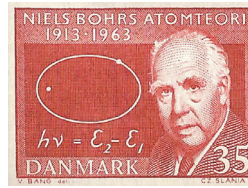


El model atòmic de Rutherford-Bohr

Josep Lluís Doménech

Professor de Física i Química - IES Antoni Llidó - Xàbia



El de Rutherford és un model atòmic que coneixen tots els que han estudiat Química, i això, per la seua senzillesa: l'àtom consisteix en electrons orbitant un nucli petit i carregat positivament. Tanmateix, i com mostrem a continuació, seria més just que aquest model fóra anomenat *de Rutherford-Bohr*.

Amb l'objectiu d'explicar la diversitat de substàncies existents a la natura, John Dalton, a les primeries del segle XIX, va proposar que els elements químics estaven formats per àtoms. Segons Dalton, els àtoms d'un element són tots iguals entre si, encara que diferents als d'un altre element. Per a Dalton, els àtoms eren com a boletes massisses. L'intent per a explicar els espectres discontinus dels gasos, així com els fenòmens radioactius portà a suposar que, lluny del que pensava Dalton, els àtoms no eren boletes massisses: tenien estructura.

Tot i que a finals del segle XIX es proposaren diferents models, va ser J. J. Thomson, el descobridor dels electrons, el primer a proposar-ne un amb capacitat descriptiva. Segons Thomson, un àtom consistia en una esfera a l'interior de la qual es trobaven els electrons. Es tracta del model conegut com a *coca amb panses*. L'esfera no tenia massa, la massa de l'àtom era deguda totalment als electrons. És així que l'hidrogen, l'àtom més lleuger, havia de tenir més d'un miler d'electrons. Per donar compte del caràcter neutre de la matèria, Thomson suposava que l'esfera presentava una càrrega positiva igual a la dels electrons.

El model de Thomson no era capaç d'explicar les freqüències i regularitats de les freqüències espectrals dels gasos, però sí que explicava, almenys qualitativament, la llei periòdica i alguns fenòmens radioactius de manera que fou acceptat per la comunitat científica fins 1910. Van ser els resultats obtinguts per Hans Geiger i Ernest Marsden, sota la direcció d'Ernest Rutherford, sobre la difusió de les partícules α , els que obligaren a abandonar-lo.

Començarem per assenyalar que la preocupació inicial de Rutherford no tenia a veure, ni de bon tros, amb l'estructura de l'àtom. A Rutherford li preocupava la naturalesa i el comportament de les partícules alfa [1][2]. Van ser els resultats de dispersió obtinguts en llançar partícules alfa sobre

làmines metàl·liques finíssimes els que el portaren a l'estructura atòmica.

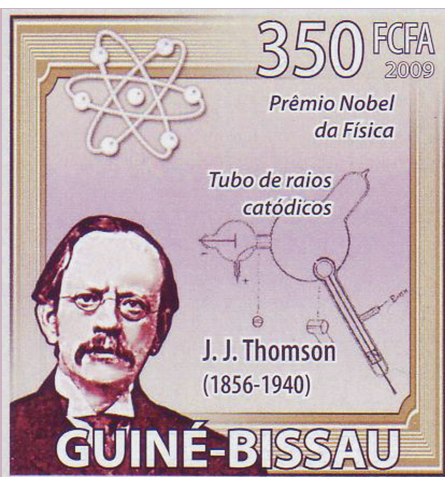
En un article de 1909, Geiger i Marsden [3] indicaven que, en fer aquestes experiències, aproximadament una de cada 8000 partícules alfa incidents eren reflectides.

Es tractava d'un resultat que, uns anys arrere podia explicar-se amb el model de Thomson [4], i això perquè Thomson suposava que la desviació d'una partícula alfa en travessar un àtom era deguda a les múltiples desviacions originades pels electrons. Si el nombre d'electrons de l'àtom era tan elevat com Thomson suposava inicialment, eren possibles desviacions superiors als 90° . Però, el 1909, el nombre d'electrons d'un àtom s'havia reduït enormement. El mateix Thomson pensava que el nombre d'electrons d'un àtom era, aproximadament, dues vegades el pes atòmic. Amb un nombre d'electrons tan reduït, el model de Thomson era incapaç d'explicar les grans desviacions observades. Els resultats de Geiger i Marsden eren realment sorprenents i són en l'origen de l'interès de Rutherford per l'estructura de l'àtom i en la proposta d'un àtom nuclear. No obstant això, hagueren de passar quasi dos anys perquè Rutherford presentara aquest model, la qual cosa palesa que el pas de les dades experimentals a la teoria és bastant més complex del que se sol creure [1].

Rutherford començava l'article de 1911 [5] en què donava compte dels resultats de Geiger i Marsden, mostrant la impossibilitat que les grans desviacions foren degudes a una successió de petites desviacions:

“[...] Un senzill càlcul basat en la teoria de les probabilitats demostra que la possibilitat que, com a conseqüència d'un únic xoc, una partícula α siga desviada més de 90° és infinitament petita. A més, es veurà més endavant que la distribució de partícules α per a diversos angles de grans desviacions no segueix la llei de probabilitat esperable, si aquestes grans desviacions foren el resultat d'un gran nombre de petites desviacions. Sembla raonable suposar que la desviació amb un gran angle és deguda a un únic encontre [...]”.

A continuació assenyala que l'àtom de Thomson era massa “tou” com per a explicar aquests resultats.



Segell commemoratiu de J. J. Thomson



Els matrimonis Rutherford i Bohr

Segons Thomson, “la difusió deguda a un únic encontre atòmic és petita i la particular estructura suposada per a l'àtom no admet una desviació molt gran en travessar un sol àtom, llevat que se supose que el diàmetre de l'esfera d'electricitat positiva és diminut comparat amb el diàmetre de l'esfera d'influència de l'àtom”. [5]

Per últim, s'encarava teòricament a l'encontre entre una partícula α i un àtom d'estructura simple: “[per a produir la reflexió de la partícula α] suposarem que [...] la càrrega central i també la càrrega de la partícula α estan concentrades en un punt”. [5]

Amb aquesta suposició, Rutherford donava compte dels resultats experimentals obtinguts per Geiger i Marsden, sempre que s'acceptés que el nombre d'electrons de l'àtom era aproximadament la meitat del pes atòmic.

Això és el que Rutherford proposava en l'article de 1911 per a l'estructura de l'àtom. Cal reconèixer que, si bé la hipòtesi explicava la difusió de les partícules alfa, com a model atòmic era bastant incomplet [2], fonamentalment, perquè no es pronunciava sobre l'estat en què s'hi troben els electrons:

“La qüestió de l'estabilitat de l'àtom proposat no necessita ser considerada en aquest estadi, ja que això dependrà de l'estructura íntima de l'àtom i del moviment de les parts carregades constituents”. [5]

No va ser fins 1913 que Rutherford parlà d'electrons orbitant el nucli; però llavors ja es debatien altres models i idees. En un manuscrit de 1912, Niels Bohr, que aleshores formava part de l'equip de Rutherford, afirmava:

“Segons el model atòmic proposat pel professor Rutherford per a explicar la gran difusió de partícules α l'àtom ha d'estar format per una càrrega positiva concentrada en un punt [...] envoltada per un sistema d'electrons, la càrrega total del qual és igual a la del

nucli positiu; se suposa que el nucli és el seient de la massa de l'àtom”.

I continuava :

“En aquest àtom no pot existir una configuració d'equilibri sense moviment dels electrons [...] Considerarem, per tant, en primer lloc, les condicions d'estabilitat d'un anell de n electrons girant al voltant d'un punt de càrrega positiva de magnitud $n.e$. (e és la càrrega de l'electró).

Mitjançant una anàlisi anàloga a la utilitzada per Sir J. J. Thomson en la teoria sobre la constitució de l'àtom es pot demostrar fàcilment que un anell com el considerat ací no és estable en el sentit mecànic habitual [...], i, per tant, la qüestió de l'estabilitat s'ha de tractar des d'un punt de vista diferent [...]” [1]

Per tant, sembla aconsellable limitar el model de Rutherford a un àtom nuclear, sense cap consideració als electrons. La idea dels electrons orbitant el nucli és de Bohr i això s'hauria de reconèixer. No pocs historiadors de la ciència (Kragh o Heilbron, per exemple) es refereixen a aquest model amb el nom *de Rutherford-Bohr*, reconeixent així el paper exercit per tots dos. De tota manera, aleshores, açò no constituí un model com a tal, ja que el 1913 Bohr proposà el model de l'àtom d'hidrogen, un model en què per primera vegada s'usaven idees quàntiques per a descriure l'àtom. Tothom es refereix a aquest model com el *de Bohr*.

Referències

- [1] Sánchez Ron, J. M., 2001. *Historia de la física cuántica*. Editorial Crítica: Barcelona.
- [2] Kragh, H., 2010. *Before Bohr: Teories of atomic structure 1850-1910*. RePoSS: Research Publications on Science Studies 10. Århus: Department of Science Studies, University of Aarhus. url: <http://www.ivs.au.dk/reposs>.
- [3] Geiger, H. i Marsden, E., 1909. *On a diffuse reflection of the α -particles*. *Proceedings of the Royal Society A* 82, 495-500.
- [4] Heilbron, J.L., 1981. *Rutherford-Bohr atom*. *American Journal of Physics*, Vol. 49 (3), pp. 223-231.
- [5] Rutherford, E., 1911. *The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom*. *Philosophical Magazine* 21. 669-688.

