

Els silencis de la ciència

David Jou

Poeta i catedràtic de física de la UAB

La ciència fou, en els seus inicis, conscient del seu misteri. De mica en mica, i de forma accelerada en els tres darrers segles, el seu abast i el seu poder s'anaren eixamplant tant que arribà a semblar que la ciència fos una paraula explicativa total, a la qual cap silenci podria resistir-se. En el segle XX, la ciència és novament conscient dels seus silencis: la indecidibilitat matemàtica, l'indeterminisme quàntic, la impredictibilitat del caos determinista, posen de manifest silencis implícits en el marc de la ciència mateixa, a més de tants altres silencis sobre qüestions que no formen part pròpiament del seu mètode, com ara el silenci moral, i el silenci sobre el sentit i sobre la sorpresa de l'existència.

Introducció

La ciència és conscient, de vegades, del seu misteri. Des que Pitàgores, un segle abans que Plató, intuï que les matemàtiques anaven molt més enllà d'una comptabilitat utilitària o d'un mesurament pràctic i formaven part de l'essència més profunda, immutable i –potser– divina del món, les matemàtiques desbordaren el pragmatisme dels problemes de la vida quotidiana i esdevingueren una interpel·lació d'una realitat enllà de l'individu, del temps i de l'espai. En



Serien les matemàtiques i la física capaces de dir-ho tot sobre el món, no tan sols sobre el firmament sinó també sobre les qüestions terrestres i humanes?

aquesta visió, la matemàtica esdevingué, en certa manera, una disciplina d'espiritualitat, de formació de caràcter, una crida col·lectiva a una missió enllà de països i d'èpoques, una contemplació i exploració d'un món ideal de veritats eternes i objectives. Relativament inabastables a la capacitat de comprensió del públic, les matemàtiques no necessitaren ni pretengueren visibilitat social. Foren una forma de silenci discret, creatiu, fèrtil, retirat, on s'amagava una passió per l'ordre, la claredat, la veritat i la bellesa, compartida per una comunitat restringida però d'àmbit universal.

Del silenci contemplatiu a l'ambició de paraula total

Aquesta dimensió silenciosa, contemplativa, més oberta a una Paraula més enllà de l'humà que no pas a l'afirmació d'una paraula humana, va anar essent envaïda per una triple ambició: dir més sobre el món, dominar noves aplicacions, i plantejar noves preguntes i problemes. La contemplació i la sorpresa inicials van anar deixant pas a l'aplicació pràctica, la possessió teòrica i la interrogació activa. És interessant sintetitzar el triple camí des del silenci relativament contemplatiu de la ciència inicial a l'ambició de totalitat de la ciència actual, abans de passar a veure com aquesta ambició arriba a constatar diverses menes de silenci.

Pel que fa a la relació entre matemàtica i realitat, l'observació pitagòrica fundacional de la relació entre nombres racionals i harmonies musicals –més estètica i espiritual que no pas pràctica– es va expandir en cerca de regularitats matemàtiques en el moviment d'estrelles, constel·lacions i planetes, ja iniciada, amb altres objectius, pels sacerdots babilonis. Les esferes pitagòriques i platòniques van anar incorporant les sofisticacions ptolemaïques, les intuïcions copernica-



Fins a on podem arribar a modificar el món i, fins i tot, la natura humana? Fins a quin punt la ciència pot arribar a respondre, a la llarga, totes les preguntes que es planteja en el marc del seu mètode?

nes i la rotunda victòria intel·lectual newtoniana, passant per Descartes, Kepler i Galileu. Les matemàtiques, a través de la física, es descobriren capaces de parlar sobre el món amb precisió i predicció extraordinàries. Serien les matemàtiques i la física capaces de dir-ho tot sobre el món, no tan sols sobre el firmament sinó també sobre les qüestions terrestres i humanes?

En la dimensió aplicada, cal esmentar el nom emblemàtic d'Arquimedes, una figura immensa de la matemàtica, que també destaca en nombroses aplicacions —lleis de la palanca i màquines mecàniques, cargol d'Arquimedes per a l'elevació de l'aigua, principi d'Arquimedes de la flotació, òptica de miralls. Entre les seves aplicacions, cal no oblidar les de caràcter militar que, des d'aleshores, han estat un camp molt actiu, finançat i debatut de les aplicacions científiques. Al llarg de la història, el cabal aplicat de la ciència s'anà eixamplant amb l'estàtica d'estructures arquitectòniques, cinemàtica de projectils, dinàmica de màquines, telescopis, microscopis, màquines tèrmiques, electricitat, ones electromagnètiques, satèl·lits, telecomunicacions, electrònica, ordinadors... I amb les aplicacions de la química: medicaments, explosius, colorants, adobs, combustibles, motors, cotxes, avions... I les aportacions de la biologia, la medicina, la cirurgia: biologia cel·lular i molecular, microbiologia, genètica, evolució, desenvolupament, antibiòtics, immunologia, transplantaments... La tecnologia, amb les successives revolucions mecànica, tèrmica, química, elèctrica, electrònica, informàtica, ha anat modificant l'estructura social i les capacitats humanes. Fins on podem arribar a modificar el món i, fins i tot, la natura humana?

En la dimensió de coneixement pur, la matemàtica va anar conformant un ideal de la raó: la geometria d'Euclides configura un ideal

de coneixement que, a partir d'uns pocs axiomes gairebé evidents, és capaç de deduir amb claredat i elegància milers de resultats. A l'edat mitjana, la numeració aràbiga facilitarà els càlculs, tant de la comptabilitat mercantil com de problemes abstractes, i durà al naixement de l'àlgebra. Amb Descartes, geometria i àlgebra començaran a confluir. Amb Newton i Leibniz començarà el càlcul diferencial i integral. A les acaballes del segle XIX, el descobriment de les geometries no euclidianes, la formalització matemàtica del concepte d'infinít i algunes qüestions lògiques de la teoria de conjunts sacsejaran l'edifici imponent de la seguretat matemàtica. Aplicant les matemàtiques a l'estudi de la naturalesa, la física desenvoluparà teories extraordinàriament fèrtils, que esdevindran un ideal de coneixement del món: observació, experimentació, càlcul, imaginació. Fins a quin punt la ciència pot arribar a respondre, a la llarga, totes les preguntes que es planteja en el marc del seu mètode?

Algun silenci per a la ciència?

Vist que, en els quatre darrers segles, la ciència ha avançat tan ràpidament, és lògic preguntar-se si arribarà un moment en què la ciència podrà dir-ho tot, explicar-ho tot, controlar-ho tot, si caldrà plantejar-se si el mètode científic és el model definitiu de coneixement, en detriment d'altres models de coneixement. Naturalment, hi ha moltes coses que la ciència d'avui no coneix, i sobre les quals ha de callar, provisionalment. La pregunta anterior és, doncs, una qüestió de principi, adreçada a la potencialitat futura, més que no pas una indagació de la situació actual, amb els silencis de tantes qüestions obertes.

L'actualitat de la ciència, però, és impressionant. La física i la química permeten manipular i estructurar la matèria àtom a àtom, produir nous materials amb propietats subtilíssimes, explorar estats de la matèria de característiques sorprenents, processar grans quantitats d'energia. La biologia molecular ha dut a l'enginyeria genètica i la biologia sintètica, obrint la possibilitat de reescriure la vida, produint organismes nous i modificant el curs de l'evolució. La neurobiologia



La ciència ha anat descobrint els seus límits, els seus silencis... En matemàtiques, la indecidibilitat, i en física, l'indeterminisme quàntic i la impredictibilitat del caos determinista.

observa en directe el comportament del cervell i les seves respostes més properes a les sensacions, les emocions, la cognició i la presa de decisions, i està aprenent a intervenir-hi. La medicina ha eixamplat increïblement les seves possibilitats d'actuació, aprofitant les descobertes més subtils de la biologia molecular, i les aportacions d'un variadíssim utillatge físic i químic. La cosmologia s'atansa als instants inicials de l'univers i observa el rastre de fenòmens que es produïren quan l'univers tenia tot just mil·lionèsimes de segon. Informàtica, robòtica, telecomunicacions, astronàutica, obren un món de possibilitats al càlcul, a la indústria, a l'economia, a la simulació per ordinador, a la creació de realitats virtuals ... Sembla, realment, que no quedi cap espai on la ciència hagi de callar, ni tan sols en les intimitats de l'amor i de l'angoixa, que la ciència llegeix i interpreta –potser un xic maldestrament, però amb un considerable grau de versemblança– en termes de neurotransmissors i xarxes neuronals diverses.

Els silencis de la ciència, avui

I, tanmateix, la ciència ha anat descobrint els seus límits, els seus silencis. Alguns d'aquests silencis han estat sempre presents en els debats entre ciències i humanitats, i s'han referit a qüestions típicament humanístiques, en què semblava que la ciència tenia poc a dir-hi. Altres silencis, en canvi, han emergit des de la pròpia consideració científica, com ara, en matemàtiques, la indecidibilitat, i en física, l'indeterminisme quàntic i la impredictibilitat del caos determinista. Considerarem diversos d'aquests silencis i les seves conseqüències conceptuals.



Una de les qüestions matemàtiques fonamentals plantejades al començament del segle xx fou si les matemàtiques són capaces d'establir la veritat o la falsedat de qualsevol enunciat formulat dintre del context matemàtic.

Tres silencis constitutius

Començarem per tres silencis constitutius que les matemàtiques i la física han descobert en el seu si en el segle xx.

La indecidibilitat matemàtica

Una de les qüestions matemàtiques fonamentals plantejades cap al començament del segle xx, relacionades amb els seus fonaments, fou si les matemàtiques són capaces d'establir la veritat o la falsedat de qualsevol enunciat formulat dintre del context matemàtic. En aquells moments, tot feia pensar que era així, tot i que això no impliqués pas suposar que això havia de ser fàcil. Ara bé, cap a 1930, Gödel, Turing i altres investigadors van arribar a establir que la matemàtica no pot donar resposta a totes les qüestions que es puguin plantejar dintre del seu marc; en altres paraules, van demostrar que en qualsevol sistema d'axiomes prou complex per encabir l'aritmètica, sempre hi haurà afirmacions la veritat o falsedat de les quals no podrà ser demostrada dintre del marc de la teoria. Això va suposar una gran sorpresa: el coneixement que semblava més pur, rigorós i exhaustiu, té silencis indecibles.

Així, en arribar a una d'aquestes afirmacions, si es vol avançar, cal suposar com a nou axioma addicional que l'afirmació és veritable –o que és falsa– i continuar construint la teoria, fins a arribar a una nova afirmació indecidible. Cal estar segur, però, que es tracta d'una qüestió indecidible –i no pas que encara no s'hagi pogut decidir–, i cal que sigui prou rellevant com per a continuar endavant en aquell camí.

L'indeterminisme quàntic

Cap a la mateixa època, entre 1925 i 1930, Heisenberg, Schrödinger, Bohr i altres formularen la primera descripció àmplia i consistent



Heisenberg i altres formularen la primera descripció àmplia i consistent de la física quàntica. Es constata que la teoria té aspectes irreductiblement indeterministes, a diferència del caràcter determinista de la física clàssica.

de la física quàntica –iniciada un quart de segle abans. Es constata que la teoria té aspectes irreductiblement indeterministes, a diferència del caràcter determinista de la física clàssica. Cap experiment imaginable podria predir, segons la interpretació actual majoritària de la teoria, el resultat concret d'un experiment quàntic, sinó tan sols els resultats possibles i la seva probabilitat respectiva en un conjunt d'experiments.

Aquest indeterminisme en la mesura –que contrasta amb el determinisme de l'evolució del sistema mentre no és observat-, juntament amb altres característiques sorprenents com ara la complementarietat entre partícula i ona, com la superposició d'estats diferents, mútuament incompatibles segons la física clàssica, o com l'entrellaçament –connexió quàntica entre sistemes arbitràriament allunyats-, atorguen a la teoria quàntica un fascinació popular considerable. Ara bé, què ens diu aquest indeterminisme? Afegeix alguna cosa a les nostres idees sobre la llibertat? Quina combinació de determinisme i d'indeterminisme cal per a poder descriure en termes físics la llibertat –suposant que això sigui possible?

La impredictibilitat del caos determinista

Cap als anys 1980, sorgeix la teoria del caos determinista: fins i tot la física clàssica determinista és incapaç, en molts casos, de fer prediccions a un termini mitjà o llarg, a causa del paper crucial que pot jugar qualsevol petita pertorbació en l'evolució del sistema (l'anomenat popularment “efecte papallona”). En termes matemàtics, la causa d'aquesta impossibilitat és la presència de certs tipus de termes multiplicatius en les equacions que descriuen l'evolució del sistema. Alguns exemples ben coneguts de sistemes caòtics deterministes són



En 1980, sorgeix la teoria del caos determinista. La física clàssica determinista és incapaç, en molts casos, de fer prediccions a un termini mitjà o llarg, a causa del paper crucial que pot jugar qualsevol petita pertorbació en l'evolució del sistema.

l'atmosfera (meteorologia), el magnetisme terrestre (deriva o inversió dels pols magnètics), i la turbulència. Això significa, per exemple, que per exhaustives i detallades que siguin les observacions meteorològiques i per potents que siguin els ordinadors amb què simulem l'evolució del sistema per fer-ne prediccions, l'horitzó de prediccions fiables no superarà una setmana o deu dies.

L'efecte papallona a què ens hem referit afirma que un batec d'ales d'una papallona en la selva tropical pot produir una tempesta a Nova York, Londres o qualsevol altre lloc que el lector vulgui imaginar. Naturalment, això no vol dir pas que la papallona tingui prou energia per produir una tempesta, sinó que la seva influència, aparentment negligible, pot desviar lleugerament el curs de la tempesta, i fer que passi per Nova York, Londres, o el lloc que sigui, en lloc de passar a uns quants kilòmetres de distància. Des d'aquesta perspectiva, la metàfora ens suggereix dues coses: que la nostra acció, per irrellevant que sembli, pot tenir conseqüències grans; d'altra banda, també ens diu que no podem predir del tot quines seran aquestes conseqüències.

Cinc silencis derivats

A continuació, veurem algunes altres menes de silenci, que en bona part estan relacionades amb la impredictibilitat, la indecidibilitat i l'indeterminisme de què hem parlat abans, tot i que no han estat demostrades formalment.

L'evolució biològica

Una situació semblant a la del caos determinista és, pel que fa a

la impredictibilitat, la de l'evolució biològica. Si bé en aquest cas no donem tant d'èmfasi a equacions matemàtiques d'evolució, sinó a mecanismes genètics, el procés és igualment impredictible, a causa de la sensibilitat dels sistemes a mutacions o altres modificacions de l'ADN, o a modificacions de l'ambient. Així, en concret, no tan sols ens preguntem pel futur de l'evolució –i, en particular, pel futur de l'evolució dels humans, o per les conseqüències de l'acció humana en l'evolució, tot produint noves espècies–, sinó també per l'evolució de la vida en altres planetes.

Actualment, en efecte, l'astrobiologia es pregunta per l'evolució a escala còsmica, és a dir, no tan sols a la Terra sinó ens molts altres planetes. Si hi ha altres planetes amb vida –cosa probable, si més no a escala microbiològica–, com hi haurà evolucionat la vida? Serà gaire semblant a la vida que coneixem? Què tindrà en comú la vida en diferents planetes? Compartirà els mateixos vint aminoàcids, el mateix codi genètic, l'ADN com a magatzem de la informació genètica? Haurà passat des d'una etapa procariòtica –de cèl·lules sense nucli ni estructures– a una etapa eucariòtica –cèl·lules amb nucli i diverses estructures internes complexes? Haurà arribat a organismes pluricel·lulars diferenciats? Haurà arribat a un sistema nerviós, a organismes vertebrats? Haurà arribat o estarà en condicions d'arribar a vida intel·ligent?

Qüestions morals

Les guerres mundials del segle xx posen de manifest el silenci de la ciència i de la tecnologia sobre qüestions morals, qüestió ja sabuda des de fa segles, però duta a gran escala en aquestes conteses històriques. Descobriments en química, en física nuclear o en microbiologia donen lloc a armament extremadament destructiu, que posa en perill el conjunt de la humanitat. D'altra banda, el progrés en tecnologia nuclear permet comptar amb una font energètica valuosa –amb riscos pel que fa a possibles accidents o a l'acumulació de residus radioactius, però no gens negligible–, i els progressos en microbiologia i en enginyeria genètica tant poden dur a microorganismes extremadament útils per al tractament de residus, fabricació de biocombustibles

o de nous medicaments, com a organismes devastadors –com podria ser-ho un virus semblant al de l'Ebola, però amb el perill afegit de propagació per aire. La majoria d'activitats científiques –com la majoria de coneixements o de tècniques– poden ser emprats per al bé o per al mal, per a privilegi d'uns pocs o per a benefici de molts.

El silenci de la ciència i de la tecnologia sobre qüestions morals esdevé més problemàtic actualment que en èpoques anteriors per dos motius: d'una banda, perquè la presència de la tecnologia s'ha incrementat en extensió, intensitat i potència, de manera que obre noves incògnites d'actuació, i a gran escala; d'altra banda, perquè les fonts tradicionals de moralitat, com les religions o la filosofia, són més qüestionades o fins i tot ignorades –potser amb més frivolitat que no pas amb arguments reals– que en èpoques anteriors.

Això no vol pas dir que els científics o els tècnics, individualment o en grups, no puguin ser agudament sensibles a qüestions morals, ni que la ciència no s'interessi per la moral o, com a mínim, per les bases biològiques de la moralitat. Una branca d'estudi de l'evolució és dedicada, precisament, a l'origen de la moralitat. En certa manera, es tracta d'investigar sobre el que abans s'anomenava moral natural, o llei natural, però des d'una perspectiva no centrada en els humans, sinó en els prolegòmens evolutius dels valors i en les seves bases neurològiques. S'observa, per exemple, que en algunes espècies de primats sembla haver-hi uns certs valors d'ajuda mútua, d'altruisme, d'interès per l'altre; s'explora el comportament social dels individus, l'emergència de normes socials relativament subtils, la presència de l'engany i de l'astúcia; en quines situacions els comportaments de col·laboració pesen més que no pas els de competició; s'investiga una certa sensibilitat per la justícia en primats, estudiant les seves reaccions quan esperen una recompensa i no la reben i, en particular, com varien les reaccions en funció de si la recompensa era merescuda o no ho era.

Des de la perspectiva neurològica, s'estudien els mecanismes de presa de decisions, la influència que hi tenen les àrees del plaer o de la por, els records i les expectatives, el paper de les neurones mirall en l'interès i l'empatia envers els altres; s'explora minuciosament el pa-

“ La ciència investiga sobre el que abans s’anomenava moral natural, o llei natural, però des d’una perspectiva no centrada en els humans, sinó en els prolegòmens evolutius dels valors i en les seves bases neurològiques.

per de diversos neurotransmissors en situacions tan emblemàtiques com l’atenció de les mares a les cries, o com les reaccions que constitueixen un enamorament... Tot això no aclareix pròpiament quins criteris morals hem de tenir, ni perquè els hem de seguir, però revela que el tema de prioritats i de valors va emergint de forma natural a partir de certes etapes de l’evolució biològica.

El sentit de la història i de la vida

En les visions més radicalment científiques del coneixement s’ha tendit a desdenyar les qüestions que no entraven directament en la ciència, o fins i tot a negar-los consistència lògica. Una d’aquestes qüestions és la del sentit, en la seva doble dimensió de finalitat i d’interpretació de les accions, dels valors o de la vida. Com que la ciència bàsica menysté la idea de finalitat —si més no en física i química— les lectures de la realitat en funció d’uns certs objectius no semblen clares. D’altra banda, la tecnologia dona molts mitjans, però diu molt poc sobre els fins a què convé aplicar-los. Les ones electromagnètiques o els ordinadors són la base física de les telecomunicacions, però conèixer els seus fonaments físics no aclareix gens ni mica quines coses hem de comunicar a través d’aquests mitjans, ni perquè ho hem de fer. Comparar la migradesa o la baixesa dels continguts d’alguns programes de ràdio o de televisió amb l’admirable alçada tècnica dels seus mitjans és una experiència profundament deplorable i desmoralitzadora, que posa de manifest fins a quin punt el progrés tecnològic pot estar desvinculat del progrés moral.

L’acceleració del progrés tecnològic i l’eixamplament de les seves capacitats d’acció corrobora no tan sols les perplexitats morals de les noves possibilitats d’intervenció en biologia i medicina i en el medi

ambient, sinó que també accentua el silenci sobre el sentit de la vida, sobre cap a on anem i per què fem les coses. Cal córrer tant per cercar noves tecnologies, si podríem resoldre tants problemes urgents —fam guerra, injustícia— aplicant ja les tecnologies de què disposem, o fins i tot tecnologies molt més senzilles? Cal cercar amb tant d'afany medicaments contra l'envelliment i menystenir, en canvi, la reflexió sobre la mort? No podríem combinar les dues coses?

L'existència de l'univers

Tradicionalment, la sorpresa sobre l'existència de les coses s'expressa en termes de l'oposició entre existir i no existir, entre l'existència i el no-res. Prou sabem que la nostra existència individual és digna de sorpresa, ja que no era ni és en absolut necessària. La intensitat de la sorpresa és diferent, en canvi, si considerem l'existència de l'univers, molt menys fútil que la nostra existència individual. Actualment, la cosmologia, dintre del model de molts universos, també constata la sorpresa per l'existència del nostre univers. La sorpresa rau en el fet que les característiques del nostre univers no resulten gens òbvies, sinó que estan molt lligades amb el contingut de l'univers.

No és clar que en un univers hi hagi d'haver matèria, ja que això implica una ruptura de la simetria entre matèria i antimatèria, per tal que no s'anihilin massivament matèria i antimatèria, deixant tan sols llum. No és obvi que en un univers hi hagi haver galàxies i estrelles: és fàcilment concebible un univers constituït tan sols per hidrogen molt diluït. No és obvi que un univers hagi de contenir vida, ja que la síntesi de nuclis de carboni i més pesants que el carboni per fusió nuclear en l'interior de les estrelles depèn crucialment dels valors de les constants físiques universals. Considerades aquestes circumstàncies, i imaginant que els universos es van formant com a conseqüència d'hipotètiques fluctuacions quàntiques aleatòries, en resulta que l'existència del nostre univers no sembla necessària, sinó aleatòria. La sorpresa per l'existència del món, doncs, continua essent viva.

La llibertat

L'existència o no de llibertat és un altre dels silencis de la ciència.

“ La presència de qüestions científicament indecidibles fa que altres qüestions indecidibles en el marc de la pura raó –l’existència de Déu, de l’infinit, de la llibertat, d’una vida després de la mort – no hagin de ser considerades com a necessàriament irracionals o mancades de legitimitat i de sentit.

La impredictibilitat associada amb la complexitat –o amb la sensibilitat a les perturbacions– duu a preguntar-nos si la llibertat humana és una realitat o bé una il·lusió. En efecte, atesa la complexitat dels sistemes neuronals del cervell, podria ser que, tot i que el que farem ja pugui estar determinat, tinguem la il·lusió que no ho està. Si no podem predir el que farem, ens semblarà, doncs, conseqüència de decisions lliures. En concret, la simulació per ordinador del dinamisme dels estats cerebrals seria tan complexa que predir el que farem dintre de cinc minuts exigiria unes quantes setmanes de computació a gran escala. Així, simular mitjançant ordinadors la successió d’estats cerebrals no seria un gran ajut per aclarir si som o no som lliures. A una escala menys precisa, però més realista, la neurologia tampoc no aclareix fins a quin punt som lliures, ja que posa de manifest l’alt grau de condicionants interns que actuen en les nostres preses de decisió, a més dels condicionants externs, de tipus familiar, econòmic, polític o social.

Alguns comentaris finals

En definitiva, la ciència, després d’una llarga etapa de segles d’eixamplament i progrés, en què ha aportat tant de coneixement sobre la matèria, l’energia, la vida, la salut, l’univers, és conscient que la seva paraula explicativa no és absoluta, no és total. Prou ho ha sabut al llarg d’aquests segles, en contacte continu amb els problemes que es plantejaven en el seu mateix marc, i amb les complexitats de la vida real. Les matemàtiques i la física han descobert que alguns dels seus silencis poden ser constitutius i no tan sols provisionals, que es mani-

festen no tan sols en les fronteres amb l'àmbit metafísic o religió –que tantes vegades la ciència ha ignorat o ha volgut desdenyar i deslegitimar–, sinó fins i tot en àmbits concrets propis de la seva indagació.

Aquesta consciència de límits i silencis no fa la ciència menys interessant, sinó probablement més realista, més modesta, més oberta a la llibertat i al risc, més permeable a qüestions de tipus humanístic. La indecibilitat matemàtica porta la matemàtica enllà d'un simple exercici de tautologies, i hi afegeix un ingredient de creativitat. Tenim la llibertat, per exemple, de construir amb rigor matemàtic geometries planes (euclidianes), o corbades (no euclidianes: tancades, de tipus esfèric, o obertes, de tipus hiperbòlic). Aplicar les matemàtiques a la descripció de la realitat física hi afegeix restriccions, i fa una d'aquestes geometries més realista que les altres, però no treu legitimitat formal ni consistència teòrica a les altres. L'indeterminisme quàntic i el caos determinista indiquen com el coneixement d'unes lleis matemàtiques molt precises no garanteix el coneixement del futur enllà d'un cert horitzó limitat.

La presència de qüestions científicament indecidibles fa que altres qüestions indecidibles en el marc de la pura raó –l'existència de Déu, de l'infinit, de la llibertat, d'una vida després de la mort – no hagin de ser considerades com a necessàriament irracionals o mancades de legitimitat i de sentit, cosa que facilita la convivència intel·lectual entre la ciència i altres àmbits de coneixement. Sigui com sigui, i malgrat haver pogut reconèixer que en el seu mateix camp hi ha silencis constitutius, la ciència farà bé de mantenir la seva ambició de globalitat –amb un to dialogant i modest, això sí–, però sense cedir en la curiositat i en l'afany de plantejar-se des del seu mètode tota mena de qüestions: l'origen de la vida i l'origen de la moral, la relació entre veritat i estètica, la sorpresa de l'existència i de la capacitat de fer ciència –o d'entendre matemàticament tants aspectes del món amb el nostre pensament.