòbil en són exemples ben clars.

D'altra banda, Maxwell fou qui va identificar la llum, la llum que prové del Sol i fa possible la vida a la Terra, com el resultat de la propagació electromagnètica que es propaga a l'espai: una ona electromagnètica. Això va representar la *unificació* de fenòmens que fins aleshores s'havien considerat independents: la llum, l'electricitat i el magnetisme. Una unificació comparable a la de Newton al segle XVII, quan va enunciar que la llei de la força que descriu la caiguda dels cossos a la Terra és exactament la mateixa llei que regeix els moviments dels cossos celestes. A més, els fenòmens de l'electricitat i del magnetisme són dels pocs aspectes de la física dels quals Newton mai no s'havia ocupat.

FONT: Pla, J.; Masnou, J. (2006). Escrits científics i d'assaig. J. C. Maxwell. Col. Clàssics de la Ciència, núm. 7. Barcelona. IEC/Pòrtic/Eumo. (fragment de la introducció: pp. X-XIV).

## QÜESTIONS:

- 1.- Per què va sorgir el concepte de camp?
- 2.- Defineix el concepte de camp. Quin és el seu paper clau en la transmissió de les interaccions electromagnètiques?
- 3.- Explica les diferències entre els dos tipus fonamentals de teories que explicaven la transmissió de les interaccions elèctriques i magnètiques durant el segle XIX. Quin paper jugava l'èter en cadascuna?
- 4.- Enumera exemples de científics partidaris de cadascuna de les teories anteriors.
- 5.- Per què creus que sovint s'adjectiva l'acció a distància d'enigmàtica i el mateix Newton que expressà la cèlebre frase "hypotheses non fingo", en privat, la qualificà d'absurda?
- 6.- Per què va ser un fet important per l'evolució de la física que Maxwell unifiqués l'èter lumínic i l'èter electromagnètic?
- 7.- Quina va ser la major contribució científica de Maxwell?
- 8.- Enumera algunes de les nombroses aplicacions de l'electromagnetisme.
- 9.- Quan s'esvaí definitivament l'èter de la física?
- 10.- Informa't de quines diferències essencials hi ha entre els camps clàssics i els camps quàntics.