

LES ARGUMENTACIONS, ELS EXPERIMENTS I L'ATOMISME QUÍMIC NEWTONIÀ

Lola Rivera i Santaló⁽¹⁾; Mercè Izquierdo i Aymerich⁽²⁾

(1) Departament de Didàctica de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona - I.B. Verdaguer. Barcelona

(2) Departament de Didàctica de les Ciències - Seminari d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona

Paraules clau: Atomisme, mecanicisme, Química, anàlisi de textos, semàntica, superestructura argumentativa, experiments, retòrica.

Arguments, experiments and newtonian chemical atomism

Abstract: Semantic features, superstructure and the use of experiments in Newton's "Question 31" and Dr. Freind's Chymical Lectures are analysed in this paper. By means of these analysis it is shown that Newton's text and Dr Freind's book are both argumentative, centred on real problems, so as to explain phenomena through the scientific model being introduced, and that inductions prevail in the former while the latter is mainly deductive. With regard to experiments, several kinds of them are identified and their rhetorical use is discussed.

Key words: Atomism, mechanical philosophy, Chemistry, text analysis, semantics, argumentative superstructure, experiments, rhetoric

Introducció

Els darrers anys, diversos autors han fet veure la complexitat dels factors que contribueixen a donar sentit a un text. D'altra banda, la historiografia moderna ha posat en evidència el caràcter problemàtic de la relació entre els experiments i la teoria.

Tenint en compte això, i el fet que el desenvolupament d'una disciplina està en gran part determinat per la comunicació que se'n fa a través dels llibres (Christie, 1982), sembla interessant analitzar textos científics per tal d'identificar les característiques següents:

- Els aspectes semàntics, que asseguren que el text té sentit en el marc d'una teoria.
- La superestructura, que informa sobre les intencions de l'autor.
- L'experimentació escrita i la seva funció en relació amb la finalitat global del text: convèncer de la bondat de la teoria.

Quant a l'elecció dels textos a estudiar, aquesta ha recaigut sobre dos d'importància cabdal en la formació d'una teoria atòmica pròpiament química. Així, en aquesta

comunicació, que és una síntesi parcial d'un treball de recerca (Rivera, 1994), s'analitzen els dos textos següents, de finals del s. XVII l'un i de principis del XVIII l'altre, que giren al voltant de les idees atòmiques i la seva aplicació a la química:

- La "Qüestió 31" de l'*Òptica* d'Isaac Newton, on el pare de la física moderna exposà les seves idees sobre la teoria de la matèria.

- Les *Chymical Lectures*, llibre on el seu autor, el doctor Freind, químic i metge deixeble de Newton, aplicà a la química la teoria atòmica newtoniana, i sense el qual aquesta teoria probablement no hauria influït en la mesura que ho va fer en la manera posterior de concebre les operacions de la química.

Estudi semàntic

L'adhesió de Newton a la filosofia mecanicista va tenir lloc aviat i, encara que mai no va publicar cap treball llarg i sistemàtic sobre el que s'ha anomenat la seva "Teoria de la matèria", l'essència dels seus pensaments sobre la microestructura de la matèria va romandre sempre igual.

Va ser a la "Qüestió 31", l'última Qüestió de la versió final de l'*òptica* i que sembla un tractat de química, on Sir Isaac desenvolupà brillantment la seva teoria de la matèria; ho va fer de manera interrogativa, suposadament per emfasitzar així el caràcter especulatiu de les seves creences i probablement buscant també, d'aquesta manera, la complicitat del lector i, com a conseqüència, el seu convenciment.

La teoria de la matèria de Newton reposa en tres conceptes clau: partícules de matèria uniforme, jerarquia de la matèria i forces de curt abast. Segons aquesta concepció, tots els cossos materials es formen a partir de partícules últimes, indivisibles, sòlides i dures, unides gràcies a les forces atractives de curt abast; i també són sobretot aquestes forces atractives, junt amb altres de repulsives, les responsables dels fenòmens químics, fenòmens que tenen lloc entre els porus de les partícules compostes.

Aquesta teoria "closca de nou", així batejada per Joseph Priestley (1733 - 1804) en dir "*all the solid matter in the solar system might be contained within a nut shell*", va enfrontar el buit newtonià amb el *plenum* leibnizià i cartesià, aprofundint, així, la bretxa entre Sir Isaac i Leibniz iniciada amb la disputa per la prioritat en el descobriment del càlcul infinitesimal. En el decurs d'aquest enfrontament, Newton va preferir que fossin els seus deixebles els qui defensessin tant aquesta teoria i el terme atracció com la posició d'ell mateix en la disputa pel càlcul.

Entre els diversos deixebles de Sir Isaac immersos en la polèmica entre aquest i Leibniz es trobaven el matemàtic i astrònom John Keill i el químic i metge John Freind (1675-1728).

La difusió de les idees de Newton i la seva aplicació a la química, dutes a terme pel Dr. Freind al llibre *Chymical Lectures*, són una mostra de la repercussió química de les teories newtonianes; això confereix gran interès a l'estudi d'aquest llibre. Així, a continuació, es comenta breument el contingut semàntic de les *Chymical Lectures*:

En aquest llibre John Freind va estudiar vuit operacions de la química: la calcinació, la destil·lació, la sublimació, la fermentació, la digestió, l'extracció, la precipitació i la cristallització. La molt estratègica elecció d'aquestes operacions va fer

possible que, mitjançant un llibre curt i en un marc pràcticament només qualitatiu, l'autor donés un nou sentit al quefer del químic dins el marc d'un atomisme mecanicista.

En el seu estudi, el Dr. Freind va presentar la química com una ciència totalment mecànica, basada en l'existència de partícules i en els principis d'atracció newtoniana que va extreure fonamentalment dels treballs del seu admirat John Keill. Les seves idees sobre les operacions químiques, com les de Sir Isaac sobre l'estructura de la matèria, es poden esquematitzar mitjançant mapes conceptuals lògics. A tall d'exemple se'n representa un a la figura 1, en el qual s'ha condensat el pensament del deixeble de Newton sobre la Calcinació.

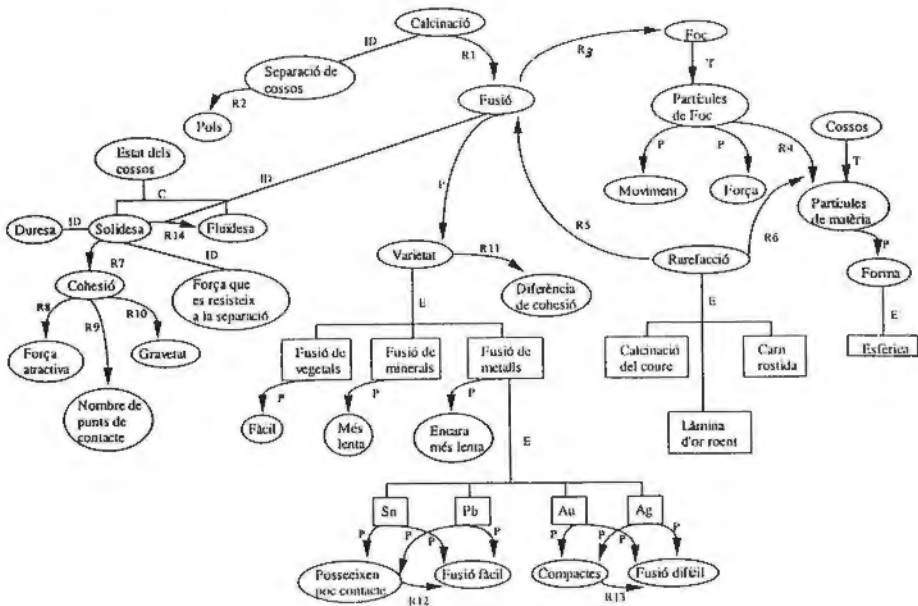


Figura 1

- R₁: Acompanyada gairebé sempre de
- R₂: Els cossos es converteixen en pols
- R₃: El foc és la causa de la fusió
- R₄: Les partícules de foc s'insinuen en les de matèria i aquestes disminueixen els seus punts de contacte, se separen i ocupen més espai
- R₅: La rarefacció acompanya la fusió
- R₆: La rarefacció és conseqüència de R₄
- R₇: La cohesió de les parts és la causa de la duresa
- R₈: La cohesió és directament proporcional a la força atractiva
- R₉: És proporcional a
- R₁₀: La cohesió no depèn de la gravetat
- R₁₁: La varietat en la calcinació és causada per la diferència de cohesió
- R₁₂: Els pocs contactes són conseqüència de la fusió fàcil
- R₁₃: La compactat és la causa de la fusió difícil
- R₁₄: Els sòlids es fan fluids

Els enllaços "C", "T", "P", "R" i "E" que apareixen en aquest mapa són la traducció catalana dels utilitzats per Paul Thagard (1990). Així:

"C" és un enllaç de classe. Indica que un concepte és una classe d'un altre; per exemple: "La solidesa és una classe d'estat dels cossos".

"T" és un enllaç de part - tot. Significa que un tot té una part; per exemple: "El foc està format per partícules".

"P" és un enllaç de propietat. Denota que un objecte té una propietat, com: "Les partícules de foc posseeixen força".

"R" és un enllaç de regla. Expressa una relació general, però no sempre universal, entre conceptes, i permet relacionar la teoria amb el món. N'és un exemple: "El foc és la causa de la fusió". S'ha d'aclarir, però, que aquesta seria una relació de regla buida si no fos per les propietats que el model teòric del Dr. Freind confereix al foc, és a dir: el foc és format per partícules en moviment.

"E" és un enllaç d'exemple. Indica que un objecte particular és un exemple d'un concepte. Així: "L'estany és un metall".

L'enllaç "ID", inspirat en les relacions lògiques utilitzades per W. Frawley (1986), és d'identitat. Mitjançant ell s'expressa que un concepte és idèntic o sinònim d'un altre, com: "La solidesa és el mateix que la duresa".

Finalment, en aquest mapa s'ha introduït una innovació nascuda de la necessitat: l'establiment de connexions entre un concepte i un enllaç.

L'estudi semàntic fet mitjançant mapes conceptuals lògics, tant del text newtonià com del degut a John Freind, permet fer algunes observacions. Són les següents:

Per una banda, l'abundància d'enllaços "R" indica que en aquests textos es relacionen constantment els conceptes entre si i aquests amb els fenòmens i propietats, a diferència dels textos d'èpoques anteriors.

Per una altra, de les idees bàsiques de Newton sobre la matèria, el Dr. Freind n'utilitza l'existència de partícules i la força atractiva. Aquests conceptes li són suficients per interpretar les vuit operacions de la química l'estudi de les quals es proposa.

Tenint en compte que l'objectiu de John Freind, manifestat per ell mateix al Prefaci i a la lliçó primera, consisteix a reduir la química a les *Rules of true Philosophy*, examinant aquesta ciència a la llum dels principis mecànics, potser és per aquest motiu que l'autor escull les vuit operacions de la química que escull, i no d'altres, car les operacions triades són més fàcilment "mecanitzables" en termes de partícules i forces que altres aspectes de la química com la reaccionabilitat o les espècies químiques. Sembla que hi ha una elecció dels temes a tractar per part del Dr. Freind d'acord amb els seus interessos, és a dir: la divulgació del mecanicisme.

La superestructura

Pel que fa a la superestructura de la "Qüestió 31", és argumentativa, llevat de les dues últimes pàgines, en què l'autor exposa les seves idees sobre el mètode científic. A més, moltes de les argumentacions trobades són de les anomenades "argumentacions per l'exemple", és a dir: argumentacions en què els casos particulars condueixen a la formulació d'una llei. Així, en un text com aquest, que correspon a l'etapa inicial del model teòric i vol

convèncer de l'adequació d'aquest als fenòmens, les argumentacions tenen un marcat caràcter inductiu.

Quant a les *Chymical Lectures*, llibre que correspon a una campanya de difusió del model teòric i vol mostrar-ne les excel·lències, la superestructura que s'hi troba constantment és l'argumentativa amb un caràcter clarament deductiu.

Malgrat les diferències indicades, les argumentacions trobades a qualsevol dels dos textos estudiats es poden esquematitzar mitjançant el següent diagrama en arbre similar als utilitzats per van Dijk, T. A. (1983):

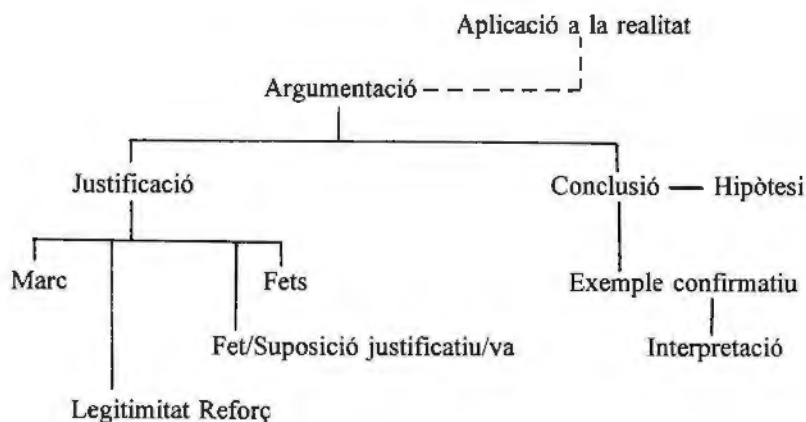


Figura 2

A continuació s'enumeren les categories incloses en aquest diagrama i es comenten mínimament les que potser no són evidents:

- Fets.
- Fet/Suposició justificatiu/va: És un fet suposat que en justifica un altre.
- Hipòtesi.
- Conclusió.
- Legitimitat: És la relació que existeix entre els fets i la conclusió. Aquesta categoria autoritza a arribar a una conclusió determinada.
- Marc: És el context en què tenen lloc els fets.
- Reforç: Consisteix a explicar la legitimitat; en fer-ho, es reforça la demostració.
- Justificació: És constituïda pels fets, la legitimitat, el marc i el reforç. Òbviament, aquesta categoria, pel fet de ser una unió d'altres, mai no forma part explícita del text escrit.
- Exemple confirmatiu extret de la realitat: Un exemple d'aquest tipus confirma i reforça la conclusió. En moltes ocasions es tracta d'un experiment o d'un fenomen.

- Interpretació teòrica de l'exemple confirmatiu.
- Una darrera categoria que, si bé no forma part de l'argumentació pròpiament dita, sí que hi està relacionada, és l'aplicació a la realitat de l'argumentació com un tot o només d'una part d'aquesta, interpretant algun fenomen o experiència i fent patent, doncs, la potència del model teòric. Per distingir-la de les altres, està unida a l'esquema jeràrquic mitjançant una línia puntejada.

Moltes d'aquestes categories —els fets, la conclusió, la legitimitat, el marc, la justificació i el reforç— són utilitzades per van Dijk, T. A. (1983), i les altres han sorgit naturalment en fer l'anàlisi estructural dels textos estudiats.

Evidentment, en una argumentació donada no apareixen, en general, totes les categories, ja que algunes poden no existir i altres ser-hi de manera implícita. Com a conseqüència, el diagrama en arbre corresponent a una argumentació determinada conté, en general, menys branques que aquest.

L'experimentació

Pel que fa a la "Qüestió 31", aquest text es pot considerar un tractat de química experimental, ja que gran part de les seves pàgines només contenen experiments.

La diversitat de funcions dins el text de les experiències trobades ha permès de classificar aquestes tal com s'indica a continuació:

- a) Experiències a partir de les quals s'extreu coneixement.
- b) Experiències a partir de les quals s'infereix la teoria, és a dir, l'existència de la força atractiva, de la força repulsiva o, encara que només en un cas, d'*una certa virtut polar*.
- c) Experiències interpretades mitjançant la teoria, cosa que mostra la potència d'aquesta.
- d) Experiments ideals a partir dels quals s'infereix la teoria.
- e) Referències al món per donar una base material a l'argumentació.

Quant a les *Chymical Lectures*, aquest llibre constitueix un tractat de química amb referències constants a l'experimentació, sense ser, però, un manual de laboratori.

El pensament del Dr. Freind sobre el paper que l'experimentació juga en la química és clarament expressat al Prefaci quan diu: " ... *Therefore I chose rather to deduce this Mechanical Explication from the Experiments themselves, than as the way is with most Writers in this kind, to accommodate Experiments to some preconceiv'd Hypothesis*".

Tot i que al llarg de les *Chymical Lectures* hi ha experiments que ocupen aquest lloc, molts d'ells no ho fan. Els diversos tipus d'experiments trobats als capítols estudiats són els següents:

- a) Experiments a partir dels quals s'extreu coneixement.
- b) Experiments descrits per confirmar la teoria.

- c) Experiments interpretats mitjançant la teoria, cosa que mostra la potència d'aquesta.
- d) Tècniques experimentals.
- e) Experiments ideals a partir dels quals s'extreuen conclusions teòriques per arribar a les quals s'apliquen raonaments deductius de caràcter matemàtic amb aplicació de teoremes.

La comparació de les dues tipologies experimentals condueix a fer les següents observacions:

En primer lloc, la violència i el dinamisme dels experiments descrits per Newton suggereixen una elecció per part de Sir Isaac dels experiments més adients per donar suport a la seva hipòtesi de l'existència de forces atractives i repulsives. Això reforça la idea, ja comentada fent referència al Dr. Freind, que els científics s'aproximen a la realitat i escriuen sobre ella amb idees teòriques prèvies i plans preconcebuts.

En segon lloc, en els dos textos científics analitzats es relacionen constantment el món experimental i la teoria.

En tercer lloc, ambdós textos contenen experiències a partir de les quals s'extreu coneixement i a la "Qüestió 31" hi ha, també, inferències teòriques a partir de l'experiència.

En quart lloc, tant al text newtonià com al del Dr. Freind hi ha abundants experiments interpretats mitjançant la teoria, mostrant, així, la potència d'aquesta.

I finalment, l'abundància d'experiments per confirmar la teoria a les *Chymical Lectures* suggereix que l'autor necessita els experiments per convèncer els seus lectors de la veracitat de la teoria en què creu.

Conclusions

L'estudi fet ha permès comprovar la importància del binomi Newton-Freind i constatar com, mentre les argumentacions de qui primer va proposar una teoria corpuscular amb forces i partícules tenen un caràcter inductiu i utilitzen la interrogació, comproment així el lector, les del Dr. Freind, divulgador d'una teoria de la qual no dubtava, són marcadament deductives.

Així mateix, sembla que la introducció d'un model científic es fa mitjançant textos argumentatius centrats en problemes reals, per tal d'interpretar els fenòmens a través d'ell.

També s'ha posat en evidència la utilització retòrica dels experiments i s'ha identificat una tipologia variada d'experiments escrits.

Amb tot això s'ha procurat analitzar en profunditat un episodi —el protagonitzat per Sir Isaac i el Dr. Freind— de gran importància en la història de l'atomisme químic per la seva influència en els textos de química posteriors.

Referències bibliogràfiques

CHRISTIE, J. R. R.; GOLINSKI, J. V. (1982), "The spreading of the word: new directions in the historiography of chemistry 1600 - 1800", *History of Science*, XX, 235-266.

- VAN DIJK, T. A. (1983), *La ciencia del texto, un enfoque interdisciplinario*, Barcelona, Ediciones Paidós.
- FRAWLEY, W (1986), "Science, Discourse and Knowledge Representation: Toward a Computational Model of Science and Scientific Innovation". En: AMSLER, M. (ed.): *The Languages of Creativity*, London & Toronto, University of Delaware press.
- FREIND, J. (1712), *Chymical Lectures: in which almost all the OPERATIONS of Chymistry are Reduced to their True Principles, and the LAWS of NATURE*, London, Printed by Philip Gwillim, for Jonah Bowyer at the Rose in Ludgate-street.
- NEWTON, I. (1777) 1730, *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*, Madrid, Ediciones Alfaguara, S.A.
- RIVERA, L. (1994), *Ciència escrita. Anàlisi de textos científics*, Treball de recerca del Mestratge en Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Ciències de l'Educació.
- THAGARD, P. (1990), "The conceptual structure of chemical revolution", *Philosophy of Science*, 57, 183-209.