

Un passeig particular



Vicent Botella i Soler

Institute of Science and Technology (IST) Viena - Àustria

Mentre escric aquestes línies, s'acosta lentament la primavera. Envege ja un poc més de sol. L'hivern que acabem de passar ací, a Viena, m'ha deixat tip de neu i fred. No sé si arribaré a acostumar-me a aquestes inclemències. Afortunadament, la ciutat ofereix un bon nombre de cafés acollidors on passar les hores fosques de l'hivern. Des d'ací us aniré contant les curiositats i anècdotes científiques que vaja trobant-me.

De moment, quan finalment arribe el bon oratge i es puga sortir al carrer amb comoditat potser tornaré, entre altres coses, a passejar pel cementeri central. Sols hi he estat una vegada, fa dos anys, quan encara no vivia ací. Hi vaig anar quasi com qui fa un pelegrinatge, perquè allí, al Zentralfriedhof de Viena, es troba la tomba del físic austríac Ludwig Boltzmann (1844-1906). És una tomba relativament senzilla, en un cantonet, rodejada de gespa, amb el bust del científic presidint una làpida de pedra blanca compartida amb la dona i altres membres de la família. La senzillesa fa més visible una fórmula matemàtica inscrita a la part de dalt: $S = -k \log W$. Potser us preguntareu com esdevé epitafi una expressió matemàtica. Deixant els detalls tècnics de banda, podem dir que aquesta equació és la peça clau del treball de Boltzmann. En ella es resumeixen els conceptes fonamentals d'allò que ara anomenem física estadística i suposà una autèntica revolució en el nostre coneixement de l'univers. A tall de definició, bastarà dir que la física estadística permet entendre el comportament macroscòpic de la matèria (Boltzmann s'interessà inicialment pel comportament d'un cert volum de gas), assumint que aquesta està composta en el nivell microscòpic per unitats atòmiques individuals.

Fer ús d'aquesta hipòtesi, la famosa hipòtesi atòmica, va comportar que les idees de Boltzmann foren durament criticades per un sector de la comunitat científica [1]. I és que arrossegàvem aquesta discussió des de l'antiga Grècia: és la matèria discreta o contínua? Altrament dit, està la matèria (tot allò que ens rodeja, nosaltres mateixos!) composta per algun tipus d'unitat fonamental (àtoms) o no? Si ens posem a fer trossets cada vegada més menuts de qualsevol cos material, hem de parar en algun moment o podem continuar fins l'infinit? A l'escola i a l'institut, en les

classes de física i química, ens diuen que la matèria està feta d'àtoms (i de partícules encara més petites!), però a finals del segle XIX no teníem clar si aquests àtoms eren una realitat o sols una idea. Ningú no els havia vist ni teníem proves experimentals definitives de la seua existència. Boltzmann, assumint que existien de debò, va aconseguir desenvolupar una teoria matemàtica de gran bellesa i conseqüència. Però els físics ja havien vist desaparèixer altres conceptes útils (e.g. flogist, epicicles) en trobar una explicació millor que no requeria d'aquestes entelèquies. Encara que Boltzmann i les seves idees trobaren il·lustres amics i defensors com Maxwell a Anglaterra o Gibbs als EUA, la controvèrsia i les disputes al voltant de la seva teoria foren la norma en els anys posteriors a la seva publicació. Com es varen resoldre aquestes disputes?

Fer-li justícia a la història de la hipòtesi atòmica excediria amb total facilitat les poques línies d'aquesta peça. Els actors d'aquesta història, així off the top of my head com diuen els anglesos, inclourien Demòcrit, Dalton, Brown i Einstein entre d'altres. El lector interessat pot trobar una bona font per entendre l'evolució d'aquesta idea en la conferència que va donar el físic francès Jean Baptiste Perrin (1870-1942) en rebre el premi Nobel de física l'any 1926 [2]. A Perrin li donaren el premi Nobel per demostrar definitivament amb els seus experiments l'existència dels àtoms. En la seva exposició explica quin era el punt més dèbil de la hipòtesi atòmica: la grandària dels àtoms. L'argument és el següent. Si els àtoms són tan menuts que queden fora de l'abast experimental, encara que la idea de l'àtom ens faça paper a l'hora d'entendre el comportament de la matèria (com en el cas de les teories de Boltzmann), mai tindrem evidència directa de la seva existència i la controvèrsia sobre la seva realitat pot continuar indefinidament. És a dir, si l'àtom és sols una idea i no una realitat, sempre hi haurà qui busque una idea millor, més potent. Els experiments de Perrin demostraven de manera irrefutable la naturalesa atòmica de la matèria, en determinar per diversos mètodes l'anomenat número d'Avogadro, que és una mesura indirecta de la grandària dels àtoms. Personalment, encara recorde quan mon pare em va explicar allò dels àtoms i jo, ben xiquet, em mirava les unghes dels dits intentant d'ataüllar les minúscules rajoles del meu cos. Evidentment, jo tampoc tenia una

idea massa clara sobre la seva grandària.

Tanmateix, i açò resulta sorprenent, quan Perrin realitzà els seus experiments a París l'any 1908, la comunitat científica feia temps que havia acceptat com una realitat la idea de l'àtom. De fet, en aquella època la comunitat dels físics estava ja totalment centrada en la investigació de la seva estructura! Per il·lustrar aquesta aparent paradoxa podem assenyalar que el premi Nobel a Perrin pels seus estudis sobre la naturalesa discontinua de la matèria arribà quatre anys després de què se li atorgara el mateix premi a Niels Bohr per haver estudiat l'estructura atòmica. Sembla que la idea d'àtom, tal volta com la del bosó de Higgs actualment, fou acceptada entre grans sectors de la comunitat científica abans de tindre proves experimentals definitives.

Com vam passar de la controvèrsia suscitada pel treball de Boltzmann a un consens generalitzat sense tindre proves experimentals? Bé, aquesta és la part bonica de la història. Malgrat les discussions inicials, el treball de Boltzmann acabà per imposar-se. La teoria cinètica dels gasos, partint de la hipòtesi atòmica, va obrir un camp d'investigació increïblement fructífer en resultats i aplicacions que encara emprem i explorem actualment. La física estadística i les eines matemàtiques que se'n deriven, s'empren per estudiar problemes no sols en física sinó també en enginyeria, biologia, química, i en altres disciplines tan aparentment llunyanes com neurociències o sociologia. En el problema que m'ocupa actualment, per exemple, emprem aquests mètodes per entendre com la retina, una làmina de neurones al fons de l'ull, processa la informació visual abans d'enviar-la al cervell. En resum, l'èxit de la teoria fou tan contundent que fou suficient per convèncer la comunitat científica de la realitat dels àtoms.

El contrapunt trist és que Boltzmann no va viure aquest triomf. Malalt d'aguts atacs de depressió, va decidir acabar amb la seua vida mentre es trobava de vacances a Duino, l'any 1906. Així és com una equació matemàtica, en aquest cas el resum concís d'un treball intel·lectual sublim, esdevé epitafi. És un record d'aquell triomf.

Fa dos anys, a la tomba de Boltzmann, em vaig trobar per casualitat amb altres col·legues que, com jo, estaven a Viena per assistir a una conferència. A tots ens havia pegat per emprar aquella vesprada per anar a vore l'amic Boltzmann. Sembla que els científics també tenen els seus mites. Després d'intercanviar alguns somriures vam guardar un silenci respectuós i marxàrem, passant de camí a la sortida a vore Brahms, Beethoven, Schubert i tots els Strauss, que també paraven per allí.

Referències i Notes

[1] Carlo Cercignani, Ludwig Boltzmann: The man who trusted atoms. Oxford University Press, 1998.

[2] "Jean Baptiste Perrin - Nobel Lecture: Discontinuous Structure of Matter". http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1926/perrin-lecture.html

¹ En aquesta fórmula, k és una constant anomenada constant de Boltzmann i W és una probabilitat (Wahrscheinlichkeit és la paraula alemanya per a probabilitat) relacionada amb el nombre d'estats possibles del sistema físic concret que vulguem estudiar.



Tomba de Ludwig Boltzmann al cementiri central de Viena. Fotografia: VICENT BOTELLA.

“ A Perrin li donaren el premi Nobel per demostrar definitivament amb els seus experiments l'existència dels àtoms.

“ $S = k \log W$ és la peça clau del treball de Boltzmann.



Segells commemoratius de Boltzmann i Perrin. De la col·lecció de JOSEP PEDRO.