

CULTURA A WEIMAR, CAUSALITAT I FÍSICA QUÀNTICA, 1918-1927

Comentaris a l'obra de Paul Forman

Una de les aportacions bàsiques de la història de la ciència és la contextualització de les teories científiques, mostrant la relació que hi ha entre la diversitat de factors, tant científics com extracientífics, que contribueixen a la instauració d'un *paradigma*, per utilitzar l'expressió de Kuhn. Segons es posi èmfasi en uns o altres, tindrem una orientació internalista o externalista de la història de la ciència. La ciència, com qualsevol altra disciplina, és històrica i no la podem entendre adequadament fora del context en el qual ha sorgit.

Afirmar això no significa que els factors externs o contextuais puguin ser utilitzats com a únics elements explicatius de determinats paradigmes científics, sinó simplement que ens ajuden a comprendre'ls millor i a situar-los degudament en el seu propi context. Aquesta contextualització esdevé especialment important i significativa quan es produeix un canvi de paradigma, com és, en part, el cas que ens ocupa en el present treball, a saber, la teoria de l'acausalitat en física referida a la mecànica quàntica, sorgida a començaments del segle XX.

Una de les bases de la física clàssica moderna era la teoria de la causalitat, que permetia establir lleis explicatives de la realitat física. Posant en qüestió la llei de la causalitat, encara que sigui parcialment, no només es posa en qüestió la llei de la causalitat com a llei explicativa de la realitat física, sinó també un model d'explicació racional de la realitat. No és només, doncs, una simple teoria el que està en joc, sinó un model de coneixement científic i de constitució de la mateixa realitat física. D'aquí la importància que adquireix el tema de l'acausalitat en física referit a la mecànica quàntica, i que ha estat objecte d'estudi per part de Paul Forman, encara que Forman no hagi estat ni el primer ni l'únic a ocupar-se d'aquesta qüestió. Max Jammer, en la seva obra *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, sostenia ja "que ciertas ideas filosóficas de finales del siglo XIX no sólo prepararon, sino que también contribuyeron decisivamente a configurar el clima

intelectual para la formación de las nuevas concepciones de la moderna teoría cuántica”¹.

La tesi de Forman pretén “relativitzar” les afirmacions de Jammer, adduint que allò que diu Jammer només seria aplicable a l'esfera cultural germànica, i que no es tractava d'influències “filosòfiques” en sentit estricte. Les tesis filosòfiques de finals del segle XIX, de les quals Jammer fa menció, encara que puguin tenir alguna responsabilitat última referida a la *Lebensphilosophie* del període de Weimar, van jugar, segons Forman, un paper insignificant en la sobtada aparició d'un sentiment anticausal entre els físics alemanys després de la Primera Guerra Mundial. Forman centra el seu estudi a l'època de la República de Weimar, en els anys immediatament posteriors a la Primera Guerra Mundial (1918-1927). L'àmbit cultural escollit per Forman és essencial pel fet que constitueix la base del seu intent per a proporcionar una resposta a la pregunta de *per què* i *com* determinats corrents de pensament van arribar a exercir una influència tan considerable sobre els físics alemanys després de 1918. Tanmateix, l'àmbit cultural escollit per Forman no deixa de comportar, segons H. Rader, una certa ambigüitat, ja que si l'esfera cultural és restringida a Alemanya, els casos dels físics no germànics que també evidencien un “repudi de la causalitat” no hi quedarien inclosos².

“Lebensphilosophie”, causalitat, positivisme

Segons Forman, durant els anys que van transcórrer entre el final de la Primera Guerra Mundial i el desenvolupament de la mecànica quàntica acausal, un gran nombre de físics alemanys es van distanciar o van repudiar explícitament la causalitat en física, per raons relacionades només incidentalment amb la seva disciplina. Aquesta afirmació bàsica de Forman, argumentada amb proves documentals, omet tanmateix una part significativa de la història cultural germànica, com han indicat alguns dels seus crítics³.

¹ Citat per PAUL FORMAN, *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica 1918-1927. Adaptación de los físicos y matemáticos alemanes a un ambiente intelectual hostil*, Trad. J.M. Sánchez Ron, Alianza Editorial, Madrid 1984, p. 37.

² H. RADDER, “Kramers and Forman Thesis”, dins *History of Science* 21 (1983), p. 168.

³ Em refereixo aquí a l'article de H. RADDER, citat a la nota 2, i als articles de J. HENDRY, “Weimar Culture and Quantum Causality”, dins *History of Science* 18 (1980), pp. 155-180; P. KRAFT and P. KROES, “Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment. Paul Forman's *Weimar Culture, causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Analysis and Criticism*”, dins *Centaurus* (1984), pp. 76-99.

Després de la desfeta d'Alemanya, la tendència intel·lectual dominant en el món acadèmic de Weimar fou, segons Forman, una *Lebensphilosophie* neoromàntica, existencialista i caracteritzada per un antagonisme vers la racionalitat analítica en general i vers les ciències exactes i llurs aplicacions tècniques en particular. Implícitament o explícita, sosté Forman, el científic era la víctima propiciatòria de les incessants exhortacions a la renovació espiritual, mentre que el concepte de "causalitat" simbolitzava tot el que era odiós a l'empresa científica. El medi era *percebut* pels científics com a marcadament hostil, a saber, rebuig de la raó com a instrument epistemològic, degut al seu vincle inseparable amb el materialisme-mecanicisme-positivisme.

Sense negar la pertinença de les anàlisis de Forman, algunes precisions importants s'imposen en aquest punt. En primer lloc, el terme "positivisme" té aquí una ambigüitat típica, segons argumenta Radder. L'antipositivisme que Forman atribueix al medi de Weimar no és el de Mach i els seus seguidors. D'altra banda, el positivisme filosòfic dels científics és certament compatible amb la *Lebensphilosophie*. Per tant, és necessari distingir entre dues menes de positivisme, el metafísic i l'epistemològic. El metafísic té la seva arrel en August Comte. El medi intel·lectual de Weimar és antipositivista en aquest sentit. El "positivisme epistemològic", en canvi, té a veure amb l'estatut del coneixement, i és segurament compatible amb l'esperit de l'esfera cultural de Weimar⁴.

En segon lloc, el concepte de causalitat és igualment ambigu. En el període 1919-1925, tant físics com filòsofs mantenien la noció essencialment kantiana de la causalitat com a conformitat a llei, de manera que, com afirmava Hans Reichenbach el 1920, "si existe cognición de la naturaleza, entonces el principio de causalidad es válido, pero sin este principio, la cognición es, por su misma definición, imposible"⁵. Causalitat era, a l'època, sinònim de legalitat. "El principio de causalidad", explicava Moritz Schlick el 1920, "es (...) la expresión general del hecho de que todo lo que sucede en la naturaleza está sujeto a leyes que se cumplen sin excepción"⁶. Spengler afirmava que "la causalidad es coextensiva con el concepto de ley. Solo existen leyes causales"⁷. Deu anys més tard, Heisenberg deia, en els *Principis físics de la teoria quàntica*, que "la resolución de las paradojas de la física atómica sólo se puede conseguir mediante renunciadas adicionales a las

⁴ Veure H. RADDER, "Kramers and the Forman Theses", a.c. a la nota 2, p. 172s.

⁵ Citat per P. FORMAN, *Cultura en Weimar*, o.c. a la nota 1, p. 104.

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

viejas y queridas ideas, la más importante de las cuales es la idea de que todos los fenómenos naturales obedecen a leyes exactas - el principio de causalidad"⁸.

Durant aquest període, tanmateix, el propi Mach, el moviment positivista en general, i fins i tot neokantians com Ernst Cassirer estaven sostenint una campanya en contra d'un concepte de causalitat força diferent. Segons aquesta concepció, no estava en joc la noció de conformitat a llei, sinó més aviat la doctrina "metafísica" de causa i efecte com una suposició ontològica, que Mach i els seus aliats volien substituir per la concepció matemàtica de funció. "Este coordinar interconexiones funcionales es lo que realmente constituye la física teórica", explicava W. Wien l'any 1914⁹.

Spengler i l'historicisme

Un dels motius que Forman addueix com el causant principal d'aquesta conversió a l'acausalitat en física és l'obra d'Oswald Spengler, *La decadència d'Occident*, una obra que va tenir una gran difusió. Però privilegiar aquesta obra en detriment d'altres obres filosòfiques contemporànies més rellevants és segurament excessiu.

La descripció que fa Spengler de la història mundial es basa en la proposició que les cultures principals són organismes autònoms, cadascuna completament única. Cada manifestació cultural - art, ciència o el que sigui - és simplement una expressió de l'ànima d'aquella cultura particular i com a tal no és "vàlida", ni tan sols comprensible, fora d'aquella cultura.

Tot i que Spengler era una mica menys categòric en la segona edició, la seva extensió del relativisme cultural extrem a la física i a les matemàtiques volia ser i fou rebut, segons Forman, com un desafiament a la ideologia dels científics. El contingut de la física i les matemàtiques occidentals només és una expressió de l'ànima de la cultura occidental - de la cultura "fàustica" com l'anomena Spengler. I la característica essencial i determinant de la ciència "fàustica" és el *Kausalitätsprinzip*, la forma lògica del sentiment del món fàustic.

L'obra de Spengler, sense negar la influència que va tenir, s'ha de situar en un context filosòfic i cultural molt més ampli que va fer-se

⁸ Ibid.

⁹ Ibid., p. 107.

present a Alemanya i que Forman no menciona. Ens referim a l'historicisme alemany, aparegut en les dues darreres dècades del segle XIX i que es desenvolupa durant els anys que transcorren fins al començament de la Segona Guerra Mundial. Aquest moviment abarca autors tan importants com W. Dilthey o M. Weber, a més de Spengler, que no és el representant més significatiu.

Per a l'historicisme resulta fonamental la distinció entre història i naturalesa. També ho és el supòsit que els objectes del coneixement històric posseeixen un caràcter específic, en el sentit que es distingeixen dels del coneixement natural. L'objecte del coneixement històric, segons els historicistes, és la individualitat dels productes de la cultura humana, individualitat que s'oposa al caire uniforme i repetible dels objectes de les ciències naturals. Si l'explicació causal (*erklären*) és l'instrument del coneixement natural, el comprendre (*verstehen*) és l'instrument propi del coneixement històric.

Per a Dilthey, la diferència d'objectes d'estudi implica una diferència gnoseològica: l'observació externa és la que ens brinda les dades pròpies de les ciències naturals, mentre que l'observació interna (*Erlebnis*) és la que ens ofereix les dades de les ciències de l'esperit. El segon tret característic del món humà és el que Dilthey anomena "connexió dinàmica", que es distingeix de la connexió causal de la naturalesa perquè produeix valors i porta a terme objectius. L'home, per a Dilthey, és un ésser històric. També ho són els seus productes culturals, inclosa la filosofia. No existeixen filosofies que tinguin una validesa *sub specie aeternitatis*, no hi ha valors que posseeixin validesa en totes les nacions i, ense cap mena de dubte, la relativitat de tots els fenòmens històrics està vinculada al fet que aquests són finits¹⁰.

Per a Max Weber, tant en les ciències naturals com en les històricosocials, es posseeix coneixement científic quan aconseguim produir explicacions causals. Ara bé, no és difícil comprovar que tota explicació causal només representa una visió fragmentària i parcial de la realitat indagada. Estudiem alguns fenòmens, però no tots; en definitiva, efectuem una selecció: d'aquells fenòmens que cal estudiar, dels punts de vista des dels quals els estudiem i, per consegüent, de les causes d'aquests fenòmens. Com es porta a terme aquesta selecció? Weber respon que la selecció d'efectua fent referència a valors. La referència als valors (*Wertbeziehung*) és un principi que s'utilitza per

¹⁰ Sobre W. Dilthey, veure G. REALE-D. ANTISERI, *Historia del pensamiento filosófico y científico* III, Trad. Juan Andrés Iglesias, Herder, Barcelona 1988, pp. 404ss.

elegir; serveix per a establir quins són els problemes, els aspectes dels fenòmens, és a dir, el terreny d'investigació en el qual la investigació avançarà d'una manera científicament objectiva per tal d'arribar a una explicació causal dels fenòmens. La realitat és il·limitada, infinita, i el sociòleg o l'historiador només consideren interessants alguns enfocaments o perspectives dels fenòmens. I resulten interessants, no perquè posseeixin una qualitat intrínseca determinada, sinó perquè fan referència als valors de l'investigador. A l'historiador li correspon l'explicació d'elements o d'aspectes de l'esdeveniment que sigui possible emmarcar dintre d'un determinat punt de vista. Els punts de vista no es produeixen d'una vegada per sempre: la variació dels valors condiciona el fet que variïn els punts de vista, suscita nous problemes, proposa enfocaments inèdits i descobreix nous aspectes¹¹.

Les tesis de Spengler, referides per Forman, s'han d'entendre dins d'aquest corrent de pensament que es va produir a Alemanya a finals del segle XIX i començaments del XX. Així ho va veure Max Jammer amb la seva afirmació matisada i contextualitzada:

Específicamente, existencialismo, pragmatismo y empirismo lógico surgieron como reacción ante el racionalismo tradicional y la metafísica convencional (...). Su afirmación de una concepción concreta de la vida y su rechazo de un intelectualismo abstracto culminaron en la doctrina del libre albedrío, la negación del determinismo mecanicista o de la causalidad metafísica. Unidas al rechazar la causalidad aunque por motivos diferentes, esas corrientes de pensamiento prepararon, por así decirlo, el trasfondo filosófico para la moderna mecánica cuántica. Contribuyeron con sugerencias a la fase formativa del nuevo esquema conceptual y ulteriormente promovieron su aceptación¹².

Acomodació al "Zeitgeist"

El sentiment generalitzat de crisi del que parla Forman no es pot restringir, doncs, únicament als anys immediatament posteriors a la Primera Guerra Mundial, sinó que té un àmbit molt més ampli, sense negar que es pogués aguditzar i afectar de manera més directa els físics i matemàtics de qui parla. Es tractava d'una crisi moral i intel·lectual, una crisi de cultura, ciència i saber, crisi que tenia arrels en el segle

¹¹ Sobre M. Weber, veure G. REALE-D. ANTISERI, *Historia del pensamiento filosófico y científico* III, Trad. Juan Andrés Iglesias, Herder, Barcelona 1988, pp. 417ss.

¹² Citat per P. FORMAN, *Cultura en Weimar*, o.c. a la nota 1, p. 37.

anterior, però que segons Forman va sorgir com un clixé universalment convincent després de la desfeta d'Alemanya, amb la *Krisi der Wissenschaft*.

Implícita amb aquest moviment de crisi existia una valoració negativa de les disciplines científiques tradicionals, dels seus mètodes i de les seves pràctiques. Foren els *Lebensphilosophen* radicals els que van recalcar aquesta interpretació de la crisi del saber. En aquest punt és on la "crisi del saber" comença a tocar molt d'aprop els físics de Weimar, ja que física i matemàtiques són tractades, juntament amb l'art, la música i la religió, com a completament condicionades culturalment, segons Spengler.

La tesi de Forman és que la reacció dels físics fou l'acomodació al *Zeitgeist*, ja que el públic educat tenia una imatge negativa del científic i considerava que la seva visió del món era la imatge del causalisme racionalista i mecanicista. En un medi ambient intel.lectualment hostil, si el físic volia millorar la seva imatge pública, el primer i més important que havia de fer era abandonar la causalitat amb el seu rigorós determinisme. Aquí és on P. Kraft i P. Kroes critiquen que la sobrevaloració que fa Forman de les audiències de gent cultivada és degut a la parcialitat amb la qual selecciona les fonts d'informació, a saber, les *Reden*, parcialitat que té una conseqüència important. Segons Kraft i Kroes, Forman ignora el desenvolupament intern de la física, ja que si hagués tingut en compte les publicacions de la *Berliner Akademie der Wissenschaften* s'hagués adonat que el tema de la causalitat-acausalitat no havia estat discutida¹³.

Tanmateix, l'acomodació dels científics al *Zeitgeist*, sobretot físics i matemàtics, va propiciar una de les èpoques més creatives en la història d'aquestes disciplines. La qual cosa fa afirmar a Forman que la creativitat en aquest lloc i període s'han de buscar, almenys en part, en la pròpia hostilitat del medi intel.lectual de Weimar, ja que l'ansietat dels físics alemanys per reconstruir els fonaments de llur ciència s'han d'entendre com una reacció a llur prestigi. De manera que l'abandó de la causalitat i del determinisme era justament el que la física atòmica necessitava per solucionar els seus problemes. Aquí novament Kraft i Kroes dirigeixen la seva crítica a Forman adduint que si aquesta adaptació hagués tingut lloc, aleshores hagués consistit en l'abandonament de la física i de les ciències exactes. Si els sentiments

¹³ Veure P. KRAFT - P. KROES, "Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment", a.c. a la nota 3, p. 88.

anticausals eren d'aquesta naturalesa no hagués estat possible connectar aquests sentiments anticausals amb una física acausal, ja que una física acausal no qüestiona la física com a tal. El mateix Forman es refereix a la mecànica quàntica acausal com a "racional". Com es pot assumir, es pregunten Kraff i Kroes, que aquests sentiments anticausals i antiracionals portin a una mecànica quàntica acausal racional?¹⁴.

Comenta Hendry que Forman ha reeixit a demostrar que els físics i els matemàtics foren generalment influenciats pels valors del medi, i que aquest medi incorporava una marcada hostilitat envers el principi de causalitat. Però hi havia també fortes raons internes pel rebuig de la causalitat en física que, quan són tingudes en compte i examinats críticament els suposats "convertos a l'acausalitat" de Forman, fan aparèixer que la reacció dels físics a la causalitat estava lluny de ser una acomodació¹⁵. El positivisme epistemològic, com qualsevol mecanisme social, no constitueix una relació externa entre el medi sociocultural i el contingut de la ciència, sinó que pot funcionar com un mecanisme intermedi¹⁶.

El que Forman discuteix és que no es pot parlar d'acausalitat en mecànica quàntica fins el 1925-1926 i que, per tant, totes les teories anteriors sobre l'acausalitat en física són degudes a l'acomodació dels científics al *Zeitgeist*. El programa d'abandonar la causalitat en física fou promogut de manera força sobtada després de 1918, i va aconseguir una acceptació molt substancial entre els físics alemanys "abans" que es veiés justificat per l'arribada d'una mecànica quàntica fonamentalment acausal.

Els primers intents d'establir una física acausal es remunten a 1923, amb l'article de Hans Albert Senfftleben *Sobre els fonaments de la teoria quàntica*, però sobretot amb el que van publicar Bohr, Kramers i Slater el 1924, "Über die Quantentheorie der Strahlung", a *Zeitschr. f. Phys.*, 24¹⁷.

Amb la introducció de la mecànica de matrius de Heisenberg el 1925 i de la mecànica ondulatoria de Schrödinger el 1926, els físics es van adonar de manera relativament ràpida que aquella creença ja no havia de reposar principalment en consideracions ètiques o involucrar una renúncia purament gratuïta a la possibilitat del coneixement exacte

¹⁴ Ibid. P. 90.

¹⁵ Veure J. HENDRY, "Weimar Culture and Quantum Causality", a.c. a la nota 3, p. 160.

¹⁶ Veure H. RADDER, "Kramers and the Forman Theses", a.c. a la nota 2, p. 178.

¹⁷ Citat per FORMAN, *Cultura a Weimar*, o.c. a la nota 1, p. 138s.

de processos atòmics. Les bases per a argument i creença s'havien alterat substancialment.

La interpretació estadística de la funció de l'ona, de Max Born, instal·lava l'abandó de la causalitat just en els fonaments de la mecànica ondulatoria, l'any 1926. “El estado real del asunto, declarava Heisenberg el 1927, se puede caracterizar de esta manera: Dado que todos los experimentos están sujetos a las leyes de la mecánica cuántica, (...) la mecánica cuántica establece definitivamente el hecho de que la ley de la causalidad no es válida”¹⁸. Quan es va veure l'acceptació dels físics de la ruptura que representava la causalitat, no només en la teoria sinó també en la realitat, no es pot evitar concloure que els físics atòmics havien complert amb l'obligació que el medi sociocultural havia posat davant d'ells, comenta Forman. Segons Kraft i Kroes, Forman pressuposa tàcitament que *quanta* i *acausalitat* són simultànies, i aquest emparellament només esdevé evident a partir de 1927, de manera que Forman el projecta il·lícitament de manera retrospectiva¹⁹.

El fet que triomfés en la mecànica quàntica el principi d'acausalitat, no significa que fos acceptada per tots els físics. Planck i Einstein estaven, en aquest punt, completament d'acord. Einstein insistia en què l'adjectiu “causal” ocupava un lloc eminent en les seves definicions del propòsit i la funció de l'activitat física. Einstein estava convençut que els seus col·legues físics s'estaven precipitant a acceptar un fracàs de la causalitat sense haver fet cap intent seriós per explorar les possibilitats d'una solució causal.

Hom s'hauria de sorprendre, comenta Forman, que pocs físics sortíessin en defensa de la causalitat i s'oposessin als seus col·legues que estaven, de fet, repudiant la física com una empresa cognoscitiva. Els físics que subratllaven el fracàs de la racionalitat analítica, en comptes de dedicar-se a l'anàlisi crítica del concepte de causalitat, el que feien era repudiar implícitament l'empresa cognoscitiva de la física.

Conclusions

Forman no ha volgut mantenir, segons declara ell mateix, una posició perfectament neutral en la seva exposició, ja que les seves

¹⁸ Citat per P. FORMAN, *Cultura en Weimar*, o.c. a la nota 1, p. 145.

¹⁹ Veure P. KRAFT - P. KROES, “Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment”, a.c. a la nota 3, p. 91.

simpaties han estat, diu ell, amb els conservadors en defensa de la raó, més que amb els "progressistes" en la seva negació. De tota manera, el mateix Forman reconeix que el model proposat per ell - el model "sociològic" - és clarament insuficient.

Tot i que sigui raonable parlar, en aquest cas, d'influència causal del medi en el contingut de la ciència, els punts de vista purament internalistes o externalistes són massa simples²⁰. Fins i tot en el cas de negligir les influències internes, el concepte de causalitat social és molt més complexe del que Forman ens vol fer creure, ja que les influències individuals que hagin rebut els físics, són o no són influències del medi?, pregunta J. Hendry²¹.

Quan les consideracions internes són tingudes en compte, aleshores esdevé clar que cap conjunt d'influències - internes, socials, filosòfiques, psicològiques, etc. - poden ser preses amb independència les unes de les altres, i que cada reacció dels físics enfront d'un problema donat serà determinat per un conjunt de motivacions que Hendry anomena, de manera genèrica, antropològiques. I acaba dient que si hem de parlar amb sentit sobre el desenvolupament causal de la ciència no hem d'argumentar sobre quines influències han estat "les més importants", sinó que hem d'intentar entendre com es combinen i actuen conjuntament les unes amb les altres. O, com diuen Kraft i Kroes, les aproximacions internalistes i externalistes han de ser considerades com a complementàries més que no pas com a excloents²².

Finalment potser s'imposa la reflexió que ens proposen els mateixos Kraft i Kroes: respondre a la pregunta de per què la física quàntica es va desenvolupar sobretot a Alemanya durant el període que estudia Forman és una pregunta extremament complexa²³.

Josep Hereu

²⁰ Veure H. RADDER, "Kramers and the Forman Theses", a.c. a la nota 2, p. 179.

²¹ Veure J. HENDRY, "Weimar, Culture and Quantum Causality", a.c. a la nota 3, p. 170s.

²² P. KRAFT - P. KROES, "Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment", a.c. a la nota 3, p. 76.

²³ Veure P. KRAFT - P. KROES, "Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment", a.c. a la nota 3, p. 97.