

La ciència i nosaltres

(assaig inacabat, entre principis d'abril i mitjan juny del 1941)

contingut:

La ruptura del segle XX
La ciència clàssica
La ciència grega
La ciència del segle XX
El negligible en la ciència
Història dels tempteigs de la ciència

La ruptura del segle XX

A nosaltres, gent d'Occident, ens ha passat una cosa ben estranya, en aquest tombant de segle: hem perdut la ciència sense adonar-nos-en, o almenys el que de feia quatre segles anomenàvem així. El que ara tenim amb aquest nom és una altra cosa, radicalment una altra cosa, i no sabem pas què. Potser no ho sap ningú. El gran públic percebé quelcom singular per allà el 1920, a propòsit d'Einstein, i certament se n'admirà, car ¿no hem convingut que el nostre segle és admirable? Però la teoria de la relativitat no havia pas de capgirar res, car per allà el 1900 la dels quanta ja ho havia capgirat tot. Per una altra banda, per estranyes que siguin l'aplicació d'una geometria no euclidiana, la curvatura de l'espai, el temps considerat com a dimensió i una velocitat alhora infinita i mesurable, almenys la noció que ha donat nom a la teoria d'Einstein, la idea que moviment i repòs només tenen sentit en relació a un sistema de referència, no és ni nova ni estranya; es troba en Descartes i, si Newton la rebutjà, no ho féu pas com a absurditat evident. Els quanta d'energia, però, són tota una altra cosa.

La teoria dels quanta, en l'evolució de la ciència, hi determina una ruptura, i de dues maneres. D'entrada, hi determina el retorn del discontinu. El nombre, fins on arribem a saber, fou tot primer l'únic objecte a què s'aplicà el mètode matemàtic; en el seu estudi s'havia arribat tan lluny que un adolescent babiloni de fa quatre mil anys sabia si fa no fa tanta àlgebra com un batxiller francès d'avui, però era una àlgebra consistent en equacions numèriques. A més, certs enunciats de problemes —n'hi ha un que parla d'una suma de dos nombres, l'un dels quals és un nombre de dies i l'altre un nombre d'obres— semblen indicar que l'àlgebra era llavors el que és també avui per a certs esperits, un maneig de relacions purament convencionals, no pas un coneixement del món; el món no n'aporta mai, de dades com aquestes.

Fins on arribem a saber, és a Grècia, al segle VI, on el mètode matemàtic surt del nombre per a aplicar-se al món i, això, prenent per objecte el continu. Que aquest canvi d'objecte fou conscient, de la part dels grecs, en tenim de senyal que fins a una època molt tardana, fins a Diofant, fingiren d'ignorar l'àlgebra i les seves equacions; només les admetien, les relacions algebraïques, si anaven vestides de proposicions geomètriques.

L'*Epinomis* defineix la geometria com “una assimilació dels nombres naturalment no semblants entre ells, assimilació esdevinguda evident gràcies a les propietats de les figures planes”; això és definir-la com la ciència del nombre generalitzat, és a dir, de la quantitat, expressable o no en forma de nombres i fraccions. L'expressió de nombres semblants sembla indicar que la construcció de triangles semblants, fonament de la geometria, era per als grecs un mètode de cerca de proporcions, i sens dubte la construcció del triangle rectangle, combinació de triangles semblants, els era un mètode de cerca de mitjanes proporcionals; la proporció, per als grecs, fou potser el mòbil dels estudis geomètrics, car la major part de les seves descobertes poden agrupar-se entorn de dos problemes, la cerca d'una mitjana proporcional entre dos nombres i la cerca de dues mitjanes proporcionals entre dos nombres. Plató empenyé a resoldre el segon i no pogué impedir-se de celebrar sens parar, amb una singular exaltació, la solució del primer.

Sigui com sigui, els grecs de començaments del segle IV tenien, en la forma més rigorosa, una teoria completa del nombre generalitzat i una concepció perfectament precisa del càlcul integral. Com que les ratlles representades per les figures geomètriques són sempre, alhora, trajectòries de moviments, la seva geometria era per a ells la ciència de la natura; “Déu és un perpetu geòmetra”. La noció de funció, ànima de tot coneixement científic, substituïa l'equació de l'àlgebra babiloniana. L'ús de les lletres per a representar, no pas nombres enters o fraccions qualssevol, sinó nombres qualssevol en el sentit del nombre generalitzat, permeté al Renaixement de conservar, alhora que l'heretatge de Grècia, el dels babilonis, transmès a través de Diofant, dels hindús i dels àrabs; la forma d'equació serví llavors per a expressar la funció, i se'n seguí immediatament el càlcul diferencial i integral; i l'àlgebra creada pel Renaixement, equivalent modern de la geometria grega, expressió com ella de combinacions entre magnituds contínues anàlogues a les distàncies, féu el seu mateix paper d'instrument per al coneixement de la natura. Les sèries de Fourier referents a la calor en són un exemple brillant.

Però l'esperit humà no es pot pas atènyer ni al nombre ni al continu; va de l'un a l'altre, i alguna cosa en la natura respon a l'un i a l'altre, sense la qual cosa l'home, tal com és, que pensa sempre el nombre i l'espai, no podria pas viure. Durant el segle XIX, sobretot cap a la fi, el discontinu s'imposà novament al pensament científic en totes les branques de la ciència. En matemàtiques, els grups i tot el que en procedeix, l'extensió de l'aritmètica i les seves noves relacions amb l'anàlisi; en física, els àtoms, la teoria cinètica dels gasos, els quanta; totes les lleis químiques; i en biologia, les mutacions; són, tot plegat, senyals del retorn de la ciència al discontinu. Aquest retorn, etapa d'un balanceig inevitable entre dues nocions correlatives, no pot pas ser més natural; el que és, sense exageració, contrari a la natura és l'ús del discontinu en la física contemporània en dividir en àtoms l'energia, que no és més que una funció de l'espai. Per això, el que el 1900 se'n deia la ciència, el que avui cal dir-ne la ciència clàssica, ha desaparegut, car se n'ha suprimit radicalment el significat.

La ciència clàssica

Els científics que se succeïren del Renaixement fins a la fi del segle XIX no s'esforçaren pas només a acumular experiències; tenien un objecte; perseguïen una representació de l'univers. El model d'aquesta representació era el treball o, més exactament, la forma elemental, grossera, del treball, aquella en què l'hàbit, la traça, la vista i la inspiració no hi

intervenen, és a dir, la feina de manobre, la manipulació de mercaderies. Entre un desig qualsevol i la satisfacció d'aquest desig, hi ha per a nosaltres una distància que, en cert sentit, és el món; si desitjo de veure damunt la taula un llibre que és a terra, no tindrè satisfacció a aquest desig mentre no hagi agafat el llibre i no l'hagi alçat tota l'alçada que separa la taula del terra. Si considerem un pla horitzontal situat entre el de la taula i el del terra, en cap cas, passi el que passi, s'esdevingui el que s'esdevingui d'entre la infinitat de possibilitats, el llibre no serà damunt la taula mentre no hagi travessat aquest pla. Puc estalviar-me el pes del llibre, si n'arrenco una pàgina rere l'altra i així n'alço cada cop només una pàgina; però llavors hauré de recomençar tantes vegades com pàgines té el llibre. Imaginem en lloc meu un idiota, un criminal, un heroi, un savi o un sant, i no hi haurà diferència. El conjunt de necessitats geomètriques i mecàniques a què una tal acció està sempre sotmesa és la maledicció original, la que castigà Adam, la que fa la diferència entre l'univers i el paradís terrestre, la maledicció del treball.

La ciència clàssica, la que el Renaixement suscità, la que morí vora 1900, intentà de representar tots els fenòmens que es produeixen a l'univers imaginant, entre dos estats successius d'un sistema constatat per l'observació, uns estats intermedis anàlegs als que travessa l'home que executa un treball simple. Pensà l'univers segons el model de la relació entre una acció humana qualsevol i les necessitats que li fan d'obstacle en imposar-li condicions. No es tractava pas, és clar, d'imaginar voluntats en acció, rere els fenòmens de la natura, car es tractaria de voluntats no anàlogues a les dels homes, no lligades a cossos, sobrenaturals, és a dir, dispensades de les condicions del treball; així, doncs, per a establir una analogia entre els fenòmens de la natura i el treball, calia necessàriament eliminar del treball un dels dos termes que el defineixen, sense el qual no es pot concebre. Certament, la llei del treball que regula la vida humana és la llei de l'acció indirecta, per la qual cada etapa de l'execució és independent de la precedent i de la següent, indiferent al desig i al resultat esperat; si vull alçar una pedra molt grossa, me'n sortiré no pas alçant-la, sinó abaixant una cosa, a condició que aquesta cosa sigui una palanca. A través d'un tal encadenament d'intermediaris, exteriors al meu desig, toco el món, i el penso segons el model d'una tal cadena d'intermediaris, però d'intermediaris purs, que en són entre no res i no res. Almenys, intento de pensar així; però no ho puc pas aconseguir del tot, de concebre cap treball sense treballador, cap obstacle no oposant-se a cap acció, cap conjunt de condicions que no en siguin de cap projecte. És per això que hi ha una obscuritat impenetrable —ens en podem convèncer fins i tot resseguint un manual escolar— en les nocions simples i fonamentals de la mecànica i de la física: repòs, moviment, velocitat, acceleració, punt material, sistema de cossos, inèrcia, força, treball, energia, potencial.

Tanmateix, la ciència clàssica aconseguí finalment de sotmetre tot estudi d'un fenomen de la natura a una noció única, directament derivada de la de treball, la noció d'energia. Fou el resultat de llargs esforços. Lagrange, recolzant-se en el que havien trobat Bernouilli i d'Alembert, i per mitjà del càlcul diferencial, arribà a definir mitjançant una única fórmula tots els estats possibles d'equilibri o de moviment de no importa quin sistema de cossos sotmesos a forces qualssevol, fórmula només relacionada amb distàncies i forces —o, el que és el mateix, amb masses i velocitats—, és a dir, amb quelcom anàleg al pes; d'això, Maxwell, en un esclat de geni, en conclugué que, si d'un fenomen se'n pot imaginar un model mecànic, se'n poden imaginar una infinitat. Sobreentent-hi que tots són iguals en valor explicatiu. En resultà, llavors, que és inútil d'imaginar-n'hi cap; n'hi ha prou d'establir que és possible d'imaginar-n'hi. La noció d'energia, funció de la distància i la força, o també de la massa i la velocitat, mesura comuna de tots els treballs,

és a dir, de totes les transformacions anàlogues a l'elevació o la caiguda d'un pes, n'aportà el mitjà; la fórmula única de la dinàmica expressa que, en un sistema, en el pas d'un seu estat a un altre, la variació d'aquesta funció és nul·la si cap força exterior al sistema no hi ha intervingut. Aplicar una tal fórmula a un fenomen és establir que és possible d'imaginar per a aquest fenomen un model mecànic. Així, ja no cal que ens en preocupem més, dels estats intermedis, posem només que la relació entre dos estats successius experimentalment constatats d'un sistema és idèntica o equivalent a la relació entre el punt de sortida i el d'arribada d'un treball humà; i per a cada espècie de fenòmens cerquem d'establir equivalències numèriques entre certes mesures preses durant les experiències i les distàncies i els pesos, que són per a l'home els obstacles del treball. La noció de treball és sempre present, car l'energia es mesura sempre en distàncies i en pesos; i per bé que la força sigui una funció de la massa i de l'acceleració, i no res que s'assembla a un esforç, el lloc ocupat per l'acceleració en les fórmules ve de la coerció de la pesantor en tota acció humana. La ciència del segle XIX consistí a determinar, en diferents espècies de fenòmens, equivalències numèriques amb distàncies i pesos, com féu Joule, el primer, amb la calor.

Aquella ciència féu encara una altra cosa, inventà una noció nova que traduïa, per a aplicar-la a l'energia, la necessitat que, amb la de treballar, pesa més feixugament damunt la vida humana. Aquesta necessitat té a veure justament amb el temps, i consisteix en el fet que el temps té una direcció, de manera que, passi el que passi, el sentit d'una transformació no és mai indiferent. Experimentem aquesta necessitat no sols amb l'envelliment, que ens estreny lentament i no ens deixa mai, sinó amb els esdeveniments de cada dia. Un moment i un esforç, si fa no fa tan petits com vulguem, poden ser prou per a fer caure un llibre d'una taula, barrejar uns papers, tacar un vestit, rebregar una roba, cremar un camp de blat, matar un home. Calen esforços i temps per a alçar el llibre fins a la taula, posar en ordre els papers, netejar el vestit, planxar la roba; cal un any d'esforços i atencions perquè al camp hi hagi unes altres messes; l'home mort no es pot pas ressuscitar, i per a fer-ne sortir al món un altre calen vint anys. Aquesta necessitat, que ens encadena estretament, es reflecteix en la coerció social, pel poder que procura als qui saben cremar camps i matar homes, coses ràpides, damunt dels qui saben fer sortir el blat i criar els infants, coses lentes. Ara bé, l'espai no l'expressa de cap manera, indiferent com és a totes les direccions. Tampoc no l'expressa el pes, car els pesos de la dinàmica són pesos elàstics que mai no cauen sense rebotre; cal que siguin així per a l'expressió de la necessitat essencial del treball humà, transportada pels físics a la natura, a saber, que res al món no en pot dispensar. Però aleshores en resulta que a la noció d'energia, definida per les distàncies i els pesos, cal afegir-hi alguna cosa, per a expressar aquella condició de tota acció humana. Cal afegir-hi que tota transformació té un sentit, que no és indiferent. Però cal dir-ho amb una fórmula algebraica, amb el llenguatge de la matemàtica aplicada a la física. Clausius se'n sortí, i inventà així el que en diem l'entropia.

S'estableix que en tot fenomen s'hi dona una tal transformació de l'energia que no hi ha manera, passi el que passi, un cop el fenomen acabat, de restablir exactament, arreu, l'estat inicial. Traduïm aquest principi per la ficció d'una magnitud que, en tot sistema on hi hagi un canvi, augmenta sempre, fora que hi intervinguin factors exteriors; només en són excepció els fenòmens purament mecànics, els no acompanyats d'escalfaments ni de refredaments, però de fenòmens així no n'hi ha pas. La recerca d'una fórmula algebraica per a aquesta magnitud és el triomf més complet de la noció de límit trobada en altre temps per Eudox juntament amb el càlcul integral; car només s'hi tracta de límits. Com que s'hi consideren variacions lligades a les de la calor, se cerca un cas, per bé que

impossible, en què el fenomen es produeixi sense aportació ni sostracció de calor i on tanmateix la temperatura hi faci un paper; aquest cas el forneixen els gasos perfectes, gasos no existents però que, contràriament als existents, poden dilatar-se sense canviar de temperatura mitjançant una compressió infinitament lenta obtinguda per una pressió igual a la del gas, cosa evidentment impossible; l'anul·lació d'una fórmula diferencial, seguida d'una integració, permeten d'obtenir una funció de la temperatura i del volum, la qual, pel fet de ser constant, correspon per hipòtesi a l'entropia. El creixement de l'entropia és funció del creixement de l'energia, del creixement del volum, de la pressió, de la temperatura i de la massa; o, encara, és proporcional a la massa i a la raó entre la calor aportada i la temperatura. Uns altres càlculs permeten d'aplicar la noció d'entropia als gasos existents. Aquest fou el coronament de la ciència clàssica, que a partir de llavors havia de creure's capaç, per mitjà dels càlculs, les mesures i les equivalències numèriques, de llegir, en tots els fenòmens de l'univers, simples variacions de l'energia i de l'entropia conformes a una llei simple. Amb la idea d'un tal èxit, n'hi havia per a embriagar els esperits. La catàstrofe vingué poc després.

La grandesa d'aquesta empresa de quatre segles no es pot pas negar. La necessitat, que ens força en l'acció més simple, ens dóna, des que la relacionem amb les coses, la idea d'un món tan completament indiferent als nostres desigs, que experimentem com en som a prop, de no ser res. En pensar-nos a nosaltres mateixos des del punt de vista del món, si es pot dir així, arribem a aquesta indiferència, pel que fa a nosaltres, sense la qual no ens podem deslliurar del desig, de l'esperança, de la por, de l'esdevenir, sense la qual no hi ha virtut ni saviesa, sense la qual vivim en el somni. És el contacte amb la necessitat allò que substitueix el somni per la realitat. L'eclipsi és un malson mentre no comprenem que la desaparició del sol, a l'eclipsi, és anàloga a la desaparició del sol en l'home que es tapa els ulls amb el mantell; quan ho comprenem, l'eclipsi és un fet. El que hi ha de purificador en l'espectacle i en la prova de la necessitat, uns versos esplèndids de Lucreci són prou per a fer-ho sentir; la desgràcia ben suportada és una purificació d'aquesta mena; i també la ciència clàssica és una purificació, si en fem un bon ús, ella que cerca de llegir, travessant les aparences, aquesta necessitat inexorable que fa del món un món on no comptem, un món on treballem, un món indiferent al desig, a les aspiracions, al bé; ella que estudia aquest sol que lluu indiferentment sobre bons i dolents.

Però no ens pot pas recar que hagi arribat a terme, car era limitada per naturalesa. Allò per què s'interessa, per començar, és limitat i fins i tot feble; és terriblement monòtona i, un cop copsat el principi, és a dir, l'analogia entre els esdeveniments del món i la forma més simple de treball humà, no pot aportar res de nou, per molt que vagi acumulant descobriments. Aquests descobriments no afegeixen cap valor nou al principi, car és d'ell que treuen tot el valor. O si, per mitjà d'ells, pren un valor més gran, és només en la mesura que és realment copsat per un esperit humà al moment del descobriment, car l'acte per què un esperit es posa sobtadament a llegir la necessitat travessant les aparences és sempre admirable; així, Fresnel llegint la necessitat en les franges de llum i d'ombra per analogia amb les ondulacions de l'aigua. També, l'actitud d'esperit científic és admirable al moment en què és la de l'home debatent-se amb els esdeveniments, els perills, les responsabilitats, les emocions, potser els terrors, per exemple en un vaixell o en un avió. Al contrari, res no hi ha més trist, desèrtic, que l'acumulació de resultats de la ciència, en estat de residu mort, en els llibres. Una acumulació indefinida d'obres de física clàssica no és pas desitjable.

Tampoc no és possible, però; la ciència clàssica és limitada, pel que fa a l'extensió, perquè l'esperit humà és limitat. Els homes són diferents, entre ells; però, fins en els més

dotats, l'esperit humà, a partir d'una certa quantitat de fets clarament concebuts, el conjunt ja no el pot pas abraçar; ara bé, la síntesi només s'acompleix entre fets concebuts per un mateix esperit; no hi pot pas haver síntesi entre un fet pensat per mi i un fet pensat pel veí, i si el veí i jo en pensem dos cadascun mai no en seran quatre. Doncs bé, tota teoria física és una síntesi dels elements de la qual són fets concebuts en qualitat d'anàlegs entre si. Com que els fets es van acumulant a mesura que les generacions de científics se succeeixen i, en canvi, no hi ha progrés en la capacitat de l'esperit humà, la quantitat dels fets a abraçar arriba a superar de lluny l'abast d'un esperit; el científic, des d'aquest moment, a l'esperit ja no hi té els fets, sinó les síntesis operades per altres a partir dels fets, síntesis de què en fa al seu torn una síntesi sense haver-les revisades. Aquesta operació té menys valor, menys interès, menys possibilitats d'encertar com més gran és la distància entre el pensament i els fets. Així, la ciència clàssica duia, en el seu progrés, un factor progressiu de paràlisi que algun dia l'havia de dur a la mort.

Però és que, fins si abraçava l'univers sencer i tots els fenòmens, en continuaria essent, de limitada; de l'univers, només en retria compte parcialment. L'univers que descriu és un univers d'esclau, i l'home, inclosos els esclaus, no és pas un esclau, només. Certament, l'home és aquest ésser que, si a terra hi veu un objecte i el vol veure damunt la taula, està obligat a alçar-lo; però és, també, alhora, tota una altra cosa. El món, certament, és aquest món que posa una distància, costosa de superar, entre tot desig i tot compliment, però és, també, alhora, tota una altra cosa. N'estem segurs, que és tota una altra cosa, sense la qual no existiríem. És cert que la matèria que constitueix el món és un teixit de necessitats cegues, absolutament indiferents als nostres desigs; és veritat també que, en cert sentit, són absolutament indiferents a les aspiracions de l'esperit, indiferents al bé; però en cert sentit, també, no és pas veritat, això. Car, si mai hi ha hagut al món, ni que sigui en un sol home i un sol dia, verdadera santedat, això vol dir que, en cert sentit, la santedat és una cosa de què la matèria és capaç; car només existeixen la matèria i el que hi és inscrit. El cos de l'home, i per consegüent, en particular, el cos del sant, no és altra cosa que matèria i un tros del món, d'aquest món que és un teixit de necessitats mecàniques. Pel que fa al bé, estem regits per una doble llei de la matèria que constitueix el món, una indiferència evident i una misteriosa complicitat; és la crida d'aquesta doble llei el que ens arriba al cor en l'espectacle del bell.

Res no hi ha més estrany al bé que la ciència clàssica, que pren el treball més elemental, el d'esclau, com a principi de la seva reconstrucció del món; el bé no hi és evocat ni per contrast, com a terme antagonista. El fet que mai, enlloc, fora dels quatre darrers segles a la petita península d'Europa i al seu prolongament americà, els homes no s'hagin pres la pena d'elaborar una ciència positiva, podem potser explicar-nos-el així. Que del que estaven més desitjosos era de copsar la secreta complicitat de l'univers amb el bé. Hi ha un gran atractiu, en això, però també un gran perill; car l'home confon fàcilment l'aspiració al bé amb el desig; el pecat no és altra cosa que aquesta barreja impura; així, en intentar de copsar, en el món, valors més que no pas necessitat, hom s'arrisca a encoratjar dins seu el que hi ha de més tèrbol. Si sap evitar aquest perill, però, una tal temptativa és potser un mètode de purificació ben superior a la ciència positiva. És clar que no pot pas dur a un saber comunicable a la manera de la ciència; ens en convencerem si meditem que tot estudi científic dels fenòmens de la natura, per abstracte que sigui, és fet de manera que dugui, a fi de comptes, a una col·lecció de receptes tècniques, mentre que els savis, els grans artistes, els sants, no en disposen mai, de receptes, no sols per a ús d'altri, ans ni per al propi, tot i tenir cada un d'ells un mètode per a donar existència al bé a què aspiren. Els resultats dels esforços acomplerts per a

pensar l'univers, el cos humà, la condició humana en la seva relació amb el bé, potser no es poden expressar amb cap altre llenguatge que no sigui el dels mites, el de la poesia, el de les imatges; imatges fetes no sols de mots, ans també d'objectes i accions. La tria de les imatges pot, certament, ser més o menys encertada. Quan n'és, d'encertada, les imatges contenen sempre algun misteri. L'ordalia de l'edat mitjana, per exemple, el foc que no crema, l'aigua que no nega els innocents, és una imatge d'aquesta mena, clara però molt grossera. A la mateixa època, l'alquímia és una imatge misteriosa i més elevada; és ben bé sense raó que hem pres els alquimistes per precursors dels químics, car veien la virtut més pura i la saviesa com a condició indispensable a l'èxit de les seves manipulacions, mentre que Lavoisier cercava, per a unir l'oxigen i l'hidrogen en aigua, una recepta susceptible de sortir bé tant en mans d'un idiota o un criminal com en les seves. Totes les civilitzacions altres que la de l'Europa moderna consisteixen essencialment en l'elaboració d'imatges d'aquesta mena.

La ciència grega

Entre totes les recerques altres que la ciència positiva, la ciència grega, malgrat la seva claredat meravellosa, inigualada, és per a nosaltres un misteri. En cert sentit és el començament de la ciència positiva; i, a primer cop d'ull, la destrucció de Grècia per les armes sembla haver-hi determinat només una interrupció de disset segles, no pas un canvi d'orientació. Tota la ciència clàssica és ja continguda en els treballs d'Eudox i d'Arquímedes. Eudox —amic de Plató i deixeble d'un dels darrers pitagòrics autèntics—, a qui són atribuïdes la teoria del nombre generalitzat i la invenció del càlcul integral, combinà moviments circulars uniformes sobre una mateixa esfera, entorn d'eixos diferents i amb velocitats diferents, per a formar un model mecànic que retés perfectament compte de tots els fets coneguts a la seva època relatius als astres. La idea d'un mateix mòbil acomplint alhora diferents moviments component-se en una certa trajectòria és el fonament de la cinemàtica i és l'única que permet de concebre una composició de forces; nosaltres només hi hem reemplaçat els moviments circulars pels rectilinis i introduït l'acceleració. És aquesta l'única diferència entre la nostra concepció del moviment dels astres i la d'Eudox, car, tot i que Newton parlà molt de força d'atracció, la gravitació no és altra cosa que un moviment uniformement accelerat en la direcció del sol. Arquímedes fundà no sols l'estàtica, ans la mecànica sencera amb la seva teoria purament matemàtica de la balança, de la palanca, del centre de gravetat; i la seva teoria de l'equilibri dels cossos en flotació, també purament matemàtica, que duu a considerar els fluids com un conjunt de palanques superposades on un eix de simetria hi fa el paper de punt de suport, conté en germen tota la física. És ben bé sense raó que en l'ensenyament rebaixem avui aquestes concepcions meravelloses al rang de les observacions empíriques més despullades d'interès. És veritat que la dinàmica, fonamentada en la consideració del moviment uniformement accelerat, constituí al segle XVI una novetat; però si, gràcies a Bernouilli, a d'Alembert i a Lagrange arribarem a reduir tota la dinàmica a una fórmula única, fou retornant-la tant com es pogué a l'estàtica en definir la cohesió d'un sistema de cossos, o de punts materials en moviment, com un equilibri idèntic al de la palanca. La ciència clàssica no és més que un esforç per a concebre totes les coses de la natura com a sistemes de palanques, així com Arquímedes havia fet amb l'aigua.

Però si la ciència grega és el començament de la ciència clàssica, és també, alhora, una altra cosa. Les nocions que fa servir tenen, totes, ressonàncies commovedores i més d'un sentit. La d'equilibri, per exemple, havia estat sempre al centre del pensament grec; ja, d'altra banda, a Egipte, des de feia segles i segles, la balança era el símbol per excel·lència de l'equitat, per a ells la primera de les virtuts. La injustícia apareix, implícitament a la *Illiada* i gairebé explícitament en Èsquil, com una ruptura d'equilibri que més tard necessàriament un desequilibri en sentit contrari caldrà que compensi, i així successivament; una fórmula singular d'Anaximandre aplica aquesta concepció a la pròpia natura fent aparèixer tot el curs dels fenòmens naturals com una successió de desequilibris semblants que es compensen, imatge mòbil de l'equilibri així com el temps és la imatge mòbil de l'eternitat. "Així com la naixença fa sortir les coses de l'indeterminat, la destrucció les hi fa tornar per necessitat; car pateixen un càstig i una expiació les unes de part de les altres per les seves injustícies mútues, segons l'ordre del temps." Unes quantes ratlles del *Gòrgies*, potser les més belles, fan el mateix so; Sòcrates hi retreu al defensor de la injustícia d'ignorar que la concòrdia i l'harmonia determinen l'ordre del món, i d'oblidar la geometria. La noció que apareix en tals paraules és la mateixa que, sota el nom d'equilibri, constitueix la física grega. Arquímedes hagué només de trobar-ne una definició rigorosa; o més aviat dues, de definicions, l'una geomètrica i l'altra empírica. El moviment i més generalment el canvi apareixen en els grecs com un desequilibri; així, als ulls d'Arquímedes, el signe de l'equilibri és la immobilitat. Per un altre costat, si un sistema de cossos està simètricament repartit entorn d'un eix, és evident que el conjunt de cossos situats en una banda de l'eix no pot exercir cap acció sobre el conjunt de cossos situats a l'altra, i una tal simetria constitueix la definició geomètrica de l'equilibri. El postulat és que, per als sistemes de cossos així considerats, les dues definicions coincideixen, i que en cas que hi hagués repòs sense simetria fóra sempre possible tanmateix de descobrir-hi, per mitjà d'un seguit de demostracions matemàtiques rigoroses, una simetria amagada. Tot això, per bé que no explícitament enunciat per Arquímedes, és implicat clarament pels seus postulats, les seves hipòtesis i els seus teoremes. D'altra banda, la noció d'equilibri hi domina totes les formes d'art autèntiques, i el mateix es pot dir de la proporció, aquesta noció central de la geometria grega; pel que fa als moviments circulars uniformes d'Eudox, fan pensar en la dansa; hi ha, encara, una pàgina esplèndida de l'*Epinomis* sobre la dansa dels astres, dansa que un escriptor grec comparà més tard amb aquelles amb què envoltaven el qui volien preparar per a la iniciació d'Eleusis. Així com la ciència clàssica és essencialment parenta de la tècnica, així la ciència grega, tot i que tan rigorosa o potser més i no pas menys aplicada a copsar necessitats pertot, és essencialment parenta de l'art i sobretot de l'art grec.

La ciència clàssica pren com a model de la representació del món la relació entre un desig qualsevol i les condicions per a aconseguir-lo, suprimint-hi, però, el primer terme de la relació; aquesta supressió, però, no pot pas ser completa. És per això que es fonamenta en el moviment rectilini, forma pròpia del projecte, pensament de tothom qui desitja, per exemple, ser en tal lloc, o atènyer o colpir quelcom o algú; i és per això també que es fonamenta en la distància, condició necessàriament continguda en el desig de tot ésser sotmès al temps. D'un tal quadre del món, el bé n'és totalment absent, absent fins al punt que no s'hi troba ni l'empremta d'aquesta absència; car fins i tot el terme de la relació que hom s'esforça a suprimir-hi, el terme referit a l'home, és del tot estrany al bé. És per això que la ciència clàssica no és bella; ni toca el cor ni conté cap saviesa. Es comprèn que Keats hagi odiat Newton, i que Goethe tampoc no l'hagi estimat. Era ben altrament, entre els grecs. Homes feliços, en qui l'amor, l'art i la ciència només eren tres aspectes,

amb prou feines diferents, del moviment de l'ànima vers el bé. Som uns miserables, comparats amb ells, i tanmateix el que en féu la grandesa ho tenim a l'abast de la mà.

Segons una admirable imatge que trobem en els maniqueus, i que remunta de segur fins a molt més enrere, l'esperit està esquinçat, fet a trossos, dispersat per l'espai, per la matèria extensa. Està crucificat damunt l'extensió; i la creu, ¿que no és el símbol de l'extensió, essent que és feta de les dues direccions perpendiculars que la defineixen? L'esperit està també crucificat damunt del temps, dispersat a trossos per ell, i és el mateix esquarterament. L'espai i el temps són una sola i mateixa necessitat, doblement sensible, i no n'hi ha d'altra, de necessitat. L'ésser pensant, tant en el seu desig més animal com en la seva aspiració més alta, està separat de si mateix per la distància que posa el temps entre el que ell és i el que ell tendeix a ser, i si creu haver-se trobat a si mateix, es perd tot seguit per la desaparició del passat. El que ell en tal instant és no és res, el que ha estat i el que serà no és, i el món extens és fet de tot el que se li escapa, fixat com està ell en un punt com per cadena i presó, impotent per a ser enlloc més si no és havent despès temps, havent-se sotmès a un esforç, havent abandonat el punt on era tot primer. El plaer el clava al lloc de la presó i a l'instant present, que tanmateix perd, el desig el suspèn d'un instant proper i fa desaparèixer el món sencer per un objecte, el dolor consisteix sempre, per a ell, a sentir l'esquinçament i la dispersió del seu pensament a través de la juxtaposició dels moments i dels llocs. Tanmateix, però, l'ésser pensant és fet, ho sent, per a altra cosa que no el temps i l'espai; i, en no poder-se impedir de tenir-los presents al pensament, se sent fet almenys per a ser-ne l'amo, per a habitar l'eternitat, per a dominar i abraçar el temps, per a posseir alhora tot l'univers estès arreu. La necessitat del temps i de l'espai s'hi oposa. Però les coses, juxtaposades en l'extensió i canviant instant a instant, forneixen tanmateix a l'home una imatge d'aquesta sobirania perduda i prohibida. Altrament, l'home no viuria; car només li és donat de pensar el que li és sensible. És a causa d'aquesta imatge que l'univers, tot i que desprietat, mereix que l'estimem, fins i tot quan patim, com una pàtria i una ciutat.

Aquesta imatge, l'aporten certes obres humanes pel límit, l'ordre, l'harmonia, la proporció, les repeticions regulars, per tot el que permet a l'home d'abraçar amb un sol acte del pensament una juxtaposició de llocs equivalent a tots els llocs, una successió d'instantos equivalent a tots els instantos, com si ell fos pertot i sempre, com si fos etern. Però perquè en això hi hagi una verdadera imatge de la mirada que l'home voldria poder baixar sobre el món, i no pas una mentida buida i freda, cal que aquest acte sigui difícil, que sembli a punt d'acabar-se i no s'acabi mai, que la necessitat del temps i de l'espai que s'hi oposa sigui més dolorosament sentida que fins en els moments més malaurats de la vida. Una justa barreja de la unitat i del que s'hi oposa és la condició del bell i el secret de l'art, secret misteriós també per a l'artista. Un seguit de sons varia com la veu d'un ésser esclau de l'emoció, sotmès al canvi, sotmès també a l'obsessió; tanmateix, les combinacions de sons s'encadenen amb repeticions regulars en què semblen alhora idèntiques a si mateixes i noves, de manera que el qui escolta recorre just el seguit a què està encadenat; el silenci envolta aquest seguit d'una banda i de l'altra, hi marca un començament i una fi, i alhora sembla prolongar-lo indefinidament. Un espai és tancat per límits que hom no s'imagina modificables i que semblen contenir un món a part, però evoca també, fora d'ell, distàncies il·limitades, més llunyes que els estels, en totes direccions; hom el copsa gairebé d'un cop d'ull en la seva estructura, però convida a fer camí, cosa que en desenvolupa una infinitat d'aspectes diferents. Un marbre que creuríem fluid i desfent-se per capes, que creuríem flexible a la pressió de l'univers envoltant, ha pres per a sempre la forma d'un cos humà intacte, en la posició d'equilibri

en què la pesantor no l'altera i en què tot moviment és igualment possible. Una petita superfície conté dins límits ben marcats un espai infinitament vast de tres dimensions, on coses i éssers estan lligats i separats alhora per la seva posició recíproca, fixats en l'aparença d'un instant, i com si no els vegés ningú des de cap punt de vista, com si fossin sorpresos sense la solladura de cap mirada humana velada d'inconsciència. Un poema presenta l'un rere l'altre personatges, cadascun dels quals és l'oient i tanmateix és un altre, que canvien enduts per un temps despietadament marcat per la mesura del vers i, tanmateix, per aquesta mesura, el passat roman i l'avenir ja hi és; el pes de l'univers sencer, en forma de desgràcia, hi marca tots els homes sense destruir-ne cap i altera els mots sense trencar la mesura. Tot això són imatges que atenyen l'ànima i la fereixen al centre. Un cos i una cara humans que inspiren, alhora que el desig i encara més fort la por d'acostar-nos-hi de por de fer-li mal, de què no en podem imaginar l'alteració, de què en sentim vivament l'extrema fragilitat, que gairebé s'enduen l'ànima d'un lloc i un instant particulars i li fan sentir violentament que hi és clavada, també això és una tal imatge. I l'univers, estrany a l'home, també n'aporta, d'aquestes imatges.

L'univers n'aporta, d'aquestes imatges, pel favor diví acordat a l'home d'aplicar-hi en certa manera el nombre, intermediari, com digué Plató, entre l'u i l'indefinit, l'il·limitat, l'indeterminat, entre la unitat tal com l'home pot pensar-la i tot el que s'oposa que la pensi. No és pas el nombre que es fa servir per a comptar, ni el que es forma per addició continuament repetida, el que constitueix aquest intermediari, sinó més aviat el nombre en tant que susceptible de formar relacions; car una relació entre dues xifres, cosa infinitament diferent de la fracció, és alhora relació entre una infinitat d'altres xifres triades convenientment de dues en dues; cada relació embolcalla quantitats que creixen de manera il·limitada sense deixar de ser fidels a una relació perfectament definida, així com un angle, a partir d'un punt, abraça un espai que s'estén indefinidament enllà dels estels més llunys. I la relació, per a ser pensada, ha de sortir del nombre per a passar a l'angle, car el nombre enter no l'aguanta bé, la substitució de l'addició per la relació; no aporta, tret d'en certs casos, cap mitjà per a expressar la mitjana proporcional. Això, no sols els grecs del període arcaic havien de saber-ho, ans també els babilonis de l'any 2000, ells que cercaven solucions a les equacions de segon grau, és a dir, a mitjanes proporcionals; la incommensurabilitat de la diagonal del quadrat, tardanament revelada a Grècia al gran públic, només devia crear torbació i escàndol entre els ignorants. Els grecs del segle VI fundaren la ciència del nombre generalitzat, i des d'aleshores l'estudi del món consistí a cercar-hi nombres en aquest sentit nou, és a dir, proporcions. I se n'hi troben, de proporcions.

És així que, en comptes de la relació entre el desig i les condicions del seu acompliment, la ciència grega té per objecte la relació entre l'ordre i les condicions de l'ordre. Es tracta d'un ordre sensible a l'home, i per consegüent l'home no n'és absent, d'aquesta relació; tanmateix, aquest ordre es relaciona amb l'univers més bé que no el desig, el projecte, l'esforç; la ciència grega és almenys tan despullada de l'humà com la ciència clàssica, sigui el que sigui el que n'hagi pensat l'orgull del darrer segle. Les condicions que hom cerca de definir en les dues relacions són les mateixes, són les mateixes necessitats de l'espai i del temps, obstacles i suport tant del treball de l'arquitecte o de tot home que creï ordre com de no importa quin treball. Després de tot, pensar les condicions d'un ordre és pensar un ordre construït, és acostar-lo als ordres que són efectes del treball; d'altra banda, tot treball eficaç suposa un cert ordre en l'univers i certes proporcions, si no, no hi hauria ni eina ni mètode; així, les dues relacions semblen confondre's. Però l'esperit de les dues ciències és essencialment diferent. Els grecs, arreu

on creien discernir un ordre, en construïen una imatge amb elements perfectament definits i sotmetent-se a la necessitat; si hi havia diferència entre aquesta imatge i les seves observacions, la diferència significava la intervenció en els fenòmens de factors altres que els que havien suposat. No es pot desitjar res més rigorós. Aquest rigor perfecte, però, era poesia, alhora.

La definició mateixa de proporció per Eudox, que constitueix la teoria del nombre generalitzat, és bella, ella que embolcalla les infinites variacions que poden experimentar quatre magnituds multiplicades de dues en dues per tots els nombres enters possibles, sense mai deixar d'obeir a la llei que prescriu a aquests productes de ser més grans o més petits els uns que els altres. Encara més bella fou la primera intuïció de Tales, quan vegé en el sol l'autor d'una infinitat de proporcions que s'inscriuen a terra i canvien amb les ombres; des d'aquest primer moment, així, apareixia la noció de proporció variable, és a dir, de funció; però per a nosaltres el terme de funció indica la dependència d'un terme respecte d'un altre, mentre que els grecs trobaven simplement la seva joia a fer del canvi un objecte de contemplació. Si afegim càrrega a un vaixell, i s'enfonsa un xic, nosaltres hi veiem una força que produeix un efecte; als ulls d'Arquímedes, una ratlla marcava, sobre la superfície del cos flotant, la imatge de la relació entre la seva densitat i la del fluid. Igualment, a la balança en equilibri, un punt hi marcava, en forma de longituds, la proporció entre els pesos desiguals. ¡Quina més bella imatge, la del vaixell sostingut en la mar, com en un platet de balança, per una massa d'aigua de mar situada a l'altre costat d'un eix, i que canvia sense moviment a mesura que el vaixell avança, com l'ombra d'un ocell que vola! Aquesta poesia, ens la perdem, i ens perdem també molt de rigor, en parlar simplement d'un impuls cap amunt. Per bé que és més fàcil de construir una trajectòria el·líptica amb moviments rectilinis susceptibles d'acceleració que no amb moviments circulars uniformes, en dir que els planetes tiren cap al sol hi perdem rigor i poesia; és més bell de dir que els astres descriuen cercles i que les seves posicions successives reflecteixen les proporcions entre els radis, les velocitats i els angles que defineixen els diversos moviments circulars per què cadascun és mogut. El cercle és la imatge del moviment infinit i finit, canviant i invariable; conté un espai tancat i evoca tots els cercles concèntrics estenent-se tan lluny com l'univers; també és, com Pitàgores reconegué amb embriaguesa, el lloc de les mitjanes proporcionals. El moviment circular té una llei sense adreçar-se enlloc; només ell convé als astres, només ell els pot ser aplicat sense rebaixar-ne el poder d'evocació de tot el que és etern. Els grecs tenien raó de pensar que amb una tal conveniència n'hi havia prou perquè una hipòtesi fos legítima, car res altre al món no la podia legitimar més. La necessitat cega, que ens té agafats per coerció i se'ns fa present en la geometria, és per a nosaltres una cosa a vèncer; per als grecs, era una cosa a estimar, car Déu és el perpetu geòmetra. Des de l'esclat de geni de Tales fins al moment en què les armes romanes els esclafaren, en les repeticions regulars dels astres, en els sons, en les balances, en els cossos flotant en fluids, pertot es dedicaren a llegir-hi proporcions per tal d'estimar Déu.

Cada una de les formes diferents que, segons els països i les èpoques, ha pres el coneixement del món té per objecte, per model i per principi la relació entre una aspiració del pensament humà i les condicions efectives de la seva realització, relació que s'intenta de llegir travessant les aparences de l'espectacle del món, i d'acord amb la qual es construeix una imatge de l'univers. Per exemple, la màgia s'assembla a la ciència clàssica per la tria de l'aspiració a què respon, que és un desig qualsevol; però considera com a condicions uns ritus i uns signes, que són efectivament condicions per a l'èxit de l'acció humana, però que són variables amb la societat. La ciència grega, en canvi, considera les

mateixes condicions que la ciència clàssica, però respon a una aspiració tota altra, la de contemplar en les aparences sensibles una imatge del bé. L'aspiració corresponent al que en diem les ciències tradicionals sembla tendir a uns poders anàlegs als que l'home adquireix efectivament sobre si mateix i potser sobre altri per un llarg esforç de transformació interior; les condicions són misterioses. A tantes relacions semblants susceptibles de ser concebudes per l'home com pugui haver-hi, els corresponen tantes formes diferents de coneixement del món; i el valor de cadascuna d'aquestes formes és exactament el valor de la relació que li fa de principi, ni més ni menys. A part d'això, certes d'aquestes formes s'exclouen; d'altres no s'exclouen gens. Però, ¿i de la ciència contemporània, què n'hem de pensar? ¿Quina és la relació que li fa de principi i en dóna el valor? Respondre a aquesta qüestió és difícil, no pas perquè hi hagi cap obscuritat, sinó perquè els respectes humans n'allunyen la resposta. La significació filosòfica de la física del segle XX, el pensament profund que n'és l'ànima, són com el vestit nou de l'emperador en el conte d'Andersen; passariem per ximples i ignorants si diguéssim que no n'hi ha, val més dir que són inexpressables. Amb tot, la relació que hi ha al principi d'aquesta ciència és simplement la relació entre unes fórmules algebraiques buides de significat i la tècnica.

La ciència del segle XX

La ciència del segle XX és la ciència clàssica després d'haver-li tret alguna cosa. Tret, no pas afegit. No s'hi ha aportat cap noció, i sobretot no s'hi ha afegit allò que, en mancar-hi, en feia un desert, la relació amb el bé. Se n'ha tret l'analogia entre les lleis de la natura i les condicions del treball, és a dir, justament el principi; és la hipòtesi dels quanta el que l'ha escapçada així. Les fórmules algebraiques a què, vora la fi del segle XIX, es reduïa la descripció dels fenòmens significaven aquesta analogia pel fet que a cadascuna d'elles s'hi podia fer correspondre un dispositiu mecànic de què ella en traduís les relacions entre distàncies i forces; no és pas així per a una fórmula feta d'una constant i d'un nombre enter, una tal fórmula no pot expressar res relacionat amb la distància. Provem de suspendre pesos iguals a alçades diferents, i provem d'eleva un plat que les alci a mesura que les vagi atenent, i les variacions d'energia, funció de la distància i de la força, s'assemblaran a les d'una superfície limitada per una recta mòbil i dues línies perpendiculars a ella, l'una recta i l'altra trencada en forma de graons d'escala; és a dir, aquestes variacions seran contínues. Podem cercar d'imaginar tants dispositius mecànics com vulguem comportant la discontinuïtat; en cap cas una funció de dues variables una de les quals variï de manera contínua no pot créixer per addició successiva d'una quantitat constant. Ara bé, l'energia és una funció de l'espai, i l'espai és continu; és la mateixa continuïtat; és el món pensat des del punt de vista de la continuïtat; és les coses en tant que la seva juxtaposició embolcalla el continu. Podem pensar les coses com a discontinües, és a dir, els àtoms —cosa que, d'altra banda, no es pot fer sense arribar a contradiccions— però fins i tot al preu de contradiccions implícites no hi podem pas pensar l'espai, així. Si certs grecs, diuen, van parlar del nombre de punts continguts en un segment de recta, és només perquè concebien el nombre enter com el model de la quantitat, i perquè el llenguatge ho aguanta tot. Però podríem igualment pensar la continuïtat discontinüa que els separa. No tenim res més cert per a guiar les nostres afirmacions que impossibilitats com aquestes. L'espai és continu; l'energia és una funció de l'espai; tota variació d'energia és anàloga al que es produeix quan uns pesos cauen o

són alçats. La fórmula de Planck, a saber, la constant $6'55 \times 10^{-27}$ -o, simplificant, la constant h - multiplicada per un nombre enter, no significa pas l'energia. Però no significa tampoc cap noció altra que la d'energia. Fa el mateix paper en els càlculs que la fórmula que significa l'energia, i aquesta és vista com un cas límit d'aquella per als fenòmens a l'escala dels quals la quantitat $6'55 \times 10^{-27}$, relacionada amb la unitat de mesura de l'energia, es pot negligir. Si la relació fos inversa, si la fórmula quàntica fos un límit de la fórmula clàssica, la significació es conservaria; però no és així. En el pensament humà no hi ha cap noció de la qual la noció del treball d'alçar un pes en pugui ser considerada el límit a una certa escala. La fórmula de Planck, feta d'una constant la provenença de la qual no imaginem i d'un nombre enter corresponent a una probabilitat, no té cap relació amb cap pensament. ¿Com és que la justifiquem? Hom en fonamenta la legitimitat en la quantitat dels càlculs, de les experiències sortides d'aquests càlculs, de les aplicacions tècniques procedents d'aquestes experiències, que han tingut èxit gràcies a aquesta fórmula. Planck no al·lega res més. Un cop admesa tal cosa, la física esdevé un conjunt de signes i de nombres combinats en fórmules controlades per les aplicacions. Des d'aquest moment, ¿quina importància poden tenir les especulacions d'Einstein sobre l'espai i el temps? Les lletres i les fórmules que tradueix amb aquests mots no tenen pas més relació amb l'espai i el temps que la fórmula hw amb l'energia. L'àlgebra pura ha esdevingut el llenguatge de la física, un llenguatge que té això de particular, que no vol dir res. Aquesta particularitat el fa difícil de traduir.

Aquest capgirament de la física és l'efecte de dos canvis, la introducció del discontinu i el perfeccionament dels instruments de mesura, el qual ha modificat l'escala de les observacions. La química nasqué el dia que la balança féu aparèixer relacions numèriques simples i fixes entre substàncies distintes que es combinen; un retorn del discontinu i del nombre enter al primer pla de la ciència de la natura era ja implicat en aquestes pesades. Per altra banda, els aparells ens donaven accés a l'observació de fenòmens molt petits en relació a l'escala dels nostres sentits, com ara el moviment brownià. Discontinuu, nombre, petitesa, amb això n'hi ha prou per a fer sorgir l'àtom, i l'àtom tornà entre nosaltres amb el seu seguici inseparable, a saber, l'atzar i la probabilitat. L'aparició de l'atzar en la ciència fou un escàndol; es preguntava d'on podia venir; no s'hi havia pensat, que era l'àtom el que l'havia dut; no es recordà que ja en l'antiguitat l'atzar acompanyava l'àtom, i no es pensà que no podia ser altrament.

Ens equivoquem sovint pel que fa a l'atzar. L'atzar no n'és pas el contrari, de la necessitat; no hi és pas incompatible; al contrari, és al mateix temps que ella que apareix. Si suposem un cert nombre de causes distintes produint efectes segons una necessitat rigorosa; si, a més, el conjunt dels efectes té una certa estructura; i si, en canvi, al conjunt de les causes no li podem donar la mateixa estructura, llavors hi ha atzar. Un dau, per la forma, només té sis maneres de caure; i hi ha una varietat il·limitada de maneres de tirar-lo. Si tiro un dau mil vegades, les caigudes del dau es reparteixen en sis classes, que tenen entre elles relacions numèriques; les tirades, en canvi, no es poden pas repartir així. Fora d'això, no m'imagino ni el més mínim defecte en el teixit de necessitats mecàniques que determina cada cop el moviment del dau. Si el tiro una vegada, ignoro quin en serà el resultat, no pas a causa d'una indeterminació en el fenomen, sinó perquè és un problema de què n'ignoro en part les dades. No és pas aquesta ignorància el que em dóna el sentiment de l'atzar, sinó únicament la imatge, que acompanya el meu moviment, d'una quantitat indeterminada de possibles moviments semblants, els efectes dels quals es reparteixen en sis classes. S'esdevé el mateix si considero, d'una banda, el conjunt de les posicions possibles d'un disc giratori i dels impulsos que se li poden imprimir i, de l'altra,

un petit nombre de colors damunt els quals es pot aturar l'agulla. En aquesta mena de jocs, el conjunt de causes té la potència del continu, és a dir, que les causes són com els punts d'una línia; el conjunt dels efectes, en canvi, es defineix per una petita xifra de possibilitats diferents. A l'Antiguitat, la imatge dels àtoms de seguida evocà en els esperits els jocs d'atzar, i no era pas debades, tot i les diferències. Si concebo amb el nom d'univers un conjunt d'àtoms en moviment, essent cada moviment estrictament determinat, i si em demano com es desenvoluparan els fenòmens en una escala superior a ulls dels observadors per als qui l'àtom és invisible, no puc concebre absolutament cap motiu perquè el seu desenvolupament presenti cap aparença de constància, de regularitat, de coordinació, o fins i tot perquè sigui possible de recomençar dues vegades una experiència. Està clar que, si no podem recomençar dues vegades una experiència, no hi ha física. La concepció dels àtoms fa aparèixer tot seguit l'èxit de la física a escala humana com un atzar.

El lligam de les dues físiques, la física dels àtoms i la dels fenòmens que percebem, només es pot establir per la probabilitat. La probabilitat és inseparable de l'atzar, i gràcies a ella l'atzar és una noció experimentalment controlable. Quan, en els jocs d'atzar, considero el conjunt continu de les causes i el petit nombre de les categories entre què es reparteixen els efectes, afirmo que, per bé que cada efecte prové rigorosament d'una causa, no hi ha absolutament res en el conjunt de les causes que correspongui a aquestes categories; afirmar l'atzar és això. Des d'aquest moment, aquestes categories tenen totes una relació idèntica amb el conjunt de les causes, que els és semblantment indiferent. És el que expresso en dir que són igualment probables. La noció de probabilitat implica sempre un repartiment entre probabilitats iguals. Si ara considero un dau cinc cares del qual portin la xifra u i la sisena la xifra dos, hi ha sempre sis probabilitats iguals, però cinc d'elles coincideixen; és només així que es poden concebre les probabilitats desiguals. Pel que fa a la relació de la probabilitat amb l'experiència, és anàloga a la relació de la necessitat amb l'experiència; l'experiència presenta una imatge de la necessitat quan, en fer variar una causa, se n'obtenen efectes que varien com una funció; l'experiència presenta una imatge de la probabilitat quan el repartiment dels efectes entre categories, a mesura que els efectes s'acumulen, s'acosta cada cop més a les proporcions indicades pel càlcul. Si l'experiència refusa una tal imatge, es procedeix com quan refusa una imatge de la necessitat; se suposa que, en el càlcul, hi ha factors que s'han omès.

La tasca d'aplicar la física clàssica als àtoms era difícil. Havia de concebre partícules molt petites i indivisibles, mogudes per moviments sotmesos a les necessitats de la mecànica clàssica; aquests moviments havien de ser tals que es trobessin units per necessitats als fenòmens observables a escala del microscopi i, per probabilitats rigorosament reconstruïdes, als fenòmens observables a escala humana, les variacions regulars dels quals havien estat l'únic objecte fins llavors de la física. La física clàssica es mira una pedra, en ser alçada, com un sol punt descrivint una trajectòria vertical rectilínia; es mira, en suma, tota la pedra com un sol àtom, i és així com en calcula l'energia. Si, en comptes d'això, s'imaginem les combinacions complicades dels moviments que descriuen les partícules de la pedra i de l'aire, cal, mercès a les nocions d'atzar, de probabilitat, de mitjana, d'aproximació, retrobar la fórmula precedentment calculada. Calia o bé establir un tal lligam, o renunciar completament a una de les dues físiques; era almenys el que havia de semblar evident; però el que s'esdevingué fou ben altre. Només es pogué establir aquest lligam suposant que els àtoms estaven sotmesos a necessitats diferents de les de la física clàssica.

Com que la ciència, tota sencera, es reduïa a l'estudi de l'energia, fou en estudiar-la, transportada per mitjà de les hipòtesis a l'escala molecular, que una tan estranya transformació aparegué de bon començament. Planck ha exposat com es produí, això. Cercava l'expressió d'una relació entre l'energia i la temperatura. A aquest fi, considerà un cas en què el règim dels intercanvis d'energia entre cossos depèn només de la temperatura i no de la naturalesa dels cossos; era el cas, segons Kirchhoff, de la radiació negra, és a dir, el cas d'un recinte clos on la temperatura és uniforme. I aleshores n'hi havia prou aparentment de reconstruir matemàticament un cas particular de radiació negra que permetés una tal reconstrucció, per a tenir la funció que lligava l'energia a la temperatura. A aquest fi, Planck trià els oscil·ladors de Hertz; una primera temptativa sortí malament; després, hi cercà la relació, no ja entre l'energia i la temperatura, sinó entre l'energia i l'entropia, i trobà que la derivada segona de l'entropia respecte a l'energia és proporcional a l'energia. Però, així com en el cas de les petites longituds d'ona aquesta relació es trobà verificada per l'experiència, ben aviat aparegué que per a les grans aquesta derivada segona era proporcional al quadrat de l'energia. Planck trobà fàcilment una fórmula que complís les dues relacions; però això no el va pas satisfer; aquesta fórmula, la volgué reconstruir. Per a això, adoptà el punt de vista de Boltzmann, a saber, que l'entropia, per als àtoms, és la mesura d'una probabilitat; i, mercès a aquesta probabilitat, retrobà la mateixa fórmula que cercava de retrobar, però a condició de considerar dues constants, l'una relacionada amb la massa de l'àtom, i l'altra, $6'55 \times 10^{-27}$, justament la constant h esdevinguda tot seguit tan cèlebre, que corresponia a una energia multiplicada per un temps. Una tal constant no tenia cap sentit, per a la mecànica clàssica, però "és només gràcies a ella que es podien conèixer els dominis o intervals indispensables per al càlcul de les probabilitats"; car "el càlcul de la probabilitat d'un estat físic reposa sobre el recompte del nombre finit de casos particulars igualment probables pels quals l'estat considerat es realitza".

Apareix clarament en aquestes ratlles de Planck que el que ací introdueix la discontinuïtat no és gens l'experiència —per bé que unes mesures experimentals hagin degut necessàriament intervenir en la determinació de la xifra $6'55 \times 10^{-27}$ — sinó únicament l'ús de la noció de probabilitat. Hi ha una transició natural entre la noció d'entropia i la de probabilitat, per aquesta consideració que, si un sistema, suposat isolat de l'exterior, pot passar de l'estat A a l'estat B, però no pas inversament, per la cadena d'intermediaris que sigui, l'estat B és més probable que l'estat A en relació a aquest sistema. Doncs bé, just al moment en què s'elaboraven aquestes concepcions apareixia també l'atzar lligat a l'àtom. L'observació del moviment brownià mostrava que un fluid homogeni i en repòs a escala dels nostres ulls no és ni homogeni ni està en repòs a escala del microscopi; cosa, certament, molt poc sorprenent. Ara bé, un fluid en equilibri és perfectament definit, a escala nostra, per les condicions d'equilibri, mentre que no tenim cap mitjà, de fet, per a definir l'estat de moviment d'aquest mateix fluid a escala microscòpica. De manera general, doncs, un sistema definit a escala nostra no ho és a escala molecular; només podem suposar-hi el sistema d'àtoms que, a escala nostra, se'ns mostraria com un sistema definit. Llavors, si establim aquesta espècie de correspondència, a un estat ben definit d'un sistema a escala nostra li correspon més d'una combinació d'àtoms; per consegüent, si transportem la necessitat entre els àtoms, cadascuna d'aquestes combinacions possibles és susceptible de comportar, en un moment ulterior, un estat diferent del sistema. Així, un cop transportada la necessitat entre els àtoms, la relació entre dos estats d'un sistema definits a escala nostra ja no constitueix una necessitat, sinó una probabilitat; i, això, no pas com a conseqüència d'una llacuna en la

causalitat, sinó només per un efecte inevitable de l'oscil·lació del pensament entre dues escales, i per un procés anàleg al del joc de daus. Un moviment natural del pensament dugué a acostar les dues probabilitats sorgides simultàniament en els esperits, la lligada a l'entropia i la lligada als àtoms, i a mirar-les com una sola i mateixa probabilitat. Aquesta assimilació fou obra de Boltzmann.

Es parteix de la idea que entre els àtoms, per als quals només s'admeten les necessitats mecàniques, només hi ha necessitats, no pas diferències de probabilitats, i que per consegüent tota combinació d'àtoms és igualment probable. Es considera un sistema, un estat d'aquest sistema definit a escala nostra, i la quantitat de combinacions d'àtoms susceptibles de correspondre-hi; la probabilitat d'aquest estat és una funció d'aquesta quantitat, i es posa que l'entropia és una mesura d'aquesta probabilitat. Però, com que el càlcul de les probabilitats és un càlcul numèric, s'admet, i és ací el moment de ruptura amb la ciència clàssica, que aquestes combinacions d'àtoms són, com es diu, discretes, i que la seva quantitat és un nombre enter; així, l'entropia és funció d'un nombre, ella que fou definida, en inventar-se, com una funció de l'energia que augmenta quan l'energia pren, almenys parcialment, la forma de la calor. La contradicció és la mateixa que si s'admetés, per exemple, que una quantitat es defineix com una funció de la distància recorreguda per un corredor, i que aquesta mateixa quantitat és funció del nombre de passes fetes. És aquesta contradicció la que apareix en la idea dels quanta o àtoms d'energia, i és ella el que ha llevat a la ciència, a partir de 1900, la significació que havia tingut durant quatre segles, sense que se n'hi hagi pogut donar cap altra. La ruptura entre la ciència del segle XX, d'una banda, i la ciència clàssica i el sentit comú, de l'altra, era total des d'abans de les paradoxes d'Einstein; una velocitat infinita i mesurable i un temps assimilat a una quarta dimensió de l'espai no són pas més difícils de concebre que un àtom d'energia; tot això és igualment impossible de concebre, tot i que molt fàcil de formular, bé sigui en llenguatge algebraic, bé sigui en llenguatge comú.

La ciència, ¿havia de prendre inevitablement una tal direcció —si tanmateix es pot parlar de direcció, quan contràriament ha deixat de tenir-ne? Això no sembla gens evident. Essent la causa de la ruptura de continuïtat el caràcter de fracció de nombres enters del càlcul de probabilitats, és difícil de comprendre, a primer cop d'ull, per què no es va triar de treballar el càlcul de probabilitats abans que capgirar la física. Es poden concebre probabilitats que no siguin ni nombres enters ni fraccions. Si suposem que, per exemple, fem girar un disc portador d'una agulla, i que l'agulla ressegueix una circumferència immòbil amb un arc seu dibuixat de color vermell, la probabilitat que l'agulla s'aturi damunt del vermell la mesurarem per la relació de l'arc a la circumferència, relació que pot molt bé no ser cap fracció; es pot doncs fàcilment concebre un càlcul de probabilitats la base del qual no sigui el nombre enter, sinó el nombre generalitzat. Per a aplicar un tal càlcul a la teoria de Boltzmann, hauria calgut concebre un conjunt continu de combinacions d'àtoms corresponent-se amb un sistema definit a escala nostra, i trobar la manera de fer correspondre a un tal conjunt, comparat amb altres conjunts de la mateixa espècie, una magnitud anàloga a una distància. A primer cop d'ull, no sembla pas impossible, això. ¿S'ha intentat, d'elaborar una tal teoria, i s'hi ha fracassat? En aquest cas, ¿quina ha estat la causa del fracàs? ¿O bé ni s'hi ha pensat, a intentar-ho, tot i l'extrema simplicitat d'una tal idea? En tot cas, el cert és que és ací el punt crucial, en tot examen crític de la teoria dels quanta; com també és cert que Planck pogué fer tot un llibre, acabat de traduir, sobre les relacions de la ciència contemporània amb la filosofia sense fer-hi ni la més mínima al·lusió.

Tot i que el bé era absent de la ciència clàssica, mentre la intel·ligència en vigor a la ciència era una forma solament més esmolada de la que elabora les nocions de sentit comú, hi havia almenys algun lligam entre el pensament científic i la resta del pensament humà, inclòs el pensament del bé. Però fins i tot aquest lligam tan indirecte fou trencat després de 1900. Gent que es deien filòsofs, cansats de la raó, sens dubte per massa exigent, es gloriejaren de la idea d'un desacord entre la raó i la ciència; és clar, era la raó, que errava, segons ells. El que els procurava una joia particular era pensar que un simple canvi d'escala aporta a les lleis de la natura una transformació radical, mentre que la raó exigeix que un canvi d'escala canviï les magnituds, no pas les relacions entre magnituds; o, encara, estaven contents de pensar que les necessitats considerades durant molt temps com a evidents, des que uns instruments més bons permetien de penetrar més a fons, gràcies als àtoms, l'estructura dels fenòmens, esdevenien simples aproximacions. La seva joia no era pas només impia, en anar adreçada contra la raó, ans testimoniava també una incomprensió singularment opaca. L'estudi dels àtoms correspon, en la ciència, no tan sols a un canvi d'escala, ans també a tota una altra cosa. Si imaginem un home petit, semblant a nosaltres però de les dimensions d'una partícula atòmica, vivint entre els àtoms, aquest home petit, per hipòtesi, sentiria la calor, la llum i els sons, alhora que veuria moviments i en faria; però, en el món d'àtoms concebut pels físics, només hi ha moviments. En passar del nostre món al dels àtoms, transformem, entre d'altres, la calor en moviment; i per a la nostra sensibilitat hi ha una diferència no pas de grandària, ans de naturalesa, entre moviment i calor. I també pel que fa a les condicions del nostre treball hi ha una diferència de naturalesa, entre calor i moviment. En fer un esforç, no sols no podem esperar mai d'obtenir per cap procediment un resultat més gran que el corresponent al nostre esforç —el principi de conservació de l'energia ens prohibeix aquesta esperança— sinó que a més no podem esperar de collir tot el resultat que el nostre esforç comporta. Perdem esforç, quan fem un esforç en el món, i aquest esforç perdut, origen de la noció d'entropia, es mesura amb un escalfament; per a nosaltres, hi ha una diferència de naturalesa, entre aquest esforç perdut i l'esforç útil, per exemple, per a un obrer, entre l'escalfament de l'eina i la fabricació de les peces fetes. És perquè només hi ha moviment, no pas calor, en el món purament teòric dels àtoms, que en relació a aquest món només l'entropia no té cap sentit; i és per això, per a donar-li un sentit en relació a aquest món i al nostre considerats conjuntament, que calgué fer-hi intervenir aquesta probabilitat que ha destruït la física clàssica. La causa no es troba pas en cap canvi de dimensions, sinó en l'intent de definir l'entropia, noció essencialment estranya al moviment, per mitjà del sol moviment.

A part d'això, en la física, necessàriament un canvi d'escala hi ha de produir un capgirament, per raó del paper que hi juga la noció de negligible. Quan s'enuncien consideracions generals sobre la física, aquesta noció es passa per alt, com per una mena de contenció o de pudor. Els físics no tan sols negligeixen el que és negligible, com han de fer per definició, sinó que tendeixen també a negligir, en fer-ne ús, la mateixa noció de negligible, que és molt exactament l'essencial de la física. El negligible no és altra cosa que el que cal negligir per a construir la física; no és gens una cosa de poca importància, car el que es negligeix és sempre un error infinit. El que es negligeix és sempre tan gran com el món, exactament tan gran, car un físic negligeix tota la diferència entre una cosa que es produeix davant seu i un sistema perfectament tancat, perfectament definit que concep dins la seva ment i trasllada al paper per mitjà d'imatges i signes; i aquesta diferència és justament el món, el món que s'amuntega al voltant de cada tros de matèria, s'hi infiltra a dins i hi aporta una varietat infinita entre dos punts, per acostats que siguin; el món que

impedeix absolutament que hi hagi cap sistema tancat. Es negligeix el món, perquè cal i, en no poder-se aplicar la matemàtica a les coses a un preu més baix, s'hi aplica al preu d'un error infinit.

Ja la matemàtica implica un error infinit en la mesura que té necessitat d'objectes o d'imatges. Si veig dos estels, penso entre ells una recta, la més pura possible, ja que no hi és traçada; però se'n falta molt perquè aquests estels siguin punts, ells que són més grans que la nostra terra. Si guixo en una pissarra, obtinc, ja que ací no s'hi tracta d'escales de magnituds, una mena de cosa que difereix d'una recta tant com un oceà sencer, que en difereix infinitament, d'una recta. I tanmateix és una mena de cosa que no deixa pas de tenir-hi relació, amb la recta; la relació consisteix en això, que aquest guix, a la pissarra, em permet d'imaginar la recta; és només en aquest sentit que les figures són imatges de les nocions geomètriques, no pas perquè s'hi assemblin, sinó en la mesura que ens permeten d'imaginar-les. És només això el que volem dir quan d'un xic de guix adherit a la pissarra en diem que és aproximadament una recta. Doncs bé, en cert sentit, una observació, una experiència són, per al físic, exactament el que és una figura per al geòmetra. Plató, que sabia que la recta del geòmetra no és pas la que es traça, sabia també que els astres que descriuen moviments circulars uniformes no són pas els que veiem a la nit; i Arquímedes, que havia llegit Plató, sabia certament, sense haver tingut necessitat d'observar el moviment brownià, que a la natura no n'hi ha, de fluids homogenis ni en repòs; sabia també que el braç d'una balança és matèria, no pas una recta. I a la nostra època, també, l'entropia ha estat calculada com a relació entre l'energia, el volum i la temperatura en els gasos perfectes, anomenats així perquè no existeixen.

El geòmetra, cada vegada que examina un problema, concep un sistema perfectament definit per uns quants elements —posicions, distàncies, angles— que s'ha donat ell mateix; traça una figura que li faci imaginar aquests elements; i si aquesta figura el duu a imaginar també, alhora, una cosa altra que el que s'ha donat a si mateix, o bé en fa abstracció, o bé canvia la figura; però en cap cas no es pren la llicència d'imaginar altra cosa que el que s'ha donat a si mateix, que és expressable per un petit nombre de frases. El físic, igualment, quan estudia un fenomen, concep un sistema perfectament definit, perfectament tancat, on només hi deixa entrar el que s'ha donat a si mateix, que és expressable per un petit nombre de frases. Sovint, representa el seu sistema, a la manera del matemàtic, per mitjà de figures, de fórmules; però també el representa per mitjà d'objectes, i és el que en diem fer un experiment. En aquest cas, el seu sistema pot contenir, o no, un factor de canvi. Si és que sí, el físic, dins seu, portarà el sistema definit per ell d'un estat inicial a un estat final per mitjà de la necessitat; i cercarà un dispositiu experimental l'estat inicial del qual imiti tot primer l'estat inicial del sistema tancat, així com el triangle guixat imita el triangle teòric, i un cop transformat, després, tingui amb l'estat transformat del sistema tancat la mateixa relació d'imitació. Si, contràriament, es tracta d'un estat d'equilibri, el dispositiu experimental haurà de restar immòbil. És clar que adés li sortirà bé i adés no.

Si no li surt bé, el físic pot modificar el seu dispositiu experimental per imitar més bé el sistema teòric, així com el geòmetra esborra la figura i la torna a dibuixar amb més cura; després d'això, altre cop, li sortirà bé o no. Pot també considerar que el seu sistema és impossible d'imitar amb objectes, i elaborar-ne un altre d'un xic diferent a partir del qual esperi reeixir en una temptativa de la mateixa mena; i, evidentment, hi tindrà en compte, en elaborar-lo, el fracàs precedent. Però l'ordre és sempre el mateix; el dispositiu experimental és sempre una imitació d'un sistema purament teòric, i això fins i tot en cas que, després d'un fracàs, el sistema hagi estat refet després de l'experiment. No pot pas ser

altrament; no la podem pensar altrament, la necessitat. Car la necessitat és essencialment condicional, i apareix a l'esperit de l'home només rere un petit nombre de condicions distintes i perfectament definides; ara bé, l'home només es pot donar a si mateix, dins seu, a títol d'hipòtesi, un cert nombre de condicions perfectament definides, mentre que les condicions que el món de fet imposa a la seva acció són en quantitat il·limitada, no numerable, inexpressable, i és per això que sempre n'ha d'esperar una sorpresa. A més, donar-se un sistema perfectament tancat, on no s'hi deixa entrar res, de condicions perfectament determinades i en nombre finit, i cercar quines necessitats, quines impossibilitats hi apareixen, és fer matemàtiques; el mètode matemàtic, tant se val l'objecte a què s'apliqui, no és altra cosa; i per consegüent, en tota la mesura en què la noció de necessitat té un paper en física, la física és essencialment l'aplicació de la matemàtica a la natura al preu d'un error infinit.

Però quan s'ha comprès que les ratlles traçades per la geometria, que les coses objecte de l'observació o de l'experimentació del físic són imitacions de les nocions matemàtiques, s'ha comprès ben poca cosa, encara. Car s'ignora en què consisteix aquesta relació que podem anomenar, a manca de res millor, imitació. Amb un guix, faig dos guixots en una pissarra; obtinc dues vegades una cosa altra que una recta, altra i infinitament diferent; tanmateix, em sembla haver traçat, la primera vegada, si fa o no fa una recta i, la segona, si fa o no fa una corba. ¿En què consisteix la diferència entre aquestes dues miques de guix? El geòmetra pot deixar de banda aquesta qüestió, ell que s'interessa per la recta; el físic no pot pas, car s'interessa, no pas pels sistemes tancats que basteix dins la ment ajudant-se de signes i figures, ans per la relació de les coses amb aquests sistemes. Aquesta relació és d'una obscuritat impenetrable. Si examinem l'exemple més simple, la recta, trobem que el que duu l'home a pensar la recta és el moviment dirigit, és a dir, el projecte de moviment; els espectacles que li fan pensar la recta són o el d'un punt, o sigui, d'un lloc, si pensa anar-hi, o el de dos punts, si pensa en un camí que dugui de l'un a l'altre, o el del senyal deixat per un moviment acomplert pensant-hi la recta, com ara el del guix en una pissarra, del llapis en un paper, d'un bastó a la sorra, o de tot altre senyal. És per això, perquè el qui ha premut el guix en una pissarra pensava la recta en fer-ho, que el qui es mira el guix que hi ha quedat imprès és dut per l'espectacle a pensar també ell la recta. Aquesta afinitat entre el moviment i la vista, fonament de la percepció, és un misteri; n'hi ha prou de contemplar certs dibuixos de Rembrandt o de Leonardo, per exemple, per a sentir com n'és d'emocionant, aquest misteri.

No és pas l'únic misteri que s'hi lliga, amb la recta; n'hi ha d'altres, tots impenetrables, a què només s'hi pot posar claror enunciant-los i separant-los. Que la recta pura, l'angle pur, el triangle pur siguin obres de l'atenció que s'esforça a desprendre's de les aparences sensibles i de les accions, en tenim consciència cada vegada que pensem aquestes nocions, i així ens sembla que aquestes nocions ens vinguin de nosaltres mateixos; però les necessitats, les impossibilitats que els van lligades, ¿d'on ens vénen, elles que se'ns imposen a la ment? Per exemple, la impossibilitat de comptar els punts d'una recta, o la impossibilitat de connectar dos punts per més d'una recta. Podem refusar d'admetre'n algunes, d'elles, com hem fet amb la segona, com no hem gosat de fer amb la primera; però fins i tot per al més profund matemàtic les geometries no euclidianes no estan pas en el mateix pla que la geometria euclidiana; en aquesta, hi creiem fins no volent-ho, mentre que no podem creure del tot en les altres i, per a elaborar-les, hem d'imaginar-nos corbes quan hi parlem de rectes. Segonament, l'esforç d'atenció necessari per a desprendre's de les coses i pensar el punt, la recta i l'angle purs només es pot acomplir

recolzant-se en les coses, i el guix imprès, la sorra buidada amb moviments humans, o certs objectes, hi són auxiliars indispensables; a més, tant se val quina cosa no permet d'imaginar tant se val quina noció, però per a la nostra imaginació hi ha lligams entre tal cosa i tals de les nocions que formem en desprendre'ns de les coses. En fi, quan veiem un lloc on volem anar, ens posem en marxa pensant una direcció, és a dir, una recta; i tot i tenir consciència d'acomplir alhora moviments que difereixen infinitament d'una trajectòria recta, arribem molt sovint al lloc desitjat. Una branca d'arbre agitada pel vent, encara que es vincli una mica, em duu a pensar la recta en la seva relació amb l'angle; si després la tallo, en faig passar un extrem sota una pedra i em repenjo en l'altre per alçar la pedra, és encara pensant la recta en la seva relació amb l'angle que ho faig; i encara que no hi hagi res en comú entre una branca d'arbre i una recta i jo prou ho sàpiga, sovint me'n surto. La puresa de les nocions matemàtiques, les necessitats i les impossibilitats que hi van lligades, les imatges indispensables d'aquestes nocions aportades per coses que no s'hi assemblen, i els èxits de les accions fetes en confondre, amb un error voluntari, les coses amb les nocions de què en són imatges, són tants de misteris distints i irreductibles, i si elaborem una solució per a un, no fem pas minvar, ans, al contrari, fem més espès el misteri impenetrable dels altres. Per exemple, si admetem que les relacions geomètriques són realment lleis de l'univers, fem més sorprenent encara l'èxit d'unes accions regulades per una aplicació deliberadament i infinitament errònia d'aquestes relacions; si admetem, en canvi, que són simples resums extrets de moltes accions exitoses, llavors no donem compte ni de la necessitat que els va lligada, que no apareix en tals resums, ni de la puresa que els és essencial i les fa estranyes al món; i així successivament. En pensar la geometria, pensem sempre que la recta és quelcom pur, obra de l'esperit, estrany a les aparences, estrany al món; que unes necessitats hi van lligades; que aquestes necessitats són realment les lleis mateixes del món; que certes coses, al món, que ens duen a imaginar la recta, i sense les quals no la podem pensar, són infinitament altres que ella; que actuant com si aquestes coses fossin rectes la nostra acció és eficaç. Hi ha, en això, més d'una contradicció. Cosa estranya, aquestes contradiccions, impossibles d'eliminar, són el que dóna a la geometria un valor. Reflecteixen les contradiccions de la condició humana.

El físic que disposa d'un suport, un canastró de balança i uns pesos iguals o diferents als dos extrems pensa una recta girant al voltant d'un punt fix, tot i saber que davant seu no hi ha ni punt fix ni recta; una recta no és res que un xoc pugui doblegar ni trencar, que un foc pugui fondre. El físic fa amb aquest canastró el que fa el geòmetra amb el seu guix a la pissarra; també fa més. El guix segueix la mà del geòmetra, i la part de guix que queda enganxada a la pissarra hi resta immòbil fins que l'en treuen amb una esponja; el geòmetra fa simples dibuixos en una superfície, sostrets a tot canvi, tret dels seus propis retocs, mentre dura la seva meditació. El físic maneja objectes en l'espai de tres dimensions i, després de manejar-los, els abandona exposats al canvi. Així abandonats, de vegades continuen evocant en la imaginació del físic les mateixes nocions matemàtiques que evocaven quan els manejava; llavors, l'experiment ha sortit bé. Aquesta manera de definir l'experiment reeixit sembla estranya; i tanmateix no és possible de definir la relació per la qual uns objectes són les imatges de nocions matemàtiques si no passem per la imaginació humana. Si, com sovint s'ha volgut afirmar, el que el físic negligeix en l'experiment fos un error que es pogués fer tan petit com es volgués, l'omissió voluntària del negligible fóra un pas al límit en el sentit del càlcul integral, i la noció de negligible tindria una significació matemàtica. Però això no és veritat; mai no és així, ni en els casos més favorables. Efectivament, no és veritat que, a còpia de remiraments, es pugui obtenir una superfície tan llisa com es vulgui; en una època donada, en un estat de la tècnica

donat, certes superfícies ben determinades, més o menys polides, són del millor que s'ha fet, en això, sense que es pugui anar més enllà; sempre és permès de suposar que potser més tard uns procediments tècnics més bons produiran superfícies més polides, però no ho sabem. Ara, si considerem un canastró de balança, és del tot clar que cap progrés tècnic no farà mai res que s'assembli a una recta girant al voltant d'un punt fix. Per estrany que sembli, el físic, en mirar un canastró de balança, tot i saber que no és cap recta, però dut per l'espectacle a imaginar-s'hi una recta, tria de donar més crèdit a la seva imaginació que a la seva raó. Així féu Arquímedes, negligint la diferència infinita que separa un canastró de balança d'una recta, i inventant així la física. Així fem encara nosaltres, avui. Però, a dir veritat, ja es feia així des d'un nombre desconegut de segles abans d'Arquímedes; exactament, des que s'havien començat a fer servir balances.

L'home sempre ha intentat de donar-se un univers tancat, limitat, rigorosament definit; se'n surt perfectament en certs jocs en què totes les possibilitats són en quantitat numerable i fins i tot finita, com ara els jocs de daus, de cartes, d'escacs. En el joc d'escacs, essent en nombre finit els quadrats blancs i negres, les peces del joc i els seus moviments possibles segons les regles, i essent la partida d'escacs quelcom que s'acaba tard o d'hora, totes les partides possibles són en nombre finit, encara que la seva enumeració fóra a la pràctica més que massa complicada. És el mateix cas, per exemple, de totes les partides possibles de jocs de cartes. La complicació és essencial a l'interès, i no jugaríem pas si poguéssim tenir efectivament al cap totes les partides possibles; però, tot i que la complicació sobrepassi l'abast de l'esperit humà com si fos infinita, és tanmateix finita, i també això li és essencial, al joc. El jugador es dona un univers finit per mitjà de regles fixes que imposa a les seves accions, i que cada cop que ha de jugar li donen només a triar entre un nombre petit de possibilitats; però també per mitjà d'objectes sòlids, que és dut a imaginar immutables, tot i que en aquest món no hi hagi res que en sigui, i que decideix de considerar absolutament immutables. Si això li és impedit en certs moments per l'espectacle d'un peó trencat o d'una carta estripada, en diu un accident i hi posa remei per mitjà d'un nou objecte, que substitueix el que ha canviat considerant-lo com fent-ne només un amb ell. Tota intervenció de l'univers en el sistema tancat del joc és anomenat accident, i els accidents són negligits pel jugador; el joc és així el model de la física. Hi ha altres jocs on les possibilitats no són en nombre finit, tot i que formin també un conjunt ben determinat; en aquests jocs, el nombre generalitzat hi fa el paper que en els primers hi fa el nombre enter. Són els jocs on hi intervenen objectes més o menys rodons vistos com a esferes, i superfícies més o menys unides vistes com a plans, com ara els jocs de pilota, de bales, de bitlles, de billar. En aquests jocs, també, uns objectes sòlids de forma considerada immutable i unes regles fixes imposades als moviments i limitant-ne les possibilitats, tot i que el conjunt de possibilitats hi tingui la potència del continu, determinen un sistema tancat, i els accidents hi són negligits.

Els accidents poden negligir-se en els jocs precisament perquè es tracta de jocs. Són de més mal negligir en el treball, on la fam, el fred, la son, la necessitat fuetegen sens parar, on els resultats són el que importa, on un accident torna inútils els esforços, porta la desgràcia o la mort. Tanmateix, tot i que la noció d'accident també té un sentit, per al treballador, també hi és essencial, al treball, com que l'accident sempre és en cert sentit el que es negligeix, almenys en el projecte, es pot conjecturar que el treball, aquesta noció, l'ha manllevada al joc; el treball, en aquest cas, procediria del joc, imitaria el joc, imitació de què potser en trobaríem el senyal, més clarament que entre nosaltres, en els costums de certes poblacions dites primitives. Per a cada ésser humà, en tot cas, el joc precedeix el treball. El treball és anàleg als jocs en què els resultats possibles formen un conjunt

continu; com en els jocs, uns objectes sòlids, de forma considerada immutable, tota deformació dels quals és considerada un accident, serveixen d'instrument per a classificar i definir els resultats possibles i, com en els jocs, certes regles determinen els moviments. També el treballador, com el jugador, tot i que en grau més petit —car no pot esborrar a cada moment els resultats de l'acció passada i tornar al punt de partida—, viu en un món tancat, limitat i definit, gràcies a les eines i a les regles que s'ha donat. Faig anar una fanga agafant-la pel mànec, posant el peu sobre el ferro, imprimint al cos, en relació a la fanga, actituds definides; la faig anar pensant la recta en relació amb l'angle; i tota la varietat de matèria que troba la fanga s'ordena en sèries de grandàries contínues, segons la diferent resistència que troba cada moviment. ¿Què hi ha de més incert i variat que la mar i el vent? Però un vaixell és un sòlid invariable, al qual triem d'imprimir-li, només, fent anar el velam i el governall, canvis que formen sèries contínues però perfectament definides; no pot patir cap canvi que es trobi fora d'aquestes sèries, si no és per efecte d'un accident; el mariner, en fer anar el vaixell, en experimentar la força del vent a les veles, de l'aigua en el governall, pensa orientacions, moviments rectilinis, la recta en relació amb l'angle; i els estats infinitament variats de la mar i de l'aire s'ordenen en sèries definides per la seva relació amb l'estat de les veles i del governall i amb l'orientació i la velocitat del vaixell que els corresponen. Les eines són totes instruments per a ordenar les aparences sensibles, per a combinar-les en sistemes definits, i l'home, en manejar-les, pensa sempre la recta, l'angle, el cercle, el pla; i aquests pensaments dirigeixen la seva acció, al preu d'un error infinit, que negligeix.

L'home s'ha de donar a si mateix sistemes definits, fixant-se a si mateix regles per als seus moviments i fabricant-se objectes sòlids, de forma ben definida, instruments de joc o de treball o, encara, com la balança, de mesura. De sistemes definits tot fets, a la natura, entorn seu, no n'hi troba pas, o més aviat un de sol. El constituït pels astres. Els astres són objectes separats, distints; l'aparença de molts d'ells és immutable, si no és alterada per l'accident dels núvols; el nombre dels que són visibles a ull nu, o amb instruments donats, és finit, tot i que molt gran; les aparences del cel nocturn corresponents a les diverses formes que pren la lluna, a tals i tals posicions relatives del sol, de la lluna, dels planetes, de les estrelles, s'ordenen en sèries perfectament definides. Les aparences del cel nocturn formen un sistema tan rigorosament definit, tan ben tancat, tan ben protegit d'accidents, tot i tenir-hi els accidents una part, mercès als cometes i als estels fugaços, que només uns certs jocs poden fornir al pensament humà un conjunt de combinacions tan manejable; la tria del jugador, però, afegeix cada vegada, en tot joc, una part d'arbitrari que no es troba pas als astres, i l'espera del jugador meditant la jugada i la durada incerta i variable de la partida impedeixen que en cap joc hi hagi el ritme invariable que regna al cel. Els astres, aquests objectes meravellosos, lluents, inaccessibles, almenys tan llunys com l'horitzó, que no podem mai canviar ni tocar, que a nosaltres només ens toquen els ulls, són el que per a l'home és més lluny i més a prop; són l'únic, a l'univers, de respondre a la primera necessitat de l'ànima humana; són com una joguina donada a l'home per Déu. L'endevinació, que de vegades se serveix de les cartes, se serveix també de vegades dels astres; entre un sistema definit de possibilitats i l'endevinació hi ha un parentiu natural. Hi ha també un parentiu natural entre uns tals sistemes i la ciència. Els astres, els jocs tals com les bales, el billar, els daus, els instruments comuns de mesura com la balança, les eines i les màquines simples, totes aquestes coses han estat sempre per excel·lència els objectes de la meditació dels savis. Però com més els astres s'adiuen amb la ciència, més misteriosos són, car aquesta adiença és un do, un misteri, una gràcia. Els grecs, que els atribuïen moviments circulars i uniformes, només explicaven aquests moviments per la

perfecció dels astres i el seu caràcter diví. L'astronomia clàssica no n'ha pas fornit una explicació més positiva, car l'atracció a distància de què parla Newton no respon gens al que demana el pensament humà en la recerca de les causes; ¿com concebre que l'espai que separa dos astres, lloc indubtablement d'esdeveniments infinitament variats, com tot espai, no determini mai cap canvi en la relació que els uneix? I, malgrat la perfecció dels nostres telescopis i les recerques refinades de l'espectroscòpia, no en sabem pas més, avui; ni en podem saber més; l'adiència dels astres amb la necessitat de la imaginació humana és un misteri irreductible. Els jocs i les eines semblen tot primer menys misteriosos, perquè són fabricats per l'home. Però que puguem fabricar uns tals d'objectes, fer-los anar amb el supòsit que, fora d'accidents, són immutables, fer-los anar pensant, al seu lloc, esferes, cercles, plans, punts, rectes, angles, i fer-los anar així eficaçment, és una gràcia tan extraordinària com l'existència dels astres. És una sola i mateixa gràcia, i, cosa estranya, l'objecte estudiat per la ciència no és altre que aquesta gràcia.

Refusem el món per pensar matemàticament, i al final d'aquest esforç de renunciament el món ens és donat com per excreix, al preu, això sí, d'un error infinit, però ens és realment donat. Per aquest renunciament de les coses, per aquest contacte amb la realitat que com una recompensa gratuïta l'acompanya, la geometria és una imatge de la virtut. Per a perseguir el bé, també nosaltres ens apartem de les coses, i rebem el món en recompensa; així com la recta traçada amb guix és el que tracem pensant en la recta, així l'acte de virtut és el que acomplim estimant Déu i, com la recta traçada, conté un error infinit. La gràcia que permet als miserables mortals de pensar, d'imaginar, d'aplicar eficaçment la geometria i de pensar alhora que Déu és un perpetu geòmetra, la gràcia lligada als astres, a les danses, als jocs i als treballs és meravellosa, però no és pas més meravellosa que l'existència de l'home, car n'és una condició. L'home, tal com és, lliurat a les aparences, als dolors, als desigs, i destinat a una altra cosa, infinitament diferent de Déu i obligat a ser perfecte com el seu Pare celestial, no existiria pas sense una tal gràcia. El misteri d'aquesta gràcia és inseparable del misteri de la imaginació humana, del misteri de la relació que uneix en l'home els pensaments i els moviments, inseparable de la consideració del cos humà. La ciència de la natura, que és un dels efectes d'aquesta gràcia, només estudia, fora dels astres, objectes fabricats pel treball humà, i fabricats segons nocions matemàtiques. En un laboratori de físic, en un museu de la física com ara el Palais de la Découverte, tot hi és artificial; només hi ha aparells; i en la més petita part d'un aparell, ¿quant de treball, d'esforç, de temps, d'enginy i de miraments no hi ha, despesos per homes! No és pas la natura, que s'hi estudia, aquí. ¿Com podríem estranyar-nos que l'escala del cos humà jugui en la ciència un paper que a primera vista una escala de grandàries semblaria no haver de jugar?

La física explora el domini on, al preu d'un error infinit, és permès a l'home de reeixir aplicant la matemàtica. El segle XIX, que cregué en el progrés il·limitat, que cregué que els homes s'enriquieren cada cop més, que una tècnica constantment renovada els permetria de gaudir cada cop més treballant cada cop menys, que la instrucció els faria cada cop més raonables, que la democràcia penetraria cada cop més en els costums públics de tots els països, cregué a més que aquest domini era tot l'univers. Aquell segle, exclusivament dedicat a béns preciosos però no pas supremes, a valors subordinats, cregué trobar-hi l'infinit; era menys desgraciat que el nostre, però era asfixiant; val més la desgràcia. A despit de l'orgull heretat d'aquell segle, de què malgrat la nostra misèria encara no ens hem pres la molèstia de despullar-nos-en, sovint val més, fins i tot avui, adreçar-se a un vell pagès que no a un institut de meteorologia, si volem saber el temps que farà demà. Els núvols, les pluges, les tempestes i els vents encara són avui en gran part fora del

domini en què, amb èxit, podem substituir les coses per sistemes definits per nosaltres; ¿i qui sap si no serà sempre així? En els dominis en què, a mitjan segle XIX, unes tals substitucions eren possibles, els savis hi havien arribat a establir una certa unitat, una certa coherència. Això, després de molts esforços i tempteigs. El pensament humà no té pas una llicència total, però sí que de vegades una certa llicència en la tria del sistema rigorosament definit per què substituirà les coses en cas de tal o tal altre fenomen, de manera que pot triar amb vista a la més gran coherència possible entre els diferents sistemes; el pensament, en certa mesura, pot triar què decideix de negligir. La història dels tempteigs de la ciència és en gran part, potser tota ella, la història de les aplicacions diferents i successives de la noció de negligible.

Història dels tempteigs de la ciència

Sens dubte que sempre, en l'ocasió del joc i per l'experiència del treball, els homes s'han format la noció de matèria inert, que només es mou si l'empenyem. La noció d'immobilitat és una noció definida. Per contra, la noció de moviment no n'és pas, de definida, perquè alhora que el canvi de posició hi intervé el temps. En tota època, potser, i en tot cas des de l'època grega, el moviment uniforme apareix com la forma de moviment que es defineix i defineix els altres, així com la recta és la línia que es defineix i defineix les altres; i els grecs l'atribuïren als astres, perquè són perfectes i sostrets als atzars. No tenien cap altra raó, per a fer-ho; no se'n pot tenir d'altra; car ¿com mesurar el moviment sense mesurar el temps? ¿i com mesurar el temps? La hipòtesi del moviment uniforme ret compte de la regularitat en les aparences celests, però també en podríem retre compte atribuint moviments variats a l'esfera celest, al sol, a la lluna, als planetes, si aquests moviments els fèiem variar convenientment. És, no cal dir-ho, el que fem avui, excepte amb l'esfera celest, car atribuïm als astres una acceleració; però no pas al moviment de rotació de la terra; ¿i per què no també a aquest moviment, sinó perquè conservem, per les estrelles, que ens reparteixen les jornades, la mateixa devoció que els grecs? El moviment uniforme ha significat sempre, significa encara avui, el moviment amb una relació constant amb el de les estrelles. No pot ser altrament. Les coses al voltant nostre gairebé només es mouen empenyent-les; els animals, que en són excepció, ens semblen moure's per capricis o per necessitats semblants a les nostres; el vent, que en el seu moviment irregular, sovint sobtat i violent, sembla sempre empenyent i no empès, amb el qual la *Iliada* compara sens parar l'impuls de la victòria, només ens és conegut per les coses que empeny. Els astres no empenyen, no són empesos, no són aturats; no topen amb res; davant nostre semblen procedir sense impuls ni resistència; en veure'ls inclinar-se lentament al voltant del pol, ¿com no pensar-hi un moviment sense impulsió ni resistència, i per consegüent un moviment uniforme? La concepció grega del moviment circular uniforme com a moviment perfecte, sostret a les accions exteriors, però, no permetia gens de definir, en canvi, els moviments que es produeixen a la terra, entorn nostre.

Per a definir aquests moviments, Galileu tingué la gosadia d'inventar-los un punt de partida i negligir-hi, en canvi, un fet d'experiència universal com és que, excepte els astres, totes les coses en moviment acaben un moment o altre per aturar-se. L'habitud ens fa creure avui que el principi d'inèrcia és evident, i ens estranyem de vegades innocentment que l'Antiguitat i l'Edat mitjana no l'haguessin constatat; però, lluny de ser una evidència, és una paradoxa. Els moviments dels astres, que d'altra banda són massa lents per a

aparèixer-se'ns com a moviments i que per aquesta raó no tenim cap dificultat a pensar-los com a circulars, són els únics que no s'aturen mai; els moviments acomplerts per nosaltres, provocats per nosaltres, o que veiem produir-se entorn nostre, i que en el nostre pensament van sempre acompanyats de la noció de direcció, és a dir, de recta, s'acaben sempre un moment o altre. En poques paraules, els moviments circulars dels astres duren indefinidament, els moviments rectilinis tenen una durada finita. Aquesta oposició és confirmada per l'experiència contínua i secular dels homes. ¿No és, llavors, una paradoxa audaç afirmar que el moviment perfecte, sostret a les accions exteriors, indefinidament durador, és el moviment rectilini uniforme? El que és evident és que aquesta paradoxa és indispensable per a definir els moviments que interessin la nostra vida terrestre. Amb tot, Galileu no hauria pas pogut imaginar el moviment rectilini uniforme desplaçant trossos de roca sobre una landa o armaris en una cambra, car aquestes coses s'aturen al moment que deixem de fer-hi cap esforç; l'imaginà imprimint una lleugera impulsió a una bola situada en una superfície horitzontal polida, i triant de negligir, tot primer, el fet que la bola acaba aturant-se i, després, el fet que, en comptes de lliscar, rodola. Tot seguit, Galileu inventà el moviment uniformement accelerat, en calculà la llei per mitjà d'una integració i, en l'experiència d'anar abandonant una bola sobre plans diversament inclinats, hi trobà aproximadament aquesta llei, així com una relació entre l'acceleració i la inclinació del pla. La pesantor, definida fins llavors només en relació amb l'equilibri i la ruptura d'equilibri, es trobava així definida en relació amb el moviment dels cossos que cauen. La noció de força, noció doble, ambigua, lligam entre l'estàtica i la dinàmica, s'havia inventat; la massa es distingia del pes; la dinàmica s'havia fundat.

Però els tempteigs eren lluny d'haver-se acabat. S'havia definit el moviment sostret a accions exteriors i, alhora, s'havia fet aparèixer el fregadís, causa suposada de l'alentiment dels mòbils abandonats a si mateixos. S'havia definit el sistema tancat constituït per una força constant i un mòbil sotmès a aquesta sola força amb exclusió de tota altra acció. El pas següent consistia a definir, sostret a accions exteriors, un conjunt de cossos en repòs o en moviment, sotmesos o no a forces, actuant els uns sobre els altres de manera determinada. Definir un tal conjunt és trobar el mitjà d'abraçar amb un sol esforç de pensament tots els seus estats possibles, és per consegüent posar quelcom, idèntic i invariable, comú a tots els seus estats possibles. Descartes, mirant un joc de billar, on les boles entrexocaven, i pensant un sistema definit i tancat format per esferes elàstiques, un pla horitzontal, i unes parets verticals, posà que la cosa invariable era la quantitat de moviment, és a dir, la suma dels productes de les masses per les seves velocitats. Les boles no li podien pas dir si tenia raó o no, perquè no era pas en elles que pensava; aquelles boles, després d'haver rodolat un temps sobre el tapís verd, s'aturaven, i Descartes pensava en boles dòcils al principi d'inèrcia, perpètuament en moviment. Però, per a l'ús, la seva idea no semblà pas satisfactòria. Les generacions següents substituïren el producte de la massa per la velocitat per un altre producte tret d'un altre estudi també de Descartes.

Les màquines simples, com ara la palanca, el bossell, l'argue, la falca i el pla inclinat, rebaixen l'esforç dels homes, però no pas indefinidament; malgrat aquestes màquines, hi resta quelcom irreductible, en el treball humà. Descartes cercà de definir aquest quelcom irreductible i, alhora, totes les màquines simples. Suposà que l'ús d'una màquina simple és sempre anàleg al procediment de l'home que, havent d'aixecar fins a certa alçada diferents pesos, se'n rebaixa la fatiga alçant-los no pas alhora sinó l'un després de l'altre. Així, el que és irreductible en l'ús de les màquines simples fóra el producte del pes per la distància que recorre l'objecte pesant; fórmula que s'acorda amb la de l'equilibri de la

palanca trobada per Arquímedes i amb la de l'acceleració sobre el pla inclinat trobada per Galileu. Així, apareixia la noció física de treball. Després de Descartes es tingué la idea de posar aquesta noció en relació amb el moviment. A tot moviment li correspon una possibilitat de treball definida per la massa i la velocitat del mòbil; aquesta correspondència s'estableix en considerar una bola que, rodant sobre un pla horitzontal, es troba amb un pla inclinat; la bola puja fins a una alçada fàcil de calcular, i el producte d'aquesta alçada pel pes de la bola és igual a la meitat del producte de la seva massa pel quadrat de la seva velocitat, és a dir, al que avui en diem l'energia cinètica. L'energia cinètica d'un mòbil en un moment donat és doncs el treball que s'acompliria si una bola de la mateixa massa, movent-se sobre un pla horitzontal amb la mateixa velocitat, es trobés amb un pla inclinat. O, cosa que ve a ser el mateix, és el treball que acompliria la pesantor sobre un cos de la mateixa massa que caigués en caiguda lliure fins que atengués la mateixa velocitat. Una bola rodant sobre un pla horitzontal té teòricament una velocitat constant; té, doncs, també, una energia cinètica constant. Un cos que cau, en primera aproximació, el suposem sotmès a una força constant; a cada moment, l'espai que ha recorregut i la velocitat i l'energia cinètica assolits varien constantment; però, com que cau d'una alçada determinada, la suma de l'espai que ha recorregut i del que li resta per recórrer, suma que és igual a aquesta alçada, és constant, i per consegüent la suma de la seva energia cinètica i del treball que la pesantor pot encara acomplir damunt seu és constant.

Es renuncià a definir els sistemes mecànics tancats per la quantitat de moviment, i se cercà de definir-los per l'energia cinètica o, cosa que ve a ser el mateix, pel doble de l'energia cinètica, la força viva; Huygens trobà que, si uns cossos cauen anant junts d'alguna manera, la que sigui, la suma de les forces vives és la mateixa que si cauen lliurement per separat; moltes de recerques semblants dugueren al principi de la conservació de les forces vives, clau de la dinàmica, segons el qual la força viva d'un sistema depèn de les forces que actuen sobre els cossos, i no gens dels seus lligams mutus. Així com sempre es pot fer correspondre a diverses forces actuants sobre un punt material una sola força anomenada la resultant, tot sistema mecànic tancat pot ser assimilat, pel que fa a la força viva, a un punt material mogut per una sola força. Tant en el cas de no importa quin sistema mecànic tancat com en el cas d'un cos que cau, la suma de l'energia cinètica i del treball encara susceptible d'acomplir-se per les forces que s'hi exerceixen és constant. Aquest és el principi de conservació de l'energia. Tota aquesta construcció concerneix cossos indeformables i no susceptibles d'escalfament ni de fregadís; però, quan hom ha acabat aquesta construcció, ha de tenir en compte la diferència infinita, fins aquí negligida, entre els moviments suposats i els moviments reals, que sempre acaben aturant-se. Això es té en compte, tret d'alguna cosa —i aquesta alguna cosa és encara un error infinit—, mercès a l'equivalència establerta entre l'energia mecànica i les altres formes d'energia, especialment la calor. El principi de conservació de l'energia ateny llavors el seu més alt grau de generalitat; la fórmula és: “La suma dels equivalents mecànics de totes les accions produïdes al defora d'un sistema, quan aquest passa, de la manera que sigui, de l'estat donat a un estat normal definit arbitràriament, és independent de la forma com hi hagi passat.”

(Ací hi manca la part de baix de la pàgina, que la S.Weil, ella mateixa, ha retallat)

[...] la resistència de l'aire, per a aquell qui agafa un poal d'aigua posat a terra, el transporta cent metres, i el torna a deixar a terra. Al contrari, per analogia amb l'elevació

