

Werner Heisenberg

LA PART I EL TOT  
DICUSSIONS SOBRE FÍSICA ATÒMICA



EDICIONS ENOANDA

## ÍNDIX

Introducció .....	IX
I. Primera trobada amb la teoria atòmica (1919-1920) .....	1
II. La meva decisió d'estudiar física (1920) .....	17
III. La noció de "comprensió" en la física moderna (1920-1922) .....	30
IV. Informe de política i d'història (1922-1924) .....	48
V. La mecànica quàntica i una conversa amb Einstein (1925) .....	64
VI. Sortida cap a una nova terra (1926-27) .....	77
VII. Primeres discussions sobre la relació entre ciència i religió (1927) .....	89
VIII. Física atòmica i pensament pràgmatc (1929) .....	101
IX. Discussions sobre la relació entre biologia, lògica i física (1930-32) .....	112
X. Mecànica quàntica i filosofia kantiana (1930-32) .....	127
XI. Reflexions sobre el llenguatge (1933) .....	136
XII. Revolució i vida universitària (1933) .....	153
XIII. Discussions sobre les possibilitats de la tècnica atòmica i sobre les partícules elementals (1935-1937) .....	168
XIV. L'acció de l'individu en la catàstrofe política (1937-1941) .....	179
XV. El camí cap a un nou començament (1941-1945) .....	194
XVI. Sobre la responsabilitat de l'investigador (1945-1950) .....	208
XVII. Positivisme, metafísica i religió (1952) .....	223
XVIII. Controvèrsies polítiques i científiques (1956-1957) .....	235
XIX. La teoria unificada dels camps (1957-1958) .....	248
XX. Partícules elementals i filosofia platònica (1961-1965) .....	256

## INTRODUCCIÓ

“Quant als discursos que pronunciaren els contendents [...] era pràcticament impossible de reproduir-ne les paraules textuais [...] He fet dir a cada orador allò que em semblava haver de dir com a més apropiat a les circumstàncies, ajustant-me com més estrictament podia al sentit general de les paraules realment pronunciades” (Tucídides, *Història de la guerra del Peloponès*, Barcelona: Fundació Bernat Metge, p. 62)

La ciència la fan els homes. Aquest fet, evident per si mateix, s'oblida fàcilment. El fet de recordar-ho podria ajudar a omplir el buit existent, del qual ens queixem tan sovint, entre dues formes de cultura: la cultura literària, d'una banda, i la cultura tècnica i científica, de l'altra. Aquest llibre tracta de l'evolució de la física atòmica en el decurs dels cinquanta darrers anys, presentada tal com l'autor l'ha viscut. L'activitat científica es basa en els experiments: els seus resultats s'obtenen després de discussions entre els qui s'hi dediquen, i després de consultar-se sobre la interpretació dels experiments. És aquesta mena de discussions que formen la substància d'aquest llibre. Amb elles és mostrarà al lector com la ciència es crea en el decurs del diàleg. És obvi que aquestes discussions no es poden reproduir literalment després de tantes dècades. Només els extractes de les cartes citades en el llibre estan transcrits textualment. Tampoc es tracta per part de l'autor d'escriure amb detall unes memòries. Així, l'autor s'ha pres la llicència de contraure, de condensar esdeveniments, tot renunciant a l'exactitud històrica; les descripcions només pretenen ser correctes a grans trets. En les discussions del relat, la física atòmica no apareix sempre en primer pla. Molt sovint es tracta de problemes humans, filosòfics i polítics. L'autor espera justament poder demostrar així que la ciència no es pot separar d'aquesta mena de problemes generals.

Moltes persones citades en aquest llibre apareixen amb el seu prenom. La raó és que, o bé no han estat posteriorment prou conegudes pel gran públic, o bé la relació personal de l'autor

## LA PART I EL TOT

amb aquestes persones s'expressa millor amb la utilització del prenom. A més, el fet d'emprar el prenom permet evitar donar la impressió al lector que es tracta d'una reconstrucció històricament rigorosa d'esdeveniments del passat. Per aquesta mateixa raó, l'autor també ha renunciat a dibuixar una imatge precisa d'aquestes persones; hom les reconeixerà només per la seva manera d'expressar-se. En canvi, l'autor ha volgut descriure de la manera més exacta i precisa possible l'atmosfera en què van transcórrer aquestes discussions, puix que això li permet de posar en relleu el procés de creació de la ciència, de fer comprendre com l'acció comuna d'homes molt diferents entre ells pot conduir finalment a resultats científics molt transcendents. La intenció de l'autor era de donar, fins i tot a aquells que es troben molt lluny de la física atòmica moderna, una idea general dels corrents de pensament que han acompanyat l'evolució d'aquesta ciència. Fent-ho, l'autor no ha pogut evitar de fer aparèixer de tant en tant, en el marc dels diàlegs, correlacions matemàtiques molt abstractes i complexes que no es poden comprendre sense un estudi en profunditat.

Finalment, l'autor també ha perseguit un altre objectiu al publicar aquests diàlegs. La física atòmica ha conduït a la reformulació d'un gran nombre de problemes essencials de naturalesa filosòfica, ètica i política. És desitjable, doncs, que el màxim nombre de persones participi en les discussions d'aquests problemes. Potser el present llibre pot contribuir a crear una base per a una discussió general d'aquesta mena.

## Capítol I

### PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA (1919-1920)

Va succeir, crec, durant les primeries del 1920. El final de la Primera Guerra Mundial havia sembrat problemes i confusió entre els joves del nostre país. La vella generació, profundament decebuda per la derrota, havia deixat caure les brides de les seves mans, i els joves s'unien en grups, en comunitats petites o grans, per buscar noves vies o, almenys, per trobar una brúixola nova que els permetés orientar-se, perquè la vella estava trençada. Va ser així que, en una lluminosa jornada de primavera, em trobava de camí amb un grup format potser per una desena o vintena de camarades, la majoria més joves que jo. Si la memòria no em traïx, aquest passeig ens va dur a través dels turons que voregen la riba oest del llac de Starnberg. Aquest llac, cada vegada que hi havia un buit entre les files de faigs d'un verd lluminós, apareixia a l'esquerra sota nostre, i semblava gairebé estendre's fins a les muntanyes que formaven el fons del paisatge. És curiosament en el curs d'aquesta passejada que es va produir la meva primera discussió sobre el món dels àtoms, discussió que va significar molt per a mi durant la meva carrera posterior. Per fer entendre que aquestes discussions es van produir en un grup de joves, despreocupats, feliços, i molt oberts a la bellesa de la natura, convé potser recordar que els problemes d'aquesta època havien destruït, en gran mesura, la carcassa de la família i de l'escola que embolcalla els joves en els períodes més pacífics. Com a compensació, per dir-ho d'alguna manera, es va crear entre ells una gran llibertat d'opinió i s'atrevien a formular els seus propis judicis fins i tot quan encara els en faltava la base.

Un noi alt i ros caminava algunes passes davant meu. El coneixia bé perquè, alguns anys abans, els seus pares m'havien demanat d'ajudar-lo en les seves feines d'escola. L'any abans, quan ell tenia quinze anys, havia participat en els combats al

## LA PART I EL TOT

carrer durant els dies de la República Soviètica de Munic, portant caixes de municions, mentre el seu pare estava apostat amb una metralladora darrere la font de Wittelsbach. Altres joves, entre ells jo mateix, havíem treballat dos anys abans com a pagesos a l'Oberland bavarès. Tots havíem conegut, doncs, la vida dura, i no teníem por de formular les nostres pròpies idees, fins i tot sobre els problemes més difícils.

Un dels pretextos d'aquesta discussió era sens dubte el fet que, en aquella època, jo estava preparant el meu examen de batxillerat (que havia de fer durant l'estiu del mateix any) i que m'agradava parlar de temes científics amb el meu amic Kurt, que s'interessava molt pels mateixos temes que jo, ja que volia fer una carrera d'enginyeria. Kurt provenia d'una família d'oficials protestants, era un bon esportista i un bon company. L'any abans, quan Munic va ser encerclada per tropes governamentals i les nostres famílies ja feia molt de temps que havien menjat el darrer bocí de pa, Kurt, el meu germà i jo vam fem fer una excursió a Garching, a través de les línies dels combatents, i vam tornar amb una motxilla plena de menjar: pa, mantega i llard. Aquestes aventures en comú creen una bona base per a la confiança total i l'entesa joiosa. Ara, però, es tractava del nostre interès comú per les qüestions científiques. Li vaig explicar a Kurt que havia trobat en el meu manual de física un dibuix que em semblava completament absurd. Es tractava d'un procés fonamental en química, quan dues substàncies homogènies es combinen per formar una nova substància igualment homogènia, és a dir, un compost químic. A partir del carboni i l'oxigen, per exemple, es pot formar el gas carbònic. Segons el manual, les lleis observades en el decurs d'aquests processos es podien comprendre admetent que les parts més petites d'un i altre element, els àtoms, s'ajuntaven per formar petits grups d'àtoms, les molècules. Així, la molècula de gas carbònic havia d'estar composta per un àtom de carboni i dos àtoms d'oxigen. Aquests grups d'àtoms estaven representats en el manual. Però per explicar més en detall per què calia justament un àtom de carboni i dos àtoms d'oxigen per formar una molècula de gas carbònic, el dibuixant havia proveït els àtoms de ganxos i anells que servien per enganxar-se els uns als altres en la molècula. Això em semblava del tot absurd, perquè els ganxos i els anells em semblaven estructures bastant arbitràries, a les quals podíem donar les més diverses formes en funció de l'objectiu tècnic perseguit. Per contra, creia que els àtoms havien de ser una conseqüència de les lleis naturals, i, de la mateixa manera, la seva tendència a formar molècules havia també de ser conseqüència de la llei

## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

natural. No podia existir cap arbitrarietat i, per tant, cap forma arbitrària com ganxos i anells.

Kurt va replicar: “Si no vols creure en ganxos i anells, que, per ser-te franc, em semblen també a mi sospitosos, has de saber en primer lloc quines són les experiències que han incitat el dibuixant a reproduir-les en el dibuix. Perquè la ciència d’avui dia es fonamenta sobre experiències i no sobre especulacions filosòfiques, i hem d’acceptar les experiències sempre i quan hagin estat realitzades de manera segura, és a dir, amb prou cura. Pel que sé, la primera constatació dels químics és que els components elementals d’un compost químic apareixen sempre segons unes proporcions de pesos ben determinats. Això és molt estrany. Perquè fins i tot si creiem en l’existència dels àtoms, és a dir, en partícules diminutes característiques de cada element químic, la mena de forces que coneixem en la natura no serien segurament suficients per fer-nos comprendre el fet que un àtom de carboni només pugui, en qualsevol circumstància, atreure i lligar-se a dos àtoms d’oxigen. Si existeix una força d’atracció entre aquests dos tipus d’àtom, per què no podria també succeir que, de tant en tant, un àtom de carboni es lligués a tres àtoms d’oxigen?”

—“Pot ser que els àtoms de carboni o els d’oxigen tinguin una forma tal que, per simples raons de disposició en l’espai, l’assemblatge de tres àtoms d’oxigen amb un àtom de carboni esdevingui impossible”.

—“Si això és el que suposes, i sembla en efecte força plausible, arribes pràcticament als ganxos i als anells del manual. És probable que el dibuixant hagi volgut, simplement, exposar el que tu acabes de dir perquè, evidentment, no pot saber la forma exacta dels àtoms. Ha dibuixat els ganxos i els anells per explicar, de la manera el més evident possible, que existeixen formes que poden conduir a l’assemblatge de dos, però no de tres àtoms d’oxigen amb l’àtom de carboni”.

—“Bé, de tota manera, els ganxos i els anells són un absurd. Però tu afirmes que, en raó de les lleis naturals que són responsables de la seva existència, els àtoms tindran una forma que assegurarà el seu assemblatge correcte. Malgrat això, cap dels dos no coneixem aquesta forma i, de manera prou manifesta, l’autor del dibuix tampoc la coneix. L’única cosa que a hores d’ara creiem que sabem sobre aquesta forma és justament que ha de garantir que un àtom de carboni pugui lligar-se a dos, i no a tres àtoms d’oxigen. Els químics han inventat sobre aquest tema la noció, citada en el manual, de ‘valència química’. Però ja

## LA PART I EL TOT

sigui en aquest cas només una paraula, o, al contrari, un concepte utilitzable, això queda per discutir”.

—“És probable de tota manera que no es tracti simplement d’una paraula, ja que en el cas d’un àtom de carboni, les quatre valències que li atribueixen, dos de les quals cada vegada han de saturar les dues valències d’un àtom d’oxigen, han de tenir una relació amb una forma tetraèdrica de l’àtom. Aparentment, doncs, aquest terme “valència química” amaga un cert saber empíric en relació amb les formes que encara ens és, però, poc accessible”.

En aquell moment el nostre company Robert es va incorporar a la conversa. Fins llavors, havia caminat al nostre costat en silenci però, sens dubte, ens havia escoltat. Robert tenia una cara estreta que expressava una certa força, emmarcada per cabells negres abundants, i semblava d’entrada una mica tancat. Participava poques vegades en les converses superficials que acompanyaven habitualment aquesta mena de passejades. Però quan es tractava de llegir un text en veu alta a la nit a la tenda, o de recitar un poema abans del sopar, ens hi dirigíem, perquè coneixia la poesia alemanya, i fins i tot la literatura filosòfica, millor que tots nosaltres. Quan recitava els poemes, no hi posava cap mena d’èmfasi ni d’efecte vocal. Malgrat això, fins i tot el menys sentimental de nosaltres quedava afectat pel contingut del poema. La seva manera de parlar i la calma amb què s’expressava forçaven l’atenció i semblava que les seves paraules tenien més pes que les dels altres. D’altra banda, sabíem que llegia tractats filosòfics fora del Liceu. Robert estava descontent amb la nostra discussió.

—“Vosaltres que creieu en la ciència, va dir, us referiu sempre a l’experiència, i creieu que d’aquesta manera posseïu amb certesa la veritat. Però quan reflexionem sobre el que implica realment l’experiència, la manera com us hi referiu vosaltres em sembla molt contestable. El que dieu ve del vostre pensament, i és només del vostre pensament que en teniu un coneixement immediat. Però aquest pensament no es troba en els objectes. No podem percebre els objectes directament, els hem de transformar primer en representacions, i finalment formar conceptes a partir de les representacions. El que rebem en el moment de la percepció sensorial és una barreja bastant desordenada d’impressions molt diverses, a la qual no pertanyen directament les formes o qualitats que hi percebem després. Quan, per exemple, mirem un quadrat inscrit en un bocí de paper, el que es reproduirà en la retina del nostre ull o en les cèl·lules nervioses del nostre cervell no tindrà de cap manera la forma d’un quadrat. En



## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

realitat, hem d'ordenar inconscientment les nostres impressions sensorials per mitjà d'una representació, o fins i tot, transformar el conjunt d'aquestes impressions en una representació, és a dir, en una imatge coherent 'que tingui un sentit'. La nostra 'percepció' te lloc només al final d'aquesta transformació, d'aquest reagrupament d'impressions individuals en alguna cosa de 'comprensible'. Hauriem de buscar en primer lloc d'on venen les imatges que formen les nostres representacions, com les captem de manera abstracta i quina relació tenen amb els objectes. Hauriem d'aclarir tot això abans de parlar amb tanta certesa de les nostres experiències. Perquè, òbviament, les representacions precedeixen l'experiència, són la condició de l'experiència."

—“Però no és cert que les representacions, que vols separar tan netament de l'objecte de les nostres percepcions, venen elles mateixes de l'experiència? Pot ser no tan directament com es podria pensar ingènuament, però sí, malgrat tot, indirectament, per exemple per mediació d'una repetició freqüent de grups semblants d'impressions sensorials, o bé per mediació de correlacions entre els testimonis dels diversos sentits”.

—“Això no em sembla de cap manera cert, ni tampoc especialment clar. He estudiat recentment els escrits del filòsof Malebranche, i m'ha cridat l'atenció un passatge relacionat amb aquest problema.<sup>1</sup> Malebranche distingeix essencialment tres possibilitats per explicar el naixement de les representacions. La primera, que és la que acabes d'esmentar, diu: els objectes produeixen directament, per mitjà d'impressions sensorials, la representació en l'ànima humana. Malebranche rebutja aquesta idea pel fet que les impressions sensorials són qualitativament diferents tant dels objectes com de les seves representacions associades. La segona diu: l'ànima humana posseeix des de l'inici aquestes representacions, o almenys, posseeix la capacitat de formar-les per ella mateixa. En aquest cas, les impressions sensorials només serveixen per recordar-li les representacions ja existents o per incitar-la a formar per ella mateixa noves representacions. La tercera, a la qual s'adhereix Malebranche, és la següent: l'ànima humana participa de la raó divina, està connectada amb Déu i, per tant, és també de Déu de qui rep la capacitat de representació i les imatges o idees que li permeten ordenar i organitzar conceptualment la multitud d'impressions sensorials”.

---

<sup>1</sup> [Totes les notes són del curador de l'edició.] Vegeu la segona part del llibre tercer de la *Recherche de la vérité*, intitulada “De l'enteniment pur i de la natura de les idees” (Malebranche, *Oeuvres complètes*, París: Vrin, 1958-64. v. 1, p. 413 i s.

## LA PART I EL TOT

Va ser llavors el torn de Kurt d'estar descontent: "Vosaltres, els filòsofs, va dir, sempre aneu molt de pressa a la teologia. I quan un problema esdevé difícil, feu aparèixer el gran Desconegut que resol tots els problemes automàticament, per dir-ho d'alguna manera. Però, per part meva, jo no em declararé satisfet. Ja que has fet la pregunta, vull saber realment com l'ànima humana assoleix les seves representacions, i no en el més enllà, sinó en aquest món, ja que és en aquest món on existeixen l'ànima i les representacions. Si no vols admetre que les representacions venen simplement de la pròpia experiència, has d'explicar com pot ser que aquestes representacions pertanyin des d'un inici a l'ànima humana. Podem creure que són innates, o almenys que la capacitat de formar les representacions gràcies a les quals un nen, ja des de petit, fa coneixença del món és innata? Si és això el que vols dir, no estàs gaire lluny de la idea que les representacions reposen sobre l'experiència de les generacions anteriors. Però un cop admès el lligam entre les representacions i l'experiència, poc m'importa si es tracta de la nostra experiència actual o de la de generacions passades."

—"No", va replicar Robert, "això no és el que vull dir. Perquè, d'una banda, em sembla extremadament dubtós que les coses apreses, altrament dit, el resultat de les experiències, puguin transmetre's hereditàriament. I d'altra banda, és certament possible d'expressar el que Malebranche vol dir sense recórrer a la teologia, de manera més conforme a les vostres concepcions científiques actuals. Intentaré formular el que Malebranche podria dir en un llenguatge no teològic: les mateixes tendències reguladores, que són responsables de l'ordre visible del món, de les lleis naturals, del naixement dels elements químics i de les seves propietats, de la formació dels cristalls, de l'aparició de la vida i de tota la resta, són operatives tant en el naixement de l'ànima humana com en l'ànima. Fan correspondre les representacions als objectes, i possibiliten la formació de nocions abstractes. Són a l'origen de les estructures que realment existeixen, que es dissocien, en aparença només, en una part objectiva (l'objecte) i una part subjectiva (la seva representació), quan les considerem des del nostre punt de vista humà, és a dir, quan les fixem en pensaments. El que hi ha de comú entre aquesta teoria de Malebranche i la vostra concepció científica, segons la qual tota representació científica reposa sobre l'experiència, és la idea que la capacitat de formar representacions es va poder crear en el decurs de la història de l'evolució gràcies a la interacció entre els organismes i el món exterior. Tanmateix, Malebranche subratlla al mateix temps que es tracta de correlacions que no es poden

## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

explicar simplement per una cadena de processos individuals que es desenvolupen de manera causal. Altrament dit, i de la mateixa manera que en el naixement dels cristalls i dels éssers vius, aquí intervenen estructures superiors d'un caràcter més morfològic, que no es poden definir simplement per mitjà de les nocions de causa i efecte. La qüestió de saber si l'experiència ha precedit la representació no té més sentit que la vella qüestió de saber què va ser primer, si l'ou o la gallina. D'altra banda, no era la meva intenció pertorbar la vostra discussió sobre els àtoms. Només volia que prenguèssiu consciència que no es pot parlar tan fàcilment d'experiència quan es tracta d'àtoms. Perquè podria succeir que els àtoms, que no podem observar directament, no siguin simples objectes, sinó que formin part d'estructures més fonamentals, i que voler dissociar aquesta mena d'estructures en representacions i objectes podria no tenir cap mena de sentit. És evident que no es poden prendre seriosament els ganxos i els anells del manual, com tampoc cap de les altres imatges d'àtoms que trobem aquí i allà en els escrits de divulgació. En realitat, aquesta mena d'imatges, destinades a facilitar-ne la comprensió, converteixen el problema en alguna cosa molt més incomprendible. Crec que caldria ser extremadament prudent a l'hora d'evocar la noció de 'forma dels àtoms' de què parlaves abans. Només amb la condició de donar un sentit molt general, i no simplement geomètric, a la paraula 'forma' (en definitiva, confonent-la amb el terme 'estructura') es convertirà, al meu entendre, en més o menys acceptable."

El gir que va prendre la conversa en aquell moment em va recordar bruscament una lectura que m'havia interessat i captivat molt un any abans, encara que alguns passatges m'havien resultat aleshores del tot incomprendibles. Es tractava del *Timeu*, el diàleg de Plató en el qual també es filosofa sobre les parts més petites de la matèria. Van ser les paraules d'en Robert les que em van fer comprendre per primera vegada, encara que de manera difusa, que podíem arribar a construccions mentals de les parts elementals, tal com les havia trobat en el *Timeu* de Plató. No va ser que aquelles construccions, que d'entrada m'havien semblat completament absurdes, de cop haguessin esdevingut evidents per a mi. Va ser que per primera vegada veia sorgir davant meu una via que podia conduir-me, almenys en principi, cap a construccions d'aquesta mena.

Per fer comprendre al lector fins a quin punt el record del *Timeu* va ser significatiu per a mi en aquell moment, és útil, sens dubte, que relati breument les curioses circumstàncies en què va tenir-ne lloc la lectura. Durant la primavera de 1919, la

## LA PART I EL TOT

situació a Munic era bastant caòtica.<sup>1</sup> Hi havia trets al carrer, sense que sabéssim exactament qui combatia a qui. El poder governamental canviava constantment de mans, i no coneixiem a penes el nom de les persones i les institucions que l'anaven exercint. Els pillatges i els robatoris que es practicaven una mica per tot arreu, —de fet, jo mateix en vaig ser víctima una vegada—, feien aparèixer l'expressió “República dels Soviets” com a sinònim d'una anarquia total. Quan finalment es va formar un nou govern bavarès fora de Munic i va enviar tropes per ocupar la ciutat, estàvem molt contents, perquè esperàvem que finalment es restablís l'ordre. El pare de l'amic que havia ajudat feia un temps en els seus deures escolars va encapçalar una companyia de voluntaris que havia de prendre part a la presa de Munic. Ens va demanar als amics adolescents dels seus fills que ajudéssim les tropes com a agents d'enllaç perquè coneixiem bé la ciutat. Va ser així que vam ser posats a disposició d'un estat major, anomenat “destacament XI de fusellers de cavalleria”, que havia establert el seu quarter general a l'edifici del seminari dels capellans de la Ludwigstrasse, davant de la universitat. Va ser allà que vaig servir o, més aviat, que vàrem dur tots plegats una vida d'aventures marcada per una llibertat molt gran. Ens havíem alliberat del Liceu, com de fet ja havia passat abans moltes vegades, i aquest cop volíem utilitzar la nostra llibertat per conèixer nous aspectes de la vida. Va ser allà justament que es va formar el gruix del cercle d'amics que, un any més tard, havia de retrobar-se en la passejada del llac de Starnberg. Però aquella vida d'aventures només va durar unes poques setmanes. Un cop que els combats van disminuir d'intensitat i que el servei va tornar-se monòton, em passava sovint que, després d'una nit de guàrdia en la central de telèfons, a l'alba em trobés alliberat de totes els meves obligacions.

Per tal de preparar a poc a poc el meu retorn al Liceu, em retirava en aquells moments al sostre del seminari, portant amb mi els *Diàlegs* de Plató publicats en grec, en l'edició que usàvem a l'escola. Estirat a l'ample canaló, deixant-me escalfar pels primers raigs de sol, podia continuar tranquil·lament la lectura mirant de tant en tant la Ludwigstrasse, que es començava a animar. Un d'aquells matins, mentre la llum del sol tot just començava a inundar l'edifici de la universitat i la font construïda al davant, vaig arribar al diàleg del *Timeu*, i més precisament

---

<sup>1</sup>Entre el 6 d'abril i el 3 de maig de 1919, va constituir-se fugaçment l'anomenada República soviètica de Baviera (*Räterepublik Bayern*), en el context del període revolucionari previ a la definitiva estabilització de la República de Weimar.

## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

al passatge que parla de les parts més petites de la matèria. És possible que, en un primer temps, em captivés, perquè era difícil de traduir, o perquè tractava de consideracions matemàtiques que sempre m'interessaven. Ja no sé de cert per què vaig consagrar la meua atenció a aquell passatge en particular. Malgrat tot, el que hi llegia em semblava totalment absurd. L'autor hi afirmava que les parts més petites de la matèria estaven formades per triangles rectangles que, un cop associats de dos en dos per formar triangles equilaterals o quadrats, s'unien de nou per constituir els cossos regulars de l'estereometria: cubs, tetraedres, octaedres i icosaedres. Aquests quatre cossos, al seu torn, se suposava que eren les unitats fonamentals que formaven els quatre elements: terra, foc, aire i aigua. A més, em preguntava, si en l'esperit de l'autor, els cossos regulars estaven associats als elements simplement com a símbols (per exemple, el cub a l'element terra), per representar l'estabilitat o la fermesa d'aquest element, o bé si realment les petites parts de l'element terra havien de tenir la forma d'un cub. Tot això em semblava, en tot cas, fruit d'especulacions irrisòries, excusables com a molt atenent la manca de coneixements empírics detallats dels antics grecs. I malgrat tot, m'inquietava molt que un filòsof com Plató, capaç per altra banda de pensar amb tanta precisió i esperit crític, es lliurés a aquesta mena d'especulacions. Aleshores, vaig intentar trobar alguna forma de raonar que pogués fer comprendre millor les especulacions de Plató. Però no vaig trobar res que em donés ni tan sols un inici d'explicació. A tot això, la idea que finalment calia arribar a formes matemàtiques per descriure aquestes partícules elementals de matèria començava a exercir sobre mi una certa fascinació. La comprensió del teixit inextricable i immens que constitueix els fenòmens naturals només podia ser possible, creia jo, descobrint-ne les formes matemàtiques. Però per què Plató havia escollit com a formes matemàtiques els cossos regulars de l'estereometria? Això em semblava incompreensible. Els cossos no semblaven que continguessin cap valor explicatiu particular. Per tant, aquest diàleg de Plató no podia ser-me útil més que per millorar el meu coneixement del grec. Però la meua inquietud no va desaparèixer. Potser el resultat més important d'aquesta lectura residia en la convicció adquirida que calia saber alguna cosa de les partícules elementals si volíem comprendre el món material. El meus manuals escolars i alguns llibres de divulgació m'havien ensenyat que la ciència moderna s'ocupava també dels àtoms. Vaig pensar que potser més endavant podria penetrar jo mateix, en el decurs dels meus estudis, en el món dels àtoms. Però ho deixava per més tard.

## LA PART I EL TOT

Persistia, doncs, aquesta inquietud, que estava relacionada amb la inquietud general que s'havia apoderat llavors de la joventut alemanya. Si un filòsof del rang de Plató havia cregut trobar un cert ordre en els fenòmens naturals, havent perdut nosaltres mateixos la noció d'aquest ordre, o havent esdevingut aquest ordre inaccessible, calia que ens interroguéssim sobre el significat del mot "ordre" en general. L'ordre i la comprensió d'aquest ordre estaven lligats a una època determinada? Ens havíem educat en un món que semblava ben ordenat. Els nostres pares ens havien ensenyat les virtuts burgeses que constituïen la condició del manteniment d'aquest ordre. Que pogués ser necessari, donat el cas, sacrificar la pròpia vida per aquest ordre, això els antics grecs i romans ja ho sabien i no era res de nou. La mort d'un gran nombre d'amics i parents ens havia confirmat aquesta veritat. Però ara hi havia molta gent que afirmava que la guerra havia sigut un crim comès justament per aquesta classe dirigent que s'havia sentit responsable de l'antic ordre europeu, i que havia cregut que calia fer prevaldre aquest ordre fins i tot allà on entrava en conflicte amb altres aspiracions. L'antiga estructura d'Europa s'havia esfondrat amb la derrota d'Alemanya. Però això tampoc era un fet excepcional. Després de tot, a cada guerra hi ha vençuts. El valor de l'antiga estructura era qüestionada radicalment per la derrota? No es tractaria ara, més aviat, de construir sobre la ruïna de l'ordre antic, un ordre nou i més vigorós? O potser tenien raó aquells que van sacrificar les seves vides als carrers de Munic per evitar el retorn a un ordre de tipus antic, i substituir-lo aquest cop per un ordre que, en lloc d'una sola nació, inclogués tota la humanitat (per bé que la major part d'aquesta humanitat que anava més enllà d'Alemanya potser no concebés l'existència d'un ordre així)? Aquestes preguntes s'anaren succeint en el cap dels joves alemanys de l'època, i els menys joves tampoc no eren capaços de donar-hi resposta.

Això em porta a evocar un altre esdeveniment situat entre la lectura del *Timeu* i la passejada del llac de Starnberg, que ha exercit una considerable influència sobre la meua manera de pensar ulterior i que cal relatar abans de poder reprendre la conversa sobre els àtoms. Alguns mesos després de la presa de Munic, les tropes ja havien abandonat la ciutat. Vàrem tornar de nou al Liceu com abans, sense pensar gaire en l'interès del que fèiem. Una tarda, se'm va acostar un noi que no coneixia. "Saps, em va dir, que la propera setmana els joves es reuniran en el castell de Prunn? Volem anar-hi tots, i tu també hi hauries de venir. Hi hem de ser tots. Volem discutir entre nosaltres per

## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

saber què cal fer.” La seva veu tenia una inflexió que fins aleshores no havia sentit mai. Així doncs, vaig decidir anar al castell de Prunn, i Kurt va acceptar acompanyar-m’hi.

El tren, que llavors circulava de manera encara molt irregular, ens va portar, després de llargues hores, a la vall inferior de l’Altmühl. És probable que, durant els períodes geològics anteriors, aquesta vall fos la del Danubi. L’Altmühl va cavar un camí a través del Jura de Francònia, descrivint nombrosos bucles, i la seva vall pintoresca està coronada per vells castells fortificats, una mica com la vall del Rin. Vàrem haver de caminar a peu els darrers quilòmetres que ens separaven del castell de Prunn, i ja veiérem arribar de totes bandes joves que es dirigien cap al cim del castell fortificat, que s’hi aixeca orgullós al caire de la vall. Al pati del castell, al centre del qual es trobava un vell pou de politja, hi havia ja reunits nombrosos grups. La major part eren estudiants de batxillerat, però també hi havia uns quants antics combatents que havien viscut tots els horrors de la guerra i havien retornat a un món transformat. Va haver-hi molts discursos, marcats amb un èmfasi que ens semblava incongruent amb l’època actual. Els oradors ens demanaven si havíem d’interessar-nos més pel destí del nostre poble que pel de la humanitat sencera, si la derrota havia tret tot el sentit al sacrifici dels combatents, si els joves tenien el dret de fer la seva pròpia vida segons la seva pròpia escala de valors o si la veritat interior era més important que les antigues formes que havien governat durant segles la vida dels homes. Tot plegat va ser exposat i debatut amb passió.

De moment no tenia prou seguretat interna per participar activament als debats, però escoltava atentament, i alhora, reflexionava sobre el concepte d’ordre. La confusió inherent als discursos em semblava demostrar que podien existir ordres veritables, però diferents, que podien entrar en conflicte entre ells, i que aquesta lluita entre ordres diferents provocaven el contrari de l’ordre. Però això només era possible, em semblava a mi, perquè es tractava d’ordres parcials, de fragments que s’havien separat del conjunt format per l’ordre central. Aquests fragments encara no havien perdut la seva força creadora, però no havien conservat la seva orientació cap a l’ordre central. Aquesta absència d’un centre actiu era un fet que dolorosament s’imposava cada cop més en el meu esperit, a mesura que escoltava els oradors. Era un patiment gairebé físic. I malgrat tot, em sentia del tot impotent per trobar, en aquesta jungla d’opinions contradictòries, un camí cap al centre. I així vàrem passar hores i hores, escoltant discursos i discussions. Les ombres s’allargaven en el pati

## LA PART I EL TOT

del castell i, després, el dia calorós va acabar amb un crepuscle gris blau seguit d'una nit il·luminada per la lluna. Continuaven discutint, quan va aparèixer al balcó sobre el pati un noi amb un violí i es va fer silenci. Aleshores, van ressonar sobre nostre els primers acords en re menor de la xacona de Bach. En aquell precís instant, vaig tenir el sentiment que el contacte amb el centre<sup>1</sup> s'havia establert sense cap mena de dubte. Sota nostre, la vall de l'Altmühl, banyada amb el clar de lluna, hauria estat raó suficient per a un encantament romàntic, però aquesta no era l'explicació. Les notes clares de la xacona eren com un vent fresc, que esquinçaven la boira i feien aparèixer les estructures an guloses amagades darrere. Podíem, doncs, considerar que hi havia un centre i que aquest centre podia ser evocat a qualsevol època, per Plató i per Bach, en el llenguatge de la música o de la filosofia, o fins i tot de la religió. Havia de ser possible, per tant, tornar-lo a evocar avui i en el futur. Va ser la lliçó d'aquella vetllada.

Vàrem passar la resta de la nit vora els focs de camp i a les tendes, en una clariana veïna del castell, i allí ens deixàrem anar en un romanticisme a la Eichendorff<sup>2</sup>. El jove violinista, que era estudiant de la universitat, es va asseure prop del nostre grup i ens va tocar minuets de Mozart i Beethoven, intercalant vells cants populars. Jo vaig intentar acompanyar-lo amb la guitarra. Es va revelar com un alegre company, però no li agradava gaire que evoquéssim la solemnitat amb què havia interpretat la xacona de Bach. Quan un de nosaltres es va arriscar a fer-ho, li va etzibar:

—Saps en qui to van sonar les trompetes de Jericó?

—No.

—En re menor, és clar.

—Per què?

—Perquè van “*enredocar*” els murs de Jericó!<sup>3</sup>

Fugint ràpidament, va poder escapar a la nostra indignació causada per aquest joc de paraules.

El record d'aquella nit s'havia esvaït en la meva memòria mentre caminàvem per les altures vorejant el llac de Starnberg i parlàvem d'àtoms. L'observació feta per Robert quan havia citat

---

<sup>1</sup> 'Centre' tradueix aquí també després l'expressió 'zentrale Bereich' (literalment, l'àmbit, el domini central).

<sup>2</sup> Joseph von Eichendorff (1788-1857), cèlebre poeta i novel·lista romàntic alemany.

<sup>3</sup> En alemany re menor es diu *D-moll*; 'enderrocar' és '*demolieren*'; d'aquí el joc de paraules.



## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

Malebranche m'havia fet comprendre que la nostra experiència del àtoms només podia ser de naturalesa força indirecta, i que era força improbable que els àtoms fossin objectes. Era aparentment el que Plató havia volgut dir en el seu *Timeu*, i era d'aquesta manera que les seves especulacions sobre els cossos regulars esdevenien més o menys comprensibles. Quan la ciència moderna parlava també de "formes" dels àtoms, la paraula "forma" només es podia interpretar, segons jo pensava, en un sentit extremadament general, això és, com una estructura en l'espai i el temps, com una propietat de simetria de les forces presents o com una possibilitat de combinació amb altres àtoms. Em semblava força probable que mai no podríem descriure aquestes estructures de manera visual, donat que no pertanyien clarament al món dels objectes. Però potser podrien esdevenir accessibles a consideracions matemàtiques.

Vaig voler saber més, doncs, sobre els aspectes filosòfics del problema dels àtoms, i vaig parlar amb en Robert del passatge del *Timeu*. Li vaig preguntar si, en termes generals, estava d'acord amb la idea que tots els objectes materials estaven compostos d'àtoms. És a dir, que existien parts elementals, els mateixos àtoms, en què tota matèria podia ser descomposta. Vaig tenir la impressió que tenia una actitud bastant escèptica sobre aquest feix d'idees que feien referència a l'estructura atòmica de la matèria. Va asseverar-me el següent:

—“Aquest problema m'és estrany, perquè ens porta molt lluny del món de què tenim experiència directa. El món dels éssers humans, fins i tot el dels llacs i els boscos, m'és més proper que el dels àtoms. Malgrat això, podem qüestionar-nos el que passarà si intentem dividir la matèria sense aturador, així com també podem fer-nos la pregunta sobre si els planetes de les estrelles molt llunyanes estan habitats per éssers humans. No m'agraden aquesta mena de preguntes. Potser no en tinc ni tan sols ganes de conèixer-ne la resposta. Crec que en el món en què vivim tenim coses més importants a fer que fer-nos aquesta mena de preguntes.”

Vaig replicar:

—“No vull iniciar una discussió sobre la respectiva importància de les diferents coses de què ens hem d'ocupar. Per a mi la ciència sempre ha sigut molt interessant, i sé que hi ha molts homes seriosos que fan recerca per saber-ne més sobre la natura i les seves lleis. Potser l'èxit dels seus esforços serà important en definitiva per a la comunitat humana, però ara no vull parlar d'això. El que em preocupa és el següent: tenim la impressió, i és el que Kurt ha dit abans, que l'evolució moderna de la cièn-

## LA PART I EL TOT

cia i de la tècnica ens ha conduït al punt en què pràcticament podem veure directament els àtoms o, almenys, els seus efectes, al punt en què podem fer experiments amb els àtoms. Encara en sabem poc, perquè no n'hem après prou. Però si realment és així, quines són les teves opinions quant a això? I què en podries dir segons el punt de vista de Malebranche?"

—“En qualsevol cas, tendiria a esperar que els àtoms es comportessin de manera molt diferent als objectes de l'experiència quotidiana. M'imagino que, intentant subdividir-los cada vegada més, toparem amb discontinuïtats que conduiran a la conclusió d'una estructura granular de la matèria. Però tendiria a presumir que les estructures amb què ens trobarem en aquell moment escaparan en gran mesura a qualsevol fixació objectiva mitjançant imatges representables, i que seran més aviat una mena d'expressions abstractes de lleis naturals, però en cap cas objectes.”

—“I si es poden veure directament?"

—“No els podem veure, sinó que només podem veure'n els efectes.”

—“És un mal argument. Perquè succeeix el mateix amb tots els altres objectes. De fet, si consideres un gat, només es veuen els rajos de llum emesos pel seu cos. Dit d'una altra manera, els efectes del gat, i no el gat mateix. I si el toques, segueix sent en principi el mateix.”

—“No estic d'acord amb tu. Puc veure el gat directament, perquè en aquest cas puc, i fins hi tot *he de*, transformar les impressions sensorials en una representació. El gat presenta dos aspectes: un d'objectiu i un de subjectiu (el gat com a objecte i com a representació). Però en el cas de l'àtom és d'una altra manera. No podem separar la representació de l'objecte perquè, en el fons, l'àtom no és ni l'un ni l'altre.”

En aquell moment, Kurt es va tornar a implicar en la conversa:

—“El vostre diàleg esdevé massa savi per a mi. Us lliureu a especulacions filosòfiques quan hauríem simplement d'interrogar l'experiència. Potser els nostres estudis ens conduiran algun dia a experimentar amb els àtoms: aleshores veurem què són realment. I aquell dia probablement aprendrem que són tan existents i reals com tots els altres objectes amb els quals podem experimentar. Si és correcte que tots els objectes materials es componen d'àtoms, aleshores aquests àtoms són, sens dubte, tan veritables i reals com els objectes materials.”

—“No”, va replicar Robert, “aquesta conclusió em sembla extremadament qüestionable. Perquè podries aleshores afirmar

## PRIMERA TROBADA AMB LA TEORIA ATÒMICA

també que, donat que tots els éssers vius es componen d'àtoms, els àtoms són tan vius com aquests éssers. Això, evidentment, és absurd. És la conjunció de molts àtoms en estructures més grans que confereix a aquestes estructures les propietats, les qualitats que les caracteritzaran com les estructures o objectes que són.”

—“Així, creus que els àtoms no són ni veritables ni reals?”

—“Aquí exageres. Potser ni tan sols es tracta de saber aquí què coneixem sobre els àtoms, sinó més aviat de saber què signifiquen paraules com ‘veritable’ o ‘real’. Abans, en el passatge del *Timeu*, Plató identifica les parts més petites de la matèria amb determinades formes matemàtiques. Per bé que potser això sigui fals, perquè Plató no tenia cap experiència sobre els àtoms, suposem per un moment que aquesta possibilitat existeix. Diries que aquestes formes matemàtiques són ‘veritables’ i ‘reals’? Si fossin l’expressió de lleis naturals i, per tant, l’expressió de l’ordre central dels fenòmens materials, caldria qualificar-les com a ‘veritables’, donat que determinats efectes en resulten. Però no podríem dir que són ‘reals’ perquè no són una ‘res’, una cosa. De fet, aquí no sabem com utilitzar les paraules, i no és estrany, perquè ens hem allunyat força del domini de la nostra experiència immediata, en el qual es va formar el nostre llenguatge en els temps passats.”

En Kurt, però, no va quedar del tot satisfet amb aquesta resposta.

—“Sobre això, va dir, admeto fàcilment que és l’experiència la que ha de decidir. No puc concebre que la imaginació humana sigui suficient per endevinar el que succeeix amb les parts més petites de la matèria abans que ens familiaritzem amb el món de les partícules elementals gràcies a un gran nombre d’experiències. Només si aquestes experiències s’efectuen molt a consciència i sense idees preconcebudes, serem capaços d’arribar a una comprensió genuïna. Per això soc escèptic sobre l’interès que poden tenir discussions filosòfiques en profunditat sobre un tema tan difícil. Correm el risc de fer néixer prejudicis intel·lectuals que, lluny de facilitar després la comprensió dels problemes, la farà més difícil. Així espero que en un futur seran els científics els que en primer lloc s’ocuparan dels àtoms, i només en segon lloc els filòsofs.”

Aquí els nostres companys de camí van començar a manifestar la seva impaciència.

—“No parareu de parlar d’aquestes coses estranyes que ningú comprèn? Si voleu preparar els exàmens, feu-ho a casa. Míllor canteu amb nosaltres!”

## LA PART I EL TOT

Així que vam cantar una cançó. El so clar de les nostres veus i els colors vius dels prats florits semblaven en aquell moment molt més reals que els nostres pensament sobre els àtoms. Van fer que el somni al qual ens havíem abandonat s'esvaís ràpidament.

## Capítol II

### LA MEVA DECISIÓ D'ESTUDIAR FÍSICA (1920)

El període del Liceu i l'inici dels meus estudis universitaris van quedar separats per un profund trencament. En acabar el meu batxillerat, me'n vaig anar d'excursió per la Francònia amb el mateix grup d'amics que havien participat a la caminada del llac de Starnberg, on havíem discutit tant sobre la teoria dels àtoms. Després vaig caure greument malalt i vaig haver de quedar-me al llit, amb molta febre, durant moltes setmanes. Durant la llarga convalescència que vaig haver de fer, em vaig trobar de nou sol amb els meus llibres. En aquells mesos complicats, m'havia caigut a les mans un llibre que em tenia fascinat, per bé que no n'entenia ni la meitat del contingut. Es tractava de l'obra del matemàtic Hermann Weyl, *Espai-temps-matèria*, on l'autor proposava una representació matemàtica de la teoria de la relativitat d'Einstein. Jo intentava entendre els complicats mètodes matemàtics descrits en el llibre, així com les estructures abstractes de la teoria de la relativitat que estaven a la base d'aquests mètodes. Aquesta temptativa m'ocupava i em preocupava profundament. Això va reforçar la meva decisió, presa amb anterioritat, d'estudiar matemàtiques a la Universitat de Munic.

Durant els primers dies d'estudis universitaris, es va produir un gir curiós i per a mi força sorprenent, que tot seguit explicaré breument. El meu pare, que era professor de grec antic i modern a la Universitat de Munic, m'havia aconseguit una entrevista amb el professor Lindemann, matemàtic eminent que havia esdevingut famós resolent definitivament el vell problema de la quadratura del cercle. Tenia la intenció de pregar a Lindemann que m'admetés en el seu seminari perquè m'imaginava que estava prou preparat per a un seminari d'aquesta mena, gràcies als estudis matemàtics que havia seguit en paral·lel al treball del Liceu. Vaig anar a visitar, doncs, a Lindemann, que s'ocupava també de funcions administratives a la Universitat, en una ha-