

# TESI DOCTORAL

Programa de Doctorat en  
Didàctica de les  
Matemàtiques i de les  
Ciències (RD 1393/2007)

Departament de Didàctica  
de la Matemàtica i de les  
Ciències Experimentals

Facultat de Ciències de  
l'Educació

Universitat Autònoma de  
Barcelona

Data de dipòsit: 29 de  
setembre de 2015

Cursos acadèmics:  
2012-2013 al 2014-2015

The logo of the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), consisting of the letters 'UAB' in a bold, black, sans-serif font.

Universitat Autònoma de Barcelona

# Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència

**Autor:** Antoni Libran Vicente

**Directora:** Mercè Izquierdo Aymerich





*Los átomos construyeron la vida en la Tierra... Cuando miro hacia el cielo, sé que sí, que formamos parte de este Universo, que estamos en este Universo... pero quizás aún más importante que este hecho es que el Universo está en nosotros. Cuando reflexiono sobre ello, miro hacia arriba... muchas personas se sienten pequeñas, simplemente porque ellos son pequeños y el Universo grande, pero yo me siento grande... porque mis átomos vinieron de las estrellas...*

**Neil DeGrasse Tyson**

*Gràcies a la Marisa, l'Arantxa i a la Begoña per cedir-nos els seus grups per poder implementar aquesta proposta.*

*Gràcies a tu, Mercè, per fer-me de guia en aquest camí tant difícil i interessant alhora.*

*I, per descomptat, sense tota la meva família no hagués tingut el suport suficient per arribar a bon terme. Sobretot tu, Papa, que em vas animar a emprendre aquest camí.*



# SUMARI DE LA RECERCA

---

## **PREFACI**

---

## ***CAPÍTOL 1: Introducció a la recerca***

1.1. Contextualització del problema de recerca.....	15
1.2. Justificació de la recerca .....	16
1.3. Concretem el problema amb els objectius i preguntes de recerca .....	20

---

## ***CAPÍTOL 2: Marc teòric***

2.1. La HC dins la classe de ciències a través de l'aproximació CTS .....	23
2.1.1. Exemples de projectes CTS .....	24
2.1.2. Avantatges i dificultats en la implementació de l'ensenyament CTS.....	26
2.1.3. Quin paper juga la HC en l'ensenyament de les ciències? .....	28
2.1.4. Les visions deformades de la ciència transmeses per l'ensenyament als estudiants i com veuen els ciutadans als científics .....	31
2.1.5. Posicionament .....	45
2.2. La recerca en didàctica basada en el disseny d'una seqüència d'ensenyament - aprenentatge.....	46
2.2.1. Semàntica dels models escolars .....	46
2.2.2. La relació entre la història de la ciència i la didàctica de les ciències.....	52
2.2.3. Els llibres de text i l'ensenyament de l'àtom.....	55
2.2.4. Els diferents models tradicionals de recerca en didàctica basada en el disseny de SEA .....	62
2.2.5. Posicionament .....	73
2.2.6. Ens mourem dins d'un entorn virtual.....	74
2.3. Contextualitzem les arrels químiques de l'àtom i la <i>Big Science</i> .....	77
2.3.1. Lavoisier, Dalton i les arrels químiques de l'àtom.....	77
2.3.2. La institucionalització de la <i>Big Science</i> .....	87

---

## ***CAPÍTOL 3: L'àtom i la HC en els llibres de text (I)***

3.1. Metodologia.....	91
3.2. Resultats i discussió .....	93

---

## ***CAPÍTOL 4: Descobrint la història (química) de l'àtom***

4.1. Justificació de la UD .....	101
4.2. Justificació de les activitats a implementar com a dades de la recerca .....	110

---

## ***CAPÍTOL 5: Implementació de la UD. Dades de la recerca i tractament de les dades***

5.1. Metodologia .....	131
5.2. Resultats i discussió de la implementació exploratòria de la UD .....	138
5.3. Resultats i discussió de la implementació final al grup de l'IOC .....	183
5.4. Relacions entre les dades del grup de l'IOC i les del Cairat .....	222

---

## ***CAPÍTOL 6: L'àtom i la HC en els llibres de text (II)***

6.1. Metodologia i resultats .....	225
6.2. Discussió de resultats .....	228

---

## ***CAPÍTOL 7: Conclusions i propostes de millora***

7.1. Conclusions .....	233
7.2. Propostes de millora i implicacions didàctiques .....	243

---

## ***BIBLIOGRAFIA***

## ***ANNEX: DADES IMPLEMENTACIÓ FINAL IOC***

## SUMARI SEGONS TIPUS DE RECURS EMPRAT

### *Llistat de taules*

1	Anuaris i edicions especials de revistes dedicades a CTS	25
2	Llibres clau d'educació científica CTS	25
3	Recull de respostes de l'estudi de Manassero i Vazquez (2001)	34
4	Dades demogràfiques respecte a la qüestió sobre l'interès de la ciència i la tecnologia en la ciutadania europea	37
5	Dades demogràfiques respecte a la qüestió sobre la informació sobre la ciència i la tecnologia en la ciutadania europea	38
6	Opinió de la ciutadania europea sobre els quatre enunciats referents a la imatge de la ciència presentats	39
7	Opinió de la ciutadania europea sobre els enunciats referents a l'actitud envers la ciència presentats	41
8	Resultat de les possibles combinacions funció – representació dels models	49
9	La naturalesa dels models científics i el seu ús a la classe de ciències	50
10	Llistat d'indicadors per l'anàlisi dels llibres de text	92
11	Llistat de llibres analitzats	92
12	Presència o absència dels indicadors en els llibres analitzats	93
13	Correspondència entre la nostra història i els objectius i continguts d'aprenentatge	109
14	Primera pregunta – TEXTOS	144
15	Segona pregunta – REPRESENTACIONS GRÀFIQUES	150
16	Tercera pregunta – RECREACIÓ HISTÒRICA	157
17	Sisena pregunta – CARACTERÍSTIQUES IMPORTANTS ÀTOM QUÍMIC	161
18	Primera pregunta – Einstein com a icona científica?	162
19	Segona pregunta – Mitjans de comunicació i difusió de la ciència	163
20	Tercera pregunta – Com t'imagines a un científic?	164
21	Construint la pel·lícula de Marie Curie i el projecte Manhattan	165
22	Resultats de la primera pregunta	175
23	Resultats de la tercera pregunta	177
24	Resultats de l'última pregunta	178

25	Recull de les respostes de l'activitat de la imatge de la ciència	182
26	Resultats de l'activitat de la imatge de la ciència	179
27	Quantificació del mapa de relacions del model de l'àtom químic	187
28	Quantificació del mapa de relacions del model de la imatge de la ciència	188
29	Relació entre els alumnes de la mostra final i les variables IC i AT	199
30	Com evolucionen les diferents variables?	200
31	Són coherents les pel·lícules dels alumnes amb els perfils de les variables IC?	204
32	Distribució de respostes en l'apartat referent a la quantificació de l'experiència proposada de la pregunta avaluable 1	218
33	Descripció dels enunciats del barem i la seva respectiva puntuació	225
34	Baremació dels diferents llibres de text respecte dels 5 enunciats	226
35	Resultat final de la baremació dels llibres	227

### ***Llistat de figures***

1	El rombe didàctic	62
2	Exemple d'una "estructura didàctica"	70
3	Representació pictogràfica del cicle d'aprenentatge	72
4	Reacció de dissolució en medi àcid del mercuri segons Lavoisier	80
5	Situació del CERN	88
6	Com expliquem les argumentacions dels alumnes?	208

### ***Llistat de gràfiques***

1	Resultats del primer anàlisi dels llibres de text	100
2	Representació dels llibres de text analitzats front a les variables AT	227

### ***Llistat de mapes de relacions i xarxes sistèmiques***

1	Mapa de relacions del model de l'àtom químic	185
2	Mapa de relacions del model de la imatge de la ciència	186
3	Xarxa sistèmica referent a les activitats de la imatge de la ciència	197
4	Xarxa sistèmica referent a les activitats de l'àtom químic	198



## **LLISTAT DE SIGLES**

### *Variables AT (ÀTOM)*

**E** Experimentació

**R** Representació

### *Variables IC (IMATGE DE LA CIÈNCIA)*

**MET** Metodologia de la ciència

**CON** Coneixement

**CIENT** Científic

**CIU** Ciutadania i societat

**PUB** Esfera o poders públics

### *Altres sigles*

**CERN** Centre Europeu per a la Recerca Nuclear

**CTS** Ciència, Tecnologia i Societat

**HC** Història de la Ciència

**IOC** Institut Obert de Catalunya

**UD** Unitat Didàctica

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

## **PREFACI**

Un “filòsof natural” de l'antiga Grècia ja es preguntava sobre la composició de les coses: què constitueix el firmament? Quina és la base de la vida? En base a què funciona la natura?... Per poder respondre totes aquestes preguntes van establir diverses hipòtesis envers **com són els fonaments de la matèria i com determinar-los**. Aristòtil, per exemple, va declarar els seus quatre elements bàsics (terra, aire, aigua i foc) i altres com Demòcrit d'Abdera van fer un primer pas en el camí **atomista encara que sense massa èxit...** durant molts segles.

Això no vol dir que altres “científics” no possessin noves pedres en el camí de la construcció de l'àtom. Els alquimistes de l'edat mitjana tenien com a principal objectiu la transmutació del plom en or i gràcies a aquesta fita **van començar a estudiar alguns dels canvis químics més importants, com la destil·lació o la calcinació**; altres científics com Averrois (1126-1198), que treballaven dins de l'esquema dels elements aristotèlics, van construir conceptes com els “mínims naturals” per apropar la química a una visió discontinua (Giménez, 2013)<sup>1</sup>.

Mentrestant, ens situem ja al segle XVII quan el camí iniciat per Demòcrit sembla trobar “la llum al final del túnel” pel que fa a les propietats dels gasos. Pierre Gasendi (1592-1655) es va fer ressò de la teoria atòmica quan, a partir dels resultats de les experiències de Torricelli sobre la mesura de la pressió atmosfèrica, va abraçar els àtoms de Demòcrit. Ell va assumir que *els àtoms estaven formats per la mateixa substància, tot i que diferien en grandària i forma, i que es movien en totes direccions a través de l'espai buit [...] mostrant una rigidesa absoluta* (Giménez, 2013, p.62). A més a més, va incidir molt en les conseqüències físiques de la visió atòmica.

D'aquí en endavant, més científics van acceptar la teoria atòmica com Georg Stahl (1660-1734) i Johann Becher (1635-1682), creadors de la teoria

---

<sup>1</sup> Daniel Sennert (1572-1637) va ser un professor de medicina a la universitat de Wittenberg conegut per ser el responsable d'introduir l'ensenyament de la química al currículum mèdic. Va ser una veu rellevant en la defensa de l'atomisme durant la primera part del segle XVII, en obres com *De chymicorum*. Va intentar establir un camí de “reconciliació” entre la visió de la matèria aristotèlica i la via atomista, defensant que les “formes” aristotèliques podien ser compatibles amb la visió atomista de Demòcrit.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

del flogist, la qual citarem en el bloc de teoria dedicat a la contextualització històrica de “les arrels químiques” de l'àtom.

Fins aquí hem citat alguns, entre molts altres, dels pioners que van recollir el testimoni de Demòcrit i la seva visió atomista. Ara bé, Lavoisier i Dalton ens oferiran un constructe el qual els hi va permetre interpretar qualitativament i quantitativament les dades que obtenien d'experiències que realitzaven sobre canvis químics. **Aquest constructe és l'àtom... però no l'àtom que quasi tots hem vist a l'escola o, com a mínim, s'hi assembla molt poc.**

### **Aquesta recerca estarà conduïda pels següents objectius:**

- 1) Situar la proposta didàctica que presentarem respecte a un recull de llibres de text que desenvolupin el tema de l'estructura atòmica.
- 2) Cercar una explicació “arquetípica” de l'àtom en els llibres de text, com a principals manuals d'aprenentatge en el món escolar.
- 3) Caracteritzar els factors que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom que reben els alumnes després d'aplicar la intervenció dissenyada.
- 4) Analitzar quins són els condicionants que els alumnes consideren rellevants per poder explicar com es pot arribar a “fer ciència”.
- 5) Cercar una relació entre els condicionants que defineixen el “fer ciència” i els que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom pels nostres alumnes.

La Història de la Ciència i la Didàctica de les Ciències tenen una relació complexa, es necessiten però a estones és molt complicat que es complementin. Existeixen molts intents d'establir-hi una connexió efectiva, també referents a l'àtom, però pocs es basen en plantejar-se la complexitat inherent al desenvolupament històric de l'àtom com a un ens amb entitat química, considerant al mateix temps els matisos que aporta l'ús de la perspectiva històrica en la imatge de la ciència que reben els alumnes, fent-la més social, plural i oberta.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Nosaltres creiem que el “tema de l'àtom” és un dels més difícils de la química escolar, sobretot per que acostumen a manifestar-nos als professors que totes aquestes teories són “rars” i no les “veuen” quan “fan química” al laboratori. No serà que els alumnes tenen raó i se'ls hi explica un àtom que poc té a veure amb la química? Hi hauria alguna forma d'explicar un àtom “més químic”? **Aquesta recerca així ho vol defensar mitjançant el concurs d'un actor fonamental... la Història de la Ciència.**

L'estructura d'aquesta memòria reflectirà les fases que seguirem en aquesta recerca (veure punt 1.3). Començarem definint el marc teòric en tres blocs que seran: **la Història de la Ciència dins la classe de ciències a través de l'enfocament CTS, la recerca en didàctica basada en seqüències d'ensenyament – aprenentatge i la contextualització històrica de les activitats que acabarem implementant.** Seguidament, trobarem el capítol 3 on farem un primer anàlisi d'uns llibres de text **per determinar les línies mestres del disseny de la UD que proposem.** En el capítol 4 descriurem la UD dissenyada i la seva fonamentació segons la didàctica de les ciències. Seguidament, explicarem les dues implementacions realitzades en el capítol 5<sup>2</sup>. Continuant amb el procés, en el capítol 6 “rellegirem” els llibres de text amb les “noves ulleres” que haurem construït. Tot això per acabar, en el capítol 7, explicant les conclusions de la recerca i les propostes de millora del treball. La memòria disposa d'un annex, en el qual s'hi mostraran les dades brutes de la implementació final de la UD al IOC.

---

<sup>2</sup> Hem de dir que en aquesta recerca no hi haurà un únic punt de metodologia per tot el treball, sinó que cadascun dels capítols tindrà, en primer lloc, el seu propi apartat de metodologia.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

## **CAPÍTOL 1: Introducció a la recerca**

### **1.1. Contextualització del problema de recerca**

La teoria atòmica és un dels punts fonamentals de la química escolar. Ara bé, se li pot donar consciència a l'alumne que aquest àtom escolar té les seves arrels en els fenòmens químics? Jo vull defensar que sí i un dels actors fonamentals que intervindrà en aquesta defensa **serà la Història de la Ciència (HC)**, la qual ens permet apropar-nos a la gènesi d'aquesta entitat, central en la química actual.

Què té a veure la HC en l'aprenentatge de l'àtom? La HC ens aporta els problemes i barreres amb que es van trobar els científics a l'hora d'imaginar de què estava fet el món. Un viatge que, en el cas de la teoria atòmica, va començar en els antics filòsofs grecs i que encara ara continua buscant partícules bàsiques que ho estructurin tot. La HC també ens pot aportar una visió crítica i plural de la construcció del coneixement científic i del propi món dels científics.

Aquesta recerca girarà al voltant d'una UD que intentarà ajudar als alumnes a construir el model atòmic. Farà servir determinades etapes històriques i personatges rellevants per poder-ho dur a terme. Tindrà dos puntals bàsics: un primer que tractarà de desenvolupar un model atòmic amb entitat química i una segona part que estarà dedicada a transmetre una visió més "social" sobre què és i què fa un científic.

Per últim, el món virtual serà molt present en aquest projecte, sobretot en dos aspectes molt clars. Primer, en el vehicle que organitzarà la UD, que serà una pàgina web construïda a tal efecte i, en segon lloc, en l'entorn on s'implementarà aquesta UD. L'entorn escollit per fer-ho serà un grup de Química de 1r de BATX de l'Institut Obert de Catalunya (IOC), una institució educativa que permet cursar aquesta etapa educativa de forma 100% virtual.

## 1.2. Justificació de la recerca

***“La química és aquella ciència (dels canvis químics) que parla d'àtoms i que no es pot aprendre si no es pot formular”***

En la frase anterior hi podem trobar les principals justificacions per fer aquesta recerca o per considerar-la, si més no, rellevant.

Primer, parlem dels àtoms. Crec que tothom estarà d'acord amb mi si dic que la comprensió exhaustiva de les bases fonamentals de la matèria és un aspecte **ESSENCIAL** de l'avenç científic pretèrit i del que ens espera en un futur a curt i mitjà termini.

Algú discuteix que el CERN és un projecte útil des del punt de vista científic, que el descobriment de materials biocompatibles ha estat importantíssim en la millora de la fabricació de pròtesis o implants mèdics o que la tecnologia acabarà dins de la nostra roba a causa de materials com el grafè? Per entendre tot això, cal seguir avançant en el descobriment de millors materials fent-los més eficients, més lleugers, més sostenibles... i per això és fonamental conèixer com funciona la matèria. A conseqüència de tot això, buscar millors formes d'ensenyar la teoria atòmica és una contribució útil al formar nous “futurs” científics.

Seguim amb la segona part de la frase. La química escolar actual està basada en l'aprenentatge del llenguatge de la formulació com una gramàtica infal·lible més, cosa que fa de la fórmula el centre de l'aprenentatge de la química i, per extensió, a l'àtom el centre al voltant del qual orbita la química. Però els alumnes han d'aprendre a qüestionar-se els punts fonamentals de la ciència sense apriorismes ni dogmatismes, hem d'ensenyar-los que tot coneixement científic parteix d'unes bases dubtoses, insegures i que no sorgeixen del no res i sí de la feina de molts i molts científics. Per tant, la química té un component imaginatiu que en el cas del model atòmic s'acostuma a laminar quan s'explica l'àtom “habitual”, de manera apriorística.

Finalment, anem amb la història. Si hi ha alguna cosa que crec que s'ha d'eradicar de la classe de ciències és que aquestes siguin una versió “light” de “*Pasapalabra*”. Aprendre ciència vol dir aprendre els conceptes que configuren una disciplina però també vol dir aprendre què es fa amb aquests



## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

coneixements, qui ho fa, com ho fa, per què ho fa i quines conseqüències provoca el seu ús. Crec que la HC ajuda als alumnes a construir tot aquest conglomerat i, tot s'ha de dir, pot fer adquirir, renovar o mantenir un sentit crític envers la ciència als mateixos professors. En resum, l'ús de la HC li aportarà a l'alumne **una major possibilitat de treballar i d'interpretar millor la diversa experimentalitat i una més acurada contextualització social de les diferents èpoques on es va desenvolupar el model que presentarem**. Jo crec que aquesta forma de treballar podria ser interessant també per altres models i conceptes teòrics difícils de construir pels alumnes.

### **Quin ha estat el meu punt de partida?**

La relació entre la Història de la Ciència i la Didàctica de la Química (DQ) es pot veure des de posicions força diverses i controvertides entre elles, des de considerar-les disciplines complementàries a suposar-les completament autònomes. Nosaltres ens volem posicionar en la postura de considerar-les complementàries i necessàries ambdues per un correcte aprenentatge de les ciències. Ara veurem uns exemples de com s'enfoca aquesta relació beneficiosa quan es tracta el tema del model atòmic químic.

Izquierdo (2008) ens emfatitza el paper de “companya inseparable” de la HC cap a la DQ, centrant-se en el tema concret de l'àtom i posant l'accent en el caràcter hipotètic del concepte d'àtom en els seus inicis. Tot això ho fa per denunciar que a les classes de ciències es comenci l'estudi de la química per la formulació, ja que el que defensa en aquest article és que aquest concepte adquireix un sentit “químic” si s'emmarca dins del “joc dels canvis químics”. Els llibres de text és el segon aspecte important en el qual incideix. A grans trets, el que aquesta publicació defensa és que els llibres de text han passat de ser manuals que havien de “col·laborar” amb els alumnes de química en el seu aprenentatge (ja que no es podien seguir sense la pràctica química) a convertir-se en “la disciplina”, en manuals “estandarditzats” els quals preparen els alumnes en “les bones explicacions” que necessitaran els futurs “bons practicants” de la disciplina. Tot això no passava perquè sí, ja que aquestes “bones explicacions” – referents, en el tema que ens ocupa, a l'àtom de Rutherford, Thomson o Bohr (quan més aviat ens parlen d'un **àtom “físic”**) –

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

eren senzilles i pràctiques de treballar per construir la ciència “normal” (en paraules de Kuhn).

Un altre exemple el podem trobar en Izquierdo-Aymerich i Adúriz-Bravo (2009), l'article dels quals ens parla del procés de construcció física de l'àtom químic. Tanmateix, ens tornen a insistir que aquesta entitat atòmica que predomina a les classes no té un significat químic veritable, **ja que no se li dona una genuïna entitat química**. Per altra banda, ens exposen una idea interessant al qüestionar que Dalton sigui el “pare” de la teoria atòmica, considerant que aquest desenvolupament històric simplista i lineal (majoritari en els llibres de text) introdueix un biaix “simplificador” en la complexitat del pensament químic, **el qual li pot restar imaginació als alumnes**. Tanmateix, acaben concluint que no hauríem d'oblidar el propòsit de les classes de ciències: entendre els canvis químics mitjançant entitats amb “entitat química” (valgui la redundància).

Aquesta recerca es fonamentarà en el disseny d'una UD que tractarà fonamentalment el desenvolupament històric d'aquest “àtom químic” i la imatge social de la ciència. Per aquesta raó, seran escollits alguns científics rellevants en aquesta història com a “casos d'estudi”. Un dels articles amb el qual m'he inspirat per començar a orientar l'activitat de l'àtom químic és el de Bonini Viana i Porto (2010), el qual exposa el cas de Dalton com a “cas d'estudi” dins de l'ús de la HC a la classe de ciències. Ara no explicaré el cas en detall, ja tindrem temps de tractar-lo, però si que diré que aquest article mostra la complexitat i imaginació requerida per desenvolupar el coneixement científic, en aquest cas la Teoria Atòmica Química.

L'àtom “químic” és un dels conceptes bàsics que es vol treballar en aquest projecte. Tanmateix, un altre puntal bàsic és estudiar quina és la situació de la perspectiva històrica en les classes de ciències, així com estudiar la influència d'aquesta perspectiva en el camp d'estudi de la recerca. Solbes i Traver (1996) van realitzar un estudi de la influència d'aquesta perspectiva en l'ensenyament de les ciències fisicoquímiques (centrant-se en el nivell secundari). El mateix autor, en la seva Tesi Doctoral, ens diu que bona part de la seva recerca es basa en contrastar les dues hipòtesis següents:

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*“La perspectiva històrica es troba absent de l'ensenyament de les ciències físico-químiques en els nivells secundaris, on s'ignoren, en general, els aspectes històrics, només s'utilitzen de manera superficial i s'introdueixen tergiversacions i errors històrics, per la qual cosa en conjunt es transmet una imatge de la ciència allunyada de la seua realitat interna com a procés de construcció de coneixements i deslligada del context social en què ha nascut i s'ha desenvolupat al llarg dels segles. Conseqüentment, podem suposar que els alumnes tinguen una visió deformada de la naturalesa de la ciència i de com es construeixen i evolucionen els conceptes científics i ignoren les seues repercussions socials, cosa que en darrer terme produirà una actitud negativa de rebuig envers les matèries científiques que entrebancarà el procés d'ensenyament aprenentatge de la ciència” (Traver, 1996, pp.195-196).*

*“És possible utilitzar aspectes concrets de la història les ciències físico-químiques en l'ensenyament d'aquestes ciències en els nivells secundaris de manera que es plantegen els orígens històrics de les principals línies d'investigació, es mostre el procés de creació i desenvolupament dels principals conceptes i teories com a fruit d'un treball col·lectiu i d'una construcció humana, i es presente la complexitat de les relacions ciència-tècnica-societat tot al llarg de la història, amb les implicacions socials de les contribucions més destacades. Aquest ús ponderat de la història de la ciència millorarà la comprensió dels alumnes sobre la naturalesa dels coneixements científics i els complexos processos a través dels quals es construeix i evoluciona la ciència i, consegüentment, els alumnes s'implicaran més activament en el procés d'ensenyament aprenentatge de les ciències físico-químiques i, en general, adoptaran una actitud més positiva envers la ciència i el seu paper en el context de la cultura general de la humanitat” (Traver, 1996, p.196).*

### **Per què he acabat fent aquesta recerca? (Raons personals)**

Bona pregunta... després de cursar el màster d'Història de la Ciència de la UAB vaig adquirir un gran interès per la història i això junt amb la meua vocació de docent, em va fer veure que aquest camp d'estudi era molt interessant i profitós per obtenir bons materials per a la classe. A part, es dona una circumstància d'una “espineta” clavada per un treball sobre l'àtom que no va acabar de resultar tal i com volíem. A més a més, aquesta UD que va formar part de les meves pràctiques docents del Màster de Secundària em va fer plantejar les qüestions que ara em plantejo investigar.

### 1.3. Concretem el problema...

Les preguntes que configuraran la nostra recerca són les següents:

- ✓ **Com podem caracteritzar l'explicació atòmica dels llibres de text?**
- ✓ **En base a quins paràmetres podem caracteritzar com els alumnes s'apropen a l'entitat química de l'àtom, un cop realitzades les activitats proposades?**
- ✓ **En base a quins paràmetres podem caracteritzar com els alumnes s'apropen als diferents factors que condicionen la imatge de la ciència que construeixen a partir de la nostra UD?**
- ✓ **Com podem caracteritzar la/les relacions entre els paràmetres que descriuen l'àtom químic i els que descriuen la imatge de la ciència pels nostres alumnes?**

A partir de les anteriors preguntes definim els següents objectius de recerca

- 1) **Situar la proposta didàctica que presentarem respecte a un recull de llibres de text que desenvolupin el tema de l'estructura atòmica.**
- 2) **Cercar una explicació "arquetípica" de l'àtom en els llibres de text, com a principals manuals d'aprenentatge en el món escolar.**
- 3) **Caracteritzar els factors que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom que construeixen els alumnes després d'aplicar la intervenció dissenyada.**
- 4) **Analitzar quins són els condicionants que els alumnes consideren rellevants per poder explicar com es pot arribar a "fer ciència".**
- 5) **Cercar una relació entre els condicionants que defineixen el "fer ciència" i els que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom pels nostres alumnes.**

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Els quals abordem amb les següents hipòtesis de partida:

**L'àtom dels llibres de text és més "físic" que "químic":** una anàlisi de diversos llibres de text de química ens hauria d'ensenyar que normalment no es dona prou rellevància als fonaments químics de l'actual model atòmic. Per contra, altres llibres de text acostumen a incorporar molt més la història i a explicar anecdotaris sobre en aplicacions quotidianes de la ciència. La nostra recerca es quedarà en un terme mig, ja que incorporarem una història social sense una fixació tant accentuada en aplicacions quotidianes.

**L'àtom químic es basa en "veure i interpretar" els canvis químics qualitativament i quantitativament (Nye, 1999):** el que entenem d'entrada com a àtom químic consisteix en l'estudi de les primeres diferenciacions entre substància simple i composta, de la contraposició i complementaritat de les mirades qualitativa i quantitativa envers els canvis químics i el qüestionament de l'ús del mol – i del seu "múltiple" (el nombre d'Avogadro) – com si fos la unitat fonamental per comptar la matèria sense relació amb la magnitud "quantitat de substància".

**La ciència és un fet social i complex:** una imatge més social de la ciència té una sèrie de factors o característiques que la condicionen. En primer terme, creiem que aquests factors es dividiran en tres categories principals: respecte al propi coneixement científic, respecte a la figura del científic i respecte a com es llegeix la imatge de la pròpia ciència.

**Una visió més completa de la ciència contribuiria a emfasitzar la vessant "experimentalista" necessària per adquirir un model d'àtom amb entitat química,** abandonant la visió clàssica de l'àtom dels llibres de text.

Definint tots tres punts la recerca, estructurada en tres fases:

**Com situem l'explicació atòmica en els llibres de text?** Analitzarem com alguns llibres de text tracten el model atòmic i la història de la ciència. Així obtindrem línies mestres pel disseny de la nostra proposta.

**Descobrim la història (química) de l'àtom:** en aquesta fase implementarem la nostra UD i analitzarem alguns dels resultats en els centres.

**Revisem els llibres de text amb aquesta "nova mirada":** tornarem a revisar els llibres de text amb les "noves ulleres" per determinar com tracten l'àtom de forma feaent i passar a definir la nostra proposta de millora.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

## **CAPÍTOL 2: Marc teòric**

Un cop plantejada la recerca passem a desgranar el fonament teòric que la suportarà, que es basarà en quatre grans parts: la relació de la HC amb la classe de ciències, la recerca en didàctica basada en el disseny de SEA, una contextualització històrica de la UD i finalment la visió de la ciència i els científics per part de la ciutadania. Així doncs, comencem...

### **2.1. La HC dins la classe de ciències a través de l'aproximació CTS**

Normalment, en una classe de ciències es focalitza tota l'atenció en els coneixements que es volen transmetre i es deixa de banda com es van arribar a aconseguir o quins efectes té el que s'explica quan cal aplicar-ho fora de l'aula ja que no acostuma a ser útil presentar-ho, per falta de temps. La Història de la Ciència (HC) pot ajudar a cobrir aquest buit i donar una imatge més completa de la ciència als alumnes ja que:

*“La historia de la ciencia permite ubicar a los alumnos en las situaciones problemáticas en que se vieron inmersos en su momento los hombres de ciencia; al analizar cómo superaron éstos las dificultades y qué conclusiones extrajeron, los alumnos comprenderán mejor esos problemas y cómo se va construyendo el pensamiento científico”* (Esteban Santos, 2003, pp. 403-404).

Les relacions entre la ciència, la tecnologia i la societat són un clar exemple del que la història de la ciència pot aportar als alumnes a la classe de ciències. En la literatura, aquesta posició es recull en l'anomenada aproximació CTS, la qual queda ben definida de la següent manera:

*“Una propuesta educativa innovadora de carácter general que proporciona a las recientes propuestas alfabetizadoras de ciencia y tecnología (Science and Technology Literacy, STL) para todas las personas (Science and Technology for All, STA) una determinada visión centrada en la formación de actitudes, valores y normas de comportamiento respecto a la intervención de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y viceversa, con el fin de ejercer responsablemente como ciudadanos y tomar decisiones democráticas y razonadas en la sociedad civil”* (Acevedo, 1996, pp. 132-133).

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Això sí, el lector no ha de considerar aquesta definició com “la definició” de l'aproximació CTS, ja que la mateixa confluència de la ciència, la tecnologia i la societat (temes molt diferents i complexos, si s'analitzen per separat) fa que no sigui unívoca.

Dit això, es pot començar a intuir que l'aproximació CTS i l'enfocament que aporta la HC a l'educació científica tendeixen a coexistir bastant bé, ja que en els dos casos es pretén que als alumnes no se'ls hi transmeti únicament coneixements, sinó que se'ls hi proporcioni una imatge de la ciència més completa que els sigui útil en el ple desenvolupament de la seva ciutadania democràtica (Membiela, 2002). Volem explorar l'estat d'aquesta confluència...

### **2.1.1. Exemples de projectes CTS**

Membiela ens dona exemples sobre “primeres influències” en la formació CTS (Membiela, 2002):

1. La NSTA (*National Science Teachers Association*) al 1982 aprova una recomanació en el sentit en que els estudiants nord-americans rebessin formació CTS (5% en el nivell elemental, 15% en els cursos més baixos de secundària i 20% en els més alts).
2. Diferents projectes curriculars: *ChemCom* als EEUU, curs de nivell 11 de *Science and Technology* de Canadà, *Siscon in Schools* al Regne Unit, *PLON* a Holanda, *Science, Technology and Society* a Austràlia...
3. Reconeixement de la UNESCO de la formació CTS.

Aquests tres punts són una primera aproximació a la quantitat de racons als quals va arribar l'aproximació CTS en el món educatiu, però hi ha moltes publicacions i molts llibres més d'educació científica CTS. Per proporcionar-ne uns exemples més ens podem fixar en dues taules de l'article “*Educación CTS: una buena idea como quiera que se le llame* (Aikenhead, 2005)”:



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 1** Anuaris i edicions especials de revistes dedicades a CTS

<b>Publicaciones</b>	<b>Referencia</b>
Anuario NSTA, <i>Science-Technology- Society</i>	Bybee, 1985
Anuario AETS, <i>Science, Technology and Society: resources for science educators</i>	James, 1985
Edición especial, <i>International Journal of Science Education</i>	Holman, 1988
Dos Ediciones especiales, <i>Theory into Practice</i>	Gilliom et al. 1991, 1992
Anuario ICASE, <i>The status of STS: reform efforts around the world</i>	Yager, 1992
Edición especial, <i>Melbourne Studies in Education</i>	Cross y Fensham, 2000

**Taula 2** Llibres clau d'educació científica CTS

<b>Publicaciones</b>	<b>Referencia</b>
<i>Teaching and Learning about Science and Society</i>	Ziman, 1980.
<i>Thinking Constructively about Science, Technology and Society Education</i>	Cheek, 1992.
<i>Teaching Science, Technology and Society</i>	Solomon, 1993.
<i>STS Education: International Perspectives on Reform</i>	Solomon y Aikenhead, 1994.
<i>Science/Technology/Society as Reform in Science Education</i>	Yager, 1996.
<i>Science, Technology and Society: a Sourcebook on Research and Practice</i>	Kumar y Chubin, 2000.

### **2.1.2. Avantatges i dificultats en la implementació de l'ensenyament CTS.**

Si aquesta visió CTS permet obrir la classe de ciències... per què resulta tant difícil aplicar a la pràctica aquestes idees? Per respondre aquesta pregunta hem de considerar en primer lloc la figura del professor, la qual pot incorporar diversos inconvenients a aquest propòsit.

El professor de secundària està format en la seva disciplina i li costa molt sortir-ne o, el que està relacionat, col·laborar amb altres professors de camps relacionats i d'altres camps. Els professors han d'estar educats en ciències i estar educats en ciències implica més que un entrenament pràctic, implica reflexió sobre la natura de la ciència a ensenyar (García-Martínez & Izquierdo-Aymerich, 2014). I, per això, cal conèixer la Història de la Ciència...

El professor no ha estat format, normalment, per respondre positivament a la inclusió d'aquest camp dins de les seves classes, però això no vol dir que no hi hagi formes d'ajudar als professors a que siguin més receptius a aquest tipus de formació. Es podria proposar fer més divulgació dels materials CTS ja dissenyats o treballar, des de materials existents, per veure com es pot integrar-hi l'enfocament CTS. El professor que vulgui incorporar aquest enfocament a les classes ha de tenir una ment oberta més enllà de la seva pròpia disciplina, flexibilitat en la forma d'estructurar i conduir la classe, ganes de voler aprendre de forma contínua i no veure la classe com un lloc tancat (Acevedo, 2009).

Per altra banda, algunes vies per poder incloure aquests coneixements en el currículum podrien ser les següents: fer petites incursions d'aquest coneixement CTS en matèries ja existents, la transformació de "temes tradicionals" en "temes CTS" i/o la creació de matèries específiques CTS, tot això per aconseguir currículums més afins a aquest enfocament (Hodson, 1988). Un exemple d'aquest últim ítem el tenim en la matèria "Ciències per al món contemporani" de primer de Batxillerat.

Les pròpies creences del professor sobre la naturalesa de la ciència i sobre les finalitats de l'ensenyament de les ciències poden condicionar la seva feina, ja que la imatge més habitual de la ciència que tenen els professors és d'una ciència normativa i determinista, allunyada de qualsevol context cultural o

### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

social i dirigida a una petita parcel·la de la societat (Quintanilla, 2006). A més a més, la majoria de professors no tenen, molt sovint, el coneixement de la història de la seva disciplina que necessiten.

Tot i així, la falta de temps a classe pot fer que el professor sigui reticent a aquests canvis, ja que a causa de que la configuració de les classes en els instituts no se'ls hi permet tenir el temps que els hi faria falta, així com que el sistema educatiu és com una màquina que quan està ben “engreixada” per funcionar d'una determinada forma és molt i molt difícil introduir-hi canvis (Acevedo, 1996)

Finalment, mantenir el tipus d'aprenentatge clàssic en les classes de ciències pot suposar diversos problemes (Hernández González, 2000):

- ✓ El “tancament de la ment moderna”: com ja he comentat abans, si es presenten els continguts de ciències sense cap mena de connexió o significat que els relacioni el coneixement de l'alumne es va parcel·lant i resulta molt més difícil de connectar a posteriori.
- ✓ Convertir les ciències en sabers operatius: el que vol dir l'autor és que el que hauríem d'evitar és convertir a l'alumne en una màquina de resoldre problemes (aplicar fórmules) i fer-lo reflexionar sobre què hi ha al darrere d'aquests problemes, sobretot a partir del treball pràctic (Hodson, 1994).
- ✓ Configuració de la ciència com un dogma de fe, aïllada de qualsevol crítica i qüestió, un fet que és absolutament contradictori amb la pròpia història i que no contribueix a la formació d'estudiants amb criteri propi.

### **2.1.3. Quin paper juga la HC en l'ensenyament de les ciències?**

Aquesta recerca es basa en una sèrie de línies mestres per poder arribar a bon terme i ara direm una de les fonamentals: **estem parlant d'usar la història de la ciència per ensenyar ciència**; la història i la filosofia s'adapten a l'educació científica només quan poden ampliar la comprensió de la ciència de l'estudiant integrant totes les dimensions que la fan evolucionar (Levere, 2006). Aquest mateix autor ens diu que la història més útil per l'aprenentatge dels estudiants ha de tenir una connexió evident amb els conceptes que es volen construir amb els alumnes.

Un bon resum d'algunes aportacions positives de la HC en l'ensenyament de la ciència podria ser el següent:

- ✓ Afavoreix la selecció de continguts estructurants de la disciplina en funció dels conceptes fonamentals per introduir nous coneixements i superar obstacles epistemològics (Gagliardi & Giordan, 1986).
- ✓ Permet analitzar críticament situacions problemàtiques de la pròpia societat (a nivell polític, industrial...) per traslladar-les als alumnes, i que les puguin abordar. Els alumnes milloren en la comprensió de la relació entre la ciència i la societat, brindant una imatge més realista del treball científic, que no n'obvia els encerts i els errors (Guridi & Arriasecq, 2004). També podem considerar-la com una bona eina per visibilitzar les aportacions de les minories a la ciència, sovint marginades en els textos "estàndards" (Izquierdo-Aymerich, 2000).
- ✓ Mostra les grans crisis i canvis de paradigma que hi ha hagut al llarg del desenvolupament de les disciplines científiques (Solbes i Traver, 1996)
- ✓ La història permet mostrar el caràcter hipotètic i temptatiu de la ciència i mostra les limitacions de les teories, evitant les posicions dogmàtiques i veient que determinats conceptes complexos com força o energia són fets de la mà de l'home i que tenen un efecte en el món que ens envolta (Brush, 1974, p.1171).
- ✓ Possibilitar als alumnes el reconeixement de "modes científiques" (Hergenhahn, 2001) o, lligat amb aquest fet, els "canvis de paradigma".

### **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- ✓ Permet mostrar la ciència com una construcció humana que és pluridisciplinària i no només feta per “ments genials” amb un domini especialitzat (Solbes i Traver, 1996) i permet evitar la “temptació” de presentar una història de “bons i dolents” (Izquierdo-Aymerich, 2000).
- ✓ Contribueix a millorar les actituds de l'alumnat cap a la ciència i el seu aprenentatge així com la seva alfabetització científica. L'excessiva rigidesa de la presentació dels coneixements científics (en els llibres de text usualment) és una de les formes de pèrdua d'interès per una part dels alumnes en la ciència (Levere, 2006).
- ✓ L'augment de l'interès que es provoca en els estudiants envers la ciència inspirant noves maneres de presentar els temes com la teatralització i invitant a llegir bones històries quan estan connectades amb personatges reals que els afecten (Izquierdo-Aymerich & Garcia, 2015).
- ✓ Evitar la sensació que poden tenir els alumnes que l'escola només serveix per preparar-los pels nivells següents (Vílches, 1999), ampliant el seu panorama cognoscitiu. En altres paraules, la HC pot ajudar a establir una millor relació entre la ciència escolar i la ciència dels científics, veient que el que se'ls hi explica té un sentit i una utilitat.

La dimensió actitudinal també té molt a veure amb el gran consens social que existeix referent a la necessitat de l'alfabetització científica de la ciutadania. Com diu Gil Pérez, existeixen declaracions d'organismes internacionals en aquest sentit, per exemple de la Conferència Mundial sobre la Ciència pel segle XXI organitzada per la UNESCO:

*“Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias es un imperativo estratégico [...]. Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad.”* (Gil Pérez, 2006, p.32).

### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Per tancar aquest punt, és hora de citar alguns exemples de “recursos – tipus” d'utilització de la història a l'ensenyament de les ciències (Esteban Santos, 2003):

- ✓ Donar a conèixer personatges històrics defugint de les hagiografies simplistes. Explorar el seu vessant personal i com aquest afecta a com ell/a “fa ciència”.
- ✓ Evolució d'una teoria o bé d'un concepte: moments històrics pels quals va passar, diferents personatges científics implicats o una discussió general sobre el conjunt de la seva evolució.
- ✓ Un descobriment: personatges científics implicats, descripció i explicació del descobriment i del seu moment històric, significat del descobriment pel progrés de la ciència, implicacions teòriques d'aquest descobriment (connexions amb altres aspectes teòrics) o possibles aplicacions pràctiques dels descobriments.
- ✓ Repetir experiències històriques “rellevants” o identificar instruments antics. Ens podem fixar com Peter Heering ens descriu com introdueix l'experiència del càlcul de la força de repulsió entre dues càrregues elèctriques, així com la distància entre elles. Més concretament, veiem com Heering posa cara a cara als alumnes amb les dades “crues” i amb els aparells històrics, sobretot per introduir aspectes sobre la naturalesa de la ciència al seu aprenentatge (Heering, 2009).
- ✓ Una etapa de la ciència: característiques generals d'aquesta etapa, llocs on es desenvolupa, antecedents i possibles influències que rep o principals tècniques, experiments i personatges que abasta.

#### **2.1.4. Les visions deformades de la ciència transmeses per l'ensenyament als estudiants i com veuen els ciutadans als científics.**

En el primer punt d'aquest capítol, he citat moltes vegades la deformació en la imatge de la ciència que es transmet als alumnes en les classes de ciències. Aquesta part de la nostra recerca entra de ple en analitzar diversos aspectes ètics i socials de l'activitat científica i, per tant, cal que faci una discussió més elaborada sobre aquestes "deformacions".

Primerament, voldria dir un fet que pot semblar obvi: aquesta deformació surt, principalment, d'un dels actors del procés educatiu, **del professor**. Aquestes concepcions "alternatives" dels professors sobre la visió de la ciència inclouen reduccionismes i deformacions que poden obstaculitzar una correcta orientació de l'ensenyament (Fernández et. al., 2002) i es relacionen amb els llibres de text. Aquests mateixos autors han elaborat una síntesi bibliogràfica sobre aquestes diferents deformacions de la qual partiré per completar aquest apartat. Hem de tenir en compte que, com també ens diuen aquests autors, no són set "pecats capitals" aïllats sinó que, com les concepcions alternatives dels estudiants, constitueixen un esquema mental que pot arribar a ser molt complex.

Abans d'entrar en matèria, vull citar un primer resum de cadascuna d'aquestes visions:

**Concepció empírica i atèrica:** quan el començament d'una recerca s'associa únicament a una simple observació i el coneixement s'adquireix amb les interaccions amb el món físic, mitjançant els "mètodes de la ciència". Per l'empirista, el coneixement és certesa (Cobern, 2000).

**Concepció rígida de l'activitat científica:** el mètode científic és presentat com un conjunt d'etapes que s'han de seguir de forma mecànica (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz & Praia, 2002).

**Concepció aproblemàtica i anhistòrica:** el coneixement es presenta sense mostrar els problemes que va portar la seva construcció, com va evolucionar o les dificultats que va tenir per fer-ho (Glasson & Bentley, 2000).

**Concepció exclusivament analítica de la ciència:** ressalt extrem de la compartimentalització de l'estudi de la natura, sent molt més difícil construir cossos unificats de coneixement coherents (Gallego, 2002 citat a Vílchez-González & Perales Palacios, 2006).

**Concepció acumulativa del desenvolupament científic:** el coneixement ha anat creixent de forma lineal sense alteracions o, dit d'un altre manera, aquesta concepció entén la ciència des d'una perspectiva positivista ("objectiva", lineal i acumulativa) (Glasson & Bentley, 2000). Obvia les crisis, els canvis de models o els trencaments.

**Concepció individualista i elitista de la ciència:** la ciència és vista com a producte de persones aïllades pertanyents a una minoria selecta, tant en el terreny intel·lectual, social o de gènere (Gil, 1993).

**Concepció descontextualitzada i socialment neutra de l'activitat científica:** els científics es presenten com el "centre de l'univers". En aquesta visió descontextualitzada, fins i tot es poden arribar a atribuir algunes aportacions científiques a científics que no les han fet (Traver, 1996).

Després de fer aquesta repassada a les visions més característiques de la ciència que tenen els professors, preguntem-nos el següent: què en pensen realment els professors sobre la ciència? Molts estudis han enquestat a molts tipus de professors diferents (aprenents de professors, professors de secundària de diferents països i de diferents branques de la ciència i, fins i tot, professors de primària). Encara que les formes d'abordar aquesta qüestió són força diverses, es pot arribar a una fotografia força clara examinant les respostes que proporcionen.

La radiografia del professor tipus d'aquests estudis és la d'un docent amb una **concepció** majoritàriament **empirista/inductivista de la ciència** (Praia & Cachapuz, 1994) independentment de la matèria que considerem i de la llargada de la carrera professional, que **creu en la "objectivitat" de la ciència** com una de les qualitats fonamentals a mostrar-ne. També mostra una **visió dinàmica pel que fa al coneixement científic** (Thomaz et. al., 1996), és a dir que el coneixement s'ha d'anar adaptant a la descripció més òptima de la "realitat física". Aquest prototipus està d'acord en **refusar els estereotips sexistes en la ciència** i en la **falsedat de la seva neutralitat ideològica**



***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

(Acevedo, 1994), per tant creu que la ciència és un actor molt important en el progrés social i cultural. Per acabar, també podem veure que considera que els **coneixements científics són molt útils, sinó bàsics, per desenvolupar-se amb suficiència en la vida quotidiana** (Borrachero et. al., 2011).

Després de tractar la visió de la ciència, ara vull mostrar quina és la opinió dels estudiants quan se'ls hi pregunta què en pensen dels científics i/o de la ciència. Com en el punt anterior, podem trobar diversos estudis que tracten aquest tema de formes molt diverses (i a col·lectius d'estudiants molt diversos). Tot i això, com en el cas anterior, es pot obtenir una visió bastant clara sobre aquest tòpic.

Començaré emfasitzant una premissa fonamental després de llegir diversos estudis sobre aquest aspecte; **els estudiants mantenen una actitud ambigua** en la seva actitud respecte als científics. Ho exemplificaré amb la taula 3. Aquest estudi pregunta a grups d'estudiants i professors la seva opinió respecte a diverses característiques dels científics, tot això a través d'un qüestionari multi - resposta. En el cas dels estudiants, si llistem les respostes més triades, veurem aquesta actitud ambigua de la qual parlava abans... segurament per falta d'informació?

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 3:** Recull de respostes de l'estudi de Manassero i Vazquez (2001).

Característica	Respostes més triades
Motivació dels científics	<p><b>No és possible generalitzar perquè la motivació dels científics varia d'un a l'altre (36,6%).</b>  <b>Resoldre curiosos problemes pel seu coneixement personal i en benefici de la societat (30,6%)</b></p> <p><b>Comentari:</b> <i>Les dones creuen més que els homes que els científics fan la seva feina en benefici de la societat. Els homes van més a la curiositat, la fama i els diners.</i></p>
Mentalitat oberta	<p>El millor científic és sempre de mentalitat oberta, imparcial i objectiu en la seva feina. Aquestes característiques personals són necessàries per fer la millor ciència.</p> <p><b>Aquestes característiques no són suficients. Els millors científics necessiten altres característiques personals tals com: imaginació, intel·ligència i honradesa (35,7%).</b></p> <p>No necessàriament els millors científics han de tenir aquestes característiques:</p> <p><b>Això depèn del caràcter de cada científic. Alguns són oberts i objectius i d'altres, no (25,2%).</b>  <b>El capficament dels científics en el seu camp els pot fer perdre objectivitat (17,6%).</b></p>
Honradesa	<p><b>Alguns científics són honrats i d'altres, no (53,1%).</b>  <b>Habitualment ho són però poden no ser-ho per pressions externes (11,1%)</b></p> <p><b>Comentari:</b> <i>En persones poc exposades a la ciència existeixen diferències significatives de gènere i edat. Les dones no creuen possible generalitzar sobre la honradesa i, en canvi, els homes sí.</i></p>
Vida social i familiar	<p>Els científics no tenen quasi vida familiar o social perquè han d'estar ficats en la seva feina.</p> <p><b>Depèn de la persona (34,9%).</b></p>
Paciència i determinació	<p><b>La paciència i determinació són part de la seva feina (46,2%).</b></p>

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Un altre aspecte molt interessant, que ens pot donar informació valuosa, és quina percepció física tenen els alumnes d'un científic. Aquesta visió es pot aconseguir de diverses maneres, però uns dels estudis més "curiosos" són els del tipus "*Dibuixa a un científic*", un test projectiu proposat per Chambers (1983). Aquest test consisteix en demanar als alumnes que dibuixin el que per ells és un científic i d'aquests tests se n'han fet moltíssims, de tots ells es poden treure algunes idees sobre com veuen els alumnes als científics.

Els alumnes consideren que un científic és **una persona** normalment **no de color** (Fralick, Kearn & Thompson, 2009), majoritàriament **de gènere masculí** (Losh, Wilke & Pop, 2008; Samaras, Bonoti & Christidou, 2012) que va vestida amb **una bata de laboratori i ulleres** (Cakmakci et. al., 2010; Laubach, Crofford & Marek, 2012), d'edat ja **avançada** (Leblebicioglu et. al., 2011) i rodejat de molts llibres però **sense altres persones al seu voltant** (Bevins et. al., 2011). Aquest científic **es relaciona majoritàriament amb les ciències més lligades amb la natura o la química** (Fralick, Kearn & Thompson, 2009) i, també segons aquest últim autor, **el científic es representa normalment realitzant algun experiment o en completa immobilitat** (Vázquez & Manassero, 1998). Per acabar, també podem dir que **la procedència de l'estudiant influeix en la visió del científic**. Koren & Bar (2009) demanaren a grups d'alumnes de diversa procedència que anomenessin cinc noms de científics i els resultats mostren que l'estudiant occidental acostuma a citar científics com Einstein i l'oriental científics de l'època d'esplendor de la ciència àrab.

## **Eurobaròmetre de 2010 sobre Ciència i Tecnologia de la Comissió Europea.**

Els ciutadans posseeixen una opinió sobre com veuen “la ciència que els envolta”. Ara bé, aquesta opinió i/o visió es veurà fortament condicionada segons quina sigui la seva situació socioeconòmica i cultural i, òbviament, la de les seves famílies. Per poder obtenir aquesta radiografia de com veu la societat en general a la ciència, he recorregut a una macro-enquesta **a nivell europeu** sobre quina és la opinió de la ciutadania europea sobre els diferents aspectes “socials” de la ciència.

Comencem amb els interessos declarats de la ciutadania europea. Un 88% dels ciutadans expressen el seu interès (molt + moderat) en els problemes ambientals, un 82% en els nous descobriments mèdics i **un 79% en els descobriments científics i tecnològics**. Només un 68% es declaren interessats per temes polítics.

Si ens mirem aquest últim aspecte per països, els nòrdics i centreeuropeus són els que estan situats per sobre de la mitjana de la unió (amb l'excepció de Xipre amb un 92% d'interès, el valor més alt) i, per contra, els països de l'est d'Europa i els Mediterranis es situen per sota de la mitjana i en la mitjana europea respectivament.







Demogràficament parlant, ens trobaríem amb les dades de la taula de la pàgina següent. De les categories que s'hi presenten, m'agradaria fixar-me amb unes de molt concretes, que són:

- El sexe: els homes estan una mica més interessats pels descobriments científics que les dones (82% front a 76%).
- El perfil referent a l'educació i els estudiants: un 39% troben molt interessant el tòpic en discussió i un 45% ho fan de forma moderada.
- El lloc de residència: els habitants de ciutats grans estan molt poc més interessats per aquests temes (80% front a un 79% de ciutats mitjanes i un 77% de pobles rurals).

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- L'ús d'Internet: quan més freqüent és l'ús d'Internet en la vida de l'enquestat, més es demostra interès per aquests temes (88% front a un 69% quan no es fa servir mai).

**Taula 4:** Dades demogràfiques respecte a la qüestió sobre l'interès de la ciència i la tecnologia en la ciutadania europea.

	Very interested	Moderately interested	Not at all interested	DK
EU27	30%	49%	20%	1%
<b>Sex</b>				
 Male	36%	46%	17%	1%
 Female	24%	51%	24%	1%
<b>Age</b>				
 15-24	34%	46%	19%	1%
25-39	32%	49%	18%	1%
40-54	30%	52%	17%	1%
55 +	27%	46%	25%	2%
<b>Education (End of)</b>				
 15-	19%	46%	34%	1%
16-19	27%	51%	21%	1%
20+	41%	48%	11%	-
Still studying	39%	45%	15%	1%
<b>Subjective urbanisation</b>				
 Rural village	29%	48%	22%	1%
Small/mid size town	29%	50%	20%	1%
Large town	33%	47%	18%	2%
<b>Respondent occupation scale</b>				
 Self- employed	34%	51%	14%	1%
Managers	45%	48%	7%	-
Other white collars	28%	53%	18%	1%
Manual workers	27%	52%	20%	1%
House persons	21%	49%	28%	2%
Unemployed	29%	46%	24%	1%
Retired	26%	45%	27%	2%
Students	39%	45%	15%	1%
<b>Use of the Internet</b>				
Everyday	40%	48%	12%	-
Often/ Sometimes	27%	54%	18%	1%
Never	21%	48%	29%	2%

Ara canviem de tema i anem a els temes d'informació més importants pels europeus. Segons l'Eurobaròmetre, els temes dels quals els europeus n'estan més ben informats són: els problemes ambientals (78%), la política (73%), les notícies esportives (68% - amb més interès), els nous descobriments mèdics (65%), **un 61% pels descobriments científics i tecnològics** i, per




**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

acabar, un 58% per la cultura i les arts. Podem veure que en els temes més específics (com el de la ciència), la relació entre interès i informació és inversament proporcional.

Segons els països de la Unió, els nòrdics i centreeuropeus tornen a estar per sobre de la mitjana o prop d'ella (Luxemburg és el valor més alt amb un 79% de ciutadans ben informats en temes científics). Els països de l'est i els Mediterranis en queden clarament per sota.

Demogràficament parlant, ens trobem amb les següents dades:

**Taula 5:** Dades demogràfiques respecte a la qüestió sobre la informació sobre la ciència i la tecnologia en la ciutadania europea.

QC2.5 I would like you to tell me for each of the following issues in the news if you feel very well informed, moderately well informed or poorly informed about it. New scientific discoveries and technological developments				
	Very well informed	Moderately well informed	Poorly informed	DK
EU27	11%	50%	38%	1%
<b>Sex</b>				
 Male	14%	52%	33%	1%
 Female	8%	48%	42%	2%
<b>Respondent occupation scale</b>				
 Self-employed	11%	55%	33%	1%
Managers	20%	58%	22%	-
Other white collars	9%	55%	35%	1%
Manual workers	8%	51%	40%	1%
House persons	7%	42%	48%	3%
Unemployed	9%	47%	43%	1%
Retired	10%	44%	44%	2%
Students	17%	50%	31%	2%
<b>Interested in scientific discoveries</b>				
Yes, very	28%	59%	13%	-
Yes, moderately	4%	59%	36%	1%
No	1%	16%	80%	3%

D'aquesta taula torna a ser interessant la qüestió del gènere (homes més ben informats que dones) i la relació amb la qüestió anterior.

El tercer punt del primer apartat de l'Eurobaròmetre fa referència a la implicació de la ciutadania europea en activitats públiques relacionades amb la ciència. Aquest tema el passaré més per sobre però, en resum, diu que els europeus només ens impliquem (una mica) quan es tracta de donar diners per

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

recerques mèdiques (aquí al nostre país tenim l'exemple de la Marató, una excepció a aquesta regla).

Canviem d'aspecte i passem a un dels punts claus de l'apartat, el que ens dirà quina és la visió de la ciència i la tecnologia de la ciutadania europea. L'estudi planteja els següents quatre enunciats sobre la ciència:

- ✓ No podem creure que els científics ens diuen la veritat sobre les controvèrsies científiques ja que cada cop depenen més del finançament de la indústria.
- ✓ El finançament privat a la ciència és un factor limitant pels científics.
- ✓ Els científics només es fixen en problemes molt concrets. Això els fa incapaços d'entendre problemes amb una major perspectiva.
- ✓ Els problemes actuals són tant complexos que els científics ja no són capaços d'entendre'ls.

**Taula 6:** Opinió de la ciutadania europea sobre els quatre enunciats referents a la imatge de la ciència presentats.

<b>Enunciat</b>	<b>Totalment d'acord o més aviat d'acord</b>	<b>Ni d'acord ni en desacord</b>	<b>Més aviat en desacord o en desacord</b>	<b>NS/NC</b>
<b>1</b>	58%	21%	16%	5%
<b>2</b>	50%	22%	19%	9%
<b>3</b>	47%	23%	22%	8%
<b>4</b>	37%	22%	34%	7%

Els europeus que manifesten interès i/o que diuen estar ben informats sobre algun aspecte de la ciència tenen: més tendència a manifestar una opinió positiva o negativa del científic i de la ciència (sobre la mateixa ciència i les seves aplicacions), menys reticències sobre l'habilitat dels científics per entendre els problemes complexos que se'ls hi presenten, una visió més clara que els científics estan influïts pels seus respectius benefactors (ho considerin positiu o negatiu) i una opinió formada (positiva o negativa) sobre la influència del finançament privat en la recerca científica.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Ara passem a les actituds dels europeus envers la ciència. En aquí llistaré una sèrie d'enunciats que defineix l'estudi per després indicar-ne la opinió dels enquestats (els colors següents serviran per ordenar-les):

1. La ciència i la tecnologia fan les nostres vides més sanes, fàcils i confortables.
2. Gràcies als avenços científics, els recursos naturals de la Terra NO s'acabaran.
3. La ciència i la tecnologia poden amb qualsevol problema.
4. Depenem massa de la ciència i massa poc de la fe.
5. La ciència i la tecnologia no poden desenvolupar realment una funció en la preservació del medi ambient.
6. Els científics haurien de poder experimentar amb animals si això els ajuda a solucionar malalties humanes.
7. A causa del seu coneixement, els científics poden arribar a ser perillosos.
8. L'aplicació de la ciència i de les noves tecnologies farà la feina de la gent més interessant.
9. En la meua vida diària, no és important saber sobre ciència.
10. La ciència fa que les nostres vides canviïn massa ràpid.
11. Gràcies a la ciència i la tecnologia, les generacions futures tindran més oportunitats.
12. La ciència pot danyar la moral humana.
13. Les aplicacions de la ciència i la tecnologia poden menystenir alguns drets humans bàsics.
14. La ciència i la tecnologia poden ser usades per terroristes en el futur.
15. Encara que una recerca no reporti beneficis immediats, si ajuda a millorar el coneixement li cal suport estatal.
16. Els nous invents haurien de servir per minimitzar qualsevol efecte negatiu dels desenvolupaments científics.
17. La ciència té més beneficis que desavantatges.
18. Algun dia la ciència ens donarà una fotografia completa de com funciona la natura i l'univers.
19. La ciència no hauria de tenir límits en el que poder investigar.



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

20. Si una nova tecnologia té uns riscos que no es poden acabar de calibrar, més val aturar-la per més beneficiosa que pogués ser.

21. Si pensem massa en els riscos, ens quedarem enrere en el desenvolupament tecnològic.

22. La ciència no és bona ni dolenta, depèn de l'ús que se'n faci.

**Taula 7:** Opinió de la ciutadania europea sobre els enunciats referents a l'actitud envers la ciència presentats.

Enunciat	Totalment d'acord o més aviat d'acord	Ni d'acord ni en desacord	Més aviat en desacord o en desacord	NS/NC
1	66%	20%	12%	2%
2	21%	18%	56%	5%
3	22%	19%	57%	2%
4	38%	24%	34%	4%
5	24%	18%	54%	4%
6	44%	17%	37%	2%
7	53%	20%	24%	3%
8	61%	21%	14%	4%
9	33%	18%	48%	1%
10	58%	16%	22%	2%
11	75%	14%	8%	3%
12	62%	19%	15%	4%
13	50%	22%	22%	6%
14	78%	11%	7%	4%
15	72%	16%	9%	3%
16	51%	22%	21%	6%
17	46%	29%	20%	5%
18	44%	18%	32%	6%
19	35%	18%	44%	3%
20	49%	23%	22%	6%
21	52%	24%	18%	6%
22	78%	12%	7%	3%

En aquests enunciats jo hi trobo a faltar una menció als mitjans de comunicació. Si mirem a (Maugh, 2000; Campanario, Moya i Otero, 2001) podem trobar que la imatge dels científics és dolenta en els mitjans de comunicació: es mostren com a persones insensibles i aïllades de la societat.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Així mateix, la ciència tampoc en surt molt ben parada, ja que normalment s'utilitza el vernís de "ciència" per tapar autèntiques estafes o productes (com a mínim) deficientes. La gent acaba tenint por dels canvis que provoca la ciència perquè, normalment, molta gent que en parla no en té ni idea.

Podem trobar altres estudis que suporten i amplien diferents categories mostrades anteriorment pertanyents a l'Eurobaròmetre: els científics estarien usualment ben pagats, es considera que la ciència és important respecte al desenvolupament econòmic (Bevins et. al., 2011; Quinn & Lyons, 2011).

Tornant a les dades de l'Eurobaròmetre, aquesta taula ens pot mostrar diverses coses sobre l'actitud envers la ciència de la ciutadania europea: es considera que la ciència fa una aportació positiva a la nostra vida proporcionant-nos més oportunitats en molts camps (encara que amb certes reserves en els temes mediambientals i de salut pública), la relació entre moral i ciència preocupa, la gent creu que els límits de la ciència han d'estar molt clars per evitar arribar a situacions tràgiques o dramàtiques (Europa en té força experiència) i també es pensa que la ciència s'ha de recolzar des dels poders públics però, com acabo de dir abans, amb un control. Per acabar i com ja he dit anteriorment, la gent manifesta una certa por a l'hora d'emetre un judici sobre la ciència.

Seguim amb l'anàlisi de la opinió de la ciutadania europea sobre la ciència i ara anem a parlar sobre la informació científica que rep el gran públic. Està el públic profà en ciència prou informat sobre ella? Ho vol estar o creu que ho ha d'estar? I sobre què ho està o no ho està?

Segons l'Eurobaròmetre un 36% dels europeus creuen que les decisions sobre ciència i tecnologia les han de prendre els científics, enginyers i polítics, informant-ne al gran públic d'aquestes últimes, un 29% creuen que aquesta opinió del gran públic ha de ser tinguda en compte a l'hora de prendre aquest tipus de decisions (un 14% creu que ha de ser vinculant) i el restant 21% es desmarca d'aquestes accions. No hi ha diferències significatives entre grups socials o gènere. Dit això, un 57% del total d'europeus creu que els científics no posen prou esforç en fer que aquesta transmissió d'informació sigui efectiva. Aquest percentatge és major en les persones que manifesten no sentir-se ben informades sobre ciència.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

El 63% dels ciutadans europeus pensen que els científics que treballen a les universitats, o en laboratoris governamentals, són els més ben preparats per explicar la ciència al gran públic.

Per acabar, parlem sobre el paper de la dona i de la gent jove en la ciència. Sobre la gent jove, l'estudi arriba a les següents conclusions:

- ✓ Un 66% d'europeus pensa que el seu govern fa molt poc per interessar els joves cap a la ciència. Es continua complint la relació entre més interès en la ciència i major resposta a la qüestió.
- ✓ Un 70% dels europeus pensa que la ciència millora la cultura dels joves, un 68% creu que la ciència els farà ser ciutadans més ben informats i un 58% creu que els farà tenir més oportunitats de trobar feina (Quinn & Lyons, 2011).

I sobre el paper de la dona:

- ✓ El 75% d'europeus creuen que les dones no estan ben representades al capdavant de les institucions de recerca científiques. Ho creuen un 70% dels homes i un 80% de les dones i un 78% de les persones més interessades en ciència front a un 69% dels que no ho estan tant.
- ✓ Un 63% d'europeus creu que si les dones tinguessin més poder en aquestes institucions, la qualitat de la recerca milloraria. Les dones ho creuen més que els homes.

## **Actualització – Eurobaròmetre de la CE del 2014 sobre “Les percepcions públiques de la ciència, la recerca i la innovació”**

Quatre anys després del treball exposat, la CE ha elaborat un altre onada de l'Eurobaròmetre referent a la percepció pública de la ciència. Tot seguit citarem les seves principals conclusions:

- ✓ Durant els pròxims 15 anys, els ciutadans europeus creuen que les prioritats a les quals s'han d'orientar més recursos comunitaris per la investigació científica són **la salut i les cures mèdiques (55%) i la creació de llocs de treball (49%)**.
- ✓ Durant els pròxims 15 anys, els ciutadans comunitaris creuen que **les accions i el comportament dels europeus** seran determinants en **les qüestions educatives (48%) i en la protecció del medi ambient (46%)**.
- ✓ Durant els pròxims 15 anys, els ciutadans comunitaris creuen que **la ciència i el desenvolupament tecnològic** seran determinants en **la medicina i les innovacions mèdiques (65%) i les qüestions educatives (60%)**.

Per tant, en aquest Eurobaròmetre es poden veure els estralls de la crisi econòmica quan es destaca en primer lloc que **la ciència ha de contribuir al benestar de les persones, a la creació de bons llocs de treball per a tothom i a una bona educació**. És remarcable que l'educació sigui l'aspecte on els ciutadans comunitaris fan èmfasi en la necessitat de que **les persones i la ciència es complementin en un tot**.

Realment, amb aquests Eurobaròmetres podem destacar que les ciències a l'escola fan poca cosa per millorar la percepció que es presenta. L'ús de la Història de la Ciència pot proposar alternatives.

### **2.1.5. Posicionament**

Un cop vist aquest primer bloc... nosaltres què farem quan ens plantejem el disseny de la UD? Farem una aportació al moviment CTS?

Realment, podem ser molt clars en afirmar que **no realitzarem un projecte CTS referent a l'àtom químic i la imatge de la ciència** per la raó de que nosaltres no ens centrarem només en plantejar un problema quotidià, el qual hauríem de resoldre mitjançant unes eines determinades. **A nosaltres ens interessen els conceptes!** Tanmateix, si no es desenvolupen en el context que l'alumne identifiqui i faci seu, els conceptes no tenen significat.

Ens explicarem: el que diem és que nosaltres volem construir el model atòmic donant-li una entitat química que no té, però el que ens interessa és el model i no el problema X a resoldre. Tanmateix, el vessant social és molt important en la nostra proposta ja que considerem que una imatge social de la ciència ajuda a entendre com es va construir aquest concepte, sobretot respecte al grau de creativitat necessari que molts cops es perd.

Per tant, a nosaltres ens interessa utilitzar la HC com a un puntal "constructor" del concepte "àtom químic", aportant les dificultats i controvèrsies que els científics involucrats van haver de superar i, més important encara, **com ho van fer i per què ho van fer.**

## **2.2. La recerca en didàctica basada en el disseny d'una seqüència d'ensenyament - aprenentatge**

La recerca basada en la implementació d'una Unitat Didàctica comença en el disseny d'una o més seqüències d'aprenentatge que configuraran aquesta UD. Ara bé, abans de començar, s'hauria de començar plantejant què és una seqüència d'ensenyament – aprenentatge o SEA.

Segons Couso, una SEA és:

*“El document de planificació de les situacions d'ensenyament – aprenentatge corresponents a un tema o a un contingut curricular en concret. Inclou els materials que utilitza el professor a l'aula, a més dels documents o fitxes de treball per als alumnes. És la planificació del procés d'ensenyar i aprendre, inclou les respostes a les següents preguntes: quins continguts concrets, quin context, quins objectius, en quin ordre i de quina forma es porten a terme i s'avaluen cadascuna de les activitats que es realitzen”. (Couso, 2011, p.58)*

És a dir, una SEA és el “full de ruta” pel qual s'ha de guiar una classe a l'hora de desenvolupar la construcció d'un o més models de coneixement i, en conseqüència, la recerca basada en SEA ha de fonamentar les decisions que cal prendre en relació amb els objectius d'aprenentatge que ens proposem.

### **2.2.1. Semàntica dels models escolars**

Quan dissenyem els materials didàctics amb els quals els alumnes s'han d'aproximar als models científics que els volem ensenyar, s'han de trobar amb problemes al seu abast, problemes de dificultat controlada i resoluble.

Les classes de ciències no han de servir per que els alumnes es converteixin en màquines de resoldre problemes, ja que normalment aquestes classes estan molt mancades d'autèntics processos de modelització teòrica (sobretot en química) (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2009) però s'hauria de definir ben clarament què entenem (en aquest cas) com a problema. Normalment trobem a l'aula problemes de resolució mecànica en els quals s'ha de conèixer un determinat algoritme de resolució per resoldre'l, el qual no cal

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

arribar a entendre. Per contra, ara estem parlant de “situacions científiques escolars problematitzadores” (SCEP).

Com es poden caracteritzar aquest tipus de problemes? Han de ser:

*“situacions autèntiques i similars a situacions que es desenvolupen en els contextos científics reals; però també significatius pels estudiants; rellevants per la disciplina que s'estudia; promovedors de processos reflexius i que sigui fàcils d'afrontar pels alumnes tal i com ho van fer els científics en el seu moment, mitjançant la modelització científica” (Camacho, 2008, p.200).*

Per tant, la capacitat dels alumnes per enfrontar-se a un problema acaba resultant part del desenvolupament de la seva **competència científica**. Aquests problemes es mouen en tres plans diferents (Labarrere & Quintanilla, 2002).

1. Un pla “instrumental-operatiu” que implica els recursos del subjecte o del grup que resol la situació plantejada (continguts i relacions entre aquests, solucions possibles i estratègies per arribar-hi, procediments per dur-ho a terme...).
2. Un pla “personal – significatiu” que considera els processos i estats personals de qui ha de resoldre el problema, ja que són importants a l'hora d'enfrontar el problema.
3. Un pla “relacional – social o cultural” que es fixa en l'espai generat en el grup, en la interacció col·lectiva i col·laborativa en els processos comunicatius entre els alumnes.

Aquest tipus de plantejament permetrà el desenvolupament de determinades competències de caire lingüístic com definir, explicar, argumentar i justificar (per exemple, aprendre a argumentar per què una teoria es va imposar sobre un altre en una determinada època).

Diguem-ho d'un altre manera. Segons (Izquierdo-Aymerich, 2013, citant a Perkins, 1986) hi ha quatre preguntes que ens poden ajudar a caracteritzar un conjunt de coneixements de la química com una “activitat química”:

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Quin és el seu objectiu o objectius? **Quin significat té la nostra intervenció en aquest fenomen?**
- Quina és la seva estructura? **Com es pot relacionar el que expliquem amb les regles que fan possible que els químics “facin química”?**
- Amb quins exemples es pot explicar? **Com podem relacionar el que expliquem amb algun fet paradigmàtic de la química?**
- Amb quins arguments es poden explicar aquests exemples o casos models? **Què necessiten posar en pràctica els alumnes per poder obtenir un aprenentatge profitós del que els hi expliquem?** (Veure els diferents plans d'interacció de les activitats científiques de la pàgina anterior).

És a dir, el que hem d'aconseguir és un model que relacioni els conceptes abstractes deslligats entre si amb aquestes “activitats químiques” de les quals parlava anteriorment.

**Quines condicions hauria de complir aquest model o aquesta “eina de relació entre la pràctica i l'abstracció”?** Tornant al mateix treball anterior podem trobar tres punts interessants de referència (Izquierdo-Aymerich, 2013, p.1648):

1. *Phenomena can be controlled by the experimental intervention of students; and, of course, these phenomena should be related to one other (e.g., heating bread, sugar, wood, and weighing everything before and after; burning wood, peanuts, as well as comparing; lighting a candle, blowing it out).*

***Els alumnes han de poder intervenir en la pràctica de la discussió.***

2. *Phenomena, related to one another, can be represented at an abstract level. Such representation includes the criteria to assess actions, which should correspond to different value systems. Values should be made transparent throughout the process. They are dependent on the context, which should be explored carefully, as we shall see below.*

**Aquest model de relació que construïm ha de contenir unes regles clares que li serveixin a l'alumne per saber si el que està fent està bé o està malament.**



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

3. *The third condition concerns language: students should be able to 'talk' about the selected phenomena using diverse languages, including the symbolic.*

***Aquesta pràctica s'ha de poder representar de forma simbòlica però significada, mai utilitzant aquest simbolisme com una gramàtica "paral·lela".***

Un cop vist tot això, hem de parlar sobre els models científics. **Com podem caracteritzar un model de forma senzilla?** Fixem-nos en la següent taula (Oh & Oh, 2011, p.1124):

**Taula 8.** La naturalesa dels models científics i el seu ús a la classe de ciències

Topic	Summary
Meanings of a model	A model is a representation of a target. A model serves as a 'bridge' or mediator connecting a theory and a phenomenon.
Purposes of modelling	A model plays the roles of describing, explaining and predicting natural phenomena and communicating scientific ideas to others. The functional roles of models are facilitated by expressing models with non-linguistic semiotic resources, using analogy and allowing mental and external simulations.
Multiplicity of scientific models	Multiple models can be developed to study the same target because scientists may have different ideas about what the target looks like and how it works and because there are a variety of semiotic resources available for constructing models. Each model has limitations because it represents only a specific aspect of a target, and diverse models may be needed to provide a full-fledged explanation of the target.
Change in scientific models	Models are tested empirically and conceptually, and they can change along with the process of developing scientific knowledge.
Uses of models in the science classroom	In the science classroom, the teacher can take advantage of models to demonstrate how things work and explain

sophisticated knowledge of science.  
 Students should have opportunities to participate in such diverse modelling activities as exploration, expression, construction, application and revision of models.

**Els models científics no s'han entès sempre de la mateixa manera.**

Tanmateix, abans d'abordar aquest tema anem a conceptualitzar aquest constructe del model científic. La paraula model pot anar acompanyada de diversos "additius" com "model de...", "model per..." i altres i per tant és important tenir molt clar les diferències entre totes aquestes possibilitats.

Una primera diferenciació que podem fer és si considerem el "material" el qual hem de representar o el "resultat" del modelatge, el que es coneix com "model-input" o "model-output". Però no només ens podem quedar aquí, també podem tenir en compte que un model pot ser d'alguna cosa (model-for) o per alguna cosa (model-from). Aquestes quatre distincions es poden combinar? La següent taula ens aclarirà tots els dubtes (Adúriz-Bravo, 2013, p.1596):

**Taula 9.** Resultat de les possibles combinacions funció – representació dels models

		<b>Respecte a què representa el model</b>	
		Model-input	Model-output
<b>Respecte a la funció del model</b>	Model-for	<b>Paradigma</b> Un fenomen a ésser estudiat	<b>Disseny</b> Un prototip o esquema d'alguna cosa a representar
	Model-from	<b>Exemple</b> Alguna cosa que concreta principis abstractes	<b>Còpia</b> Una bona representació d'alguna cosa

**Com he dit abans**, el concepte de model no ha estat sempre igualment considerat. Les primeres corrents filosòfiques com les positivistes o historicistes només consideraven la primera diferenciació entre models input i output, sempre subordinant aquest model a una teoria científica, **entenent com a teoria un constructe estructurat de diferents proposicions o axiomes que podia ser, en el seu conjunt, certa o falsa**. Conseqüentment, aquestes

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

teories subordinaven els models com a exemples de les mateixes. Aquesta seria la visió **sintàctica** del model científic. Posteriorment, la nova filosofia de la ciència (exemplificada per Kuhn) convertiria el model en un exemple paradigmàtic (digne d'imitació) d'una teoria.

I doncs... quin és el **significat semàntic del model científic**? El model científic no deixa de ser una eina que representa algun fenomen però que el representa amb alguna finalitat **o valor didàctic per la classe de ciències**. A més a més, aquest model estableix una analogia teòrica amb la realitat, realitat que és complexa i canviant i que el model ha de permetre adaptar, exercint de mitjancer entre la teoria i la realitat. Tanmateix, l'escola semàntica recupera la noció d'exemplar de Kuhn (com ja he dit abans) i afegeix un requisit més: que tots els exemples es puguin representar d'una manera anàloga i semblant i que puguin ser formulats de la manera més general i abstracta possible (Adúriz-Bravo & Ariza, 2012, p.1145, citant a Izquierdo-Aymerich, 2007).

### **2.2.2. La relació entre la història de la ciència i la didàctica de les ciències**

La cohabitació de la història amb la didàctica de les ciències ha experimentat un gir des del sorgiment de les primeres tendències historiogràfiques que van tenir en compte els efectes de la societat en el coneixement científic (des de Kuhn i la irrupció de la sociologia de la ciència), és a dir, des de que la frontera entre ciència i societat es va començar a difuminar amb més o menys intensitat. Entendre aquest procés és un element central per comprendre “*els contorns de la pràctica científica, la formació de la personalitat del científic i l’habilitat de la ciència com a una empresa per reproduir-se i sobreviure*” (Olesko, 2006, p.863).

El positivisme i l’historicisme tendien a ignorar aquest aspecte social de la ciència. Ambdós feien girar els seus respectius relats històrics en unes figures científiques molt concretes, unes “ments genials” les quals no importava com havien estat ensenyades o quins processos d’aprenentatge havien seguit. Ja en la primera fornada d’historiografia sociologista dels anys 30 amb els historiadors marxistes més radicals o més moderats (com Merton) és quan comencen a estudiar els efectes de la societat en la ciència. Comencen a “*desembalar la relació entre raó, creença i les normes socials*” (Olesko, 2006, p.865). Aquí és quan es comença a difuminar la frontera entre ciència i societat, però encara no es posa gaire èmfasi en la transmissió del coneixement. Al 1970, durant el gir sociològic de la historiografia científica, és quan es començaran els historiadors a interessar pels contextos diferents de transmissió del coneixement.

Als Estats Units es va qüestionar molt la utilització de la ciència després de l’ús d’alguns projectes bèl·lics en la Segona Guerra Mundial, com el projecte Manhattan de les bombes atòmiques d’Hiroshima i Nagasaki; a conseqüència d’aquests fets, la tendència historiogràfica en aquests indrets va tendir més cap a l’historicisme de Koyré, ja que es centrava en les idees científiques i no en el context social de la pràctica científica o dels practicants de la ciència. En canvi, a Europa es va adquirir més un sentit d’autocrítica col·lectiva per tal de no repetir la història, per tant es va apostar per les tendències historiogràfiques més socials.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Olesko inscriu la ciència en el “sistema social” d'aquella època com una seguidora protegida de la política, la qual queda “salvada” d'introspeccions més profundes dels seus processos interns, principalment de com la ciència és apresada. A partir del 1960, aquest “vel d'idealització” que envoltava a la pràctica científica es comença a aixecar, revelant-se les relacions entre les pràctiques científiques i les pràctiques socials.

Diversos historiadors de l'època com Thomas Kuhn o Jerome Ravetz comencen a treballar en les relacions de la didàctica i la pràctica científica des d'una vessant social. Pel que fa a Kuhn, Olesko redueix la seva visió de la didàctica a un mer procés de transmissió de coneixements. Un adoctrinament (com ho diu ella) inclòs dins de la pràctica científica queda enquadrada en els períodes de “ciència normal” que Kuhn descrivia. Ella creu que Kuhn tenia una forma de veure la didàctica més utilitària ja que li podia servir per trametre les solucions dels problemes que sorgissin en un paradigma, o per jutjar la importància d'uns determinats problemes (amb propòsits de recerca). L'única vegada que parla d'interacció amb el món extern és quan els paradigmes entren en crisi, en els períodes de “revolució”.

Olesko treu de Ravetz dos aspectes molt interessants pel que fa a la didàctica. El primer d'ells és que recalca que els professors són uns líders que guien als estudiants en el procés de descobriment dels coneixements científics tractant-los com a iguals. El concepte de guia és molt important en la didàctica, ja que els professors ja no són fonts inesgotables de saber, biblioteques amb dues cames o superordinadors infal·libles (una espècie de “ments genials”), sinó que el professor és una persona versada en una determinada matèria que s'apropa a uns joves per acompanyar-los en un camí que no poden fer sols.

L'altre punt que considero rellevant és quan diu que:

*“un dels elements clau del seu anàlisi (el de Ravetz) és la creença que els científics no treballen amb el món natural real, sinó amb constructes intel·lectuals la certesa absoluta dels quals no és possible determinar, però que poden obtenir una acceptació notable” (Olesko, 2006, p.866).*

Aquí està un dels punts fonamentals de la didàctica, als alumnes no se'ls hi haurien d'ensenyar les teories científiques tal i com les diuen els grans

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

científics (que per altra banda si llegeixes un llibre de text actual de ciències és el que hi ha en la majoria de les pàgines), sinó que dins d'una "ciència escolar" s'ha d'adaptar aquest discurs dins d'una sèrie de "constructes intel·lectuals" que constituiran els "models científics escolars" adequadament adreçats a l'edat dels receptors que el professor tingui al davant.

Realment, ens trobem davant d'un dilema molt clar... **quin tipus d'història hem d'explicar als alumnes si volem que els hi resulti útil pel seu aprenentatge?** Com ens hem de "mirar el passat"? Aquesta última pregunta ens condueix a parlar de la història anacrònica (que no és científica) i de la història diacrònica (que no és molt útil per l'ensenyament de les ciències).

Segons la història anacrònica, hem d'explicar la ciència del passat amb els nostres ulls buscant com la ciència ha "progressat" fins al coneixement "correcte", el dels nostres dies. Per tant, estaria perfectament justificat que l'historiador li "faci dir" als personatges històrics el que "li interessi". Aquesta visió es "justifica" teòricament amb la visió presentista extrema de la història que ve a exposar el que ja hem comentat a grans trets **i que caldria rebutjar**.

Per contra, un historiador diacrònic buscarà situar-se *al passat* i no parlar *del passat*. La visió diacrònica (ideal) de la història implica "desfer-se" de tots els coneixements que no són fidels a l'època que es vol estudiar i buscar els coneixements històrics tal com eren considerats en l'època concreta que correspongui.

Una història diacrònica ideal sembla la més "fidel" però... ens resulta la més útil en el camp de la didàctica? Nosaltres creiem que *la història de la ciència no és una relació a dos entre l'historiador i el passat, sinó una relació a tres entre el passat, l'historiador i un públic actual* (Kragh, 2007, p.140). En el nostre cas, aquest públic actual són els nostres alumnes i és a ells pels quals volem fer que la història de la ciència "comuniqui" un determinat concepte, teoria o fet científic de forma aclaridora i comprensible.

Això vol dir que haguem de refusar una "voluntat diacrònica" al fer servir la història de la ciència? En absolut, però sempre tenint en compte que els "coneixements presents" no els deixarem mai completament de banda i que una història totalment "objectiva" (diacrònica "estricte") no és viable, però si que pot ser una *guia metodològica i un antídote contra una història Whig* (Kragh, 2007, p.141) que sí que cal evitar.

### 2.2.3. Els llibres de text i l'ensenyament de l'àtom

Voldríem parar-nos un moment en els llibres de text. Més endavant es veurà com començarem la nostra recerca caracteritzant una dotzena de llibres de text actuals, però podem insistir en que aconseguir materials que no es basin exclusivament en ser “reproduccions” de diccionaris de química és perfectament possible i necessari. Més que això, és que en l'època que tractarem en aquest projecte **ja n'existien exemples!**

Un llibre de text que es va utilitzar per a divulgar la química en la primera part del segle XIX era “*Conversations on Chemistry; In Which the Elements of That Science Are Familiarly Explained and Illustrated by Experiments*” de Jane Marcet, publicat a Anglaterra l'any 1805 (primera edició). **Per què el ressaltem?** Doncs per que aquest llibre estava basat en diverses converses informals entre dues estudiants, la Caroline i la Emily, amb la seva professora (Mrs. Bryan) i, sobretot, **per la seva narrativa dialogada i en cert punt teatral que després ens resultarà molt pràctica...**

Fixem-nos amb la “declaració inicial” de la Caroline:

*“To confess the truth, Mrs. B, I am not disposed to form a very favourable idea of chemistry, nor do I expect to derive much entertainment from it. I prefer sciences which exhibit nature on a grand scale, to those that are confined to the minutiae of petty details. Can the studies which we have lately pursued, the general properties of matter, or the revolutions of the heavenly bodies, be compared to the mixing up of a few insignificant drugs? I grant, however, there may be entertaining experiments in chemistry, and I should not dislike to try some of them: the distilling, for instance, of lavender or rose water”* (Heikkinen, 2010, p.680).

Podem estar d'acord que aquesta apreciació la podria fer qualssevol alumne actual de secundària o de Batxillerat? Segur que si i això que aquest text té 200 anys!!! Per tant, **el problema del desinterès de l'alumne envers la ciència** ve de lluny... així com la necessitat de comprometre'l en el seu aprenentatge.

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Ara mirem la resposta de la professora:

*"I rather imagine, my dear Caroline that your want of taste for chemistry proceeds from the very limited idea you entertain of its object. You confine the chemist's laboratory to the narrow precincts of the apothecary's and perfumer's shops, whilst it is subservient to an immense variety of higher and more useful purposes. Besides, my dear, chemistry is by no means confined to works of art. Nature also has her laboratory, which is the universe, and there she is incessantly employed in chemical operations"...* (Heikkinen, 2010, p.680).

Quedem-nos amb una de les frases: *"la natura té el seu laboratori, el qual és l'univers, el qual està permanentment implicat en operacions químiques"*. La professora li està dient que **la química abraça tota la natura i per tant és una eina imprescindible per entendre com funciona el món**, per tant li vol donar una imatge més positiva i atractiva a la química.

Un altre llibre que pot resultar exemplar és el "Manual de Química Moderna" del Pare Vitòria (IQS) del 1926. En el tercer capítol d'aquest llibre de text es parla sobre l'àtom i la teoria atòmica i en el cos del capítol es proposen una sèrie de definicions sobre la teoria atòmica, les quals ara en resumirem les més importants (Vitòria, 1944):

- **El átomo:** *"la mínima porción de un cuerpo simple que **puede entrar en combinación con otros cuerpos**, sean simples o compuestos, [...] Para nuestro estudio **basta que (el átomo) exista en hipótesis**, y como tal da mucha luz para comprender y **explicar las reacciones químicas**, ora se formen nuevos cuerpos (síntesis), ora se destruyan o dividan los ya existentes (análisis).* Les consideracions en negreta apunten tres puntals bàsics que tractarem en la nostra proposta; explicar que l'àtom partia d'una hipòtesi que es va dissenyar per poder explicar els resultats d'unes experiències lligades amb els canvis químics.
- **Peso atómico:** *"al átomo le acompañará, pues, inseparablemente su peso, que se llama **peso atómico: el cual es un valor relativo**, es decir, calculado en relación con otro tomado arbitrariamente como unidad.* Aquesta característica és una de les que definirà al nostre "àtom químic".



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- **Átomo gramo y su volumen:** *“A cada átomo corresponde su volumen [...], así aquí llamaremos átomo-gramo al peso atómico medido en gramos. Y así como entonces llegamos a conocer el volumen gaseoso (o en vapor) correspondiente a la molécula-gramo (la masa molecular), o sea 22,47 litros, así ahora podremos llegar a conocer el volumen correspondiente al átomo-gramo de los cuerpos simples con sólo saber cuán poliatómica sea la molécula. Como en general la molécula de los elementos en estado gaseoso suele ser diatómica, resulta que el átomo-gramo ocupa de ordinario un volumen igual a  $(22,47/2)$  litros, o sea 11,23 litros. Podremos, pues, decir que 1 gramo de H, 35,45 gramos de Cl o 16 gramos de O ocupan un volumen de 11,23 litros porque sus moléculas constan de dos átomos. Tot aquest exemple només és possible gràcies a l'acceptació de la hipòtesi d'Avogadro i a la normalització de les diferents escales de pesos atòmics (després en parlarem al punt 2.3.1).*
- **El átomo químico:** *“El átomo químico es, pues, para la Química moderna, una porción menudísima de substancia, completa en sí, esencialmente distinta de todas las demás, con sus caracteres específicos propios, indivisible por medios químicos, de peso fijo y distinto para cada elemento. La inmutabilidad material del átomo químico explica por qué la materia no cambia en la reacciones (Ley de Lavoisier): su indivisibilidad hace comprender por qué entra una cantidad ponderal determinada de cada elemento, y por qué, si un elemento da más de un compuesto con otro, tenga que ser forzosamente por múltiplos enteros de él, nunca fraccionarios: **la misma indivisibilidad del átomo da razón clara de por qué tiene lugar la sustitución determinada y constante de ciertos pesos de un elemento por otro (ley de los números proporcionales o ley de las proporciones múltiples).** Por esta claridad y acierto con que la teoría atómica explica los hechos conocidos y predice otros nuevos, se ha hecho simpática a los hombres de ciencia y se la ha admitido universalmente como una hipótesis aceptable.*

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Aquí veiem com el pare Vitòria ens anuncia l'àtom químic basant-se en els fragments que hem destacat en negreta: substància complerta diferent a totes les altres i caracteritzada per la seva massa atòmica.

D'aquest manual podem trobar un altre apartat "sorprenent" com són els seus annexos. En aquesta part s'explicaven les "*principales nuevas ideas referidas a la constitución del átomo*", de les quals en podem citar alguns exemples: les partícules subatòmiques, l'espectre electromagnètic, els ions, **els models físics de l'àtom**, els inicis de l'espectroscòpia (flama, masses, raigs X), estudi quantitatiu d'estructures cristal·lines, **la radioactivitat** i les sèries radioactives... Tot això es citava en un apartat que cada cop es feia més gran, fins que va adquirir prou entitat per ser un capítol a part dels llibres de text, començant una expansió que arribaria a desplaçar a l'àtom químic, tal i com veurem més tard en aquest apartat.

Un altre científic que es va preocupar de l'ensenyament de la química i d'elaborar llibres de text va ser Linus Pauling (1901-1994). El seu objectiu era transformar els llibres que es basaven en aplicar les matemàtiques a la química, cosa que considerava poc motivadora, a llibres que "mostressin" a les molècules químiques als alumnes i la recerca més moderna que duien a terme els investigadors més punters. Pauling creia que llibres com *Course of Study in Chemical Principles* de Noyes o *Principles of Chemistry* de Joel Hildebrand, col·legues seus, es basaven en una visió de la química antiga i poc atractiva. En poques paraules, Pauling es va entregar al llenguatge atòmic per fer palesa l'existència dels àtoms (parlem d'imatges d'àtoms, electrons, molècules o fotografies de difraccions de raigs X), fent evident una voluntat d'aproximació entre la química i la física. Per exemple, quan explicava com es determinen les masses atòmiques feia servir els mètodes químics i l'espectrògraf de masses al mateix temps. (Nye, 2000).

L'estil pedagògic de Noyes s'alineava amb la tradició europea antiatomista (1890s) que emfasitzava l'energia i l'entropia com els principis fonamentals de la química descriptiva. Per contra, Hildebrand va obrir més el camp d'acció de la didàctica a la "constitució de l'àtom", parlant dels raigs catòdics, els electrons, la difracció de raigs X, la radioactivitat, la teoria de Lewis o l'increment relativístic de la massa. Hildebrand també introdueix una

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

novetat en l'edició dels llibres, l'ús de diferents mides de font per diferenciar diferents "graus de dificultat" de la disciplina. En altres paraules, diferenciar quina part del llibre era pels alumnes "mitjans" i quina podia ser assequible pels alumnes més brillants (Nye, 2000).

Realment, Pauling no apostava per l'enfocament que hem adoptat nosaltres ja que com Nye ens diu, ell creia que el millor pels alumnes era que se'ls hi mostressin primer les teories més modernes i més... útils? O correctes? En altres paraules, és força evident que la postura de Pauling és concordant amb postures historiogràfiques com la historiografia de les idees, on primer es tractava de mostrar què és la ciència i quins usos pot tenir i ja, més endavant, es podia parlar del procés de pensament en la ciència.

Per altra banda, un altre aspecte que hauríem de comentar és com ha evolucionat l'ensenyament de l'àtom en els llibres de text. Per fer-ho ens basarem en la tesi de Farías (2012) que analitza aquest aspecte des de la sociologia de la ciència. Ella analitza unes 6 desenes de llibres del període comprès entre el 1850 – 2010 i els divideix en sis grups.

Tot i això, les diferències que estableix són força notòries. Fins l'any 1900, els llibres de text que es publicaven es basaven en una química fenomenològica, on l'àtom **no era més que una simple hipòtesi** (aspecte en el qual insistirem en aquest projecte), basada en els cossos del món real. Més endavant, ja començat el segle XX, l'existència física de l'àtom va començar a ser acceptada i **la teoria atòmica va començar a adquirir entitat pròpia en els llibres, encara que en una química principalment fenomenològica.**

En una tercera etapa, el més rellevant és que **la química fenomenològica "del món real" desapareix quasi totalment**, sent l'àtom i les seves partícules adjacents els principals protagonistes. La formulació passa a tenir entitat diferenciada i consideració bàsica en els manuals didàctics, cosa que provocarà que els alumnes acabin equivocant el sentit simbòlic de la fórmula i li atorguin un sentit estructural, tenint en compte el caràcter modèlic adjacent al mateix (Farré, Zugbi & Lorenzo, 2014)

Seguint amb aquest relat, a partir dels anys setanta els llibres de text giren al voltant de les transformacions químiques que tots ja coneixem (àcid-

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

base, mescles, dissolucions...) però **explicades des d'aquestes partícules atòmiques "físiques"**, les quals condueixen cap als enllaços. En aquí ja es consolida totalment la idea de **l'àtom – partícula** que, juntament amb el "tema d'estequiometria" serà la base d'interpretació dels canvis químics per a la majoria de llibres de text (en el pròxim capítol en veurem alguns exemples).

Finalment, quan apareix el model quàntic a escena **l'arrelament amb el món real acaba de desaparèixer del tot** i es troba **una química construïda** (Farías, 2012) **basada en fenòmens artificials com la radioactivitat**. Ja per acabar, des dels anys 90 apareix en els llibres un relat històric per suportar tota aquesta bastida teòrica, però tinguem en compte que parlem d'una **història marcadament positivista i lineal**.

Els continguts dels llibres de text (la forma de presentar-los) no ha variat substancialment des dels seus inicis, tant és així que actualment encara manté una empremta molt forta del positivisme lògic, presentant els continguts que la ciència ha considerat com "els de les ments genials" per reconstruir "l'edifici de la ciència" pels nois i noies. Els llibres de text mostren una imatge distorsionada (adaptada) de la realitat de la natura amb finalitats didàctiques.

Els llibres de text provocaven un efecte curiós, posar d'acord (relativament) a corrents positivistes, antipositivistes i a d'altres autors com Kuhn i Fleck. Comte explicava que a l'hora d'exposar el coneixement científic en un llibre de text es produeix una barreja entre un "ordre dogmàtic" i un "ordre històric" (Kaiser, 2005, p.221), el qual articula o ha d'articular un discurs coherent i assequible per l'alumne.

Les corrents contràries al positivisme també pensaven que els llibres de text havien d'explicar la "forma científica de pensar", però des del punt de vista del trencament d'un esperit "precientífic" a un de "científic". Kuhn considerava els llibres de text com la perpetuació dels paradigmes o els resultats estables de revolucions passades. Per Fleck, la producció de llibres de text consolida "allò que no es pot pensar d'altre forma" (Olesko, 2006).

Les esferes públiques, sobretot les dominants, tenen molta influència a l'hora de determinar què s'inclou en els llibres de text. Per exemple, en les societats en que les classes mercantils eren dominants, els llibres de text estaven plens de coneixement matemàtic aplicat. Com a gènere editorial,

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

també es va consolidar en el segle XIX definint-se per públics concrets, en contraposició al que passava al segle XVIII (quan els llibres es feien per a públics genèrics).

L'escola és un dels espais de la ciència que es van establir amb entitat diferenciada i on a partir del segle XIX els llibres de text han adquirit una major entitat i rellevància. Una de les funcions més importants de l'escola és la formació de ciutadans capaços d'exercir la seva condició de tals amb plena eficàcia i un exemple d'això el trobem en la voluntat criexent de la ciutadania de tenir veu en els temes científics, la qual cosa és una part del "dèficit democràtic" que es ve denunciant des de l'esclat dels moviments d'empoderament social del 15M (recordem quan citàvem unes pàgines enrere la importància de l'alfabetització científica).

El que estem dient és que aquesta "socialització del coneixement científic" la qual comporta una major alfabetització científica, comporta que en la societat s'estigui imposant un model de co-producció del coneixement (Bucchi & Neresini, 2007). Això exigiria una major orientació dels llibres de text a proporcionar una alfabetització "efectiva" (útil) dels nous ciutadans i no pretendre transmetre la ciència "experta" com a última finalitat.

Tanmateix, si ja és greu que no es busqui transmetre una imatge de la ciència plural als futurs ciutadans durant la seva formació bàsica, és fins i tot més preocupant que en el nivell universari tampoc es faci molt èmfasi en la transmissió d'aquesta imatge de la ciència més oberta. Farías, Castelló i Molina (2013) es queixen que aquesta "poca cura" crea el risc de tancar aquesta imatge deformada de la ciència en un bucle, ja que els llibres de text que formaran els possibles futurs científics els escriuran persones que han estat formades amb aquesta deformació en el seu aprenentatge.

#### 2.2.4. Els diferents models tradicionals de recerca en didàctica basada en el disseny de SEA.

##### El rombe didàctic

Abans de començar la descripció dels diferents models aplicables en aquest tipus de recerca, es vol posar sobre la taula el que es coneix com a “rombe didàctic”.

El rombe didàctic és una representació pictogràfica en la qual es poden inscriure les diferents “tradicions” existents en aquest tipus de recerca. Aquest rombe didàctic és una extensió del triangle didàctic de Brousseau, format pel professor, l'alumnat i el propi coneixement científic (Couso, 2011).

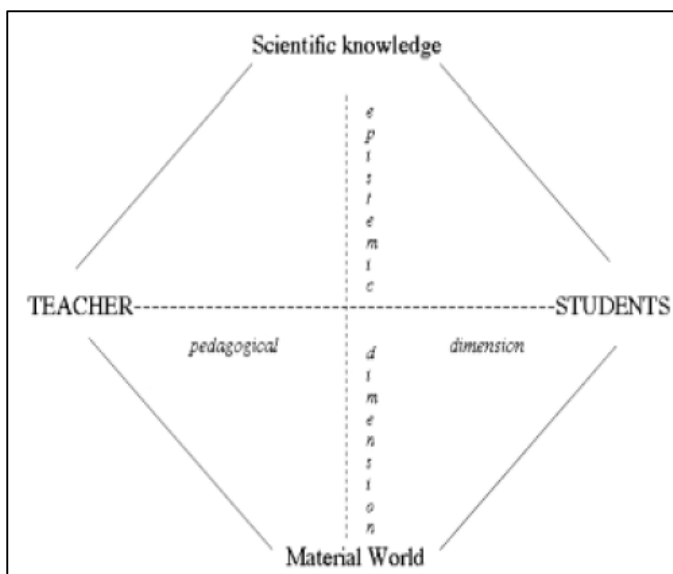


Figura 1. El rombe didàctic (Méheut & Psillos, 2004)

Aquesta extensió del triangle didàctic afegeix la vessant del “món material”, constituint el rombe didàctic amb dos eixos ben diferenciats: l'eix epistemològic i l'eix pedagògic.

L'eix epistèmic representa com el coneixement científic interactua respecte el món material. En aquest eix trobem diversos factors com per exemple els mètodes científics o els processos d'elaboració i validació de coneixement científic relacionats amb el disseny de la seqüència.

Per contra, l'eix pedagògic representa les eleccions sobre els rols que han de desenvolupar tant el professor com els alumnes en la classe. Com a exemples posem posar: el rol del professor, els tipus d'interacció entre el professor i els alumnes i les interaccions entre els mateixos alumnes (Méheut & Psillos, 2004).

## **La validació de SEA**

En el procés de recerca on hi intervingui una SEA hi hauria d'haver una validació d'aquesta seqüència.

Es troben dos tipus principals de validacions de les seqüències d'ensenyament – aprenentatge: una d'elles es basa en comparar l'estat “cognitiu final” i l'estat “cognitiu inicial” dels alumnes i l'altre es basa en resseguir l'estat cognitiu de l'alumne durant tot el procés d'aprenentatge. Méheut & Psillos (2004) fan un resum general d'aquestes formes de validació de SEA.

*Procediment pre-test “a priori” / post-test “a posteriori”*: aquest tipus de metodologia vol provar l'efectivitat d'una SEA en relació als objectius d'aprenentatge. Hi ha dos tipus de procediment d'aquesta classe, l'intern i l'extern.

La validació interna pretén posar a prova l'efectivitat de la seqüència didàctica front als objectius inicials de la pròpia SEA. Per contra, la validació externa confronta el mètode d'ensenyament – aprenentatge proposat, és a dir, la SEA proposada amb un altre SEA presa com a referència.

*Procediments referents al procés d'aprenentatge*: com he dit abans, aquests processos es basen en seguir el procés de l'alumne durant tot el desenvolupament de la SEA, sobretot quan vols estudiar com afecten els canvis en diverses situacions d'aprenentatge. Aquest model de validació es relaciona amb el model de “recerca en desenvolupament” proposat per Piet Lijnse.

## **Els models “tradicionals” de recerca basada en SEA.**

*El model de “reconstrucció educativa” (Couso, 2011)*

El model de *reconstrucció educativa* de la tradició alemanya és un model de disseny de SEA on l'aspecte que guia el disseny és la problematització del contingut a ensenyar i a aprendre. Aquesta estructura ha de tenir en compte no només la disciplina, sinó també les necessitats dels aprenents.

En aquest model es combinen tres línies d'actuació: la clarificació conceptual del contingut de ciències a ensenyar, els resultats de la investigació sobre les concepcions dels alumnes i l'ensenyament – aprenentatge d'aquests continguts i els resultats empírics sobre els entorns d'aprenentatge proposats. És a dir, es tracta d'un enfocament que fusiona una visió constructivista amb una visió de caracterització del contingut molt acusada, que consta de:

1. Elementarització: desgranar quines són les idees centrals del contingut concret que es vol ensenyar. S'ha de tenir en compte l'estructura de la disciplina científica “experta” i com s'ha de traslladar a la “ciència escolar”.
  - a. Caracterització dels contextos rellevants d'aplicació del contingut.
  - b. Implicacions socials i ètiques.
  - c. Relació amb altres continguts que han de ser ensenyats.
  - d. Rellevància pels estudiants i la societat del contingut a ensenyar.
  - e. Transposició didàctica de Chevallard de la “ciència experta” en la “ciència escolar”.
2. Construcció: l'estructuració d'aquestes idees elementals comporta la construcció de l'estructura de continguts per a la instrucció.
3. El punt 1 i 2 constitueix l'anàlisi de l'estructura de continguts, que es complementa amb:
  - a. Perspectiva dels estudiants, processos d'ensenyament – aprenentatge i visions i concepcions dels professors.
  - b. Aspectes dels entorns d'ensenyament - aprenentatge reals.



## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

La validació d'aquest mètode es realitza de forma empírica, és a dir de forma iterativa en diferents cicles d'aplicació de la SEA implementada a l'aula.

### *El model de "demanda d'aprenentatge"*

En el model anterior es considerava, sobretot, la construcció de coneixement a nivell personal i la seqüència concreta d'activitats proposada. El que queda més apartat és el paper del professor i de la "interacció social" a l'aula (Leach & Scott, 2002).

En el model de "demanda d'aprenentatge" es té més en compte la visió socioconstructivista de l'aprenentatge de les ciències, basada en les idees de Vigotsky i altres. És a dir, que els alumnes han après sobre determinades concepcions relacionant fets de les seves pròpies vivències personals i del seu entorn quotidià (les concepcions espontànies o alternatives).

Si es vol que els alumnes arribin a una "ciència escolar", necessiten la interacció amb un agent d'aquesta "nova cultura" per poder arribar a adquirir totes les seves vessants. Per tant, una SEA passa a ser la planificació de la situació en la qual el professor assisteix als estudiants perquè puguin arribar a aquesta "ciència escolar".

En aquest model, segons Leach & Scott, tres aspectes són fonamentals.

1. El punt de vista de la ciència ha d'aflorar en el pla social de l'aula, és a dir, el professor ha de posar sobre la taula "històries" sobre el món pensades per poder arribar a aquesta cultura científica escolar. És un procés interactiu i multimodal.
2. Planificació del recolzament als alumnes en el procés d'internalització o, dit d'un altre manera, de l'apropiació d'aquestes històries. En aquí el professor torna a ser fonamental, ja que és l'expert que pot guiar a l'alumne en aquesta adquisició, segons una avaluació reguladora.
3. Oportunitats d'aplicació del que s'ha après en altres situacions per part dels estudiants. Això implica una cessió de la responsabilitat de l'aprenentatge a l'alumne (de part d'ella, s'entén).

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Tot això es basa en el concepte de “demanda d'aprenentatge”. Com diuen els autors, en diferents situacions de la nostra vida utilitzem diferents tipus de llenguatge, no és el mateix com parlem a casa nostra que com parlem quan estem a l'escola. Aquesta forma diferenciada de parlar i, per extensió, d'interactuar amb els altres podríem pensar que pot “donar forma” a la nostra forma de veure el món (dit d'un altre manera, cadascú té unes concepcions alternatives personals sobre els fenòmens que ens envolten).

Per tant, com es pot definir la “demanda d'aprenentatge”? Doncs de forma molt superficial podem suggerir que és (Leach & Scott, 2002): la diferència entre el tipus de llenguatge que posseeix cada alumne i el llenguatge de la “ciència escolar” que, recordem, és diferent del llenguatge de la “ciència experta o professional”.

Per tant, el disseny de SEA es fonamenta en quatre aspectes interrelacionats:

1. Selecció del coneixement científic o construcció de la història a ensenyar.
2. Caracteritzar el raonament espontani dels alumnes respecte al tema tractat.
3. Identificar les diferents “demandes d'aprenentatge”.
4. Escollir l'estratègia d'ensenyament amb la qual construir les activitats i situacions d'aprenentatge.

### ***El model d'enginyeria didàctica (Artigue, 1995)***

L'enginyeria didàctica sorgeix en la investigació de la didàctica de les matemàtiques a principis dels anys vuitanta. Aquesta enginyeria didàctica tenia dues “qüestions crucials” per resoldre:

- ✓ Les relacions entre la investigació i l'acció en el sistema d'ensenyament.
- ✓ El paper que han de tenir les “realitzacions didàctiques” dins de la classe, dins de les metodologies de la investigació en didàctica.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Per tant, podem entendre com a “realitzacions didàctiques la concepció, realització, observació i anàlisi de seqüències d'ensenyament – aprenentatge. L'enginyeria didàctica es basa en el registre dels estudis de cas, la validació dels quals és en essència interna, basada en la confrontació entre l'anàlisi a priori i a posteriori. Per tant, l'enginyeria didàctica és singular no pels objectius de les seves investigacions que entren dins dels seus límits, sinó per les característiques del seu funcionament metodològic.

La metodologia de la “enginyeria didàctica” es desenvolupa en tres fases: anàlisi preliminar, concepció i anàlisi a priori de les situacions didàctiques a estudiar, experimentació i anàlisi a posteriori.

### **Anàlisi preliminar**

- Anàlisi epistemològic dels continguts a ensenyar.
- Anàlisi de l'ensenyament tradicional i dels seus efectes.
- Anàlisi de les concepcions alternatives dels estudiants, de les dificultats i obstacles que determinen la seva evolució.
- L'anàlisi del “camp de restriccions” a on es situarà la “realització didàctica” efectiva. Aquestes “restriccions” van sobre tres dimensions diferents:
  - EPISTEMOLÒGICA: la natura del saber en joc.
  - COGNITIVA: característiques cognitives del públic receptor de la SEA.
  - DIDÀCTICA: referent a les característiques del funcionament del sistema d'ensenyament.
- Tenir en compte els objectius específics de la investigació.

### **Concepció i anàlisi a priori**

L'investigador pren la decisió d'actuar sobre una sèrie de variables del sistema no fixades per les restriccions, són les variables de comandament pertinents al problema estudiat. Hi ha dos tipus de variables de comandament: variables macro-didàctiques o globals i variables micro-didàctiques o locals:

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

organització d'un fragment d'una TLS. Qualsevol de les dues poden ser en si variables generals o dependents del contingut didàctic en el que s'enfoca l'ensenyament.

Després dels “anàlisis de restriccions” es comencen a fer unes “seleccions globals” que precedeixen la descripció fase a fase de l'enginyeria on han d'intervenir les seleccions locals. Un “quadre didàctic” és una combinació de decisions macro-didàctiques específiques del contingut i un “quadre teòric” on s'ubica amb relació a la teoria de les situacions didàctiques.

El mode de validació en l'enginyeria didàctica es basa en una validació interna. L'objectiu d'aquesta anàlisi és determinar en quins aspectes les seleccions fetes permeten controlar els comportaments dels estudiants i el seu significat, és important ressaltar que aquest anàlisi es basa en hipòtesis. Aquest anàlisi compren una part descriptiva i una predictiva.

- 1) Es descriuen les seleccions del nivell local (relacionant-les eventualment amb les seleccions globals) i les característiques de la situació didàctica que d'elles es desprenguin.
- 2) S'analitza què podria ser el que està en joc en aquesta situació per un estudiant en funció de les possibilitats d'acció, de selecció, de decisió, de control i de validació de les que ell disposa, una vegada posat en pràctica en un funcionament quasi aïllat del professor.
- 3) Es preveuen els camps de comportament possibles i es tracta de demostrar com l'anàlisi realitzat permet controlar el seu significat i assegurar, en particular, que els comportaments esperats, si intervenen, siguin resultat de la posada en pràctica del coneixement contemplat per l'aprenentatge.

### **Experimentació i anàlisi a posteriori**

L'experimentació consisteix en l'aplicació de la seqüència preparada en el grup – classe seleccionat. L'anàlisi a posteriori es basa en el conjunt de dades recollides al llarg de la experimentació, en les observacions realitzades de les seqüències d'ensenyament, al igual que les produccions dels estudiants a

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

classe o fora d'ella, tot això complementats amb altres objectes de la utilització de metodologies externes.

*El model de recerca en desenvolupament* (Lijnse & Klassen, 2004)

Un dels principals referents d'aquest model és Piet Lijnse. La visió del constructivisme educatiu que ens proposa és la següent: es considera que tots els alumnes posseeixen unes idees prèvies més o menys correctes, en general, que permeten arribar a un punt comú “de sortida” en el procés d'aprenentatge. En el seu text sobre la recerca en desenvolupament del 2010, ell mateix cita aquest comentari de Freudenthal sobre el “constructivisme”:

*“If ‘constructivism’ is to mean anything didactical, it must indicate [...] who is expected to ‘construct’. [...] If I were to accept the term ‘constructivism’, I would mean a programme having a philosophy that grants learners the freedom of their own activity. [...] Lacking a convincing context, such terms as construction, reconstruction and constructivism are doomed to remain slogans. The only context that counts didactically is instruction itself, that is, instruction developed from the direction of the design onwards towards its realisation.”* (Lijnse, 2010, p.93).

El que ve a dir aquest comentari és que si es vol desenvolupar un constructivisme efectiu s'ha de permetre que els estudiants siguin capaços de construir en el seu esquema de pensament les idees que es vol que aprenguin, però donant una certa llibertat, per tant planteja una tensió entre la llibertat de l'alumne i la guia del professor.

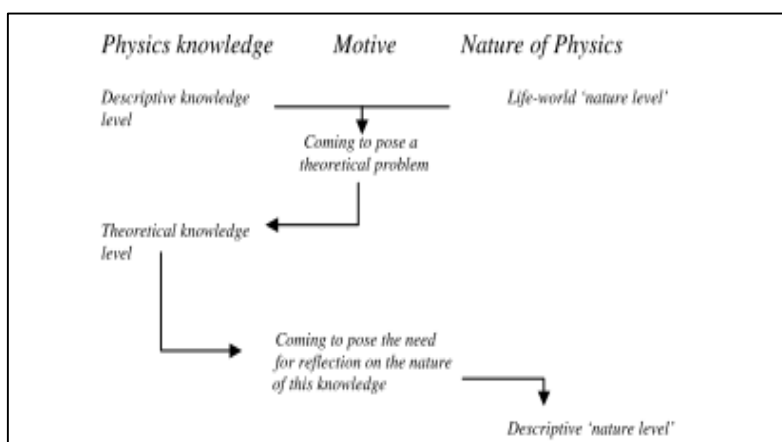
Per tant, Lijnse defineix la recerca en desenvolupament com un procés cíclic de reflexió teòrica, anàlisi conceptual, implementació a classe i avaluació d'aquesta “implementació” (Lijnse, 2010). Aquest “cicle” ens pot recordar molt al cicle “d'investigació – acció”.

Un cop aquest procés “arrenca” els alumnes s'hi han d'afegir, incorporant les idees que se'ls hi presenten després de “contrastar-les” amb les seves. Lijnse dóna una gran importància a la llibertat dels estudiants per construir els seus propis camins d'aprenentatge, ja que considera que les estratègies de conflicte cognitiu no ho possibiliten prou. Dit d'un altre manera,

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

els alumnes comencen des d'una "terra comuna" i el professor té la tasca de guiar-los des del principi fins al final ("*bottom-up*" *teaching-learning process*).

Lijnse planteja aquest procés dins d'una SCEP (veure apartat 2.2) que és l'atractiu que impulsarà a l'alumne a afegir-se al procés. Aquesta seqüència es podrà expressar en una sèrie



**Figura 2.** Exemple d'una "estructura didàctica" (Lijnse & Klassen, 2004)

d'etapes connectades entre elles que connectaran els coneixements, els motius dels alumnes i la pròpia natura de la ciència que es vol transmetre. Aquesta sèrie d'etapes constitueix una "estructura didàctica". Aquesta SCEP la planteja dins del concepte d'escenari, segons ell un escenari didàctic és el que "prediu i justifica teòricament el procés d'ensenyament – aprenentatge tant en el com, com en el per què hauria de passar l'estructura didàctica proposada".

Finalment, Lijnse planteja una sèrie de directrius a l'hora de dissenyar una "estructura didàctica" de les quals creiem interessant destacar-ne unes en concret:

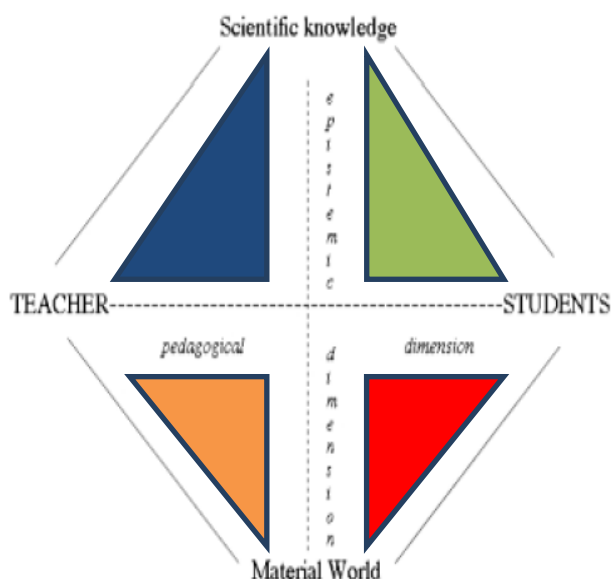
**Desenvolupament o anàlisi conceptual:** Lijnse proposa tres nivells d'aprofundiment del coneixement. Un primer nivell en que es defineixi el "nivell de partida", un segon nivell que passi d'aquest nivell inicial a un "nivell descriptiu" i un últim nivell en el qual es passi a teoritzar, un "nivell teòric".

**Meta-cognició:** la dificultat d'un enfocament "*bottom-up*" és aconseguir que els alumnes mirin el que ja saben per poder-ho estendre com nosaltres volem.

**Aprenentatge dels professors:** és molt important que els professors tinguin clares les seves pròpies idees sobre el que ensenyen.

**Partir de modelitzacions del coneixement** i no de la pròpia estructura disciplinar.

**Si situem aquests models en el rombe d'aprenentatge...**



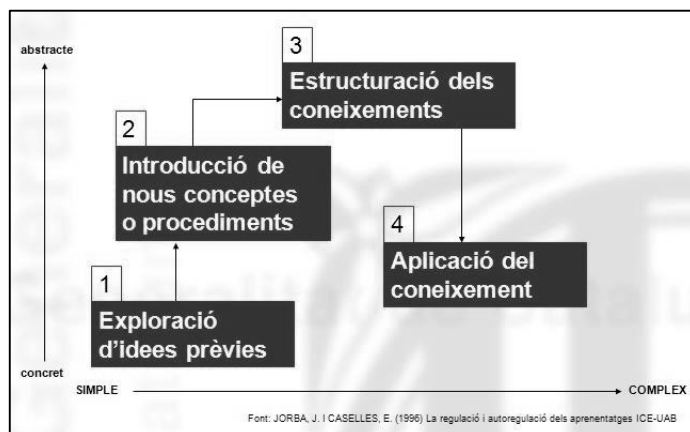
**Recerca en desenvolupament**  
**Enginyeria didàctica**  
**Reconstrucció educacional**  
**Demanda d'aprenentatge**

**La teoria dels dos móns** (Buty, Tiberghien & Le Maréchal, 2004)

**La seqüenciació d'activitats amb el "cicle d'aprenentatge"**

Quan ens trobem amb el repte de dissenyar una seqüència didàctica des de zero, el que hem de fer és seqüenciar els continguts competencials (conceptuals/procedimentals/actitudinals) que volem presentar de manera que puguem construir amb els nostres alumnes els models de coneixement que ens interessin. Aplicant el "cicle d'aprenentatge" trobem en que les diferents activitats a dissenyar es poden dividir en quatre tipus (Sanmartí, 2009), que concentren les explicacions que acabem de considerar i que veiem compatibles amb totes elles:

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**



**Figura 3.** Representació pictogràfica del cicle d'aprenentatge (Jorba, 1996)

- **Activitats d'exploració:** són activitats que tenen com a finalitat que els estudiants es plantegin el problema que hauran d'estudiar, que facin explícites les seves representacions inicials (les seves idees prèvies) i que puguin percebre els objectius d'aprenentatge.
- **Activitats d'introducció de nous punts de vista:** aquestes activitats estan orientades a que l'estudiant pugui construir les idees noves que li anem presentant, de forma que pugui explicar la situació inicial i que li serveixi per poder explicar altres situacions més complexes que es presentin posteriorment en la UD.
- **Activitats de síntesi o estructuració:** la finalitat d'aquestes activitats és que els alumnes puguin ser conscients del model o models que s'han construït fins al moment i que tinguin la capacitat de poder-los expressar de la forma més abstracta possible.
- **Activitats d'aplicació i generalització:** aquestes activitats estan destinades a que l'alumne pugui aplicar els models apresos en altres situacions diferents a l'estudiada.



### **2.2.5. Posicionament**

Un cop examinats tots aquests models... **com procedirem nosaltres?** Partint de la base que el disseny de les activitats individuals estarà basat en el cicle d'aprenentatge, ens decantem pel **model de recerca en desenvolupament de Piet Lijnse**, sobretot per que ens permet treballar amb diferents escenaris didàctics o, dit en altres paraules, diferents situacions històriques. Nosaltres construirem una estructura didàctica de la UD que dissenyarem i que es podrà veure en el capítol 4, la qual contindrà tres escenaris didàctics corresponents a tres moments de la història del desenvolupament de l'àtom que volem estudiar.

El primer d'ells estarà centrat en Lavoisier i Dalton com a personatges principals i voldrà treballar com es va arribar a establir les bases del llenguatge atòmic químic, llenguatge que en el apartat 2.3 discutirem en més detall. El segon escenari estarà centrat en explicar les experiències que van portar a desenvolupar l'àtom de Rutherford i en introduir unes pinzellades bàsiques sobre el paradigma quàntic del model atòmic. Finalment, l'últim escenari, que envolta als altres dos, es basarà en estudiar la imatge "social" de la ciència mitjançant l'anàlisi del perfil personal i professional del matrimoni Curie, així com els motius i el desenvolupament del projecte de la bomba atòmica.

Anteriorment hem dit que el mètode usual de validació del paradigma de Lijnse és el que segueix a l'alumne durant tot el procés d'aprenentatge dins la SEA. Nosaltres farem servir l'altre procés de validació/anàlisi que és el que es fixa en l'adjust a uns objectius – hipòtesis d'aprenentatge prèviament definits. Aquesta forma de procedir creiem que s'adiu més bé a la configuració d'aquesta recerca, la qual al ser plantejada ja partia d'unes hipòtesis determinades sobre l'àtom químic i la imatge de la ciència, hipòtesis que es volen confirmar, modular o refutar.

### **2.2.6. Ens mourem dins d'un entorn virtual...**

Dins d'aquest marc que estem definint és fonamental tenir en compte que el nostre camp de joc serà en un entorn virtual, el qual està estretament lligat amb l'adveniment de la societat de la informació. Què entenem per societat del coneixement o de la informació? En paraules de Yoneji Masuda:

*"La era de la información es el período durante el cual tiene lugar una innovación, se convierte en la fuerza latente de la transformación social, capaz de acarrear una expansión en la calidad y en la cantidad de información y un aumento en gran escala del almacenamiento de la información" (Estudillo Garcia, 2001, p.84).*

L'adveniment d'aquesta societat ha comportat que amb la quantitat ingent d'informació disponible al món puguem fer-ne grans coses, però també comporta canvis tan vertiginosos i amb una rapidesa tan sorprenent que fa que de manera contínua canviem d'escenari. La informació està al voltant de nosaltres, està present a la llar, a la feina, en les relacions socials i per suposat a les escoles, instituts i universitats. En aquest sentit, l'àmbit de la educació és tot un món a explorar perquè, del fet d'introduir les TIC a les aules, hem anat desenvolupant noves formes d'entendre l'ensenyament i l'aprenentatge.

Introduir aquestes eines a l'aula no és una feina fàcil ni ràpida ja que ens podem trobar amb diversos problemes i impediments (Castaño et. al., 2004): **la formació del professorat, el model d'organització del centre, la cultura escolar o el cost i el manteniment i actualització de les tecnologies incorporades.**

Actualment, les TIC son eines comunes que permeten tant al docent com a l'alumne treballar els continguts de les matèries curriculars d'una manera més creativa i eficient en molts sentits, però en altres casos semblen ser una mena de barrera que pot allunyar i desvirtuar el coneixement.

Per altra banda, hem de tenir en compte que en un alt percentatge, els alumnes que avui conviuen en les aules són nadius digitals. Han assolit part dels seus coneixements a través de l'ús de noves tecnologies i molts d'ells presenten un alt nivell de competència en aquests àmbits. Això no significa que l'ús que es dona d'aquestes competències sigui en molts casos el més

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

adequat. És, per tant, una realitat social i educativa que tant els docents com les institucions educatives han de tenir present a l'hora de programar, tant les eines de treball com la seva metodologia, continguts i objectius. Tanmateix, hem de considerar el fet que aquesta societat del coneixement, en molts aspectes, és tan ràpida i vertiginosa que molta informació no es filtra correctament.

En paraules de Rocío Domínguez de la Universitat de Granada:

*"es precisamente esta cantidad de información, no siempre actualizada y veraz la que también nos obliga a seleccionar en cada caso la información más adecuada. Hemos de aprender a buscar, valorar, organizar, seleccionar y utilizar de modo útil toda esa información para que nos sea realmente válida y productiva, de manera que no se convierta en todo lo contrario a lo que se pretende, es decir, para que no se convierta en un inconveniente o estorbo para desarrollarnos en nuestro entorno social y profesional"* (Domínguez Alfonso, 2009, p.7).

**És un repte de l'àmbit educatiu assolir les competències necessàries per convertir als alumnes en persones amb criteri per seleccionar la informació més valuosa, per saber com i on trobar-la i en conseqüència emprar-la adequadament.**

Existeixen eines educatives que eficientment utilitzades siguin capaços de gestionar la informació? Com transformen el procés de ensenyament-aprenentatge? Jesús Salinas diu:

*"Entre el aula convencional y las posibilidades de acceso a materiales de aprendizaje desde cualquier punto a través de telecomunicaciones existe todo un abanico de posibilidades de acceso a recursos de aprendizaje y de establecer comunicación educativa que deben ser considerados, sobre todo en una proyección de futuro"* (Salinas, 1997, p.5).

Tot això ens condueix a com s'ha desenvolupat aquesta recerca. Com ja es veurà posteriorment, aquesta proposta didàctica estava pensada per ser aplicada de forma presencial (fins i tot es va fer una implementació exploratòria en un INS), però posteriorment es va veure difícil aplicar-la en classes presencials i es va veure més adient (segons els nostres objectius) aplicar-la en un entorn virtual.

### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Això ens porta a preguntar-nos quines virtuts tenen aquests entorns d'aprenentatge virtuals (EVA) que poguessin contribuir positivament a l'educació. Segons Paola (2010), algunes de les característiques positives serien les següents:

- Possibilitat de centrar les metodologies d'aprenentatge en els alumnes i en una interacció més directa entre el professor i l'alumne.
- L'ús d'un canal de comunicació que no requereixi un procediment costós d'implementació i/o aprenentatge per part de l'alumne.
- Satisfacció de la necessitat de formació contínua en les etapes posteriors a l'escolarització obligatòria.
- Potenciació de l'autonomia i la independència dels estudiants mitjançant una organització menys definida de l'espai i el temps educatiu (Barberà & Badia, 2005, p.3).
- Permetre l'accés a una gran quantitat de materials d'estudi i recursos.
- Aquests entorns permeten fer un seguiment molt acurat i individualitzat del progrés acadèmic de cada alumne (Sánchez Rodríguez, 2009).
- Al treballar de forma online aquestes plataformes han de ser garants de les dades dels alumnes (Bower & Wittmann, 2009).

## **2.3. Contextualitzem les arrels químiques de l'àtom i la *Big Science***

### **2.3.1. Lavoisier, Dalton i les arrels químiques de l'àtom.**

Lavoisier va néixer a Paris el 26 d'Agost del 1743 en una família benestant de la societat parisina. Es va criar amb la seva tieta que li va proporcionar una gran i completa educació. Ella va aconseguir que l'admetessin al col·legi Mazarin, el qual era famós per com s'hi impartia ciència i matemàtiques. Va cursar estudis de dret i va emprendre altres cursos amb professors com Nicholas Louis de Lacaille (astrònom), Jean-Etienne Geuttard (geòleg), Bernard de Jussieu (botànic) o Guillaume François Roulle (químic). El 1768, quan tenia 25 anys, va ser admès a la *Reial Acadèmia de Ciències* francesa com a adjunt supernumerari, el 1772 com a membre associat i el 1778 com a "pensioner" (Hunter, 2000).

L'any 1771 es va casar amb Marie-Anne Pierrette Paulze (1758-1836). Marie-Anne, filla d'un dels directors de la Fermé Générale (una societat recaptadora d'impostos), va resultar ser una gran ajuda per Lavoisier fent-li de il·lustradora, registradora de les experiències i traductora a l'anglès de la seva feina (Nagendrappa, 2012).

Lavoisier va formar part de la Fermé Générale i això li va costar la vida. L'any 1794, concretament el 8 de maig de 1794, Lavoisier va ser guillotinat després d'un judici per part d'un tribunal revolucionari degut a que va ser recaptador d'impostos. Una frase que crec interessant dita pel president d'aquell tribunal és "*La república no té necessitat de científics o químics*"<sup>3</sup> (Nagendrappa, 2012, p.17). De veritat no en tenia necessitat o s'havia de fer "cau i net" del règim monàrquic a costa del que fos o de qui fos?

La química del segle XVIII no era un regne d'artesans i alquimistes irracionals, sinó que tenia una consistència teòrica considerable però prou dominada pels coneixements alquímics provinents de l'edat mitjana (Hunter, 2000). Com a exemple, Étienne-François Geoffroy (1672-1731) presentava el

---

<sup>3</sup> Aquesta frase no està confirmada.

### **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

1718 a l'Acadèmia de Ciències de Paris una taula d'afinitats entre diferents substàncies, les quals estaven representades per diferents símbols alquímics i on aquestes afinitats estaven representades per columnes (Nieto-Galán, 2003).

Aquestes taules es basaven en el concepte d'"afinitats electives". Segons Grapí (2001), el resultat de qualsevol canvi químic sota aquesta teoria estava preterdeterminat per l'ordre de les afinitats entre dues substàncies. És a dir, una substància A podia descomposar un compost BC en un compost AB i una substància C si, d'acord amb les taules d'afinitat, la substància B mostrava una major afinitat per A que per a C. Per contra, Berthollet (1748-1822) va oferir una altra interpretació alternativa dels canvis químics sota les lleis de l'acció química. Aquestes lleis deien que, per exemple, si una substància A descomposava una BC, B es repartia entre A i C coexistent al medi de reacció les espècies A, BC i AB. A més a més, introdueix una primera idea d'inversió d'un canvi químic.

**Hem de destacar com un punt molt important el concepte de flogist,** fonamental per entendre la "reactivitat química" de l'època, que va ser proposat per Georg Ernst Stahl l'any 1718 **com el principi que posseïa tota substància que es podia cremar i que feia possible aquesta acció.**

L'any 1789, la ciència "antiflogística" ja havia invalidat en gran terme les teories, basades en el flogist, de la combustió i la calcinació i els seus seguidors, amb Lavoisier com a figura clau, començaven a veure com a irreversible l'acceptació de la nova química (Donovan, 1988).

Fixem-nos en aquesta nota escrita a Benjamin Franklin l'any 1790:

*"It is a real pleasure to see you adopt the principles which I was the first to announce.... I see only elderly people who no longer have the courage to start new studies again or who cannot adapt their imagination to a new order of things, who still cling to the phlogiston theory. **All young people adopt the new theory and I conclude that the revolution in chemistry is complete**" (Siegfried, 1988, p.37).*

El propi Lavoisier ja veia que el seu treball podria conduir a una revolució en la física i la química. En una nota personal de l'any 1773 escrivia que "it

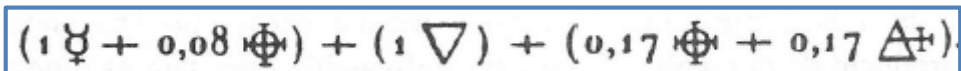
**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*seems to be destined to bring about a revolution in physics and chemistry."* (Siegfried, 1988, p.37).

L'any 1775 va llegir la *Memòria sobre la naturalesa del Principi que es combina amb els metalls durant la calcinació, i que els hi augmenta el pes* davant de l'Académie des Sciences i crec interessant destacar-ne un aspecte en concret: com va caracteritzar els "aires" que produïa en aquestes transformacions. Lavoisier va fer servir tests estàndards de l'època: veure si una flama s'apagava, veure si un animal petit respirava o no, la formació de precipitats amb aigua de cal (una dissolució aquosa d'hidròxid de calci) o la capacitat d'absorció amb una base càustica com l'hidròxid de sodi (Hunter, 2000).

Com es pot veure, Lavoisier feia servir tests de caràcter qualitatiu per fer les seves anàlisis, però no es quedava aquí, ja que els seus resultats finals anaven enfocats a determinar les variacions de massa de les substàncies transformades. Amb això vull dir que Lavoisier **es preocupava molt de la vessant quantitativa de la química i procurava disposar d'instruments necessaris per tal de fer mesures amb una gran precisió.**

La elaboració d'un nou llenguatge per a la química que abandonés definitivament l'alquímia i passés a descriure els experiments va ser un dels grans cavalls de batalla per a Lavoisier. La química és caracteritzada per uns símbols que es poden associar de manera individual, subjectiva i variable a allò que simbolitzen i aquesta subjectivitat obligava a qui llegia a Lavoisier a acceptar la seva manera de veure la química. Ell no va ser el primer a fer servir els símbols per representar les diferents espècies químiques, això ja ho feien els alquimistes, però ell hi va introduir una novetat **crucial**. "*Tendia, a representar, alhora que els elements, llurs propietats qualitatives, llur massa*" (Simón & Izquierdo-Aymerich, 1996, p.378) cosa que ens dona una prova irrefutable de la intenció de donar-li un marcat caràcter quantitatiu al seu treball, fins i tot introduint una espècie de simbologia algebraica. En altres paraules, Lavoisier ja apuntava que després d'ell la química es fonamentaria en l'estequiometria (Izquierdo-Aymerich, 1996).



**Figura 4.** Reacció de dissolució en medi àcid del mercuri segons Lavoisier (Simón i Izquierdo-Aymerich, 1995)

Fixem-nos en aquesta “reacció” que Lavoisier va escriure. A primera vista seria difícil pensar que això és una reacció ja que s’assembla molt poc al que estem acostumats a “veure” en la química que nosaltres coneixem. Si no parem atenció a aquesta reacció la podem llegir “amb les nostres ulleres” i pensar que ens diu que 1 àtom de mercuri i 0,08 àtoms d’oxigen “reaccionen” (es dissolen<sup>4</sup>) en àcid nítrós<sup>5</sup>, però això no és així si recordem que a **Lavoisier no li interessaven els àtoms**. Per tant, hem de veure a Lavoisier front a aquesta equació química (molt semblant a una algebraica) com un comptable que ens diu què té abans i després del canvi químic i que controla que no “ha perdut res pel camí” (Simón & Izquierdo-Aymerich, 1996). Per tant, aquests símbols expressaven la composició de les substàncies (Izquierdo-Aymerich, 1996) i els nombres que els acompanyen indiquen les masses que també intervenen, fent que la massa d’aigua sigui la unitat. No va ser fins un temps després quan Dalton va trobar una forma d’expressar una quantitat definida de massa d’interacció... un àtom (Simón & Izquierdo-Aymerich, 1996).

La figura de Lavoisier va ser central en la “revolució química” que ell va “potenciar”, fins i tot després de morir. Fins a la tercera dècada del segle XIX Lavoisier era considerat la persona que va transformar un “art pràctic” en una ciència pròpiament dita. Seguidament, fins al final del segle XIX, ell va ser el pal de paller d’una campanya per elevar el nivell de la química dins del món científic francès. Finalment, ja entrat el segle XX, les diferents disciplines científiques es van començar a diferenciar i ja no els hi era tan necessària la necessitat contínua de justificar-se en els seus referents (Donovan, 1988). A partir d’aquest punt és quan es van començar a poder apreciar els diferents matisos de la ciència de Lavoisier i de la “revolució química” que va encetar.

---

<sup>4</sup> L’aigua mereix un comentari en aquesta reacció. Lavoisier ja sabia que era una substància composta per experiències anteriors d’altres científics, però encara no l’havia sintetitzada ni havia refutat del tot el concepte de flogist. Per tant, per això la representa en aquesta reacció amb un sol símbol, però és notori que ja **no menciona el flogist en cap moment** (Simón & Izquierdo-Aymerich, 1996).

<sup>5</sup> Lavoisier considerava que l’àcid nítrós estava format d’aigua, oxigen i aire nítrós (nitrogen).



## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Passem a l'altre personatge en qüestió... John Dalton, el “creador” de la teoria atòmica química, va néixer el 5 de setembre de 1766 a Eaglesfield. Fill d'un teixidor pertanyent a una societat religiosa protestant, va créixer en una família humil que vivia en un entorn dur i difícil en el qual els seus pares, Joseph i Deborah Dalton, van tenir molt difícil proporcionar una educació decent als seus sis fills.

Ara bé, Dalton va tenir la sort de poder assistir a l'escola de la vila, on el seu professor el va començar a guiar pel camí que el portaria al cim de la ciència de l'època. Meticulós i actiu, participava en una publicació divulgativa anomenada *Ladies' and Gentlemen's Diary and Woman's Almanac* i es dedicava a realitzar un nombre ingent d'observacions meteorològiques (es creu que va arribar a fer-ne unes 200.000) (Hopwood, 1926).

A partir d'aquí, l'ascens de Dalton en les principals institucions científiques de l'època va ser constant i progressiu: va servir els últims vint-i-set anys de la seva vida com a president de la Societat Literària i Filosòfica de Manchester arribant a la Royal Society com a fellow l'any 1822 i a l'Acadèmia de Ciències (antiga Royal Society) com a membre associat el 1830. Va morir el 27 de juliol de l'any 1844 amb un gran reconeixement popular ja que durant quatre dies, unes 40.000 persones van passar per la seva capella ardent (Hunter, 2000).

El treball de Dalton es va basar en els gasos. A principis del segle XVIII, pocs químics tenien alguna noció de que hi haguessin diverses espècies de gasos (no consideraven l'aire atmosfèric com una mescla de diferents substàncies simples). A les acaballes del segle, això havia canviat radicalment: els químics europeus estaven dedicats en la producció, aïllament i caracterització de diferents substàncies gasoses (Levere, 2006). Un dels casos més coneguts és el dels diferents òxids de nitrogen (no tinguem en compte que aquests no són els únics òxids de nitrogen existents, ni altres factors com les diferents velocitats de reacció ni el tractament dels equilibris de reacció):

- Òxid de nitrogen (I): més conegut com el “gas del riure”.
- Òxid de nitrogen (II): es feia servir com a principal component dels eudiòmetres, utilitzats per determinar la qualitat “respirable” d'un aire determinat o, dit d'un altre manera, la proporció d'oxigen present.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Òxid de nitrogen (IV) i el seu dímer: era el component de mesura del test anterior. Quan es mesclava el NO en solució aquosa amb l'aire a analitzar s'obtenia l'òxid de nitrogen (IV), el qual es dissolia seguidament en aigua i la disminució que es produïa era un indicatiu aproximat sobre la qualitat de l'aire analitzat.

Dalton va aplicar una visió pròpia i personal de l'atomisme en l'explicació dels fenòmens químics, fins i tot ell mateix va donar tres orígens contradictoris de l'origen de la seva teoria (Nash, 1956). Thomas Thomson, William Wollaston i Henry Roscoe, coetanis de Dalton, destacaven diversos aspectes de la teoria atòmica de Dalton en els seus escrits "interpretatius" del seu treball.

Primerament, Thomson es fixava en el fet que els àtoms es combinaven en proporcions simples i definides, fixant-se amb els seus anàlisis del metà i de l'etilè. Seguidament, Wollaston anava més enllà de l'aspecte numèric i es fixava més en termes geomètrics (arranjament tridimensional dels àtoms). En últim lloc, Roscoe destacava com a punt fonamental de la teoria de Dalton els càlculs dels pesos relatius.

A més a més, ens podem fixar en la versió de l'historiador Andrew Norman Meldrum, el qual arriba a la conclusió que són les seves experiències en la combinació de l'òxid nítric i l'oxigen les que van conduir a Dalton a aplicar les seves teories a la química (Nash, 1956). El mateix Nash també proposa un altre interpretació en que les determinacions de massa atòmica eren, primerament, un suport a les seves teories físiques per després passar a constituir-ne el centre (Rocke, 1984).

Vist això podríem pensar... la teoria de Dalton és una de les visions, són dues, és una mescla de totes o són totes a la vegada? O dit d'un altre manera... com podem entendre actualment la forma de pensar de Dalton?

Els historiadors han proposat moltes alternatives però la que jo trobo més suggerent després de revisar-ne unes quantes ve de la mà de Karen Zwiier que ens parla dels "puzles" de Dalton.

*"Ja que la recerca de Dalton estava guiada per un conjunt de problemes en constant evolució, jo proposo que nosaltres, com a historiadors, podríem seguir l'evolució i les relacions entre aquests problemes si*

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*volem obtenir una imatge fidedigna de la seva aportació científica<sup>6</sup>*  
(Zwier, 2011, p.59).

Aquests puzles els podem entendre com a situacions suggerents respecte a problemes desconeguts de la natura. Dalton es va plantejar problemes respecte a la meteorologia, la biologia, la “física” (temperatura, pressió i gran coneixement experimental) i la “química” (la composició atmosfèrica, les mescles de gasos i els pesos atòmics).

El propòsit d'aquest nou sistema que havia d'assentar les bases per ordenar la química a partir d'aquell moment era fer servir aquestes regles per poder esbrinar les composicions dels diferents compostos que existien. Per fer això, va **reformular el propi llenguatge de la química des d'una base atòmica** (com ja hem dit abans) partint de les determinacions basades en la massa fetes per ell o per altres científics com Lavoisier, **les quals volien determinar la composició centesimal de les diferents substàncies compostes**. Això va comportar que el concepte central de la química passés a ser la composició de les diferents substàncies des d'aquesta visió atòmica “personal”, diferent, que va reportar el reconeixement d'una nova magnitud, la “quantitat de substància”. **La paraula “àtom” va adquirint el significat d'unitat d'interacció química**.

Les lleis de la màxima simplicitat i de les proporcions múltiples de Dalton (considerant masses i volums) i la de de Gay-Lussac van ser instruments per poder determinar les masses d'aquests “àtoms” que Dalton va imaginar-se. Tot i així, l'atomisme químic va patir molt en els seus primers compassos quan va voler reunir totes aquestes relacions de massa **i de volums en les combinacions químiques** en una “escala estàndard”. Això va comportar una gran diversitat de fórmules, algunes d'una gran complexitat que no van agradar gaire als químics d'aquella època. Pensem en l'exemple de l'aigua:

Segons la hipòtesi de la màxima simplicitat, l'hidrogen i l'oxigen es combinen en una relació 1:1 que correspon a una relació de massa 1:8. Si acceptem aquesta hipòtesi hem de concloure que la fórmula química de l'aigua és HO i la seva massa és 9 (si considerem H = 1). Ara bé, si ens fixem en les

---

<sup>6</sup> La traducció d'aquest fragment és de l'autor del projecte.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

relacions de volums veiem que dos volums d'hidrogen es combinen amb un volum d'oxigen... És a dir, alguna cosa falla.

Berzelius (1779-1848) va mirar-se aquest exemple interpretant les relacions **entre volums** com si fossin relacions entre àtoms. Fent això troba que la fórmula de l'aigua és  $H_2O$  i si mantenim la referència  $H = 1$  troba que la seva massa és 18 (16 la de l'oxigen). Per tant, un "àtom" d'aigua té una massa de 18 grams. Això ens porta a la conclusió de que **les masses atòmiques dels compostos poden correspondre a diversos volums de gas**, cosa que no hauria portat problemes si s'hagués acceptat la hipòtesi d'Avogadro quan la va proposar l'any 1811 (Izquierdo-Aymerich, 1996). Tot i així, hem d'emfasitzar l'impressionant treball d'imaginació que van realitzar tots aquests científics per construir de bell nou aquest sistema que va acabar permetent comunicar la química i, tot s'ha de dir, qüestionar-nos el paper que li donem actualment a les fórmules a la química escolar. No serà que aquestes fórmules amaguen més coses als alumnes de les que els hi mostren?

Si la química inorgànica amb la qual treballaven Lavoisier, Dalton, Avogadro, Gay-Lussac o Berzelius ja va costar un gran esforç per ser ordenada, quan es va començar a desenvolupar la química orgànica el problema va augmentar diversos ordres de magnitud. Molt ràpidament, si pensem en una fórmula orgànica ens trobem en problemes molt més difícils dels que ha tingut la inorgànica: la isomeria, la capacitat de combinació o la simplificació de moltes fórmules extremadament complexes i poc pràctiques (Rocke, 1984). També Rocke ens parla dels equivalents en química, els quals ens vol fer veure que també es poden considerar part de la "visió atomista", però això no ho detallarem més.

El concepte de "capacitat de combinació" sona una mica estrany avui en dia, però i si diem que estem parlant de les valències? Això ja ho coneixem molt més i és un dels problemes que es van haver de solucionar. Citem aquest per que la forma d'arreglar aquesta controvèrsia ens mostra un "pacte entre químics" (Izquierdo-Aymerich, 1996), el qual va consistir en adoptar els traços entre els símbols **sense tenir ni idea dels enllaços químics**. Aquest no va ser pas el primer i el Congrés de Karlsruhe (1860) va ser-ne l'exemple perfecte. En aquell congrés Cannizzaro va consolidar una llista de masses atòmiques "definitiva" i va fer que s'acceptés definitivament la hipòtesi d'Avogadro.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Lavoisier va obrir el camí de l'atomisme químic amb la idea d'establir un "llenguatge" per poder interpretar els canvis químics de forma universal i podem dir que el seu objectiu es va veure complert en un 50%. Es va aconseguir implementar un llenguatge simbòlic "químic" que permetia interpretar els canvis però de forma universal... no. Més ben dit, la universalitat ha vingut donada pels posteriors models atòmics "físics" de l'àtom, els quals han monopolitzat el discurs de l'àtom en els llibres de text (com ja hem vist) configurant la idea de l'àtom – partícula (física – subatòmica) com a base d'interpretació dels canvis químics junt amb l'estequiometria (tàndem mol – nombre d'Avogadro).

La seva gran aportació a la revolució química es va concretar en la seva gran obra, el *Traité élémentaire de chimie*. El *Traité* era una síntesi de tota la recerca feta per Lavoisier que va provocar una gran controvèrsia entre els científics de l'època, ja que la comprensió del llibre duia l'acceptació inequívoca de la nova nomenclatura i de la nova química proposada per Lavoisier.

El llibre estava estructurat de la següent forma (Nieto-Galán, 2003):

- ✓ En el discurs preliminar Lavoisier introduïa la necessitat de canviar les condicions de l'aprenentatge de la química, que hauria de basar-se en el laboratori, els instruments i la nomenclatura nova.
- ✓ En la primera part, de títol *De la formació dels fluids aeriformes i de llur descomposició, de la combustió dels cossos simples i de la formació dels àcids*, presentava el calòric i el seu paper en la formació dels gasos, la composició de l'atmosfera, **el paper de l'oxigen** i la formació de l'aigua i els àcids, la fermentació, la formació de les sals o els "radicals" entre d'altres coses. En resum, una síntesi de la química "anti – flogística" que la nova química havia de desmuntar.
- ✓ En la segona part, de títol *De la combinació dels àcids amb les bases salificables i de la formació de les sals neutres*, Lavoisier presentava taules amb la nova nomenclatura.
- ✓ En la tercera part, de títol *Sobre els instruments de laboratori i les operacions químiques*, explicava com es feien les diferents operacions de laboratori, tant el procediment com la instrumentació.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

He mencionat la memòria sobre el flogist que Lavoisier va llegir l'any 1775 però en podem trobar un altre del 1782, anomenada "*Consideracions generals sobre la dissolució dels metalls dins dels àcids*" en que Lavoisier explica com es produeixen les dissolucions dels metalls en àcids. Ja havia aconseguit explicar la calcinació dels metalls per via seca, considerant que es combinaven amb la combinació, present a l'aire, d'oxigen i calòric i creia que es podia establir una analogia entre l'aire i l'àcid per poder explicar aquest fenomen (veure figura 4).

### **2.3.2. La institucionalització de la *Big Science***

**Saltem a la part de la UD referent a la imatge “social” de la ciència.**

Per entendre aquesta època hem de canviar-nos completament les ulleres amb les quals llegíem la ciència de l'apartat anterior. He triat el concepte de *Big Science* ja que crec que és un bon resum del canvi en la forma de fer ciència que es produeix en el canvi del segle XIX al XX. En què consisteix aquesta *Big Science*?

De tot el que he comentat fins ara es pot deduir que en l'apartat anterior parlàvem de ciència a una escala reduïda, una ciència que estava en mans de poques persones, “tutelada” per grups selectes de professionals i que rarament sortia dels cercles de les persones més formades. Amb el tombant de segle, tot aquest entramat científic es desfà: la ciència passa a estendre's a tot el món, surt de les institucions educatives per buscar “cases noves” en el govern, les indústries públiques i/o privades o en el camp militar. La ciència passa a ser una força econòmica i un potencial clau de desenvolupament nacional, així com un revulsiu clau en la millora de la qualitat de vida de la gent (Hughes, 2003).

Ara bé, de totes les diferències que podem pensar entre aquestes dues formes de llegir les diferents maneres de fer ciència, crec que hi ha dues característiques que sobresurten de la resta: la necessitat d'equips molt grans de treball i, més important encara, l'augment progressiu i desmesurat dels costos d'alguns dels projectes científics més ambiciosos.

Si tornem a l'apartat anterior un moment i pensem en el tipus de laboratori en el qual podien treballar Lavoisier o Dalton, crec que no és difícil imaginar que era un lloc més aviat petit, amb una instrumentació eficient però no exageradament gran ni ostentosa i on s'hi desenvolupava una feina que requeria únicament a una persona o, com a molt, un grup reduït d'assistents.

## *Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència*

Per contra, podem pensar en el col·lisionador d'hadrons del CERN el mapa del qual es veu en la figura adjacent. Crec que simplement veient aquest mapa queda molt clar les diferències astronòmiques d'escala en la que ens movem.

Un dels exemples més il·lustratius d'aquest canvi de paradigma serà usat com a exemple en la UD, però ja que no s'hi entrarà en molt detall l'explicaré aquí com a element il·lustratiu d'aquest discurs, aquest exemple és el projecte Manhattan liderat per Robert Oppenheimer i format per un ampli grup de científics britànics i americans. En aquest projecte, aquest grup de científics van treballar de l'any

1943 al 1945 per contribuir al disseny de la bomba atòmica que posteriorment es llançaria sobre Hiroshima i Nagasaki i per, tenint en compte el context de la 2na Guerra Mundial, ser més ràpids que el bloc alemany en aconseguir l'armament nuclear. Si mirem uns números generals del projecte podem veure que es va necessitar donar feina a 130.000 persones, va ser equivalent a la mida de tota la indústria americana automobilística i el seu cost final es pot estimar en uns 2 bilions de dòlars (Hughes, 2003, p.9).

Per què va ser tant rellevant aquest projecte? **Doncs per que va ser un dels primers exemples del trasllat de la producció científica al cor de l'Estat, concretament al cor de la seguretat nacional, establint un lligam entre els poders públics i la ciència que s'ha mantingut fins a l'actualitat.**

Durant l'últim segle l'Estat ha anat adquirint un major grau d'intervenció en tots els nivells socials, fins i tot els estats que es defineixen més "liberals", considerant que són els únics representants legítims del "bé col·lectiu" (Pestre, 2008, p.47). Els diferents estats s'han erigit en una espècie de protectors i

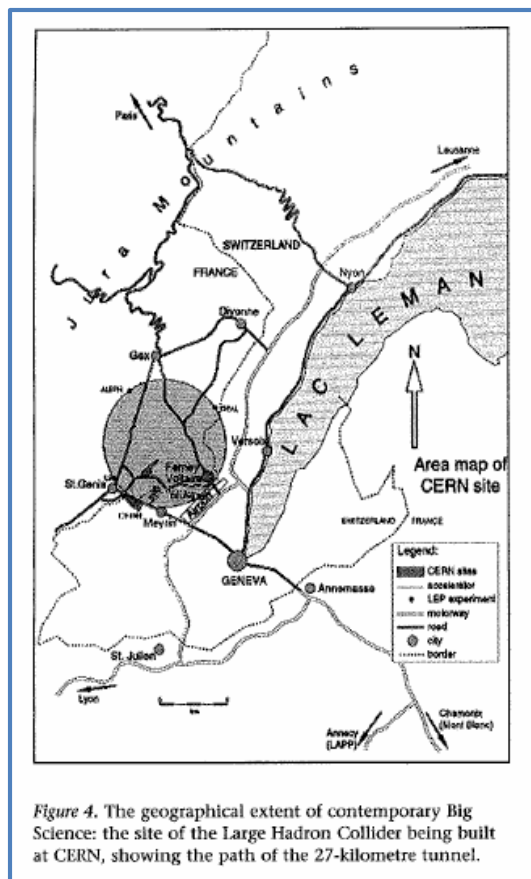


Figure 4. The geographical extent of contemporary Big Science: the site of the Large Hadron Collider being built at CERN, showing the path of the 27-kilometre tunnel.

Figura 5. Situació del CERN (Hughes, 2003, p.6)



### **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

reguladors del benestar dels seus ciutadans sobretot amb la implantació de les figures impositives a partir dels anys 30, construint un estat social però també utilitzant la ciència amb finalitats polítiques i econòmiques, juntament amb empreses privades i les institucions educatives, que han dut a diferents països poderosos a entrar en carreres sense fi de despesa. Un exemple d'això últim és la “sortida” dels EEUU de la carrera espacial. Aquest paràgraf d'una notícia del diari “El País” és força aclaridor:

*“Cuarenta y cinco segundos después de su lanzamiento desde Cabo Cañaveral, el Atlantis se perdió en el cielo para emprender la última misión de un transbordador norteamericano. Con él se pone fin a un proyecto de 30 años de desarrollo científico y Estados Unidos se retira por ahora de la carrera espacial. Una competencia que nació en el fragor de la Guerra Fría [...] EE UU no puede soportar el peso de un programa como el del transbordador espacial, que ha consumido más de 200.000 millones de dólares desde su nacimiento en 1972 (Caño, 2011)”.*

Com a contrapunt d'aquesta visió més “malgastadora” està l'actitud desinteressada dels Curie que, de mutu acord, van renunciar a obtenir qualssevol profit material del seu descobriment, no patentant res i publicant tot el que feia referència a les seves investigacions sense restriccions (Roqué, 2011, p.19).

La *Big Science* no va ser una forma d'entendre la ciència que sorgís espontàniament del projecte Manhattan, però tampoc era una evolució inevitable en el desenvolupament científic. Molts científics avisen que les principals característiques d'aquesta ciència: grans pressupostos, grans equips, grans màquines i grans laboratoris es poden desbordar si s'hi fiquen ànsies megalòmanes d'alguns governants i interessos no massa clars d'alguns complexos industrials i multinacionals (Hughes, 2003). Fins i tot en algunes àrees la independència dels científics que hi treballen es pot veure fèrriment compromesa, sobretot si són àrees que afecten a aspectes sensibles de l'Estat (Nye, 1999).

**L'educació ha d'ocupar-se de la responsabilitat dels ciutadans vers aquesta ciència quan impacta de manera tan contundent a la societat.**

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

## Capítol 3: L'àtom i la HC en els llibres de text (I)

Un cop exposat el marc teòric de referència en les aules d'aquesta recerca ens endinsarem en aquest anàlisi de l'explicació atòmica, de la mà de la Història de la Ciència. Com ja hem dit en el marc teòric, per poder-ho fer crearem una seqüència didàctica per poder-la implementar-la en un grup d'alumnes.

Tot i així, abans de començar el disseny ens caldrien algunes guies sobre com és aquesta "explicació atòmica" en els vehicles d'aprenentatge més usuals... els llibres de text. En el marc teòric ja hem vist com els llibres de text han evolucionat, pel que fa a l'explicació atòmica, des d'una química fenomenològica a mitjans del segle XIX fins a una química narrada des dels àtoms com a partícules físiques, química basada en fenòmens com la radioactivitat.

Per tant, com a primer pas d'aquesta recerca buscarem "pistes" per poder procedir al disseny de la UD en una sèrie de llibres de text.

### 3.1. Metodologia

El desenvolupament d'aquest anàlisi primerenc es basarà en una desena de llibres de text de Física i Química de diversos nivells d'ESO (amb una excepció de COU) **escollits a l'atzar**.

Obtindrem les dades d'aquests llibres fixant-nos **exclusivament** en els temes d'estructura atòmica i tenint en compte el tractament que es dona a la Història de la Ciència en els mateixos. Si ens fixem en la Taula 10 hi trobarem el llistat de llibres analitzats.

Per analitzar aquests llibres crearem dos blocs de cinc indicadors (Taula 11) pels nostres dos camps d'interès – l'àtom i la HC – que cerquin dins dels llibres els imputs necessaris, tot això per caracteritzar **com els llibres tracten aquests dos temes**. Visualitzem els resultats d'aquesta primera cerca en una taula de doble entrada (Taula 12) on es podrà observar la presència o l'absència (o la no assignació) de l'indicador corresponent. Finalment, representarem aquests resultats mitjançant un gràfic de barres.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 10:** Llistat de llibres analitzats

<b>Llibre</b>	<b>Títol del llibre de text</b>
1	Ciències de la naturalesa 1 ESO. Sèrie astrolabi.
2	Física i Química ESO 1. Editorial Casals.
3	Química COU. Magisterio Casals.
4	Ciències experimentals 2n cicle Secundària. Química. BAULA.
5	Química Ciències de la Naturalesa. Projecte @ula. 1ESO.
6	Positró Física i Química. Tercer curs. Editorial Vicens Vives.
7	Natura Química. ESO 2n cicle. Editorial Vicens Vives
8	Espai Ciències de la naturalesa. Primer curs. Editorial Vicens Vives.
9	Transformant la matèria. Física i Química 6. Castellnou Edicions.
10	Estructura de la matèria. Crèdit variable 2n cicle ESO. Barcanova.

**Taula 11:** Llistat d'indicadors per l'anàlisi dels llibres de text

<b>Indicador</b>	<b>Descripció de l'indicador</b>
HC1	El text conté algun exemple de lligams entre ciència i societat.
HC2	El text mostra una imatge de la ciència aïllada de les seves repercussions socials.
HC3	El text explica una història que valora, de forma crítica, els coneixements de models i teories científiques ja superades.
HC4	El text mostra algun exemple d'una història mirada amb "ulleres actuals".
HC5	El text entra en el perfil més "personal" dels científics.
AT1	El model o models exposats en el llibre són concordants amb el contingut curricular del nivell corresponent d'ESO (LOGSE o LOE).
AT2	Es treballa significativament les arrels químiques <sup>7</sup> de l'àtom.
AT3	L'àtom s'exposa com un seguit de teories encadenades sense relació entre elles.
AT4	Quan es parla de la química quàntica, s'intenta que els alumnes visualitzin el canvi radical de paradigma que suposa envers la física clàssica.
AT5	Al parlar de l'àtom quàntic es mostren tècniques, eines o teories les quals els alumnes no tindran els recursos suficients per interpretar-les un cop finalitzat el nivell corresponent.

El bloc d'indicadors de la HC vol examinar com s'explica la història de la ciència en els llibres de text i el bloc d'indicadors AT vol veure com es tracta l'àtom en els llibres de text analitzats. Emfasitzarem que aquests indicadors han estat elaborats de "*motu propi*" per poder fer aquest primer anàlisi.

<sup>7</sup> **Arrels químiques:** considerar una "entitat bàsica" de la matèria que es podia diferenciar per la seva massa atòmica i que permetia representar els canvis químics amb fórmules.

### 3.2. Resultats i discussió

**Taula 12:** Presència o absència dels indicadors en els llibres analitzats

		Llibres de text analitzats									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Indicadors Bloc HC	1	vermell	vermell	vermell	verd	verd	verd	vermell	vermell	verd	vermell
	2	verd	verd	verd	vermell	vermell	vermell	verd	verd	vermell	verd
	3	vermell	vermell	verd	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	taronja	vermell
	4	verd	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	verd	vermell
	5	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell
Indicadors Bloc AT	1	vermell	vermell	taronja	verd	vermell	verd	verd	verd	vermell	vermell
	2	vermell	vermell	verd	taronja	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell	vermell
	3	verd	verd	vermell	vermell	verd	verd	verd	verd	verd	verd
	4	vermell	vermell	verd	vermell	taronja	taronja	taronja	taronja	vermell	vermell
	5	verd	verd	verd	vermell	taronja	taronja	taronja	taronja	verd	verd

Per que la lectura d'aquesta taula sigui comprensible, cal remarcar que la presència d'un determinat indicador (Taula 11) s'indicarà amb color **verd**, l'absència d'un determinat indicador s'indicarà amb color **vermell** i si un indicador no resulta assignable o és dubtós s'indicarà en color **taronja**. Complementàriament, per reforçar aquesta assignació hem elaborat un comentari de cadascun d'aquests llibres per clarificar la tria efectuada:

**Llibre 1:** Fixem-nos en el següent exemple que ens mostrarà com es tracta la història de la ciència en aquest llibre (veure pàgina 149), la qual es basa en un aspecte que es repetirà moltes vegades... una història positivista (que emfasitza el que ara es fa "bé" i els errors del passat) i lineal que actua com a complement dels conceptes i teories, els quals són el realment important.

*"durant els dos mil anys que van passar, aproximadament, entre Demòcrit i Dalton, es va defensar l'errònia teoria aristotèlica que deia que la matèria estava formada per la combinació de quatre elements: foc, aire, terra i aigua".*

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Al parlar sobre l'àtom podem veure un tractament que es fa en aquest llibre que es repetirà majoritàriament: es tracta l'arrel química de l'àtom en unes quantes línies **insistent en el fet que Dalton es va “inventar” un àtom caracteritzat per uns postulats majoritàriament físics**, cosa que no és certa ja que com hem vist al marc teòric Dalton volia presentar els resultats de les seves experiències i va **elaborar una hipòtesi per explicar-les**. No es va inventar res “del no res”. Tanmateix, s'encadenen les teories atòmiques una darrere l'altre (sense indicar avantatges i deficiències) i s'arriba, dins del paradigma quàntic, a explicacions injustificables en el nivell escolar (amb més raó si parlem de primer d'ESO) com per exemple plantejar la descripció dels orbitals atòmics.

**Llibre 2:** En aquest llibre s'usen les referències temporals com a “punt de situació” per a l'alumne o alguns “comentaris històrics” a tall d'anècdota. **Per exemple**, es comenta el treball dels físics contemporanis amb l'accelerador de partícules de Ginebra quan es parla de les partícules subatòmiques (veure pàgina 75).

Pel que fa a l'exposició de l'àtom trobem que en aquest llibre es repeteix l'esquema anterior de prioritzar l'encadenament de teories atòmiques físiques, referents a l'estructura física de la partícula àtom, obviant l'origen de l'àtom procedent dels canvis químics el qual comencem a introduir. En la majoria d'aquests manuals, la formulació i el tractament quantitatiu dels canvis queden circumscrits en el tema d'estquiometria, contribuint a la idea que ja hem citat anteriorment de l'establiment de la formulació com una gramàtica d'assimilació obligatòria per part de l'alumne. Per tant, veiem un altre cop que l'àtom que se'ns presenta beu de les teories físiques, les quals es basen en les partícules subatòmiques per caracteritzar l'àtom, oblidant-se de la gènesi real del concepte.

**Llibre 3:** Primerament, ja que aquest llibre és de l'etapa del COU, el primer indicador del bloc B l'he classificat com a no assignable. Seguidament, i ja centrant-nos en el contingut, es pot comprovar que la ciència que explica aquest llibre no estan contemplats els seus efectes en la societat però si que,

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

en determinats moments, es mostren valoracions crítiques dels coneixements que es presenten amb un enfoc historiogràfic adient, des del punt de vista contemporani al científic. Un exemple el podem trobar en la pàgina 25, on es discuteix per què Dalton no considerava correcte les lleis volumètriques de les reaccions químiques formulades per Gay-Lussac, però sense “desqualificar-les” en cap moment. És a dir, que no les etiqueta com a visions immadures sense cap més interpretació. Pel que fa al perfil dels científics es veu que, com en la resta de llibres vistos fins ara, no s’hi tracta la vessant personal ni la social del científic.

Si passem a la part del llibre que parla de l'àtom podem veure que ens parla, a diferència dels altres, de les arrels químiques de l'àtom. Concretament, en el tema segon del llibre és on es tracta aquest aspecte. L'esquema d'aquest tema és el següent i es podrà veure que s'ajusta prou bé al que hem explicat a l'apartat 2.3.1 del marc teòric:

1. L'atomisme i l'evolució de la química experimental fins a finals del XVIII: **com s'ha arribat als estadis anteriors a Lavoisier?** Grècia, els alquimistes o les taules d'afinitat químiques.
2. Lleis ponderals de les reaccions químiques. **La llei de la màxima simplicitat, la llei de les proporcions múltiples...**
3. La teoria atòmica de Dalton o més ben dit **la hipòtesi atòmica de Dalton**.
4. Lleis volumètriques de la reacció química: **Gay-Lussac i la hipòtesi d'Avogadro**

Un altre aspecte positiu d'aquest llibre és que especifica clarament quins són els punts forts i febles de cada model que presenta. Un exemple d'això està en la pàgina 63, apartat 5.8, on es comenten els punts dèbils del model de Rutherford. Finalment, si ens referim als coneixements que presenta el llibre de la química quàntica, es pot veure que es fa un intent d'explicar el principi d'indeterminació de Heisenberg **més enllà d'enunciar-ne l'expressió matemàtica**. Tot i això, es continuen “bolcant” els càlculs químic – quàntics que sustenten les descripcions dels orbitals atòmics, sense possibilitat de poder ser compresos pels alumnes.

*Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència*

**Llibre 4:** Una novetat molt destacable d'aquest llibre és que quan exposa els coneixements referents a l'àtom aquest respecta el currículum de segon cicle de secundària, cosa que en cap dels anteriors llibres analitzats s'havia fet.

L'anàlisi de com explica la història de la ciència aquest llibre es basa en l'ús d'exemples interessants i reals per explicar o recolzar l'explicació d'alguns dels conceptes i el seu caràcter historicista.

En la pàgina 179, el llibre indica les zones de l'estat espanyol més afectades per la pluja àcida. Considerem que és un bon comentari ja que permet contextualitzar en un entorn real el tema de la pluja àcida, ja que es veu en el mapa que les zones més afectades són les més pròximes als nuclis de població més grans.

El caràcter historicista del text queda exemplificat quan aporta "proves" de la complexitat de l'àtom, basant-se en el descobriment de la radioactivitat (pàgina 113). Tot i això, no entra en la història social dels personatges.

La descripció que fa el llibre de l'evolució dels models atòmics es suporta en les diferents "experiències clau" que van portar al descobriment dels elements cabdals i estructuradors del que entenem per àtom. El model quàntic només està citat de forma bastant irrellevant (fins i tot el model de núvol electrònic està com "amagat"), encertadament en aquest cas, ja que a part de respectar el currículum (com he dit abans) no distorsiona el raonament anterior. Per altra banda, no exposa les deficiències de les interpretacions de les experiències clau, només les enuncia. Finalment, vull destacar el tractament que fa el llibre de les arrels químiques de l'àtom. Aquest s'emmarca dins del tema dels canvis químics, fet que considero una bona declaració d'intencions però que **no aprofundeix més, al derivar directament a la descripció dels models físics**, tal i com hem parlat en punts anteriors pel que fa al tema de la formulació i la idea de l'àtom – partícula, així com la desconexió de l'àtom amb els canvis químics.

**Llibre 5:** Aquest llibre utilitza aquest recurs quan planteja lectures d'ampliació en diverses unitats, per exemple: lectura sobre la teoria atòmica de Dalton en la unitat de la matèria (pàgina 76) o una lectura sobre el descobriment de l'oxigen, per part de Joseph Priestley (1733 – 1804), en la unitat que tracta sobre la composició de l'aire.



### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Trobem diversos exemples de lligams entre la ciència i els seus efectes en la societat en altres lectures d'ampliació: lectura sobre el funcionament del frigorífic en la unitat sobre els estats físics de la matèria (pàgina 34), lectura sobre les plantes potabilitzadores en la unitat sobre la separació de les substàncies (pàgina 54), lectura sobre la contaminació de l'aire en la unitat de la combustió (pàgina 94), lectura sobre la siderúrgia en la unitat sobre els metalls (pàgina 102) o en una lectura sobre la presència dels àcids i les bases a la nostra vida quotidiana en la unitat dels àcids i àlcalis (pàgina 112).

Si ens centrem en el tractament de l'estructura de la matèria, aquest llibre incompleix el currículum de primer d'ESO ja que s'endinsa en, per exemple, les estructures moleculars de diverses substàncies (pàgines 72 i 73) sense haver tractat el concepte d'àtom (recordem que a primer no s'hauria d'arribar tant lluny). En altres paraules, es torna a transmetre la idea d'un àtom – partícula tal i com hem anat comentant fins ara i com ja es comença a intuir que és la postura més habitual en aquests materials didàctics. Els altres indicadors del bloc B no serien d'aplicació en aquest llibre, només recordant que la “teoria de Dalton” està enunciatada en una de les “lectures d'ampliació” comentades en el paràgraf anterior.

**Llibre 6:** En aquest llibre es veu un tímid intent d'introduir experiències científiques històriques en el discurs didàctic. Aquestes experiències s'utilitzen com a nexes d'unió entre els diferents conceptes a explicar. Un exemple d'això el trobem a la pàgina 61 al parlar de l'electròlisi, que es fa servir com a indicació de la naturalesa elèctrica de la matèria. La relació entre ciència i societat s'exemplifica en el comentari de les aplicacions mèdiques dels radioisòtops o dels processos de datació per carboni-14 (pàgina 67).

El tractament de l'àtom en aquest llibre s'assimila molt bé a l'esquema més habitual: un seguit de teories encadenades sense discussió dels pros i contres de cadascuna. Tot i això, se li ha de reconèixer a aquest llibre que, com a mínim, no s'endinsa en el món de la quàntica, respectant així el que diu el currículum. Tornem a les idees que ja hem comentat unes quantes vegades: l'àtom – partícula, la formulació lligada a l'estequiometria com una gramàtica d'assimilació acrítica per l'alumnat, etc...

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**Llibre 7:** Aquest llibre que descriu a continuació utilitza els fets històrics com a simples curiositats. Com a exemple es pot pensar l'inici de la unitat referida als elements químics en que s'incrusta la representació gràfica de la teoria d'Aristòtil sobre l'univers (pàgina 2). Per a què aquesta teoria es pugui connectar amb l'àtom, cal una explicació molt més extensa que la d'un simple comentari "al cap de molts anys [...] es va desenvolupar l'àtom". Pel que fa al tractament de la història, no hi ha res més a comentar que sigui significatiu.

Si passem a considerar el tractament de l'àtom, es poden ressaltar les següents consideracions: el llibre s'ajusta al currículum (no es fica on no s'ha de ficar, en la quàntica, ja que parlem de tercer) i ens trobem amb l'esquema habitual de tractament de l'àtom: pas molt ràpid per les arrels químiques de l'àtom – citant els postulats de Dalton (és a dir, insistint en la idea de l'àtom – partícula i en la incorrecció històrica que Dalton va "inventar" l'àtom) (pàgina 4) i encadenament de les diferents teories atòmiques sense relacionar-les i, fins i tot, sense deixar gaire clar que es parla d'elles.

**Llibre 8:** Si en el llibre anterior podia trobar un ús de la història de la ciència com a "element decoratiu", en aquest llibre no es troba ni aquest indici. El currículum de primer es compleix en aquest llibre ja que no s'endinsa en explicar la configuració interna de l'àtom, però tampoc treballa gaire en detall el propi concepte de partícula bàsica de la matèria (de fet, el passa en unes línies).

**Llibre 9:** En aquest llibre podem trobar alguns exemples interessants de l'ús de la història de la ciència. Podem veure com s'utilitza un fragment d'un document històric com és el quadern de notes de Dalton (pàgina 114) o com s'intenta fer una petita descripció dels experiments clau del model atòmic (pàgina 123).

En la mateixa pàgina 114, trobem una afirmació que qualifica com a "no adequada" la teoria de Dalton (però sense explicar el per què).

Pel que fa a l'àtom, continuem veient el mateix esquema de tractament que s'ha pogut observar en els dos llibres anteriors, excepte en un punt. Aquí si que s'accedeix a la quàntica quan es parla de la ocupació electrònica de les diferents capes de l'estructura atòmica (pàgines 117 i 118), però simplement plantejant uns exercicis resolubles amb l'adquisició de diversos algorismes de

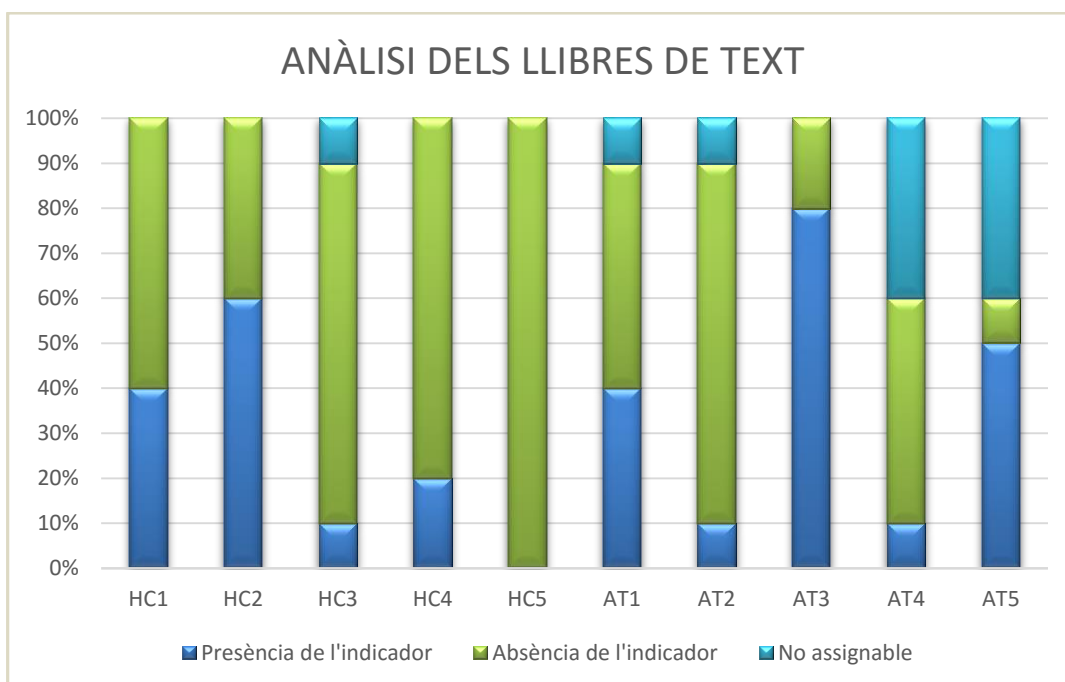
## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

resolució automàtics. En altres paraules, no hi ha una comprensió real de com és aquest àtom quàntic

**Llibre 10:** Aquest llibre es pot definir amb una simple frase: “un manual de teories, nombres i formules” encadenades i sense una explicació coherent entre totes aquestes. Naturalment, en aquest manual la història de la ciència no hi té lloc i s’hi insisteix en totes les idees que hem anat citant durant aquestes últimes pàgines pel que fa al concepte de les arrels químiques de l'àtom.

**Per acabar, representarem els resultats de la Taula 12 en el gràfic 1 i procedirem a determinar les línies mestres generals que hauran de guiar el disseny de la UD que configurarà el cor d'aquesta recerca.**

**Gràfica 1:** Resultats del primer anàlisi dels llibres de text



## **Discussió de resultats**

*Quines han de ser les línies mestres del disseny de la nostra UD?*

- La història que aquests llibres mostren en la majoria dels casos és una història **descontextualitzada socialment parlant i força acrítica, caient moltes vegades en l'anecdota i sense reflexar** en molts casos **les implicacions reals dels conceptes presentats**. Això s'ha de capgirar en la nostra proposta.
- L'àtom explicat en aquests manuals es basa quasi exclusivament en l'encadenament de teories que no expliquen realment què és o d'on sorgeix aquesta entitat que s'ha anomenat àtom, realment lligada en els canvis químics. Això ho tractarem més en profunditat durant l'anàlisi de la implementació, però una primera aproximació passa per **donar-li un paper més preponderant a l'experimentalitat per explicar què és realment un àtom en els seus orígens químics, per superar les idees de "l'àtom – partícula" i del paper de la "formulació – gramàtica"**. En altres paraules, en aquests llibres analitzats **l'àtom no es presenta com a un instrument per a entendre les interaccions químiques**.

**Abans de continuar, s'ha decidit que en el desenvolupament de la recerca ens centrarem en la part dels orígens químics de l'àtom i en la caracterització d'una imatge de la ciència més social, deixant de banda l'àtom "físic" i "quàntic".**

## **Capítol 4: Descobrint la història (química) de l'àtom**

La Unitat Didàctica “*Descobrint la història (química) de l'àtom*” està contextualitzada mitjançant una situació imaginària que configura un relat curt. Ens inspirem en el relat dialogat del llibre de Jane Marcet perquè pensem que s'adapta bé a l'enfoc divulgatiu de la nostra pàgina web (després en parlarem). Dos amics, l'Àlex i la Sílvia, volen aprofundir més en la relació entre l'àtom i la ciència a partir d'una experiència en un museu de ciència. Per això, visiten una exposició de realitat virtual en el museu de la seva localitat anomenada “*Descobrint la història (química) de l'àtom*”.

Començarem aquesta presentació de la UD parlant de l'encaix de la mateixa en el currículum oficial, després farem una valoració dels continguts que presentem i finalment llistarem els objectius d'aprenentatge i els continguts de la nostra seqüència didàctica per parlar després de la pàgina web que vehicularà tota la UD. Després, presentarem l'estructura didàctica de la UD i acabarem discutint les activitats que s'implementaran en el grup IOC i que constituïran les nostres dades de recerca. Aquesta UD va tenir una primera formulació a partir de la qual es va intervenir a l'INS El Cairat i que va comportar la modificació de part de les activitats (veure apartat 5.2 on ho explicarem). **Insistim en que en aquest apartat presentem la versió final de la UD.**

### **4.1. Justificació de la UD**

En aquest punt intentarem explicar, de forma raonada, els punts bàsics de la proposta didàctica que implementarem al pròxim capítol.

#### *Continguts curriculars en relació al model atòmic i a la HC*

- **Els orígens del model atòmicomolecular de la matèria (1r BATX):**  
Valoració de les evidències experimentals que van permetre l'establiment de la teoria atòmicomolecular de la matèria. Diferenciació entre substància elemental i compost. Definició de massa atòmica

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

relativa, massa molecular relativa i massa fórmula relativa. Utilitat dels conceptes de quantitat de substància, de mol i de massa molar.

- **Un model per als àtoms (1r BATX):** Interpretació de les experiències que van portar a l'elaboració dels primers models atòmics i al descobriment de les partícules subatòmiques. Observació d'espectres atòmics d'emissió. Descripció del model ondulatori i corpuscular de la llum.
- **La radiació, els àtoms i les molècules (2n BATX):** Caracterització del model ondulatori de l'àtom i de la quantificació de l'energia. Concepte d'orbital.
- **Connexió amb la Història de la Filosofia i la Història i amb les assignatures de llengua:** Coneixement sobre epistemologia (naturalesa de la ciència), aspectes ètics de la ciència, història de les ciències. Comprensió de la naturalesa de la ciència com a activitat humana. Ús de textos en diferents llengües (català, castellà, anglès, etc.) per trobar informació, per comunicar i argumentar oralment o per escrit. Lectura comprensiva de textos.

### **Com podem valorar els continguts presentats en aquesta UD?**

La construcció del model atòmic per part dels alumnes és un dels temes més complicats en la classe de ciències, ja que estem tractant amb continguts absolutament antiintuïtius, molt complicats de visualitzar. La història de la ciència contribueix a aportar el substrat necessari per poder entendre, de forma significativa, l'aportació dels diversos científics implicats en l'evolució del concepte d'àtom, des del pla científic i social. Per altra banda, la comprensió que pot oferir aquesta forma de treballar aporta un major grau de significat als coneixements apresos, ja que explicant les arrels químiques de l'àtom espero atorgar un significat químic a les unitats que configuren el model atòmic **de la qual, normalment, molt poc alumnat n'és conscient.**

Els coneixements referents a la teoria atòmica són de difícil explicació a l'alumnat, ja que és molt difícil que puguin veure la seva utilitat tot i que estem parlant de la unitat fonamental de la matèria. Per tant, aquesta forma d'ensenyar aquests coneixements en la nostra UD té com a raó de ser

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

augmentar la visió d'utilitat del model atòmic mentre expliquem la complexitat de l'entorn social en el qual els científics fan ciència.

*En concret, la UD presentada pretén que els alumnes siguin capaços de:*

- 0) Identificar la problemàtica envers el concepte d'àtom químic i les diferents visions d'entendre la ciència.
- 1) Visualitzar la necessitat d'una mirada quantitativa i una qualitativa per entendre el concepte d'àtom químic.
- 2) Reconèixer les formules químiques, la massa atòmica relativa i la llei de conservació de la massa com a instruments fonamentals de construcció de l'àtom químic.
- 3) Caracteritzar l'estructura interna de la matèria.
- 4) Diferenciar entre els paradigmes clàssic i quàntic quan parlem del model atòmic.
- 5) Reflexionar sobre diversos aspectes ètics i socials de "fer ciència".
- 6) Sintetitzar què entenem per àtom químic i per una imatge social de la ciència.
- 7) Analitzar quin tipus de ciència es desenvolupa al CERN i en quines condicions.

*Per poder dur a terme aquests objectius es plantegen els següents continguts:*

CT1: Relació de les experiències de calcinació de Lavoisier amb la diferenciació entre substàncies simples i compostes, la superació de la teoria del flogist i els orígens de la teoria atòmica. Realització de la combustió del ferro. Anàlisi d'aquesta experiència des d'un punt de vista qualitatiu i quantitatiu.

CT2: Justificació del per què la massa atòmica relativa i les formules químiques són instruments fonamentals de la construcció del model atòmic clàssic. Descripció dels processos de determinació i càlcul de la massa atòmica.

CT3: Caracterització de l'estructura interna de l'àtom per mitjà de dos episodis històrics: les controvèrsies que van portar al descobriment de l'electró i l'anàlisi de l'experiment de Geiger i Marsden i la posterior interpretació de Rutherford (amb applets). Explicació de les deficiències d'aquesta interpretació. Anàlisi de

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

l'aportació de l'espectroscòpia atòmica com a indicatiu de l'organització interna de l'àtom.

CT4: Introducció de les característiques fonamentals del paradigma quàntic en la química i visualització de la diferència entre els paradigmes clàssic i quàntic.

CT5: Anàlisi de diversos aspectes socials que envolten a la ciència: el prototip de "científic professional", el paper del gènere en la ciència, les relacions dels científics amb el món de fora del seu laboratori i els usos i abusos del coneixement científic a partir del cas del matrimoni de Pierre i Marie Curie i del projecte Manhattan.

No ens hem endinsat en el disseny d'aquesta UD "a cegues" sinó que, tal i com hem vist en el capítol anterior, hem fet una mirada als llibres de text per analitzar-los i trobar quines línies mestres havíem de seguir en aquest disseny per superar algunes de les mancances que hi hem trobat. Per tant, això vol dir que no hem fet una recerca d'idees prèvies dels alumnes sobre les "partícules" com s'entenen normalment en els llibres, ja que precisament és aquest "marc mental" el que ens interessa evitar en la mesura del possible. Per contra, ens interessa incidir en la idea que la nostra "partícula" es defineix a partir de la interacció química. Tot i així, volem emfasitzar (i hi insistirem tants cops com faci falta) que no anem "en contra" dels llibres, sinó que volem qüestionar el paradigma a partir del qual presenten el model atòmic.



## **El dossier dels alumnes**

Aquesta nova aproximació a l'àtom que volem presentar pretenem que sigui oberta i accessible a tothom. Les activitats amb tots els seus recursos es poden consultar únicament per Internet<sup>8</sup>. Dit això, explicarem com ha estat construïda la pàgina web de la UD.



La pàgina web està formada per nou pestanyes, totes elles accessibles pel menú situat a la part superior de l'explorador (el seu funcionament és millor amb Google Chrome o Microsoft Edge). La primera d'elles és **l'entrada** a la nostra història, en la qual s'hi pot trobar: l'índex de la UD, els continguts desenvolupats, el problema plantejat en la unitat i una sèrie d'apunts orientatius per als alumnes.

Les següents cinc pestanyes són les que recullen **les diferents parts de la història de l'Àlex i la Sílvia amb els seus respectius recursos i enllaços**. Més endavant es podrà trobar detallada, a la Taula 13, la correspondència entre *Parts de la història* i *Activitats*. Per altra banda, les **quatre preguntes valuables plantejades dins de les activitats i els quatre temes de discussió dels fòrums del campus virtual de l'IOC** es trobaran a les dues últimes pestanyes.

Els recursos de les activitats de l'àtom químic i de la imatge de la ciència es veuran en el punt 4.2. Pel que fa a l'activitat de l'àtom "físic", la qual no tractarem en el procés d'anàlisi, en ella utilitzem un conjunt d'applets java per fer que els alumnes "interactuïn" amb l'experiment de la làmina d'or i arribin a les seves pròpies conclusions, sense dictar prèviament el model de Rutherford. Els altres vídeos que fem servir a l'activitat són per situar conceptualment la història quan fem el salt de Dalton a Thomson, Rutherford, etc... sobretot introduint l'espectroscòpia de flama com una "prova visual" de l'estructura interna dels àtoms.

---

<sup>8</sup> A la direcció <http://arkannum87.wix.com/ud-model-atomic> o mitjançant el codi QR d'aquesta pàgina.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Un comentari a part mereix la pestanya de *Recursos addicionals*. En aquesta pestanya s'hi podrà trobar una sèrie de quatre vídeos, els quals volen proporcionar un millor background històric dels principals personatges tractats en les activitats clau d'aquesta UD: Lavoisier, Dalton i Marie Curie.

### **PRIMER VÍDEO - Qui era Lavoisier?**

El diàleg mostrat en l'activitat de Lavoisier i Dalton intenta que la narrativa que defineix la construcció del concepte de l'àtom químic giri al voltant de la descripció de canvis químics. Tot i així, encara que en el diàleg hem intentat que es veiés com experimentaven Lavoisier i Dalton, hem volgut que aquesta idea estés suportada per un clip de vídeo i volem incidir en que presentem una traducció de l'anglès de tot el clip de vídeo per fer-lo més comprensible als alumnes (la transcripció es pot consultar a la pàgina web).

En aquest clip podem veure a un actor caracteritzat com a Lavoisier, el qual es troba en el seu laboratori junt a una sèrie de senyors (aspecte a tenir en compte). Ens podem fixar en la caracterització dels personatges per fer-nos una idea de com eren els "científics" de l'època i en l'utilatge de laboratori que Lavoisier feia servir, excel·lentment representat gràcies a la qualitat del documental de la BBC (*Einstein's Big Idea*). El conjunt del muntatge que allí es representa té a veure amb l'experiència de descomposició de l'aigua en oxigen i hidrogen.

### **SEGON VÍDEO – Introducció a la revolució Francesa**

Aquest vídeo és la introducció (editada) del documental del "Canal de Historia" que explica el per què del sorgiment de la Revolució Francesa. Aquest vídeo l'hem triat ja que li volíem donar al diàleg un background històric ple, el qual hauria de cobrir els aspectes "científics" (el vídeo de Lavoisier) i una introducció a l'època històrica pertinent, en aquest cas els moments previs a la presa de la Bastilla (14 de juliol de 1789). Es recomana el següent article de National Geographic que resumeix a grans trets els fets principals que la van desencadenar<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Visiteu la direcció web: <http://goo.gl/sDkswi>

### **TERCER VÍDEO - Una ràpida panoràmica sobre Dalton**

Aquest vídeo consisteix en un recull de fotografies especialment escollides per caracteritzar a Dalton dins del seu entorn personal: on vivia, en què creia, en quina època vivia o les principals fites acadèmiques i/o científiques que va assolir durant la seva vida. Mireu a continuació una descripció de cadascuna de les fotografies utilitzades junt amb la direcció de la qual provenen<sup>10</sup>:

**A la pàgina següent trobarem la representació de l'estructura didàctica d'aquesta seqüència didàctica segons els paràmetres de Lijnse i el seu model de recerca en desenvolupament.**

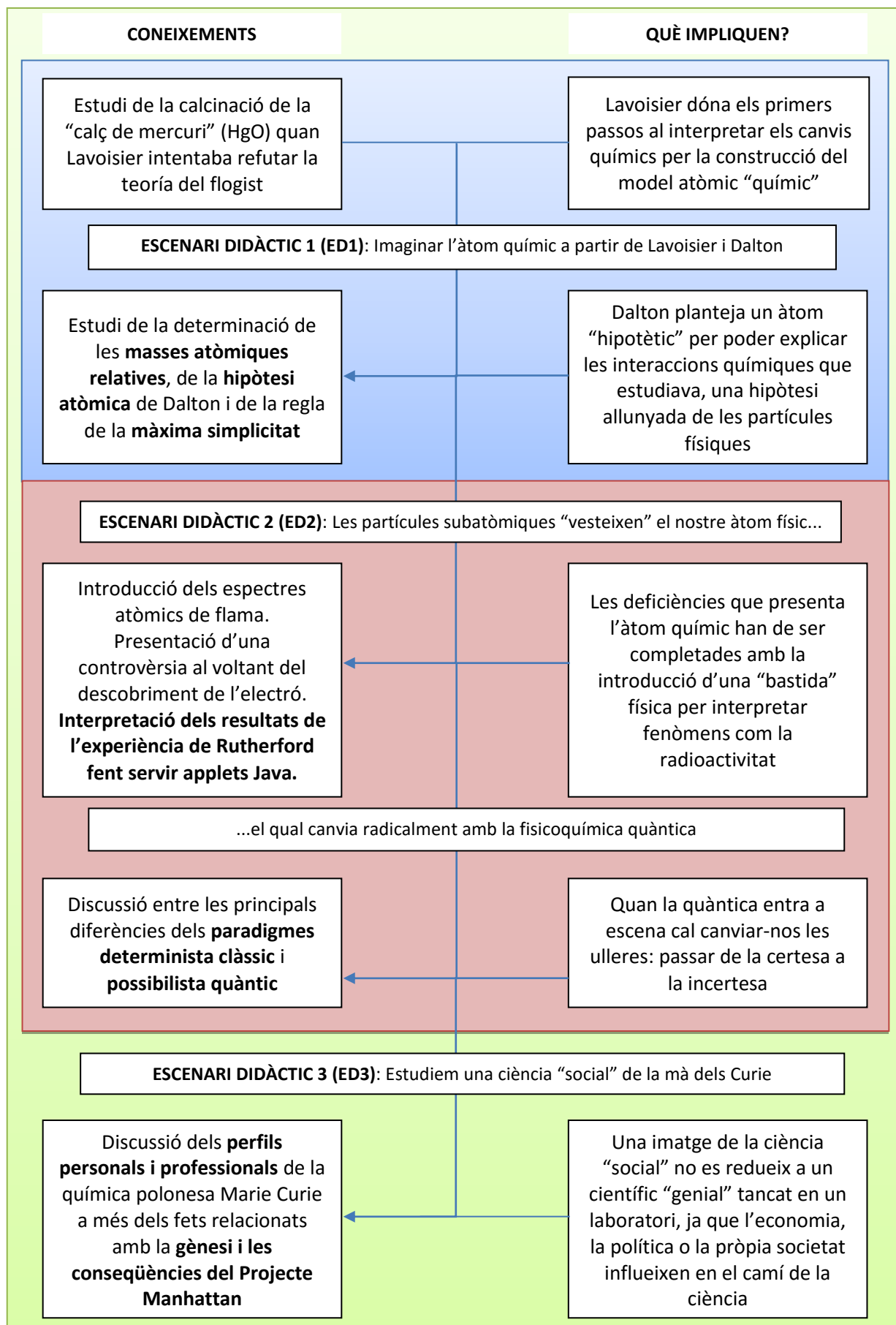
Com es podrà veure a la pàgina següent, els "escenaris didàctics" estaran representats per rectangles de diferents colors: blau (ED1 – àtom químic), vermell (ED2 – àtom físic) i verd (ED3 – imatge de la ciència / història de la ciència). Aquest últim rectangle envolta els altres dos i això és degut a que tota la UD està inspirada en la HC, totes les activitats es basen en l'ús del relat històric d'uns fets "de ciència".

---

<sup>10</sup> La descripció de les fotografies és la següent:

- 1: Escut del poble d'Eaglesfield (<http://goo.gl/cALRCf>)
- 2: Placa que anuncia que Dalton va néixer a Eaglesfield (<http://goo.gl/PIKqRB>)
- 3: Una panoràmica de la població de Eaglesfield (<http://goo.gl/rFBdcp>)
- 4: La catedral de Manchester a mitjans del segle XIX (<http://goo.gl/9BmqRb>)
- 5: Representació de la devoció religiosa de Dalton (<http://goo.gl/m0DnZt>)
- 6: Simbolització del llibre dels Mormons (<http://goo.gl/m0DnZt>)
- 7: El servei als altres, un pilar de la fe mormona (<http://goo.gl/cKB1yz>)
- 8: La portada de la publicació divulgativa "Ladies' and Gentlemen's Diary and Woman's Almanac" en la qual col·laborà Dalton (<http://goo.gl/8lw4Qq>)
- 9: Principal producció industrial anglesa durant la 1ra revolució industrial.
- 10: Una representació pictòrica d'un grup de fàbriques.
- 11: Enginyers més importants descoberts durant la 1ra i 2na revolució industrials.
- 12: L'atur (<http://goo.gl/8iGQuP> - fotografies 9 a 12)
- 13: El fenomen de l'explotació infantil (<http://goo.gl/8xOBTA>)
- 14: Somerset House, la seu de la Royal Society durant el principi del segle XIX. <http://www.somerset-house.org.uk/history>
- 15: La carta d'admissió de Dalton com a "fellow" de la Royal Society (1822). <http://bit.ly/1Jl2VWa>
- 16: La medalla de la Royal Society concedida a Dalton el 1826. <https://royalsociety.org/awards/royal-medal/>

**ESTRUCTURA DIDÀCTICA DE LA UD**



## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Per poder situar correctament al lector, pel que fa a la correspondència entre activitats de la UD i l'estructura didàctica anterior, tot seguit mostrem una taula que estableix aquesta correspondència junt amb els objectius d'aprenentatge i els continguts de la seqüència didàctica.

**Taula 13:** Correspondència entre la nostra història i els objectius i continguts d'aprenentatge

<b>Part de la història</b>	<b>Escenari didàctic</b>	<b>Tasca</b>	<b>Fòrum</b>	<b>OA's</b>	<b>CT's</b>
Primera "Introducció"	-	-	F1	0	-
<b>Segona</b> <b>"Àtom químic"</b>	<b>ED1</b>	<b>TA1</b>	<b>F2</b>	<b>1, 2 i 5</b>	<b>CT1 i CT2</b>
Tercera "Àtom físicoquàntic"	ED2	TA2 i TA3	-	3 i 4	CT3 i CT4
<b>Quarta</b> <b>"Imatge social ciència"</b>	<b>ED3</b>	-	<b>F3 i F4</b>	<b>5</b>	<b>CT5</b>
Final "Síntesi i aplicació"	ED1 al 3	<b>TA4</b>	-	6 i 7	CT1 al CT5

### **Explicarem la simbologia:**

ED: escenari didàctic

TA: tasca avaluable (1: àtom químic / 2: àtom Rutherford / 3: paradigma quàntic / 4: activitat de síntesi)

F1: correspon al fòrum introductori de la primera part de la història

F2: correspon al fòrum *"El mol i la dotzena d'ous"*

F3: correspon al fòrum *"Guia de discussió"*

F4: correspon al fòrum *"Introduint-se en la ciència social"*

OA's: objectius d'aprenentatge

CT's: continguts

**El que farem ara és explicar en detall les parts de la nostra història que contenen les activitats que analitzarem posteriorment (les que estan en negreta a la taula 13). La primera d'elles és l'activitat de Lavoisier i Dalton, la qual gira al voltant d'un diàleg entre aquests dos grans científics i l'Àlex i la Sílvia, els nostres protagonistes... Comencem<sup>11</sup>?**

<sup>11</sup> Recordem que els recursos online de les activitats es trobaran a la pàgina web de la UD (veure l'apartat "Dossier dels alumnes"). Les tasques que no detallem aquí es podran trobar a la pàgina web.

#### **4.2. Justificació de les activitats a implementar com a dades de la recerca**

**Tornem a insistir**, abans de començar la descripció del diàleg corresponent a l'activitat referent a l'àtom químic, **en que l'estructura teatralitzada d'aquesta activitat té referents anteriors si pensem en exemples com el llibre de *Conversations on Chemistry* de Jane Marcet, el qual utilitzava aquest tipus de narrativa i hem citat en el marc teòric.**

#### **ESCENA 1: La conjunció entre la mirada qualitativa i la quantitativa**

**Àlex:** (...) 1775. Hem arribat al París d'abans de la Revolució Francesa. No perdem temps i seguim les indicacions de la guia del museu: hem de traspasar cinc carrers tot recte, des del punt d'arribada, girar a l'esquerre i caminar uns 300 metres i trobarem el laboratori de Lavoisier.

*Arriben davant del lloc de treball de Lavoisier, truquen a la porta i els surt a rebre un senyor gran amb aspecte de majordom...*

**La introducció, en aquest punt, dels vídeos de Lavoisier i de la Revolució Francesa (dels recursos addicionals) pretén que els alumnes es puguin fer una idea de com actuava Lavoisier al laboratori i, a més a més, volem que vegin la introducció a una de les idees principals que volem explicar, un exemple pràctic sobre la conservació de la massa mitjançant la descomposició de l'aigua.**

**Sílvia:** Bon dia, som un parell de "filòsofs naturals" que venim de molt lluny per poder conèixer el treball del mestre Lavoisier, llargament conegut per les nostres contrades.

**Majordom:** El senyor estarà cofoi de rebre'ls. Passin i esperin a la saleta.

**Es pot entendre l'expressió "filòsof natural" com un sinònim de científic de la seva època.**

*Surt Lavoisier...*

**Àlex i Sílvia:** És un plaer poder-lo conèixer, mestre.

**Lavoisier:** El plaer és meu, nois. No sabia que aquestes experiències fossin tan comentades fora d'aquesta metròpoli.

**Àlex:** Ho són, no ho dubti! Mestre, hem vingut per que estem molt encuriósits en conèixer aquestes noves experiències sobre la descomposició dels fluids compostos. Volem conèixer què hi ha dins de les coses...

**Lavoisier:** Ui! No correu tant! Això ens falta molt i molt per saber-ho, però el que si que us puc ensenyar són diverses experiències que he dut a terme en aquest sentit. Acompanyeu-me al meu lloc de treball.

**Àlex i Sílvia:** Molt agraïts, mestre.

**Ens hem de fixar en la forma de parlar dels nostres protagonistes, la qual intenta imitar un parlar de l'època. També és important remarcar l'incís de Lavoisier quan diu que no tenen cap idea sobre com són les coses, sent això una indicació del caràcter hipotètic i temptatiu del camí atomista que començava a agafar forma. Recordem que Lavoisier no es va apropar en cap moment a plantejar una idea d'àtom.**

*Ja al laboratori de Lavoisier...*

**Lavoisier:** Fixeu-vos allí. Aquells són estudis que he dut a terme sobre la calcinació de diversos metalls, que m'han conduit a formular la teoria de l'acidesa. A més a més, fa poc vaig realitzar unes experiències sobre el principi que es combina amb els metalls durant la calcinació.

**Sílvia:** Ens ho pot explicar?

**Lavoisier:** Mireu, amb aquest muntatge que veieu aquí volia mostrar a l'Acadèmia de Ciències de Paris com el principi que s'uneix als metalls quan es calcinen no és més que la porció més pura de l'aire o, dit d'un altre manera, la més respirable. L'aire de l'atmosfera és compost principalment de dos fluids aeriformes o gasos: l'un és respirable, susceptible de mantenir la vida dels animals, en què els metalls es calcinen i els cossos combustibles poden cremar; l'altre té propietats absolutament oposades: els animals no el poden

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

respirar i no pot mantenir la combustió (Lavoisier, 1775). Normalment, es diu que la majoria de les calç metàl·liques no tornen a l'estat de metall si no és durant el contacte amb una matèria, normalment carbonosa, que conté "flogist". Tanmateix, aquesta substància carbonosa desapareix, cosa que em porta a pensar que l'aire que es desprèn d'aquestes reduccions no és un cos simple.

**Àlex:** Com va identificar què era una calç?

**Lavoisier:** Vaig recollir en aigua el gas ("aire àcid") després d'escalfar el mercuri precipitat i carbó dins d'una retorta (**mireu l'enllaç si no sabeu què és**). Per comprovar les característiques del gas jo vaig: comprovar-ne la seva solubilitat, vaig comprovar si morien els animals que hi introduïa, si s'apagaven les espelmes i vaig veure que combinava bé amb els àlcalis.

**Per aclarir aquest misteri he fet aquesta reducció amb una calç de mercuri (òxid de mercuri vermell), que requereix molt poca addició de calor.**

**El flogist era una substància hipotètica que els científics dels segles XVII i XVIII feien servir per resoldre l'interrogant sobre el per què algunes substàncies podien cremar. La teoria del flogist va resultar ser efectiva per explicar aquestes reaccions, però no les relacions de massa, fins que Lavoisier va rebatre-la quan va determinar que la massa es conserva en el canvi químic.**

**Podeu ampliar la informació en l'enllaç corresponent.**

**Sílvia:** I després?

**Lavoisier:** Vaig fer la reducció de la calç de mercuri **sense addició de carbó**. El procés va ser molt més costós però va arribar a bon port i la quantitat d'aire RESPIRABLE que va passar a la campana va ser de 78 polzades cúbiques. Si hi pensem una mica, veiem que cada polzada cúbica té un pes molt similar al de l'aire comú. A més a més, el gas obtingut no és soluble, ni precipita l'aigua de calç, no s'uneix amb els àlcalis ni disminueix la seva qualitat càustica, pot fer-se servir per calcinar un altre metall i permet la vida dels animals i que les flames esdevinguin més vives.

**Àlex:** Per tant, què en podem concloure?



**Lavoisier:** Podem concloure dues coses: **que el principi que es combina amb els metalls durant la seva calcinació no és més que la part més pura de l'aire i que durant aquesta calcinació no hi ha un "flogist" que es separi de la calç, sinó que l'aire actua com a agent químic en aquest procés.**

## **COM PODEM INTERPRETAR AQUEST FRAGMENT?**

### **Quin era el problema de Lavoisier?**

Volia interpretar què passava quan calcinava un metall (concretament el mercuri) així com intentar demostrar que la teoria del flogist no era vàlida **perquè no complia amb la conservació de la massa, no era "material".**

### **Què va fer?**

Primer de tot va escalfar una quantitat d'òxid de mercuri precipitat junt amb carbó i seguidament va tornar a fer aquesta reducció però sense carbó.

### **Què va trobar?**

En el primer cas va obtenir mercuri i diòxid de carboni i en el segon cas va obtenir mercuri i oxigen.

### **Per què va trobar això?**

1. Va veure que l'aire que obtenia un cop feta la reducció de l'òxid de mercuri era "la part respirable de l'aire" i que aquest aire era el que provocava la reacció de calcinació del metall.
2. Com podem arribar a intuir, l'oxigen incorporat prové de l'aire atmosfèric.
3. Fixem-nos en les formes d'analitzar el que obtenia. Si es mira amb atenció, Lavoisier practica diverses mesures per identificar algunes substàncies simples, fins i tot algunes mesures quantitatives.
4. Aquestes substàncies simples les podem entendre com la seva idea d'element químic, **ENCARA QUE ELL NO ARRIBA A FER AQUESTA RELACIÓ.**

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

5. Lavoisier no ha arribat a aproximar-se encara a la idea d'àtom però les seves experiències amb canvis químics van obrir el camí a altres científics com Dalton per començar a construir el model atòmic.

**Àlex i Sílvia:** Entesos. Així el flogist no existeix?

**Lavoisier:** Nois... no correu tant. Veig que penseu com jo, però som dels pocs que ho fan i no està encara gaire ben vist discrepar del flogist.

**Fixem-nos en el detall de com és de difícil qüestionar una teoria científica molt assentada com era la del flogist ja que el procés d'evolució de les teories científiques no és ni lineal ni senzill.**

*Durant l'experiència, a la Sílvia se li cau un fragment de llana de ferro de la butxaca...*

**Lavoisier:** Noia, què és això que se t'ha caigut?

**Sílvia:** Doncs... això... és... un ferro especial de la nostra terra.

**Lavoisier:** És el primer cop que en veig. Et sembla si li apliquem el mateix tractament?

**Sílvia:** Si. Podria ser interessant...

*Repeteixen l'experiència ara cremant el tros de llana de ferro.*

*Recullen les cendres, les pesen i la Sílvia es guarda les cendres a la butxaca.*

*(Mirar el vídeo que reproduceix aquesta experiència).*

**Àlex i Sílvia:** Mestre, a nosaltres ja se'ns fa tard i hem d'emprendre el viatge de tornada. Li quedem molt agraïts pels seus ensenyaments.

**Lavoisier:** Ha estat un plaer, torneu quan vulgueu! A veure si m'expliqueu què li ha passat al ferro i em doneu la raó.

*S'acomiaden de Lavoisier i surten del seu laboratori...*

Lavoisier va publicar l'any 1789 va publicar el *Traité élémentaire de chimie*, el seu “testament científic”, on sintetitza les que seran les bases de la química moderna (corpus teòric i pràctic, nomenclatura nova...).

**Àlex:** A veure si ho he entès... escalfem la substància simple ferro i augmenta de massa...No es pot haver descomposat, perquè és simple i la massa es conserva. Per tant, **si la massa es conserva en una reacció química** hem de pensar que aquesta nova substància que s'ha format que és composta ha “incorporat” un altre substància, la qual no podem veure.

**Sílvia:** Veig que en aquesta època arribaven a determinar substàncies simples (o el que ells creien que ho eren en alguns casos ja que nosaltres sabem que serien compostes) però dels àtoms no ens n'ha dit res... **això vol dir que aquest va ser el primer pas per arribar a l'àtom? Així ho sembla...** Parlant de tot una mica, ha resultat ser un home simpàtic, no?

**Àlex:** Sí, però crec que l'hem trobat en un bon dia.

**Sílvia:** Ja pot ser, és l'home de la filla d'un alt dirigent del règim i se'l veia altiu, però hem tingut sort.

**Àlex:** És cert però igualment em sap greu com acabarà l'any 94.

**Sílvia:** Li podríem haver explicat?

**Àlex:** Primera, no ens hagués cregut, segona, saps que no podem canviar res de la història i, per últim, aquestes sorpreses tant “tallants” és millor que es descobreixin en el seu moment. Si no recordo malament, va morir a la guillotina el 8 de maig de 1794.

**Sílvia:** És cert. Quina és la següent parada?

**Àlex:** Manchester a l'any 1810. Anem a conèixer a John Dalton (1766 – 1844).

## **ESCENA 2: Els químics inventen els àtoms**

**Sílvia:** Ja hem arribat al 1810 segons el senyal de la màquina del temps. Ara hem de buscar el laboratori de Dalton i veure si ens pot atendre. Com es nota que estem a Anglaterra, quin fred! I ja es veu que Manchester és una ciutat industrial, amb tantes fàbriques...

**Álex:** Ja tens raó... espera, no és aquell Dalton?

**Sílvia:** Si, anem a trobar-lo. Quina sort!

*Els nostres protagonistes es dirigeixen a Dalton i, fent servir una excusa similar a la de l'anterior escena, li demanen a veure si els hi pot explicar les seves experiències en el camp de l'atomisme. Es dirigeixen seguidament al seu laboratori...*

**Dalton:** Pel que m'expliqueu, veig que sou uns bons coneixedors del treball del mestre Lavoisier en aquest camp. El meu camp preferit de treball és la meteorologia, però les meves investigacions s'estan decantant en intentar trobar com diferenciar les unitats bàsiques de la matèria. Normalment treballo estudiant la homogeneïtat atmosfèrica i la solubilitat dels gasos.

**Álex:** Senyor Dalton, hem sentit que vostè creu que hi ha una característica fonamental que diferencia les diferents partícules.

**Dalton:** Anem pas per pas. Tot va començar amb una especulació que vaig realitzar ja fa uns quants anys, que era que els diferents àtoms que constitueixen els diferents gasos (recordeu que jo treballo amb gasos) tenien diferents masses i que per això interaccionaven de manera diferent amb l'agua, quan es dissolien.

**Sílvia:** No entenc com ho va poder fer per als elements que no són gasos.

**A partir d'aquí hem de considerar el primer punt fonamental del desenvolupament experimental de Dalton, la definició de les masses atòmiques relatives.**

Dalton necessitava una forma de diferenciar una unitat d'oxigen d'una unitat de nitrogen o de sofre (per exemple).

Com ho va fer? Definint una unitat de referència i a partir de les dades extretes de les experiències dels canvis químics (seves i d'altres científics) va definir una taula de masses atòmiques relatives a partir de les interaccions entre les substàncies simples. Això si, ell no va ser l'únic que ho va fer si ens fixem en la taula de les masses atòmiques relatives<sup>12</sup>.

**Dalton:** Noia, ets llesta. Es clar que només amb les dades de solubilitat no en tenia prou. Però **vaig imaginar que tots els elements**, no només els gasos, **estaven formats per àtoms** utilitzant proporcions de massa fixes per a estudiar la interacció entre aquests “elements”, veient que de vegades les “masses d'interacció” són múltiples unes de les altres.

**Sílvia:** Com va determinar la simbologia necessària per representar els diferents compostos? No m'ho puc imaginar.

**Dalton:** Utilitzant el que he anomenat com la regla de la màxima simplicitat, fonamentant-me en la mecànica de Newton per fer aquestes propostes.

*“According to this rule, if only one compound is known of two given elements A and B, the molecules are presumed to be binary (AB); if two such compounds are known, then one is binary and the other ternary (AB and A2B); if three are known, one is binary and two are ternary (AB, A2B, and AB2); if four are known, one and only one is quaternary; and so on. In brief, one always assumes the simplest formulas, i.e., those with the least possible numbers of atoms” (Rocke, 1984, p.27).*

1. **Si només coneixem un compost de dos elements donats A i B, es formarà un compost binari AB.**
2. **Si es coneixen dos compostos amb A i B, es formarà un compost terciari A2B i un de binari AB.**
3. **Si se'n coneixen tres, tindrem un de binari i dos de ternaris (AB, A2B i AB2).**

---

<sup>12</sup> Veure aquesta taula a la pàgina web. La referència és (Rocke, 1984, p.82)

4. ***Si se'n coneixen quatre, un i només un resultarà un compost quaternari.***

**Dalton:** Com veieu, sempre hem de considerar en primer lloc les fórmules que continguin el menor nombre d'àtoms possible. Com veieu, gràcies a això puc escriure el que faig, però tingueu en compte que el que vull és calcular les masses dels compostos amb els quals tracto.

A més a més, va ser el mateix Dalton qui va desenvolupar **la LLEI DE LES PROPORCIONS MÚLTIPLES (1803)** la qual deia que: *les masses d'un mateix element que s'uneix amb una massa fixa d'un altre element per formar en cada cas un compost químic diferent, estan en relació de nombres senzills.* En altres paraules, com actualment sabem podem sintetitzar diferents tipus d'òxids d'un compost (com per exemple els dos òxids de coure que existeixen). **Aquesta llei i la de Gay-Lussac van ser dues eines més per poder determinar les masses atòmiques.**

**Dalton:** Pel que fa als mètodes de determinació de les masses atòmiques, normalment utilitzo el càlcul de densitats dels gasos, però he trobat alguns casos que no acaben de tenir sentit. Suposo que s'hauran d'estudiar altres mètodes de determinació...

**Sílvia:** És a dir, que vostè primer s'imagina que hi ha unes coses que es diuen àtoms, les quals li serveixen per calcular les masses atòmiques de les substàncies i d'aquí, amb les fórmules, determina les composicions de les substàncies amb les quals treballa, no?

**Dalton:** Exacte! Canviant de tema, m'han arribat rumors que un professor jove que s'anomena Berzelius està interessat en aquest tema. Crec que vol "ampliar" aquest camp de treball utilitzant el poder elèctric de la pila de Volta en la determinació de les masses atòmiques. El coneixeu?

**Àlex i Sílvia:** N'hem sentit a parlar...

Berzelius apartaria el postulat fonamental de la teoria atòmica de Dalton i el substituïria per les interaccions elèctriques com a principal motor de la reactivitat química. També hi donaria un paper important a la llum i la calor.

### **Deficiències de l'àtom químic**

Fixeu-vos en la columna de Berzelius de la taula i compareu-la amb la de Dalton. Què passa amb l'oxigen? Per què un li dona un valor de 8 i l'altre de 16 **utilitzant la referència H=1?**

**L'any 1811, Amadeo Avogadro (Turin 1776 - Turin 1856) va enunciar la seva hipòtesi més coneguda recolzant-se en el treball de Dalton i la llei de Gay-Lussac: "Volums iguals de gasos diferents, en les mateixes condicions de pressió i temperatura, contenen el mateix nombre de molècules".**

Aquesta hipòtesi **no va ser acceptada quan va ser proposada** i aquesta és la principal raó de l'existència de la taula de masses atòmiques que us ensenyem en aquesta activitat, ja que al no acceptar això no es va poder establir una forma estàndard d'interpretar i representar les reaccions químiques.

**Per altra banda... aquest enunciat no us recorda a una magnitud que feu servir molt al laboratori – el "mol"?**

**Sílvia:** Ens sembla que ja ens ha quedat tot molt més clar. Li agraïm el seu temps, senyor Dalton.

**Dalton:** Gràcies a vosaltres. La difusió de la ciència sempre és benvinguda.

*Abandonen el laboratori de Dalton i es posen a parlar entre ells en una plaça*

**Àlex:** Crec que ara ja ho tinc tot molt més clar. Dalton elabora unes hipòtesis atòmiques a partir de la feina que ja havia fet anteriorment Lavoisier i altres científics i li dóna forma de lleis. **Totes aquestes dades van aportar dades sobre les regularitats respecte com es combinaven les diferents substàncies i/o elements químics.**

**Sílvia:** Si a mi una cosa m'ha quedat clara és que fins ara pensava que les fórmules químiques eren com una espècie de llenguatge, però ara veig que les hem de considerar més com un dels instruments més importants de l'atomisme

químic. Crec que ja podem tornar cap al museu i acabar amb aquesta primera "realitat".

**Resumint, en aquest capítol de la història hem explicat la construcció del concepte d'àtom químic que es basa en tres punts fonamentals:**

- 1. La consideració de la massa atòmica com la característica diferenciadora d'elements diferents uns dels altres, considerant les proporcions de massa fixes com l'element d'estudi de les interaccions entre aquests elements.**
- 2. Podem considerar que aquestes proporcions de massa fixes determinen la massa dels àtoms d'aquests elements? Així ho va creure Dalton. Veure la reacció química com una interacció d'àtoms ha estat el que ha articulat la visió "atomista" de la química.**
- 3. L'ús de les fórmules químiques, obtingudes per la llei de la màxima simplicitat, com a instruments de representació d'aquestes substàncies resultants del canvi químic. Per tant, la fórmula química no és el primer pas del model atòmic que us proposem... ÉS L'ÚLTIM!!**

### **VÍDEO DE L'EXPERIÈNCIA DE LA CREMA DEL FERRO**

En aquesta experiència podreu veure com es crema un fragment de llana de ferro. Si us hi fixeu, el vídeo us pregunta que feu un exercici de pensar a què correspon aquest augment de massa. Us dono una pista per que ho penseu abans de l'activitat avaluable, si no veieu res més que el ferro... què ens envolta a tots i ens és molt necessari? De què està formada aquesta "cosa"? Amb aquestes indicacions hauríeu de poder assignar aquest augment de massa

Fins aquí hem descrit l'activitat corresponent a les arrels químiques de l'àtom. Ara bé, per treure dades d'aquest diàleg se'ls hi demanarà als alumnes que contestin a la **primera tasca avaluable**, la qual consistirà en aplicar aquest enfoc "químic" de l'àtom a l'anàlisi d'una experiència on es cremarà un tros de llana de ferro, tal i com s'explica el paràgraf anterior.



## Contestar a la TASCA AVALUABLE 1

Descriviu l'experiència de la crema del ferro seguint els següents passos:

- **Expliqueu** què s'ha fet i què ha passat.
- Fixeu-vos en la interpretació quantitativa de l'experiència realitzada:

Tenim com a dades principals: 3 grams de ferro inicialment i un augment de massa de 0,25 grams degut a la "incorporació" de l'oxigen de l'aire atmosfèric.

Per tant, al final tenim una quantitat de 3,25 grams... **ara veurem de què.**

En primer lloc, hem de calcular la proporció entre l'oxigen i el ferro de dues formes: amb les dades experimentals i amb les dades tabulades (en la taula de la escena 2). Aquestes proporcions són:

- ✓ Dades experimentals: (0,25 grams O / 3 grams Fe) = (1 gram O / 12 grams Fe)
- ✓ Dades tabulades (**agafarem les dades de la segona columna de Dalton però les dues podrien ser vàlides igual**): (8 grams O / 57 grams Fe) = (1 gram O / 7,125 grams Fe)

Aquestes proporcions són significativament diferents, per tant això vol dir que tot el ferro inicial **no ha reaccionat**. Per saber quina quantitat de ferro ha reaccionat ho hem de calcular de la següent manera:

$$\frac{x \text{ grams O}}{3 \text{ grams de Fe}} = \frac{1 \text{ gram O}}{7,125 \text{ grams Fe}} \quad ; \quad x = 0,42 \text{ grams O}$$

$$\frac{3 \text{ grams Fe}}{0,42 \text{ grams O}} = \frac{y \text{ grams Fe}}{0,25 \text{ grams O}} \quad ; \quad y = 1,79 \text{ grams Fe}$$

$$3 \text{ grams Fe} - 1,79 \text{ grams Fe} = 1,21 \text{ grams Fe} = z$$

$$1,79 \text{ grams Fe} + 0,25 \text{ grams O} = 2,04 \text{ grams FeO} = t$$

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Ara escolliu la interpretació correcta per cadascuna de les variables i justifiqueu les respostes:

La x significa:

1. La quantitat d'oxigen que hauria reaccionat amb el ferro si tot el ferro inicial s'hagués transformat en òxid de ferro, segons la relació teòrica estudiada per Dalton.
2. La quantitat d'oxigen necessària per calcular la proporció teòrica entre el ferro i l'oxigen.

La y significa:

1. La quantitat de ferro que ha reaccionat respecte els 0,25 grams d'oxigen "incorporats" a la reacció.
2. La quantitat de ferro necessària perquè reaccionin els 0,42 grams d'oxigen de l'apartat anterior.

La z significa:

1. La massa de ferro no reaccionada en la reacció estudiada.
2. La massa de ferro necessària per que els 3 grams de ferro inicials reaccionin.

La t significa:

1. La quantitat total d'òxid de ferro format quan reaccionen 1,79 grams de ferro i 0,25 grams d'oxigen.
  2. La quantitat total d'òxid de ferro format en la reacció inicial.
- Podeu explicar, **amb les dades que heu vist en el càlcul**, si en l'experiència de la crema del ferro es compleix la llei de conservació de la massa que anunciava Lavoisier en el vídeo d'inici del segon capítol de la història? Per què ja no augmenta més la massa del ferro inicial?
  - Si en la teoria hem dit que Dalton va suposar que es podien considerar aquestes proporcions de massa com a proporcions d'àtoms. **Com**

**podeu interpretar el resultat de l'experiència pensant en àtoms?**

**Què us cal per representar aquestes substàncies?**

- Després del que heu vist... quina visió de l'àtom creieu que us hem intentat explicar? (Nota: expliqueu-ho amb les vostres paraules, **no copieu la teoria**)

### **SOLUCIÓ PREGUNTA 1**

- En aquesta experiència s'ha cremat un fragment de llana de ferro obtenint-se, en el mateix fragment, una substància d'un color molt més intens que el del compost original. Aquesta substància és l'òxid de ferro.
- La interpretació correcta per cadascuna de les variables és:
  - La x significa: la quantitat d'oxigen que hauria reaccionat amb el ferro si tot el ferro inicial s'hagués transformat en òxid de ferro, segons la relació teòrica estudiada per Dalton.
  - La y significa: la quantitat de ferro que ha reaccionat respecte els 0,25 grams d'oxigen "incorporats" a la reacció.
  - La z significa: la massa de ferro no reaccionada en la reacció estudiada.
  - La t significa: la quantitat total d'òxid de ferro format en la reacció inicial.
- En aquesta experiència es compleix la llei de conservació de la massa ja que obtenim la mateixa quantitat de productes que de reactius. És cabdal tenir en compte que en els reactius s'ha de considerar la massa d'oxigen calculada que reacciona o "s'incorpora" com hem dit. La massa del ferro ja no augmenta més per que hem considerat que els dos elements interaccionen amb unes proporcions de massa fixes.
- Heu d'arribar a la conclusió que teniu més àtoms de Fe que àtoms d'oxigen i que, per tant, ha quedat ferro sense interaccionar ("ha faltat oxigen").
- La visió de l'àtom que s'ha intentat transmetre està fonamentada en l'estudi de la interacció química, estudiant-ne qualitativa i quantitativament les interaccions químiques com a base de la visió atomista.

### **Explicarem el raonament una mica més en detall**

Experimentalment determinem que la relació en grams entre l'oxigen i el ferro és 1/12, però segons Dalton aquesta relació és de 1/7,125. En altres paraules, **1 gram d'oxigen correspon a 1 àtom d'oxigen (sent aquesta la massa atòmica de referència) i 7,125 grams de ferro corresponen a 1 àtom de ferro.**

Podem veure que experimentalment tenim més ferro del previst. **Segons la mentalitat atòmica**, això implica que només s'ha unit al oxigen una part del ferro. Si hagués reaccionat tot el ferro, veuríem que hauríem obtingut x grams d'oxigen (0,42 grams d'oxigen) però com que no ha passat, obtenim un excés de 0,17 grams d'oxigen.

Com que només han reaccionat 0,25 grams d'oxigen, podem calcular que y grams de ferro (1,79 grams) s'han "unit" a l'oxigen. **Per tant, segons hem dit al principi, 1,79 grams de ferro correspondrien a 1 àtom de ferro i 0,25 grams d'oxigen correspondrien a 1 àtom d'oxigen.**

### **FÒRUM "EL MOL I LA DOTZENA D'OUS"**

'El mol és la 'dotzena' dels químics' es refereix a que la quantitat d'ous s'expressa per números de dotzenes i la de les substàncies, per número de mols.

- Argumenteu sobre l'oportunitat (o no) d'aquesta analogia.
- Creieu que el 12 (dels ous) és millor que el número d'Avogadro (del mol)? Justifiqueu la resposta.

**En parlarem en detall quan arribem a l'estudi de la implementació final al grup de l'IOC.**

**Ara passarem a l'activitat de la imatge de la ciència...**

**Àlex:** Seguim avançant Sílvia... si seguim per aquest camí hauríem de trobar l'última realitat...

**Sílvia:** Caram, aquest museu sembla un laberint... anem per aquell camí, el que posa "Les imatges icòniques de la ciència"?

**Àlex:** D'acord, anem.

*Caminen uns metres i arriben a una sala que els recorda a Paris. De cop i volta senten una veu que surt del no res...*

**Veü en off:** Benvinguts, visitants, a aquesta part de la visita. Esteu al Paris de principis del segle XX. Si heu arribat fins aquí vol dir que ja heu conegut a alguns dels protagonistes principals de la nostra història. Ara us en volem presentar a uns altres de molt importants, però sereu vosaltres qui ens fareu viure la seva història.

**Àlex i Sílvia:** Nosaltres? Com?

*En aquesta activitat veureu uns vídeos. Imagineu-vos que aquests fragments i en aquest ordre han de formar part d'una pel·lícula sobre aquesta època.*

*Aquests són els vídeos que treballarem tot seguit...*

El descobriment de la radioactivitat. Els antecedents abans de Curie.

**Primer fragment** - *Antecedents de la radioactivitat*

El treball de Marie Curie en la radioactivitat. Vida personal i professional.

**Segon fragment** - *Perfil personal i professional de Marie Curie*

Aplicacions de la radioactivitat. Conseqüències positives i negatives.

**Tercer fragment** - *Aplicacions històriques de la radioactivitat*

La Segona Guerra Mundial. Les conseqüències de determinats usos del coneixement científic. El projecte Manhattan.

**Últim fragment** - *El projecte Manhattan (1939-1945)*

## **GUIA DE DISCUSSIÓ DELS VÍDEOS**

### **Primera tasca**

*Elaboreu una petita explicació amb les vostres paraules sobre cadascun dels fragments de vídeo. Seguiu aquestes preguntes en cadascun dels vídeos després d'haver-los vist com a mínim una vegada:*

#### *El descobriment de la radioactivitat*

- Com descriuríeu físicament als científics que heu vist? Fixeu-vos amb les imatges de Curie i de la caricatura, amb quina us encaixa més i per què?
- En el vídeo us parlen d'un descobriment per "casualitat". Creieu que la casualitat pot ser present en el treball d'un científic i per què?
- Com podríeu descriure el lloc de treball del científic del vídeo fixant-vos en la imatge de l'hangar?

*De què volem que els alumnes parlin en aquesta pregunta d'acord amb els nostres objectius de recerca?*

- **El qüestionament de la imatge estereotipada d'un científic:** un senyor que podem catalogar com una "ment genial" que es passa tot el seu temps tancat al seu laboratori. Normalment pensem en un senyor gran, vestit amb una bata blanca i envoltat d'instrumentació en una taula plena de llibres i papers, el més desordenats possible.
- **El qüestionament del mètode científic:** el treball dels científics no es basa exclusivament en refutar teories i hipòtesis diverses. Els científics necessiten del concurs de la imaginació, imaginació que els permetrà qüestionar-se les bases de la natura que els envolta i, en conseqüència, arribar a conèixer-la molt més a fons.

#### *El treball de Marie Curie en la radioactivitat*

- Marie Curie continua treballant després de ser mare. Què en penseu?
- Creieu que Curie fa alguna cosa mal feta mentre treballa?

### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

- Fixeu-vos en les imatges del segon bloc i en el propi vídeo. Creieu que es dona la mateixa importància a Marie Curie que al seu home?

*De què volem que els alumnes parlin en aquesta pregunta d'acord amb els nostres objectius de recerca?*

- **El problema del gènere en la ciència:** durant bona part de la història de la ciència les dones han patit una marginació més que evident en el camp científic: se'ls hi impedia formar-se com als seus companys, se'ls hi imposava un determinat rol social (normalment a casa cuidant als fills) i se'ls hi negaven els reconeixements per les seves fites, fins i tot usurpant els seus descobriments (recordem el cas de Watson i Crick).
- **La seguretat a l'entorn de treball de l'investigador/a:** Marie Curie va realitzar aportacions cabdals pel coneixement del fenòmen de la radioactivitat, però va pagar un preu extremadament alt a causa de la ignorància dels efectes secundaris de la radioactivitat.

#### *Aplicacions de la radioactivitat*

- Creieu que les aplicacions que heu vist van ser útils per a la societat? Doneu la vostra opinió (fixeu-vos en la imatge de l'ambulància radiològica).
- Compareu aquesta ciència amb la que heu vist en la part de la història referent a l'àtom químic. Quines diferències hi trobeu?

*De què volem que els alumnes parlin en aquesta pregunta d'acord amb els nostres objectius de recerca?*

- **La ciència, un producte "social":** el producte del treball científic no són un reguitzell de teories que només entenen quatre persones, normalment dins de les universitats. La investigació científica és la responsable de que puguem viure més anys i amb una qualitat de vida cada cop millor, així com va ser responsable de l'aniquilament d'unes 80.000 persones a Hiroshima i 40.000 a Nagasaki en uns minuts.

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

### *La 2na GM i el projecte Manhattan*

- Creieu que la ciència ha de tenir límits? Quins i qui els ha de posar.
- Els governs han d'interferir en la feina dels científics? Qui és el responsable del mal ús dels coneixements científics?

*De què volem que els alumnes parlin en aquesta pregunta d'acord amb els nostres objectius de recerca?*

- **L'efecte dels poders públics sobre la producció científica:** és bo o dolent que sigui el poder públic que tingui un pes preponderant en el finançament dels principals projectes de recerca? Seria millor el model privat americà o un model mixt de finançament? "La ciència" pot ser dolenta o són els seus garants els que en poden fer un mal ús? Es pot investigar sobre tot?

### **Segona tasca**

*Llisteu totes les idees importants dels vídeos a partir del resum que heu elaborat en la tasca anterior.*

### **Tercera tasca**

Ordeneu, de la més important a la menys important, les idees anteriors.

### **Última tasca**

Per acabar... quin títol li posaríeu a la pel·lícula?

**Es proposarà als alumnes contestar a aquestes quatre tasques en un dels fòrums del campus virtual IOC, sent les dues últimes tasques les quals treballarem en el procés d'anàlisi. A més a més, considerarem també les participacions dels alumnes en el fòrum "*Introduint-se en la ciència social*".**



### **Introduint-se en la ciència social**

Escolliu la resposta que considereu més adient de cadascuna de les següents afirmacions i justifiqueu-ne el per què.

Com es construeix el coneixement científic?

- Utilitzant el mètode científic com a forma de treballar inqüestionable e independent.
- Acumulant coneixement seguint el mètode científic.
- A través de la interacció amb la natura i la simple observació.
- Tenint en compte el coneixement anterior, la interacció amb el món natural i si cal sent flexible amb els mètodes de treball.

Qui fa ciència?

- Científics brillants, experimentats i homes que treballen de forma independent.
- Equips de científics que majoritàriament són homes, formats i experimentats.
- No hi ha un perfil definit de científic ja que qualssevol persona ho pot ser si en té la possibilitat i els mitjans per formar-se.

Com és la ciència?

- La ciència és un producte complex que ha d'estar en mans d'una minoria de la població que pugui entendre-la i usar-la, no importa amb quin motiu.
- Efectivament, la ciència és un producte complex que és difícil que la gent entengui totalment encara que s'ha d'intentar, ja que és molt important que la societat la conegui, encara que qui ha de dir què és fa siguin els governs.
- La ciència ha d'estar al servei de la gent per ajudar al seu benestar i contribuir a fins pacífics. Per això és fonamental que la societat estigui alfabetitzada científicament i assoleixi una responsabilitat compartida en el desenvolupament científic junt amb el govern i els experts.

**I ja per acabar parlarem de l'activitat de síntesi...**

**Pregunta 4** - *Elaboreu una presentació en PowerPoint responent les preguntes que us plantejo tot seguit (màxim una diapositiva per pregunta).*

- Dalton va descobrir l'àtom o se'l va inventar? Només va ser mèrit seu? **Expliqueu** la vostra opinió mitjançant la segona part de la història.
- *“La ciència és massa complicada per que la ciutadania l'entengui, millor que ens deixin als experts decidir què s'ha d'investigar i per què”* **Argumenteu** si esteu d'acord amb aquesta afirmació basant-vos en el que heu vist en aquesta unitat.
- Sense la participació del sector privat en la ciència, aquesta és viable? **Argumenteu** què en penseu recolzant-vos en el que heu vist en la quarta part de la història.
- Trobeu algun significat en aquesta mirada històrica que diferencia un àtom químic d'un àtom físic? **Expliqueu-ho.**

En aquesta última pregunta, segons els nostres objectius de recerca, pretenem que els alumnes siguin capaços d'argumentar correctament sobre les qüestions que se'ls hi presenten. Aquestes qüestions comprenen els punts bàsics que volíem tractar: el concepte d'àtom químic, la imatge social de la ciència i una última pregunta on demanem als alumnes si han entès el sentit d'aquesta nova aproximació que els hi hem presentat o si no ho han fet.

## Capítol 5: Implementació de la UD. Dades de la recerca i tractament de les dades

En aquest capítol de la recerca mostrarem el disseny de la UD i com, a partir d'ella, obtenim les respostes necessàries per caracteritzar aquest “àtom químic” al voltant del qual estem discutint. En el punt 5.1 exposarem la metodologia que seguirem en aquesta segona fase de la recerca i les dades per discutir-la. En segon lloc, parlarem en el punt 5.2 sobre la implementació exploratòria de les activitats cabdals per passar a discutir en el punt 5.3 sobre la implementació final al IOC. La UD ja ha estat discutida en el capítol anterior i volem recordar que en l'apartat **Dossier dels alumnes** es poden trobar les diferents maneres de poder accedir a la pàgina web de la UD.

### 5.1. Metodologia

La part cabdal de la nostra recerca es basa en la implementació d'una SEA fonamentada en la teoria didàctica actual, concretament el model de recerca en desenvolupament (**veure punt 2.2.5**). sobre la construcció del model atòmic i d'una imatge més social de la ciència que correspongui a una historiografia vàlida pel nostre propòsit (**veure punt 2.2.2**). En aquesta seqüència didàctica hem tractat:

1. Els orígens químics de l'àtom
2. Com Rutherford va construir la seva “bastida física” de l'àtom mitjançant la seva experiència més coneguda, el bombardeig de la làmina d'or.
3. La diferenciació entre els paradigmes determinista clàssic i possibilista quàntic, com a primera introducció del model quàntic de l'àtom.
4. L'aprenentatge per part dels alumnes d'una visió més social de la ciència.

Tanmateix, com ja hem dit al finalitzar el capítol 3, de tots aquests aspectes ens hem centrat finalment en el de *l'àtom químic i la imatge social de la ciència*. Primerament, vam fer un estudi exploratori de les activitats

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

corresponents a aquests dos temes en un INS d'Esparreguera (Barcelona) i, més endavant, hem realitzat la implementació final de la seqüència didàctica en un grup de Química de 1r de Batxillerat de l'Institut Obert de Catalunya (IOC). A grans trets, la **metodologia emprada és qualitativa** basada en la *categorització de les respostes dels alumnes a les activitats seleccionades amb les quals intentarem cercar relacions significatives que caracteritzin el nostre problema de les arrels químiques de l'àtom i de la imatge de la ciència.*

### **La implementació exploratòria: dades de recerca sobre la UD (I)**

**La implementació exploratòria** de les activitats de l'àtom químic i la imatge de la ciència de la UD es va fer en un grup d'una assignatura optativa de primer d'ESO anomenada "*Petites Investigacions*" d'uns 15 alumnes (durant els dies de l'estudi exploratori) i en un grup de primer de Batxillerat de Ciències del Món Contemporani (CMC) de l'INS El Cairat d'Esparreguera (Barcelona), el qual estava compost de 31 alumnes en el moment de l'estudi exploratori. Més concretament, l'activitat de la imatge de la ciència s'ha implementat en el grup de primer d'ESO i la de l'àtom químic amb el grup de primer de Batxillerat. Aquest estudi exploratori el vam realitzar entre els mesos de febrer i març de l'any 2014 i **vam seleccionar a tots els alumnes presents en aquells dies d'aquests dos grups com a mostra de treball.**

L'elecció de grups de CMC de primer de BATX i de grups de primer cicle d'ESO ha respost principalment a un criteri de disponibilitat. Aquesta elecció pot tenir un encaix en el currículum. En el cas dels grups de CMC considerem que si ens fixem en el segon objectiu general del currículum de CMC aquest diu:

*"Valorar i posar en pràctica actituds i hàbits relacionats amb el procés d'indagació, construint argumentacions amb l'ús de la simbologia, el vocabulari científic i els suports de comunicació adequats" (Decret 142/2008, 15 de juliol de 2008).*

Si anem al currículum de ciències de la naturalesa (que inclou de primer a tercer curs) ens trobem l'objectiu general número 10, que diu el següent:

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*“Reconèixer la naturalesa de la ciència i situar els coneixements científics més importants en un context històric, per comprendre tant la gènesi dels conceptes i teories fonamentals, com les interaccions entre la ciència, la tecnologia i la societat” (Decret 143/2007, 26 de juny de 2007).*

Aquest últim punt crec que el desenvolupa l'activitat de naturalesa de la ciència i, per altra banda, m'atreveixo a comentar que aquest punt està molt poc desenvolupat en la mitjana de les classes de ciències.

De les dues “versions” de la seqüència didàctica implementades n'hem seleccionat unes preguntes específiques per poder recollir les dades. Pel que fa a l'estudi exploratori considerarem en primer lloc les preguntes corresponents a l'activitat que treballa el concepte d'àtom químic **com a “massa d'interacció química”** dels alumnes que l'estudien a classe. Les diferents preguntes que s'hi van plantejar i concretament la **primera, la segona, la tercera i la última** aportaran diferents parts, diferents peces del trencaclosques que estem buscant. L'activitat ha sofert canvis importants respecte a la seva versió final (s'explicarà a l'apartat 5.2 d'aquest capítol) per poder ser aplicades en l'entorn de l'IOC **les preguntes a analitzar i no el diàleg principal**. Tanmateix, en el diàleg principal hi havia unes preguntes sobre l'experiència de la crema del ferro, preguntes que es van veure molt poc efectives en aquesta implementació i van ser millorades i detallades en la implementació final.

Va ser ben diferent a l'activitat de la imatge de la ciència, la qual es va mantenir pràcticament igual durant el procés d'adaptació a l'entorn web. El que volem dir és que aquesta activitat té un cos bàsic recolzat en el comentari d'uns vídeos sobre el matrimoni Curie i el projecte Manhattan que no s'ha alterat i les variacions entre la primera versió i la versió final no són significatives (problemes ortogràfics, de redacció...). Tot i així, en aquesta primera versió vam introduir un “pretest” anterior a aquestes preguntes, basat en unes preguntes d'un article del diari ARA sobre Einstein (principalment), però posteriorment les vam considerar repetitives (i massa “obertes” – ja en parlarem) respecte als vídeos de Curie i van ser eliminades en la versió final. Reproduïrem aquesta part eliminada en l'apartat 5.2.

## **La implementació final a l'Institut Obert de Catalunya (IOC): dades de recerca sobre la UD (II)**

**La versió final de la proposta didàctica** s'ha implementat en un grup de Batxillerat de l'IOC, del 20 de març al 8 d'abril del 2015. L'IOC és un centre d'educació 100% virtual que permet cursar diversos ensenyaments obligatoris, postobligatoris o no reglats. En el nostre cas, el nostre grup cursa una assignatura introductòria de Química dins del Batxillerat científic que utilitzen un llibre de text com a vehicle de suport a l'aprenentatge (veure descripció del llibre 11 al capítol 6)

Dins d'aquest grup de 60 alumnes hem de tenir en compte que poden coexistir perfils molt diversos: des d'estudiants que cursen el Batxillerat "quan toca" a persones ja adultes que volen completar o reprendre els seus estudis, cosa que comporta un seguiment efectiu del curs (en molts casos) força inferior al d'una classe presencial. En aquest grup en el qual hem implementat la versió final de la UD, s'ha seleccionat un grup d'11 alumnes que són els que han contestat les nostres demandes **respecte a les activitats de l'àtom químic i de la imatge de la ciència. Aquesta selecció serà la que anomenarem en l'apartat d'anàlisi la mostra final.**

Si ara parlem de la implementació final, les preguntes que vam seleccionar per poder recollir dades són les següents (el detall de les preguntes avaluable i els fòrums s'ha discutit al capítol 4):

- ✓ Pel que fa a l'àtom químic: **hem seleccionat les preguntes avaluable 1 i 4 i el fòrum "El mol i la dotzena d'ous".**
- ✓ Pel que fa a la imatge de la ciència: **hem seleccionat la pregunta avaluable 4 i els fòrums "Guia de discussió" (les tasques tercera i última de la guia de discussió) i "Introduint-nos en la ciència social".**

## **El procés d'anàlisi i tractament de les dades (I)**

Un cop que ja hem parlat d'on hem fet les implementacions de la UD, amb quins alumnes ho hem fet i quines preguntes hem escollit per recollir dades, ara **hem de veure com tractarem aquestes dades**.

El tractament de les dades de l'estudi exploratori es basarà en una aproximació qualitativa a les activitats descrites a l'apartat de la implementació exploratòria, fent servir una estratègia de categorització oberta en ambdues preguntes (àtom químic i imatge de la ciència). El tractament de les dades de cada pregunta es mostrarà després d'explicar (veure apartat 5.2) què busquem en les preguntes de l'activitat de l'àtom químic i després de reproduir la pregunta eliminada sobre Einstein de l'activitat de la imatge de la ciència.

Després, es mostraran una sèrie de taules (de la 14 a la 21) on s'hi tractaran les dades de cadascuna de les preguntes. Expliquem-ho...

- a) **Taula 14 – Pregunta sobre textos:** s'hi mostrarà la diferenciació entre el text "físic" i el text "químic", ressaltant amb colors diferents les cites que condueixen a les categories respectives.
- b) **Taula 15 – Representacions gràfiques:** s'intentarà "comentar" la resposta dels alumnes en base a la pregunta en la qual indiquem què estem explorant.
- c) **Taula 16 – Reconstrucció històrica:** a partir d'unes categories determinades a priori (seguint l'estratègia oberta de categorització) de construir la taula es comprovarà quines respostes les contenen o no.
- d) **Taula 17 – Característiques àtom químic:** en aquesta taula fem un recompte de les respostes dels alumnes, ja que ens van respondre amb llistes de conceptes sense justificar.
- e) **Taules 18 a 20 – Preguntes diari ARA:** el tractament és molt similar a la pregunta de la reconstrucció històrica.
- f) **Taula 21 – Construcció de la pel·lícula:** aquesta taula exposarà la categorització de les respostes per cadascuna de les quatre tasques de l'activitat de Marie Curie.

Un cop fet tot això, les taules posteriors resumiran els resultats d'aquesta categorització amb dues finalitats principals: **donar resposta als interrogants plantejats al principi de l'apartat (respecte a l'activitat de l'àtom químic) i plantejar les primeres vies d'actuació (envers la implementació final) respecte a l'activitat de la imatge de la ciència.**

## **El procés d'anàlisi i tractament de les dades (II)**

**El tractament de les dades de la implementació final** partirà de dos mapes de relacions provinents de les dades tractades amb el programa CAQDAS atlas.ti 7. Aquest programa ens ha permet categoritzar les dades de l'IOC i elaborar les taules de l'annex, així com els dos mapes de relacions que es veuran en unes pàgines **fent servir les cites dels alumnes com a nexes d'unió entre les diferents categories, per poder conformar la representació dels models de l'àtom químic i de la imatge de la ciència dels alumnes.** És un programa que permet treballar a prop de les dades, explorar-les amb comoditat i exportar els resultats obtinguts de forma més o menys senzilla.

Finalment, exposarem la seqüència de passos que seguirem per analitzar i tractar les dades obtingudes dels alumnes de l'IOC:

- a) Elaboració d'una taula on es trobaran les cites categoritzades de **TOTES** les respostes dels alumnes emprades en l'anàlisi. Aquesta taula referenciarà i descriurà cadascuna de les cites, **junt amb una llista posterior que les explicitarà completament**, per poder-les identificar en els mapes que descriuré tot seguit. **Es podrà consultar a l'annex.**
- b) Elaboració de mapes de relacions entre els diferents codis. Un d'ells versarà sobre **l'àtom químic** i l'altre sobre **la imatge de la ciència**. Les cites utilitzades en el primer mapa procediran de les preguntes avaluable 1 i part de la 4 i del fòrum *El mol i la dotzena d'ous* i les utilitzades en el segon mapa vindran de la pregunta avaluable 4 i del fòrum "Introduint-nos en la ciència social".



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- c) Elaboració de dues taules de doble entrada que relacionaran cadascun dels alumnes de la mostra final amb cadascuna de les categories **per cadascun dels dos mapes de relacions**.
- d) Creació de dues xarxes sistèmiques que “ordenin” els dos mapes de relacions que centren aquest anàlisi i que permetin cercar relacions significatives als punts següents.
- e) Confecció d'una taula que relaciona **els alumnes de la mostra final, les variables IC i les variables AT**.

**Variabels IC:** entendrem com a variables IC les cinc categories de la xarxa sistèmica referent al mapa de la imatge de la ciència (veure apartat 5.3), que agrupen les diferents categories del mapa de relacions corresponent: **MET** (metodologia), **CON** (coneixement), **CIENT** (científic), **CIU** (ciutadania) i **PUB** (poder públic).

**Variabels AT:** una de les conclusions que seran més rellevants del mapa de relacions de l'àtom químic és que existeixen dues zones perfectament delimitades (que s'explicaran en la discussió). Doncs bé, aquestes zones s'anomenaran **EXPERIMENTACIÓ (E) I REPRESENTACIÓ (R)**, sent aquests dos noms les variables AT.

- f) Un seguit de taules que indiquen l'**evolució de cadascuna de les variables IC front a les variables AT**. En altres paraules, es pretén veure què passa quan augmenta el valor de cadascuna de les cinc variables IC.
- g) Una discussió sobre l'**adequació a la taula del punt e)** de les **activitats de la guia de discussió de vídeos** de la UD (veure l'apartat següent).
- h) Un **anàlisi de l'argumentació emprada pels alumnes al respondre la qüestió plantejada en el fòrum del mol**, on se'ls hi demanava que es posicionessin respecte a la idoneïtat (o no) d'una metàfora entre una dotzena d'ous i el mol.
- i) Una **comprovació del grau d'incert dels alumnes en el test proposat en la pregunta avaluable 1** – corresponent a la quantificació de l'experiència proposada – i la **comprovació de si existeix o no alguna relació amb les variables AT**.

## **5.2. Resultats i discussió de la implementació exploratòria de la UD**

En aquest apartat tractarem l'estudi exploratori de la UD fet a l'INS El Cairat d'Esparreguera (Barcelona). Tot seguit explicarem la primera versió de l'activitat dedicada a les arrels químiques de l'àtom i també la dedicada a la imatge de la ciència. Com hem explicat a l'apartat de metodologia, l'activitat de les arrels químiques de l'àtom és la que ha sofert un canvi més substancial, en la seva versió final, respecte a aquesta primera versió (canvi que explicarem tot seguit). Tinguem en compte que tractarem les dades de recerca (I).

En la primera versió, proposavem un seguit de preguntes en l'activitat de l'àtom químic per intentar establir diferències entre un àtom químic i un àtom físic. Aquestes preguntes van ser desestimades a la versió final de la UD degut als condicionants de l'IOC, que exigia plantejar preguntes no tant obertes.

### **L'àtom i la química, una estranya parella?**

**Primera pregunta:** Llegiu els dos fragments següents. Quin "assignaríeu" a la visió dels àtoms d'un químic i quin a la visió d'un físic i per què?

#### **Una breve historia de casi todo de Bill Bryson (2003)**

Mientras Einstein y Hubble desvelaban con eficacia la estructura del cosmos a gran escala, otros se esforzaban por entender algo más próximo pero igualmente remoto a su manera: el diminuto y siempre misterioso átomo.

El gran **científico** del Instituto Tecnológico de California, Richard Feynman, dijo una vez que si hubiese que reducir la historia científica a una declaración importante, ésta sería: «Todas las cosas están compuestas por átomos» Están en todas partes y lo forman todo. Mira a tu alrededor. Todo son átomos. No sólo los objetos sólidos como las paredes, las mesas y los sofás, sino el aire que hay entre ellos. Y están ahí en cantidades que resultan verdaderamente inconcebibles. **Todos estos átomos interaccionan entre sí y estas interacciones son las causantes de la existencia de lo que nos rodea.**

**Podem veure els àtoms? de Claudi Mans i Teixidó (2009)**

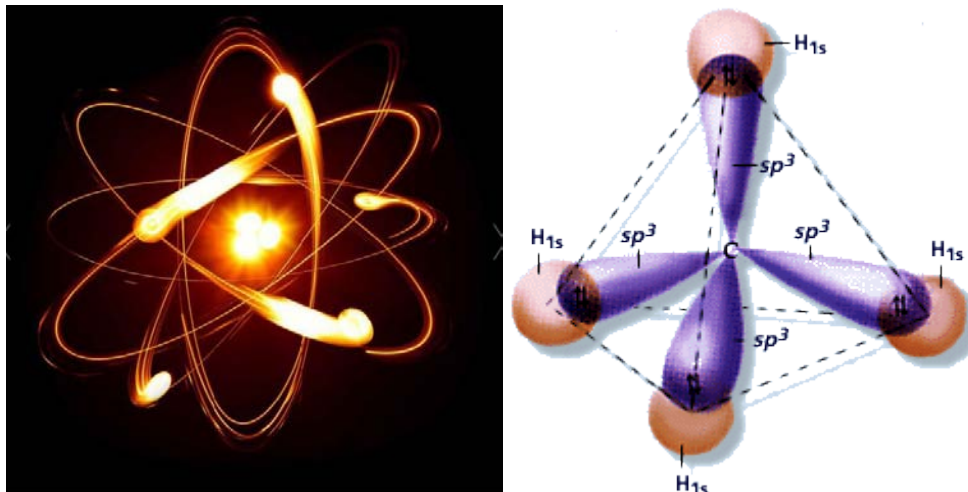
- Jo no. Començo a tenir pèrdua de visió.
- No diguis bajanades. La pregunta no te la feia a tu, sinó al gènere humà. Es poden veure els àtoms?
- Que no sóc del gènere humà, jo?
- Evidentment. Però la pregunta, repeteixo, és genèrica. Els àtoms, són una realitat observable?
- Home, si estan molt lluny no. Són petits, i si te'n separen, deixes de poder-los apreciar. En això passa com amb els vaixells: quan s'allunyen, entre que es fan petits i la curvatura de la Terra, se t'esfumen.
- Em sembla que no m'agafes seriosament la pregunta. El que vull dir, repeteixo, és si els àtoms són una realitat física observable. T'ho dic per segona vegada.
- Es poden veure els àtoms? Amb els nostres ulls, vull dir.
- Sembla que no. Són molt petits.
- I amb un microscopi molt potent?
- Doncs no. Ni amb un microscopi potent». M'equivoco?

***Quan parlem d'àtom químic, els alumnes entenen el matís "químic"?***

Aquesta pregunta està plantejada per una raó fonamental: una de les idees més fortes contra les que volem combatre és que **l'àtom de la química és una partícula que algú ha vist**, principalment construït des de teories físiques. Si els alumnes no són capaços de delimitar clarament els camps i radis d'acció de la física i la química, hi ha una probabilitat més alta que relacionin aquesta idea "física" amb la química. Això comportaria la "coexistència" de dues idees centrals per la comprensió de l'àtom que no serien complementàries, portant-nos problemes en l'estudi final. **En resum, aquesta pregunta proposa la lectura de dos textos per veure si els alumnes són capaços d'establir diferències entre un àtom químic i un àtom físic.**

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Segona pregunta:** Als àtoms se'ls pot representar amb diferents classes de símbols (boles, conjunts de lletres, diferents colors...). Què creieu que tenen a veure aquests símbols diferents **realment** amb l'àtom?



***A quin nivell de concreció són capaços d'arribar els alumnes al “llegir” els símbols relacionats amb l'àtom?***

Aquesta pregunta vol treballar el concepte de representació simbòlica dels alumnes i veure si realment aquest reafirma la idea de l'àtom – partícula i ens mostra que per ells la simbologia és la base de la seva concepció de la matèria. A partir d'aquesta constatació seria un objectiu primordial reorientar aquesta activitat per fer veure a l'alumne que la simbologia és una eina necessària, però no suficient per entendre l'àtom químic que requeriria també d'una aproximació experimental. En altres paraules, hem de posar la primera pedra per que l'alumne es qüestioni la idea de la formulació – gramàtica.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**Tercera pregunta:** Imagineu que sou un/a “professor/a de química” en una “escola” de mitjans del segle XIX. En aquella època l'àtom era **una hipòtesi de treball** per part dels científics (no tots hi creien). Tot i això, es coneixia la Taula Periòdica, els símbols dels diferents elements, les fórmules i les equacions químiques. Un alumne us demana que li expliqueu què és l'àtom, què li respondríeu?

***Serà útil l'ús de les èpoques històriques com a context per l'activitat?***

Estem parlant tota l'estona que l'ús del diàleg inspirat en l'època en la qual van viure Lavoisier i Dalton serà un recurs útil per millorar l'aprenentatge de l'àtom. Doncs bé, amb aquesta prova volem obtenir una indicació sobre si anem pel bon camí fent aquesta hipòtesi i ho sabrem si aquesta pregunta és capaç d'eliminar “interferències” no desitjades (categories referents a l'àtom **com una partícula amb “poders” físics**).

**Última pregunta:** Quines creieu que són les característiques més importants dels àtoms pels químics?

***Quines variables fan servir els alumnes, un cop ja implementada l'activitat, per descriure aquest àtom “químic”?***

***Aquestes idees s'assenten sobre un constructe teòric coherent?***

En aquesta pregunta final de síntesi de l'activitat volem que els alumnes responguin a la primera pregunta d'aquest quadre. Volem veure si aquesta resposta ens pot donar la confirmació definitiva que aquesta activitat va per bon camí i, molt important també, veure si la idea de l'àtom – partícula coexisteix amb el nostre àtom químic.

Cadascun d'aquests requadres conté **què estàvem buscant amb cada pregunta o, en altres paraules, què volíem comprovar amb cadascuna de les preguntes.**

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Seguidament, reproduïrem la primera part de l'activitat de la imatge de la ciència, la qual va ser eliminada en la versió final de la UD per la mateixa raó que hem comentat abans en el cas de l'activitat de l'àtom químic, a causa de que eren preguntes massa obertes. També, tot s'ha de dir, per que vam veure que podien resultar repetitives amb la part de la construcció de la pel·lícula de Marie Curie.

*Benvinguts a aquesta sessió on intentarem entendre què són, què fan i com podem entendre a aquestes persones, a vegades tant “particulars”, que coneixem com a científics. En aquest taller parlarem d'una de les èpoques més trepidants del segle XX, tant social com científicament, com és el temps de la Segona Guerra Mundial i el període de postguerra.*

*Per començar, llegirem un petit fragment adaptat d'una notícia del diari ARA sobre una de les ments més importants del segle XX, Albert Einstein.*

### **Einstein i Chaplin s'admiraven mútuament**

Mònica L. Ferrado

Les teories d'Einstein van adquirir fama d'incomprensibles. **Ho va fomentar la premsa.** Per exemple, el primer periodista del *New York Times* que el va entrevistar era especialista en golf i va posar en boca del físic que al món només l'entenien 12 persones. Una altra anècdota n'il·lustra la fama. El 1931 va coincidir amb Chaplin a l'estrena de la pel·lícula *Llums de la ciutat*. El físic li va dir: “Admiro el seu art universal, tothom l'entén i l'admira”. Chaplin li va respondre: **“El que vostè fa encara és més digne de respecte: tothom l'admira i pràcticament ningú l'entén”.**

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*Un cop llegit aquest text, pensem...*

- a) Referint-nos a l'última frase de Chaplin... si ningú entenia a Einstein, per què creieu que es va convertir en un científic tan conegut i respectat?
- b) "Ho va fomentar la premsa"... Quin paper creieu que tenen els mitjans de comunicació de masses en la difusió de la ciència (sobre qui són els científics, què fan i com es fa servir el que creen)?
- c) Imagineu-vos que podeu "crear" a un científic. Quina en seria la recepta?

Ara passarem a mostrar el tractament de les respostes a cadascuna de les preguntes, tant de l'activitat de l'àtom químic com de la imatge de la ciència (la qual hem de recordar que no hem explicat la part de la "construcció de la pel·lícula) ja que no ha canviat significativament fins la seva versió final). Després, explicarem els resultats per cadascuna de les preguntes.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 14:** Primera pregunta de l'activitat de l'àtom químic - TEXTOS<sup>13</sup>

Resposta	Cita	Categoria
1	El primer fragment l'assignaria a un físic perquè té una visió més general a l'hora d'explicar que és un àtom. Posa exemples de temes més amplis. L'altre fragment no sabria assignar-lo a un físic o a un químic, perquè això ho poden dir els dos.	Física – Estructura atòmica
2	Diria que el primer text està escrit per un químic perquè parla directament de la matèria, els àtoms com a unitat fonamental. Però com sé que Richard Feynman és un físic i és ell qui ho diu, vol dir que està escrit per un físic. Tot i que podria haver estat un químic que simplement apunti les paraules d'un físic, per això pot ser confús. El segon text diria que ho ha escrit un físic perquè es qüestiona més aviat sobre la forma dels àtoms més que per com actuen. El cert és que, malgrat l'estructura de l'àtom s'estudiï més en la part de química, la física hi té molt a veure en aquest aspecte ja que les forces, estudiades a física, formen un paper fonamental per a la unió d'aquestes partícules que formen l'àtom.	Química – Unitat fonamental Física – Estructura atòmica
3	El primer text es refereix a la visió d'un físic, ja que parla dels àtoms en el sentit de que és tot el que ens rodeja i van ser els causants del que ens va formar (parla també d'una mica de l'inici de tot) i al segon text és la visió d'un químic ja que tracta esbrinar com són els àtoms per poder-los estudiar (ja que ho acostumen a estudiar els químics).	Física – Unitat fonamental Química – Estructura atòmica
4	Diré que el primer fragment fa referència a un punt de vista químic, ja que en l'última frase parla d'interaccions entre àtoms que entenc per reaccions entre ells. I el segon faria referència a un	Química – Interacció Física – Estructura atòmica

<sup>13</sup> Les cites de color blau corresponen a les categories "Física" i les de color verd a les categories "Química"



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	punt de vista físic perquè d'alguna manera estan estudiant l'àtom.	
5	El primer text a un físic perquè descriu l'àtom com allò bàsic que forma la matèria. El segon text seria d'un químic perquè entre en com és un àtom, i el podem veure, l'observació d'un àtom, etc. I seria una qüestió més química, l'estudi de l'àtom. Per altra banda, el primer text parla sobre com les intervencions entre àtoms defineixen el material i això també seria química.	Física – Unitat fonamental Química – Estructura atòmica Química - Interacció
6	El primer text l'assignaria a un químic, perquè per els químics lo important és saber com reaccionen els àtoms al combinar-se, mentre que els físics volen saber la composició de la matèria, llavors assignaria el text 2 a un físic.	Química – Interacció Física – Composició de la matèria
7	Crec que el primer està escrit per un químic i el segon per un físic. Perquè el primer parla d'interaccions dels àtoms (reaccions) i el segon els observa més com un objecte que com una cosa amb capacitat de reaccionar.	Química – Interacció Física – Unitat fonamental
8	Al primer text li assignaria la visió d'un químic, ja que estudia la composició dels objectes i fa al·lusió a les reaccions que els formen. També es veuen dades físiques, però tant químics com físics han de tenir una base de l'altre matèria per estudiar la seva.	Química – Interacció i composició matèria
9	Al segon text li assignaria la visió d'un físic degut a la justificació de la mida dels àtoms i el raonament que es fa per respondre a la pregunta.	Física – Estructura atòmica
10	No contesta	
11	El primer text està explicat amb la visió d'un físic ja que vol explicar com es forma el món físic. Explica que tot són àtoms i interaccionen entre ells i té una visió del que ens rodeja i no un sol àtom. El segon en canvi és la visió d'un químic perquè no es fixa en tots els àtoms sinó en un. Fa preguntes d'un sol àtom i li interessa veure'l.	Física – Interacció Química – Estructura atòmica
12	Personalment, crec que el primer text fa referència a la física, ja que parla de que els àtoms són	Física – Interacció

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	els que donen existència a cada cosa amb les interaccions entre ells. Per contrari, diria que el segon fa referència a la química ja que es pregunta si realment l'àtom existeix ja que no el podem veure ni amb un microscopi. Tot això em fa pensar en l'estudi de l'àtom sense poder-lo veure, la seva estructura, etc.	Química – Estructura atòmica
13	Penso que el primer text que he llegit fa referència a un físic i el que he llegit en segon lloc fa referència a un químic. Diria això perquè en el primer text, l'autor agafa a grans representants de la física.	Altres
14	El primer fragment de Bill Bryson, l'assignaria a la visió de l'àtom des del punt de vista químic, ja que parla de l'àtom com la matèria que forma tot el que podem i no podem veure. En el segon fragment ens fa dubtar sobre la realitat d'observació de l'àtom; és a dir, a simple vista (ull nu), els àtoms són imperceptibles, i ni tan sols amb un microscopi potent, arribarien a observar veritablement l'àtom. Sabem que l'àtom està compost per protons, neutrons i electrons, però realment els hem observat aquests últims? Sabem que hi són. Crec que és un fragment des del punt de vista físic. L'àtom és l'estructura formada per protons i neutrons en un nucli, i per electrons rotant al voltant d'aquest. Realment hem observat aquest conjunt? És a dir, hem observat un nucli amb protons i neutrons i al seu voltant unes partícules, electrons, movent-se el·lípticament al voltant del nucli?	Química – Unitat fonamental Física – Estructura atòmica
15	El primer text el relacionaria més amb un físic, perquè relaciona més l'àtom amb els objectes que ens envolten i de què estan fets aquests. En canvi el segon diria que és d'un químic ja que es centra més en l'àtom i en la seva estructura a nivell més macroscòpic.	Física – Composició matèria Química – Estructura atòmica
16	Al primer text li assignaria la visió d'un químic per la última frase subratllada en negreta ja que diu que els àtoms es relacionen entre si formant tot el que ens rodeja, és això el que estudia la	Química - Interacció

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	química.	
17	Jo assignaria a la visió d'un àtom d'un físic a la primera història, ja que surten científics físics, però a la vegada les dos històries per a mi tenen més una visió de l'àtom d'un químic. La primera seria la visió d'un físic ja que fa referència a 3 dels millors físics que han hagut des de fa molts anys. El segon text té un punt de visió d'un químic ja que es centra més en l'àtom, la seva estructura, la seva visió...	Química – Estructura atòmica
18	No podem veure amb exactitud un àtom, però tot el que ens envolta està compost per ells, així que veiem àtoms per tot arreu.	Química – Unitat fonamental
19	El primer fragment l'assignaria a la visió dels àtoms d'un físic i el segon fragment a la d'un químic. A primera vista la primera explicació és el fet de que l'autor del segon fragment és un químic. Encara que aquest raonament no sigui determinant és una idea per la qual cal començar. La raó en la que hem baso és que el segon fragment vol saber com són els àtoms, la seva estructura, i el segon explica l'existència de l'àtom físicament en el nostre ambient, al nostre entorn.	Química – Estructura atòmica
20	Assignaria a la visió d'un químic el primer fragment. En el text de Bill Bryson es fa referència a les interaccions entre àtoms i les conseqüències d'aquestes que serien les reaccions químiques, per tant, dona una visió química.	Química - Interacció
21	El primer text em sembla físic perquè parla de físics, com Einstein i Hubble, però també em sembla químic perquè intenta entendre l'àtom com funciona i el per què. El segon text no em sembla res perquè em sembla des del meu punt de vista una mica absurd.	Química – Estructura atòmica
22	El primer text és químic ja que profunditza molt en l'àtom, relacionant-lo amb la matèria i parlant de reaccions. També fa referència a que tot està compost per àtoms. En canvi el segon text és físic ja que per definir la grandària de l'àtom utilitza comparacions de distàncies i també parla de	Química – Composició matèria i interacció Física – Estructura atòmica

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	l'ull, concepte que podem relacionar amb el tema d'òptica de física.	
23	El primer text crec que és la visió d'un químic ja que parla molt concretament del concepte d'àtom i de la seva funció principal. També perquè, segons el text, l'àtom és una de les coses més importants de tot el que som i el que ens rodeja. El segon text és més la visió d'un físic ja que parla d'un concepte molt general i es pregunta si es pot veure o no a simple vista. A més, compara l'àtom amb un vaixell quan s'allunya del mar.	Química – Composició matèria i estructura atòmica Física – Unitat fonamental
24	Per a mi els dos textos estan extrets d'un físic ja que en el primer ens explica el món com un lloc físic, on gràcies als àtoms existeix aquest i en el segon ens parla si poden veure físicament un àtom però com que és tant petit és impossible.	Física – Unitat fonamental
25	El primer text és químic. El segon text és químic perquè al dir "com són" els àtoms jo ho relaciono amb els models atòmics i em sona més a química.	Química – Estructura atòmica
26	El primer text és d'un físic ja que ho explica d'una manera més professional, en canvi el segon és d'un químic perquè pretén explicar un tema de forma més entenedora (amb un diàleg). Els químics sempre es basen en pràctiques per explicar alguna cosa. En canvi la física és més problemes.	Química - Pràctica
27	Creo que el primer text correspon a la visió d'un químic, ja que ens diu que tot el que veiem està format per una interacció entre àtoms. Mentre que el segon text correspondria a la visió d'un físic doncs es preocupa per saber com són: fa una referència més a la seva estructura i no parla en cap moment de reaccions.	Química – Interacció Física – Estructura atòmica
28	El primer text forma part d'una visió química ja que profunditza més a l'interior de la matèria mentre que la segona és la física ja que com podem observar té una visió més de l'exterior que no pas del seu interior i de què està format.	Química – Estructura atòmica
29	El primer text l'assignaria a un químic, tot i que no ho tinc molt clar i penso que podria ser d'un	Química – Unitat

*Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència*

	<p>físic. Però tot i això crec que pertany a un químic ja que aprofundeix, dona importància al fet de que allà on mira hi ha àtoms, que els àtoms estan a tot arreu. El segon text l'associaria a un físic (tot i que també penso que perfectament pot ser d'un químic), això és perquè parla més a nivell de mida, no aprofundeix tant com l'altre a explicar per on estan, sinó si els podem veure a simple vista o no, es basa en la mida.</p>	<p>fonamental Física – Estructura atòmica</p>
--	---	---

**Taula 15:** Segona pregunta de l'activitat de l'àtom químic – REPRESENTACIONS GRÀFIQUES

<b>Resposta</b>	<b>Enunciat</b>	<b>Comentari</b>
1	La figura 1 està més centrada en un sol àtom. Té el nucli, els electrons i les òrbites, però no en diu res. La figura 2 es centra en un compost químic i mostra els enllaços entre cada component i els orbitals. És més “real” a com es veurien els àtoms.	El que trobo més rellevant d'aquesta resposta és quan equipara l'estructura del metà amb la “realitat” dels àtoms
2	Totes dues representacions fan referència, una a l'estructura de l'àtom i l'altre a l'estructura d'una molècula. Totes dues són representacions simbòliques del que podria ser la forma d'aquests però només són un esquema del que podrien ser realment. Com que els àtoms i les molècules són tant petits no podem verificar aquests models per observació sinó mitjançant experiments que puguin atribuir algun aspecte nou a la seva estructura.	Aquesta resposta ens incideix en la necessitat de la verificació experimental per poder determinar els models atòmics
3	La primera imatge ens representen els orbitals i al centre el nucli ou, podem veure senzillament, la seva estructura d'un àtom, on podem diferenciar el nucli, els orbitals i els electrons. En la segona imatge, podem veure amb el model de boles tancades una representació d'un àtom, format per diferents elements, representats diferents, per diferenciar, on les línies entre ells són els enllaços que s'estableixen.	Aquest alumne ens ofereix una descripció de les diferents imatges, amb alguns errors com la confusió entre orbitals i òrbites o pensar que el segon dibuix és un àtom i no una molècula.
4	En el primer, es representa una estructura molt bàsica de l'àtom amb un nucli (bola negra) i una escorça (boles blanques i	El més rellevant d'aquesta resposta és que l'alumne veu que aquesta representació és una forma de visualitzar una

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	<p>el·lipses). En el segon, cada lletra està representant un àtom diferent. Aquests diferents símbols intenten explicar esquemàticament com és un àtom, encara que en la realitat no m'ho puc imaginar de la mateixa manera. Pals i boles i lletres no poden confeccionar la matèria, perquè això són símbols que ens hem inventat nosaltres. Els dibuixos ens donen una idea de com podria ser.</p>	<p>hipòtesi sobre com és un àtom</p>
5	<p>Les dues imatges no representen un àtom literalment amb fidelitat. El que ens volen dir aquestes imatges és la dispersió dels àtoms en l'espai o de la dispersió dels electrons, nucli, etc. de l'àtom. Tenen a veure una mida representativa en comparació a la seva companya, en mida. I els enllaços, bé les línies, per representar com quedaria l'estructura u òrbita.</p>	<p>“Aquestes imatges no representen l'àtom amb fidelitat” o un altre forma d'expressar que aquestes imatges són models d'una realitat que no es pot observar</p>
6	<p>En el primer dibuix la bola central representa el nucli de l'àtom, és a dir, tots els àtoms tenen aquest nucli amb el que formen tot. A més estan formats per unes boletes més petites, els electrons i les línies que són els orbitals. Amb aquest dibuix es vol representar i des de forma bàsica que tots els àtoms tenen aquesta forma. En el segon dibuix, els àtoms són les boletes i les línies són els enllaços que formen entre si. Amb aquest dibuix es vol representar que tot el que veiem i el que no podem veure és un conjunt d'àtoms units entre ells.</p>	<p>Aquest alumne només ens descriu el que veu i només reforça la idea d'unitat fonamental que ha aparegut en la pregunta anterior</p>

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

7	En aquesta imatge veig una manera d'explicar com es posicionen els àtoms d'una molècula en l'espai utilitzant boles amb el símbol atòmic per representar els àtoms, mentre el símbol representa l'àtom central i les ratlles dibuixen la forma que té tridimensionalment.	Descripció tridimensional de la geometria molecular
8	Interpreto que l'àtom de carboni està subjectant els quatre àtoms d'hidrogen que hi ha al voltant. Cada hidrogen també és subjectat pels altres tres i les línies que els subjecten tenen tots la mateixa longitud. Així formen una piràmide amb l'àtom de carboni al centre com si estigués tancat en una presó del qual no pot sortir.	Descripció "personificada" de la geometria molecular del metà.
9	Jo crec que la primera imatge representa el moviment dels electrons al voltant del nucli de l'àtom ja que sabem que estan en constant moviment. La segona imatge pot representar la perfecte estructura fent diferència entre el nucli i els diferents electrons. Personalment, si el representen així a l'àtom es per poder fer-nos a la idea del que és un àtom tot i que és possible que no sigui així.	Èmfasi en que aquestes representacions són models que representen la realitat.
10	Penso que són símbols que amb el temps s'han anat creant per poder imaginar l'estructura dels àtoms. No sols les seves geometries sinó que també hi ha símbols que representen diferents orbitals, on giren electrons i es produeixen canvis d'energia. És molt més senzill tenir un model per imaginar-te i poder estudiar els àtoms en aquest cas ja que aquests no es	Èmfasi en que aquestes representacions són models que representen la realitat.



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	poden veure diàriament.	
11	Penso que són símbols que amb el temps s'han anat creant per poder imaginar l'estructura dels àtoms. No sols les seves geometries sinó que també hi ha símbols que representen diferents orbitals, on giren electrons i es produeixen canvis d'energia. És molt més senzill tenir un model per imaginar-te i poder estudiar els àtoms en aquest cas ja que aquests no es poden veure diàriament.	Èmfasi en que aquestes representacions són models que representen la realitat.
12	El que tenen a veure aquestes formes amb l'àtom, respecte a la figura 1, són els electrons girant el·lípticament al voltant del nucli, i al centre, l'hipotètic nucli. Els àtoms estan representats amb boles perquè els electrons que giren al voltant formant òrbites.	Descripció tridimensional de la geometria molecular
13	En la imatge 2 podem veure l'estructura a nivell més químic i l'espai que ocupa tridimensionalment. Podem veure la simbologia i com estan col·locats. En la imatge 1 veiem d'un altra manera, podem veure les òrbites que fan els elements. És també una visió més espacial.	Descripció tridimensional de la geometria molecular
14	Aquests dibuixos són un intent de representar la realitat i poder estudiar-la, però realment són diferents.	Èmfasi en que aquestes representacions són models que representen la realitat.
15	Aquests diferents símbols són una representació de l'àtom a com són en realitat, realment, jo crec que tenen a veure aquests diferents símbols amb les característiques que contenen cada part	Èmfasi en que aquestes representacions són models que representen la realitat.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	d'ell, com per exemple la forma dels orbitals, els nuclis etc. (representació de la figura 1). En la segona figura és la característica en la forma de col·locació dels símbols i les seves propietats.	
16	Cada símbol fa referència a diferents parts de l'àtom, per exemple, en el primer la bola negra fa referència al nucli, les línies de diferents colors fan referència als diferents orbitals de la molècula, i les boles que estan juntament amb els orbitals són els electrons que rodegen l'àtom. En la segona, cada boleta representa un diferent compost i estan units.	Descripció tridimensional de la geometria molecular
17	Les dues figures són el mateix compost però en forma diferent, la segona figura en forma piramidal i la primera descriu en quin nivell estan.	Aquest alumne descriu les dues imatges com la representació del mateix compost.
18	La segona fotografia representa una molècula formada per àtoms i la segona fotografia representa un àtom. Els científics no han vist mai un àtom, però si que són capaços, mitjançant experiments d'intuir com és un àtom. Les boles representen una regió de l'espai, no un punt determinat, les línies expressen moviment o distància.	Èmfasi en que aquestes representacions són models que representen la realitat.
19	La bola central és el nucli de l'àtom després estan els orbitals amb els electrons dins d'ells. La segona representa una molècula amb tots els seus elements.	Descripció tridimensional de la geometria molecular

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

20	Cada símbol representa l'àtom, però com moltes coses a la vida, hi ha moltes maneres de veure o interpretar les coses. Ja sigui la religió, una persona... Doncs aquests dos dibuixos són dues de les representacions de l'àtom des de dos punts de vista diferents.	Aquest alumne descriu les dues imatges com la representació del mateix compost a nivells "de zoom" diferents
21	Crec que les línies construeixen la unió entre àtoms tot i que no crec que siguin tant perfectes. Els colors dels àtoms serveixen per diferenciar-los. La mida de les boles suposo que va en relació a la grandària de l'àtom. Els electrons que hi ha en les òrbites es representen de tal manera que sembli que donen voltes al seu voltant. El nucli està al centre ja que és la part més important de l'àtom.	Descripció tridimensional de la geometria molecular
22	La figura 1 representa l'estructura atòmica d'un àtom amb les seves òrbites i els seus electrons orbitant al voltant del nucli. En la figura 2 podem veure un compost (metà) on hi ha 5 àtoms, 4 iguals (H) i 1 de diferent (C), de diferent grandària i característiques que estan units per mitjà d'enllaços químics. Formen una estructura tridimensional.	Descripció tridimensional de la geometria molecular
23	Els símbols tenen a veure amb l'element. Si en l'estructura és del metà, els símbols que s'escriurien són els del carboni i l'hidrogen. I es dibuixarien els diferents enllaços que els uneixen. I l'altre estructura veuríem les òrbites que té l'àtom. Tots aquests símbols caracteritzen l'àtom.	Descripció tridimensional de la geometria molecular

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

24	El primer símbol correspondria a la estructura d'un àtom mentre que el segon únicament representa com poden interaccionar uns amb els altres i la seva disposició en l'espai.	Descripció superficial de la geometria molecular
25	La primera foto és la manera més clara de veure els àtoms de manera general, en la primera foto està més generalitzada i d'aquesta manera qualsevol persona pot ràpidament relacionar-la mentre que el segon ja s'ha de tenir més coneixements per saber què és.	Aquest alumne descriu aquestes imatges com dos nivells d'aproximació a la imatge de l'àtom: un més general i un més concret i "científic"

**Taula 16:** Tercera pregunta – RECREACIÓ HISTÒRICA

<b>Resposta</b>	<b>Enunciat</b>	<b>UF</b>	<b>DV</b>	<b>IN</b>	<b>MA</b>
1	L'àtom és la part més petita de la matèria. Imagina't que talles una poma per la meitat. El que fas és separar els àtoms d'aquesta poma.	X	X		
2	L'àtom és una partícula indivisible però el cert és que està format per unes partícules més petites encara que fan que tingui una massa i una càrrega (si es tracta d'ions). Aquestes són els electrons, els protons i els neutrons. La taula periòdica està ordenada segons aquesta massa i el nombre d'electrons i això fa que hi hagi tants elements. El fet que hi hagi reaccions químiques és degut a que aquests àtoms s'ajunten per esdevenir estables amb els altres àtoms, formant molècules.		X	X	
3	Un àtom és una hipòtesi que estem treballant els científics més avançats, en el que es creuen que és indivisible, i que es diferencien entre ells per la seva grandària i per la seva massa atòmica, com és que està ordenada la Taula Periòdica actualment.				X
4	L'àtom és la part més petita per la qual es forma la matèria, els àtoms són substàncies pures ordenades segons les seves masses atòmiques.	X			X
5	Un àtom és un element. Els elements creen la matèria. Cada element té una grandària diferent i per això es poden distingir els diferents àtoms i tenen propietats diferents. És indivisible i la unió d'aquests forma la matèria.			X	X
6	Estic 100% segur que si agafem qualsevol cosa i la partim per la meitat les vegades que calguin, arribarem a un tros molt petit d'aquella cosa que serà indestructible.		X		
7	L'àtom és tot, tots els objectes, líquids, gasos, etc. Els àtoms ho formen tot. En la TP veiem els diferents elements que hi ha al món. Aquests estan formats per àtoms que, com els enllaços químics, els àtoms s'uneixen entre ells i creen tots els compostos que coneixem. Per tant podem dir	X		X	

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	que l'àtom és la part més petita de la matèria i tot està format per aquests àtoms, que poden ser de qualsevol element químic de la TP.				
8	Bé, l'àtom és una petita bola que hi ha a tots llocs. Són tant petites que no es poden veure a simple vista però si s'ajunten molts formen tot el que veus.	X		X	
9	L'àtom és la part més petita e indivisible que existeix, aquesta forma diferents compostos. Els àtoms es diferencien per grandària, cadascun té unes característiques diferents.	X		X	X
10	Un àtom és una esfera indivisible i immutable, igual en tots els seus elements. Un àtom explica o permet explicar la composició de la matèria que ens envolta ja que entre ells s'uneixen i formen les diferents estructures del món que ens envolta.	X		X	
11	És una esfera minúscula que es troben a la natura, que es poden combinar entre si. Hi ha de diferents tipus, són imperceptibles a ull nu.			X	
12	Li respondria que encara no se'n saben moltes coses de l'àtom però que alguna cosa li podria explicar com per exemple que l'àtom és indivisible i que és la unitat més petita. També que els elements de la taula periòdica no estan ordenats a l'atzar sinó que estan ordenats segons la massa atòmica.	X			X
13	L'àtom és la unitat més petita de la matèria, ho forma tot, és massís, imperceptible, i no es pot dividir en subunitats més petites i entre els àtoms no hi ha res. el que diferencia un àtom d'un altre és la seva grandària, i així es poden classificar en la Taula Periòdica. Es poden relacionar. L'àtom és la partícula més indivisible, però avui en dia necessitem més coneixements per poder explicar i saber l'àtom, així que com diria Sòcrates jo sé que no sé res.	X		X	X
14	Un àtom té diferents pesos, per això es poden diferenciar uns dels altres, també poden igualar-se equacions i així saber quines són aquestes masses. És la unitat més petita de la matèria, és	X			X

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	indivisible, no es pot veure a simple vista.				
15	L'àtom és una molècula que forma tot el nostre entorn i que és el causant de les diferents masses de les coses. És un element indivisible i que no el podem veure.	X			X
16	Un àtom és la unitat més petita existent. Constitueix la matèria i són indivisibles.	X			
17	És la matèria més indivisible que es pot trobar i encara no s'entén el seu funcionament, s'està investigant.	X			
18	Un àtom és com milions i milions de granets de sorra diminuts, tant que no ho podem veure a simple vista però és així. N'hi ha de càrrega positiva i de càrrega negativa. Això és com la vida que hi ha coses bones i dolentes, és així. Com s'equilibra l'univers.			X	
19	Els objectes que veus, la taula, una casa, un moble... estan formats per unes partícules molt petites que no podem veure a simple vista. Totes aquestes partícules s'ajunten entre elles i aleshores és quan veiem els objectes, tot i que dins seu hi ha milions i milions de partícules d'aquestes. Aquestes partícules n'hi ha de moltes mides, formes i propietats diferents que fan que, per exemple, una taula sigui rígida i un tros de pa no.	X		X	
20	És com un pastís, quan està fet tu veus el pastís, però en realitat dins seu hi ha petits fragments de sucre que, individualment són difícils de veure, però si s'ajunten formen un pastís, junt amb altres ingredients de diferents mides (que serien els diferents àtoms de diferents mides i propietats).	X			
21	És la partícula més petita que existeix i que tot està format per àtoms, i poden ser de diferents tipus. No es poden veure a simple vista.	X			
22	La matèria, que ho és tot, està formada per àtoms. Aquests àtoms són unes partícules molt petites, indestructibles i que no es poden dividir.	X			
23	Li respondria que l'àtom és aquella partícula indivisible que forma la matèria i que per tant no podem	X			X

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	veure, però que sabem que existeixen àtoms de diferents elements amb característiques diferents. Els àtoms de diferents elements tenen diferents masses i per tant diferents propietats químiques.				
24	L'àtom és una molècula molt petita de la qual es formen altres productes més grans si s'uneixen entre elles. És com passa exactament com les magranes. Els àtoms són com el fruit de les magranes, hi ha moltes a l'interior que gràcies a elles formen les altres capes i finalment la fruita, també podríem dir que és com el bosc que amb només un arbre no es pot fer un bosc sinó que necessitem més d'un per construir alguna cosa millor.			X	
25	Li respondria que l'àtom és la unitat més petita que forma totes les coses que observem i que ens envolten. Li explicaria que hi ha diferents elements a la natura i que l'àtom està format per tres tipus de boletes més petites, dos d'aquests tipus es troben al centre i l'altre tipus dona voltes al seu voltant. Les boles que estan al centre s'anomenen neutrons i protons i les que giren al voltant electrons. També li diria que un àtom pot unir-se a altres i que així es formen els elements que ens envolten.	X		X	



**Taula 17:** Sisena pregunta – CARACTERÍSTIQUES FONAMENTALS DE L'ÀTOM QUÍMIC

Resposta	MA	IN	PS	EN	FO	NA	EL	IO	NM	EQ	VA	MO	RCT
1	X		X				X	X			X		
2	X												
3	X												
4					X								
5	X		X								X		
6	X		X		X		X						
7	X	X											
8	X	X											
9		X	X										
10	X	X											
11	X	X	X										
12		X	X										
13		X	X										
14	X	X											
15	X												
16	X												
17	X												
18					X								
19							X			X			
20	X												
21	X		X	X					X				
22				X			X						X
23	X		X										
24	X			X		X			X				
25	X	X	X		X			X		X			
26	X	X		X									
27	X			X		X						X	
28	X	X				X		X	X				

**Preguntes de “pretest” de l’activitat de la imatge de la ciència**

**Taula 18:** Primera pregunta – Einstein com a icona científica?

Document	Resposta	AD	EX	INV	INF	LID
1	Per que el que feia era digne de respecte, tothom l'admirava i pràcticament ningú l'entén.	X	X			
2	Perquè va descobrir moltes coses, i perquè només ell podia entendre el que deia i poca gent més.		X	X		
3	Perquè només ho entenia ell. Totes les teories, formules, etc. I al final sempre tenia raó.		X		X	
6	Jo crec que es fa famós perquè la gent veia que els entenies l'admiraven llavors li seguien la corrent.	X				X
7	Perquè nomes l'entenien 12 persones al món.		X			
8	Perquè tothom sap d'ell però ningú l'entén, ja que les seves teories són molt complicades i difícils d'alguna manera per a la gent.		X			
10	Perquè com que creava teories tan complexes i tenia raó, encara que ningú l'entenia tothom el respectava i l'admirava pel seu èxit a la ciència. Ja que després va fer descobriments molt importants i v esdevenir un científic molt famós.	X	X	X		
11	Perquè tothom el coneix com un científic molt important però ningú l'entén perquè les seves teories són molt complicades i complexes, però molta gent l'admira.	X	X	X		
13	Perquè les seves teories eren estranyes i diferents a les demés. A més ningú ha inventat res que indiqui el contrari.		X		X	
15	Perquè tothom el coneixia però no l'entenia ningú.		X			

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 19:** Segona pregunta – El paper dels mitjans de comunicació en la difusió de la ciència

Document	Resposta	PC	DC	NOT	LUC
1	El paper d'informar a tothom, jo crec que és importat per descobrir la prehistòria, edat antiga, mitjana, moderna i contemporània.	X			
2	Jo crec què es important perquè són coses què ens fan avançar en la tecnologia o intel·ligència als éssers humans i a vegades als éssers vius també.		X		
3	Perquè es la nostra vida. Els medicaments, tractaments, malalties, comprendre coses, etc...	X			
6	Es important perquè gràcies a que ho expliquen, nosaltres d'alguna manera aconseguim entendre-ho el que han descobert.	X			
7	Per que la resta del món ho sàpiga.	X			
8	Doncs volen explicar una mica sobre aquell físic científic i el que feia perquè tothom podes conèixer el món de la ciència i puguin gaudir d'ella.	X			
10	Perquè els qui els interressi aquell tema, puguin saber-ne més; a part de tenir informada a la gent.	X			
11	Doncs expliquen una mica sobre aquell físic o científic i els seus treballs perquè la gent coneix-hi el món de la ciència i tothom pugui gaudir de la ciència (11).	X			
13	Serveixen per fomentar els invents i fer famosos alguns científics. Per la gent enterar-se de les noves tecnologies.	X	X	X	
15	Per ser més famosos i que tothom li conegui, per guanyar més diners.			X	X

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 20:** Tercera pregunta – Com t'imagines a un científic?

Doc.	Resposta	DES	CUR	EXP	INF	SOC	MET	INT	BEL	NOT	INV
1	Jo m'imagino a un científic amb una bata blanca, unes ulleres, la cara tacada per els experiments, a un laboratori i amb una llibreta i un boli prenent notes.						X				
2	Llest, que el que descobreixi sigui important, que sigui guapo i que tingui molta fama i importància en molts camps d'investigació, com ara en tecnologia, en astrofísica, en astronomia, en filosofia i en arqueologia.							X	X	X	
3	Que entengués molt de matemàtiques, ciència i que li agrades molt investigar ja que la ciència es tracta d'això. Molt bona persona i que li agrades estar amb la gent que l'envolta.					X		X			X
7	Que sigues intel·ligent, amb humor i se li dones bé tot				X	X		X			
8	Doncs que sigui intel·ligent però també ingenios, amable i oberta a que qualsevol li dones una idea i que tingui fluïdesa per explicar les seves teories			X		X		X			
10	Intel·ligència, idees, amabilitat, expressivitat, capacitat de transmetre als altres el que vol explicar, una persona oberta i capacitat per simplificar les coses.			X		X		X			
11	Doncs que sigui intel·ligent, una persona amable amb els altres i oberta i que tingui una capacitat per explicar a la gent que no en tenen idea les seves teories.			X		X		X			
13	Necessitaria una bata blanca, instruments científics i llibres de ciència i matemàtiques.						X				
15	Que li agrades la ciència, que sabés com fer les tasques per fer experiments, que tingués cura amb les coses que fa, que si tingués companys que si sap com fer-ho que li ajudés, que sigui intel·ligent ser molt respectuós amb la gent del seu voltant.	X	X			X		X			

**Taula 21:** Construint la pel·lícula sobre Marie Curie i el projecte Manhattan

Document	Tasca	Resposta	Categories
1	2	Els científics del seu vídeo són persones grans. Aquest descobriment parla de casualitats. Lo de la pedra ho podien haver treballat o fet aposta, que no tenien un mètode per seguir. El científic treballa on hi ha un baül, el lloc on treballaven era una mica fosc, semblava que vivia allà, i tot ho tenia ordenat, no tenia com la majoria dels científics que tot ho tenen desordenat.	Experiència Casualitat Mètode Aïllament Ordre
		Marie Curie, segueix treballant després de ser mare, però al final a causa de seguir treballant de científica i no li presta massa temps als seus fills. Un dia va fer un experiment i el va fer malament, i ella el va provar. Ella no sabia que la radioactivitat era correcta. No va tenir cura de si mateixa. La dona feia la feina, i l'home ho presentava com si ho hagués descobert ell mateix.	Conciliació familiar Seguretat Masclisme
		Moltes dones que feien tirites radioactives i les provaven, al cap dels anys van morir totes per el càncer. Per fer les tirites radioactives les dones les feien amb la seva saliva, a causa d'això van morir.	Seguretat
	4	La ciència ha de tenir límits	Límits
2	2	Tots els científics han tingut ajuda en els seus treballs. La casualitat i els treballs científics es el mateix? Depèn, els treballs a vegades son per casualitat però després han seguit una investigació. El lloc de treball era fosc, com si visques allà, polit, ordenat.	Equip Casualitat Mètode Aïllament Ordre
		Al descobrir la radioactivitat es va beure una mica del líquid i anys mes tard va morir	Conciliació familiar

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		degut això. No va tenir molta cura de els seus fills ja que dedicava molt temps a la ciència.	
		L' innovació hagués cobert desconèixer els riscos d'aquells líquids radioactius.	Innovació
		La bomba que van tirar els alemanys van matar 30000 persones amb la radioactivitat. No s' hauria d'utilitzar la ciència per fer armes.	Pacifisme
	3	La segona guerra mundial amb radioactivitat La mort de gent en el descobriment de la radioactivitat El descobriment de la radioactivitat	Pacifisme
3	2	Tots els científic han tingut ajuda en els seus treballs. La casualitat i els treballs científics es el mateix? Depèn, els treballs a vegades son per casualitat però després han seguit una investigació. El lloc de treball era fosc, com si visques allà, polit, ordenat.	Equip Casualitat Mètode Aïllament Ordre
		Al descobrir la radioactivitat es va beure una mica del líquid i anys mes tard va morir degut això. No va tenir molta cura de els seus fills ja que dedicava molt temps a la ciència.	Conciliació familiar
		L' innovació hagués cobert desconèixer els riscos d'aquells líquids radioactius.	Innovació
		La bomba que van tirar els alemanys van matar 30000 persones amb la radioactivitat. No s' hauria d'utilitzar la ciència per fer armes.	Pacifisme
	3	La segona guerra mundial amb radioactivitat La mort de gent en el descobriment de la radioactivitat El descobriment de la radioactivitat	Pacifisme

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	4	Les conseqüències de la radioactivitat	Seguretat
5	2	El descobridor era un senyor gran. El lloc on aquest senyor treballava era fosc, però ordenat, i semblava que visqués allà. Hem descobert que en la ciència, les coses també es poden descobrir per casualitat.	Experiència Aïllament Ordre Casualitat
		Van descobrir les aplicacions de la radioactivitat. No eren útils, podien ser una novetat, però després d'uns anys tenien efectes secundaris. La innovació aquesta comportava en no donar-se conter del que podia passar.	Seguretat Innovació
		Aquest projecte era perillós, no tindrien que utilitzar la ciència per a fer coses violentes, la ciència ha de tenir límits. Els científics també té part de responsabilitat pel que fa, s'han de posar un límit. El govern no pot influir en els treballs dels científics perquè ells saben més sobre el tema.	Pacifisme Límits Responsabilitat compartida
	3	Ningú ha d'interferir en els treballs dels demès (a no ser que sigui per ajudar-los), com ara el govern amb els científics perquè ells saben més del tema perquè son els que ho estan fent.  Abans de provar qualsevol cosa que es cregui que pot ser una mica perillosa, s'han de prendre mesures per a prevenir qualsevol cosa.  No s'ha d'utilitzar la ciència per a fer coses perilloses per als demès.	Pacifisme Seguretat Responsabilitat compartida
	4	Les conseqüències de la ciència	Límits
6	2	Un senyor gran va descobrir la ciència per casualitat.	Experiència Casualitat
		Hi havien 2 senyores que agafaven unes tiritas las mullaven amb la saliva i se las	Seguretat

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		posaven a la pell per treure les cèl·lules mortes, i a cap d'uns anys es van morir per càncer de mama.	
		Van llençar una bomba, van enviar una carta al president de EEUU, i van morir unes 30.000 persones per culpa de la bomba.	Pacifisme
	4	Mari curi i el seu experiment	Innovació
7	2	Tots els científic han tingut connexió en els seus treballs La casualitat i els treballs científics es el mateix? Depèn, els treballs a vegades son per casualitat però després han seguit una investigació El lloc de treball era fosc, com si visques allà, polit, ordenat.	Equip Casualitat Mètode Aïllament Ordre
		Al descobrir la radioactivitat es va beure una mica del líquid i anys mes tard va morir degut això. No va tenir molta cura de els seus fills ja que dedicava molt temps a la ciència. L'innovació hagués cobert desconèixer els riscos d'aquells líquids radioactius.	Seguretat Conciliació familiar Innovació
		La bomba que van tirar els alemanys van matar 30000 persones amb la radioactivitat. No s'hauria d'utilitzar la ciència per fer armes.	Pacifisme
	3	La segona guerra mundial amb radioactivitat La mort de gent en el descobriment de la radioactivitat El descobriment de la radioactivitat	Pacifisme
	4	La radioactivitat i les seves conseqüències	Seguretat
8	2	Com eren els científics? Eren persones grans, i tots tenien una cosa en comú. Una pedra que es marcava al paper, que parlava de casualitat que descobriessin coses. Seguien l'experiment cada etapa un de diferent	Experiència Casualitat Equip



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		Podria haver dedicat més temps a la seva filla i també per veure's el líquid radioactiu va morir anys després. Ella no s'havia que la radioactivitat era dolenta.	Conciliació familiar Seguretat
		Perquè esta centrada en el seu treball i realitza el que li agradava. Les aplicacions més útils són les que innoven. Se les posaven per atacar les cèl·lules cancerígenes. No tenien mesures de seguretat. No eren conscients i per aquestes conseqüències van morir moltes dones.	Innovació Seguretat
		Projecte Manhattan, no haurien d'utilitzar la ciència per la violència, ha de tenir límits. Qui ha de posar els límits: els governants. No podien fer res perquè el governant no els obligues.	Pacifisme Límits Responsabilitat pública
	3	La seguretat de la gent a l'hora de treballar amb radioactivitat. Van utilitzar als científics per fer violència contra altre grup de gent. Tenir el laboratori net per poder treballar bé. Intentar no fer armes per a la violència amb la ciència. Comunicar-te amb els demes (un el comenci i l'altre l'acabi).	Seguretat Pacifisme Ordre Equip
	4	És perillós utilitzar la radioactivitat?	Límits
10	2	Gent gran amb barba (científics). Tots tenien alguna cosa en comú. S'enviaven entre ells treballs. Descobriments per casualitats. El lloc de treball dels científic era fosc, com si fos casa seva i tot molt ordenat, polit i espaiós.	Experiència Equip Aïllament Ordre
		Marie Curie era la primera dona que estudiava doctorat. Ella, segueix treballant després de ser mare. Potser hauria d'haver dedicat més temps als seus fills. Va morir a causa de provar un experiment, cosa que no s'ha de fer perquè pot ser perillós. Fins fa uns	Gènere i Ciència Conciliació familiar Seguretat

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		<p>anys estava permès. Les normes de seguretat van variant, perquè a l'escola els van ensenyar a posar-se en contacte el líquid a la boca però no a empassar-s'ho. No sabia que el producte era radioactiu</p>	
		<p>Les aplicacions més útils són les que innoven. Se les posaven per atacar les cèl·lules cancerígenes. No tenien mesures de seguretat. No eren conscients i per aquestes conseqüències van morir moltes dones.</p>	<p>Innovació Seguretat</p>
		<p>El projecte Manhattan, no haurien d'autoritzar la ciència pel tema de les armes ni la violència. Els límits els haurien de posar els governants i els mateixos científics, encara que no s'hi podrien negar, perquè és l'home més poderós del món està a darrere de tot això. Els governs poden interferir en els projectes científics. Els científics són els que saben.</p>	<p>Pacifisme Límits Responsabilitat compartida</p>
	3	<p>La seguretat científica ha canviat. Marie Curie va ser la primera dona en estudiar doctorats. Després de ser mare va continuar treballant. La violència, utilitzada en la ciència. Està permès? Aplicació de la radioactivitat a la humanitat El descobriment dels rajos X, els científics s'intercanviaven treballs entre ells.</p>	<p>Seguretat Gènere i Ciència Conciliació familiar Pacifisme Innovació Equip</p>
	4	<p>La radioactivitat, ha sigut útil en la humanitat?</p>	<p>Innovació</p>
11	2	<p>Com heu vist els científics dels vídeo? Amb barba i persones grans. Un científic va enviar el seu treball a un matemàtic i aquest el va continuar. Per què Marie Curie va seguir en la seva feina després de tenir un fill? Perquè esta centrada en el seu treball i realitza el que li agradava.</p>	<p>Experiència Equip Conciliació familiar Innovació</p>

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		<p>Les aplicacions més útils són les que innoven. Se les posaven per atacar les cèl·lules cancerígenes. No tenien mesures de seguretat. No eren conscients i per aquestes conseqüències van morir moltes dones.</p> <p>No haurien d'utilitzar la ciència per la violència.</p>	<p>Seguretat Equip</p>
	3	<p>La radioactivitat es perillosa, per tant això de que xuclaven els líquids i que mullaven els pinzells amb la saliva, era perillós i van tenir unes conseqüències, la mort de moltes persones.</p> <p>La ciència no té res a veure amb la violència.</p>	<p>Seguretat Pacifisme</p>
	4	<p>La radioactivitat és perillosa?</p>	<p>Seguretat</p>
13	2	<p>Els científics han treballat en equip, han tingut coses en comú i han tingut una bona comunicació.</p> <p>Un va començar i els altres van acabar. Les casualitats al laboratori existeixen, però no sempre.</p> <p>Els laboratoris estan una molt ordenats i són un lloc fosc. Sembla que hi visquin allà.</p> <p>Una científica va tenir una filla i continua sent científica.</p> <p>Va provar el líquid radioactiu i al cap d'uns anys es va morir.</p> <p>Per agafar els líquid els xuclava amb la boca. I no va tenir seguretat de si mateixa.</p> <p>La noia investigava i el noi feia veure que ho havia fet ell. Perquè les noies no tenien gaire que dir en aquella època.</p> <p>Unes senyores havien fet unes tires radioactives amb pinzells que mullaven elles amb la saliva. Al cap d'un any les senyores van morir. Al ser la innovació tothom ho creia necessari ara no. Perquè es saben els efectes secundaris.</p>	<p>Equip Casualitat Ordre Aïllament Conciliació familiar Seguretat Masclisme Límits Pacifisme</p>

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		Que la ciència ha de tenir límits, no utilitzar-la per fer les armes.	
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Que la ciència ha de tenir límits</li> <li>-No fer armes amb la ciència</li> <li>-Tenir comunicació i treball en equip al laboratori.</li> <li>-Tenir el laboratori ordenat</li> <li>-Que un comenci un treball i l'altre l'acabi</li> <li>-Xuclaven els líquids amb la boca</li> <li>-Que la gent creu necessari la innovació</li> </ul>	<p>Límits Pacifisme Equip Ordre Seguretat Innovació</p>
	4	La ciència ha de tenir límits	Límits
15	2	<p>Era un descobriment de casualitat.</p> <p>Que els científics han tingut alguna cosa en comú del treball que han fet. Tenen una comunicació per començar el treball i seguir fins acabar el descobriment de la radioactivitat.</p> <p>Treballaven als despatxs, el despatx era una mica fosc, tot lo que hi havia estava ordenat i tot era útil</p> <p>Continua seguint treballant, es centrava molt en el treball i els seus fills els deixava de costat, estava insegura.</p> <p>Va fer un experiment i el va provar amb si mateixa.</p> <p>Aquest descobriment en britat el portava un home, pero la dona va dir que l'experiment era seu per portar-se tot el mèrit.</p> <p>Van crear unes tiretes radioactives.</p> <p>Se les posaven per atacar a les cel•lules cancerígenes</p>	<p>Casualitat Equip Aïllament Ordre Conciliació familiar Inseguretat personal Seguretat Límits Responsabilitat compartida</p>

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		<p>No haurien d'utilitzar la ciència per fer armes,bombes,etc</p> <p>Els governants haurien de posar els limits apart dels científics.</p> <p>Els governs no haurien de posar-se en la feina del científics.</p>	
	3	<p>La ciència a de tenir límits.</p> <p>Tenir el laboratori ordenat per poder treballar bé</p> <p>No serveix fer armes amb la ciència</p> <p>Cal tenir comunicació al laboratori (Que un començi l'experiment i que una altre l'acabi)</p> <p>Van crear unes tiretes radioactives. Se les posaven per atacar a les cel·lules cancerígenes</p>	<p>Límits</p> <p>Ordre</p> <p>Pacifisme</p> <p>Equip</p> <p>Innovació</p>

**Llegenda dels símbols de les taules referents a l'activitat de la imatge de la ciència (preguntes pretest)**

<b>Símbol</b>	<b>Significat</b>
AD	Admiració
EX	Exclusivitat
INV	Inventiva
INF	Infal·libilitat
LID	Lideratge
PC	Popularització de la ciència
DC	Difusió dels coneixements
NOT	Notorietat d'un científic
LUC	Ànim de lucre
DES	Destresa
CUR	Curiositat
EXP	Expressivitat
SOC	Sociabilitat
MET	Meticulositat
INT	Intel·ligència
BEL	Bellesa

**RESULTATS PRIMERA PREGUNTA – Veure taula 14 per les dades**

Les respostes proporcionades estan distribuïdes en un 38,64% de les respostes es relacionen amb la Física i un 61,36% amb la química. Les categories d'anàlisi resulten quasi idèntiques tant al parlar de la Física com de la Química, **cosa que ens fa preveure problemes quan parlem de les arrels químiques de l'àtom al temer que els alumnes estenguin de forma "intuïtiva" a la química la idea de l'àtom – partícula.** En altres paraules, **els alumnes no diferencien un "àtom químic" d'un "àtom físic".**

Les respostes de la taula 22 també ens indiquen altres coses: la primera és que els alumnes consideren que **l'aspecte més important que han de conèixer de l'àtom és la seva estructura** i que alguns **tenen en compte la importància dels canvis químics quan es parla de l'àtom** (33,3% = 9/27).

*Les taules 22, 23 i 25 s'han realitzat a partir de la categorització realitzada anteriorment de les respostes dels alumnes. La taula 24 és un recompte de les respostes dels alumnes, en allí no va caldre cap categorització ja que en lloc de justificar les respostes ens van fer llistes de característiques.*

**Taula 22:** Resultats de la primera pregunta

<i>Disciplina</i>	<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>
<b>Física</b>	<b>Estructura atòmica</b> <i>Exemple: Mentre que el segon text correspondria a la visió d'un físic doncs es preocupa per saber com són: fa una referència més a la seva estructura i no parla en cap moment de reaccions (resposta 27 de la primera pregunta)</i>	<b>8</b>
<b>Física</b>	<b>Unitat fonamental</b> <i>Exemple: El primer text a un físic perquè descriu l'àtom com allò bàsic que forma la matèria (resposta 5 de la primera pregunta)</i>	<b>5</b>
Física	Composició matèria <i>Exemple: els físics volen saber la composició de la matèria, llavors assignaria el text 2 a un físic (resposta 6 de la primera pregunta)</i>	2
Física	Interacció	2

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

	<i>Exemple: Explica que tot són àtoms i interaccionen entre ells i té una visió del que ens rodeja i no un sol àtom (resposta 11 de la primera pregunta)</i>	
	<b>Total</b>	<b>17</b>
<b>Química</b>	<b>Estructura atòmica</b> <i>Exemple: El segon text seria d'un químic perquè entre en com és un àtom, i el podem veure, l'observació d'un àtom, etc. I seria una qüestió més química, l'estudi de l'àtom (resposta 5 de la primera pregunta)</i>	<b>10</b>
<b>Química</b>	<b>Interacció</b> <i>Exemple: Crec que el primer text correspon a la visió d'un químic, ja que ens diu que tot el que veiem està format per una interacció entre àtoms (resposta 27 de la primera pregunta)</i>	<b>9</b>
<b>Química</b>	<b>Unitat fonamental</b> <i>Esemple: El primer fragment de Bill Bryson, l'assignaria a la visió de l'àtom des del punt de vista químic, ja que parla de l'àtom com la matèria que forma tot el que podem i no poden veure (resposta 14 de la primera pregunta)</i>	<b>4</b>
<b>Química</b>	<b>Composició matèria</b> <i>Exemple: El primer text és químic ja que profunditza molt en l'àtom, relacionant-lo amb la matèria i parlant de reaccions (resposta 22 de la primera pregunta)</i>	<b>3</b>
<b>Química</b>	<b>Pràctica</b> <i>Exemple: En canvi el segon és d'un químic perquè pretén explicar un tema de forma més entenedora (amb un diàleg). Els químics sempre es basen en pràctiques per explicar alguna cosa (resposta 26 de la primera pregunta)</i>	<b>1</b>
	<b>Total</b>	<b>27</b>

**RESULTATS SEGONA PREGUNTA – Veure taula 15 per les dades**

De les dades comentades a la taula 15 podem veure que bona part dels alumnes no són capaços de superar el nivell descriptiu quan expliquen aquestes fotografies. En altres paraules, no són capaços de veure aquestes representacions fora de l'àtom simbòlic i circumscrit a la fórmula. Tot i així, hi



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

ha una part significativa dels alumnes que són capaços de dir que aquestes figures són models i, per tant, no són representacions “exactes” de la natura sinó que són una representació que fan els científics per a explicar com i de què està formada la matèria. És a dir, implícitament ens diuen que cal un suport experimental per aquestes teories. **Resulta evident que l'àtom “símbol” és una idea molt forta, però hi ha una part significativa d'alumnes que veuen la necessitat de l'experimentalitat.**

**RESULTATS TERCERA PREGUNTA – Veure taula 16 per les dades**

En la taula 23 podem veure les primeres idees que aporten els alumnes sobre el concepte primigeni de l'àtom. Resulta molt interessant veure que quan s'insisteix a l'alumne que es situï a l'època demanada (implícitament, que deixi de banda les teories físiques de l'àtom) aquests són capaços de focalitzar bona part de la seva atenció als canvis químics i a les idees d'interacció i unitat fonamental. Això ens porta a reafirmar-nos en la nostra hipòtesi que **l'ús de l'època històrica de Lavoisier i Dalton com a context d'aquesta activitat és un complement positiu per l'aprenentatge d'aquesta “nova visió” de l'àtom que estem proposant.**

**Taula 23:** Resultats de la tercera pregunta

<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>
<b>Unitat fonamental (UF)</b> <i>Exemple: L'àtom és la part més petita per la qual es forma la matèria (resposta 4 de la tercera pregunta)</i>	<b>18</b>
<b>Interacció (IN)</b> <i>Exemple: els àtoms s'uneixen entre ells i creen tots els compostos que coneixem (resposta 8 de la tercera pregunta)</i>	<b>12</b>
<b>Massa atòmica (MA)</b> <i>Exemple: Els àtoms es diferencien per grandària, cadascun té unes característiques diferents (resposta 9 de la tercera pregunta)</i>	<b>9</b>
<b>Divisibilitat (DV)</b> <i>Exemple: Estic 100% segur que si agafem qualsevol cosa i la partim per la meitat les vegades que calguin, arribarem a un tros molt petit d'aquella cosa que serà indestructible (resposta 6 de la tercera</i>	<b>3</b>

pregunta)	
-----------	--

### **RESULTATS ÚLTIMA PREGUNTA – Veure taula 17 per les dades**

En la taula 24 podem veure que les idees de la massa atòmica com a primera característica diferenciadora dels àtoms i la importància del canvi químic quan estudiem l'àtom químic **han estat citades pels alumnes en els primers llocs de la taula**. Ara bé, què ens pot dir tota la resta de la taula? Doncs que aquestes idees s'intenten assentar sobre un concepte d'àtom completament inconsistent amb aquest plantejament, ja que en les posicions següents a les dos primeres trobem conceptes com les partícules subatòmiques, la electronegativitat, el nombre atòmic o el nombre màssic. La presència d'aquestes categories dona a entendre que aquesta activitat podrà introduir aquest nou punt de vista, però que **coexistirà amb la idea de l'àtom – partícula, una idea més “simple” i “pràctica” i, per tant, més forta i complicada de canviar**.

**Taula 24:** Resultats de l'última pregunta

<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>
<b>Massa atòmica (MA)</b>	<b>21</b>
<b>Interacció (molècules) (IN)</b>	<b>11</b>
<b>Partícules subatòmiques (PS)</b>	<b>10</b>
Electronegativitat (EN)	5
Formulació (FO)	4
Enllaços (EL)	4
Nombre atòmic (NA)	3
Ions i càrregues elèctriques (IO)	3
Nombre màssic (NM)	3
Proporcions i estequiometria (EQ)	2
Volum atòmic (VA)	2
Molaritat (MO)	1
Resistència davant els canvis de T <sup>a</sup> (RCT)	1

## **RESULTATS ACTIVITAT IMATGE DE LA CIÈNCIA**

Passem a l'activitat de la imatge de la ciència i fixem-nos en les taules 25 i 26. Començarem explicant la taula 26, la qual recull les principals categories citades pels alumnes del Cairat que es reflexen a la taula 25.

**Taula 26:** Resultats de l'activitat de la imatge de la ciència

<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>
<b>Seguretat</b>	<b>21</b>	Casualitat	9
<b>Pacifisme</b>	<b>17</b>	Exclusivitat	9
Equip	12	Aïllament	8
Innovació	12	Popularització ciència	8
Límits	11	Intel·ligència	7
Ordre	11	Experiència	6
Conciliació	10	Sociabilitat	6

### **Exemples de cadascuna de les categories de la Taula 26**

**Nota important:** la D dels acrònims següents simbolitza el document d'on s'han extret les dades i la T la tasca indicada a la Taula 21 on hem exposat les respostes dels alumnes a l'activitat dels vídeos de Marie Curie. Tanmateix, el símbol PRE indica que les taules que s'han de mirar (de la 18 a la 20) són les de les preguntes "pretest" corresponents al nombre que l'acompanya.

- ✓ Seguretat (D1T2): *Moltes dones que feien trites radioactives i les provaven, al cap dels anys van morir totes per el càncer. Per fer les trites radioactives les dones les feien amb la seva saliva, a causa d'això van morir.*
- ✓ Pacifisme (D2T2): *La bomba que van tirar els alemanys van matar 30000 persones amb la radioactivitat. No s' hauria d'utilitzar la ciència per fer armes.*
- ✓ Equip (D3T2): *Tots els científic han tingut ajuda en els seus treballs.*

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- ✓ Innovació (D3T2): *L'innovació hagués cobert desconèixer els riscos d'aquells líquids radioactius.*
- ✓ Límits (amb pacifisme - D5T2): *Aquest projecte era perillós, no tindrien que utilitzar la ciència per a fer coses violentes, la ciència ha de tenir límits.*
- ✓ Conciliació (D3T2): *No va tenir molta cura de els seus fills ja que dedicava molt temps a la ciència.*
- ✓ Casualitat (D5T2): *Hem descobert que en la ciència, les coses també es poden descobrir per casualitat.*
- ✓ Exclusivitat (D8PRE1): *Perquè tothom sap d'ell però ningú l'entén, ja que les seves teories són molt complicades i difícils d'alguna manera per a la gent.*
- ✓ Aïllament (i ordre) (D10T2): *El lloc de treball dels científic era fosc, com si fos casa seva i tot molt ordenat, polit i espaiós.*
- ✓ Popularització de la ciència (D10PRE2): *Perquè els qui els interessi aquell tema, puguin saber-ne més; a part de tenir informada a la gent.*
- ✓ Intel·ligència (amb bellesa i notorietat – D2PRE3): *Llest, que el que descobreixi sigui important, que sigui guapo i que tingui molta fama i importància en molts camps d'investigació, com ara en tecnologia, en astrofísica, en astronomia, en filosofia i en arqueologia.*
- ✓ Experiència i sociabilitat (amb intel·ligència – D8PRE3): *Doncs que sigui intel·ligent però també ingenios, amable i oberta a que qualsevol li dones una idea i que tingui fluïdesa per explicar les seves teories.*

**Podem intentar concretar algunes de les primeres intuïcions amb les dades de la taula 26, sobretot agrupant categories semblants:**

**Grups de persones:** equip, ordre, experiència, intel·ligència

**Tothom hi participa:** conciliació, sociabilitat, popularització de la ciència

**Canvi continu i mesurat en la ciència:** innovació, seguretat

**Responsabilitat al millorar en la ciència:** límits, pacifisme, responsabilitat pública i compartida

**Per tant, el que ens està apuntant tot això és** que una gran part de les respostes s'inscriuen dins dels aspectes més lligats a les conseqüències socials de la ciència com: **seguretat, pacifisme, límits, conciliació o popularització de la ciència, entre d'altres**. A més a més, comencem a intuir diversos aspectes per a caracteritzar a la imatge de la ciència: aspectes més formals, altres lligats al coneixement, altres lligats a la pròpia societat i uns últims lligats a l'esfera pública.

És a dir, es poden transmetre moltes "imatges de la ciència" diferents quan expliquem una teoria científica o un model científic (en el nostre cas el de l'àtom)... **Podríem concretar més com explicar aquestes "imatges de la ciència" diferents? Influirà això en l'explicació de l'àtom.**

**Recordem, per reafirmar aquest últim comentari,** que en la tercera pregunta de l'activitat de l'àtom químic ja hem vist que la introducció de la Història de la Ciència és un element que elimina "distorsions" històriques, ajudant a apropar a la nostra proposta a una voluntat historiogràfica diacrònica.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 25:** Recull de les respostes de l'activitat de la imatge de la ciència

Característiques		Alumnes															Total		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Científic	Relacionals	Admiració	X				X				X	X					4	35	
		Aïllament	X	X	X		X	X			X			X		X	8		
		Exclusivitat	X	X	X			X	X		X	X		X		X	9		
		Expressivitat							X		X	X					3		
		Lideratge					X										1		
		Lucre														X	1		
		Notorietat		X										X		X	3		
	Sociabilitat			X			X	X		X	X				X	6			
	Pràctiques	Curositat														X	1	34	
		Destresa														X	1		
		Experiència	X				X	X		X	X						6		
		Infal·libilitat			X									X			2		
		Intel·ligència		X	X			X	X		X	X				X	7		
		Inventiva		X	X						X	X					4		
Meticulositat		X											X			2			
F	Ordre	X	X	X		X	X		X			X		X	X	11	1		
	Bellesa		X													1			
Ciència	Socials	Conciliació	X	X	X			X	X		X	X		X		X	10	57	
		Difusió coneixements		X										X			2		
		Gènere i ciència									X						2		
		Límits	X				X	X		X				X		X	11		
		Masclisme	X											X			2		
		Pacifisme		X	X		X	X	X	X		X	X		X		X		17
		Popularització ciència	X		X			X	X	X		X	X		X				8
		Responsabilitat compartida					X	X			X						X		4
		Responsabilitat pública							X										1
	M	Casualitat	X	X	X		X	X	X	X				X		X	9	25	
		Equip		X	X			X	X		X	X		X		X	12		
		Mètode	X	X	X			X									4		
	SM	Innovació		X	X		X	X	X	X		X	X		X		X	12	33
Seguretat		X		X		X	X	X	X		X	X		X		X	21		
F: físiques																			
M: metodològiques																			
SM: socials i metodològiques																			

Aquesta taula recull i sintetitza totes les respostes de les taules que es trobaran de les taules 18 a 21, en les quals hem fet el tractament de cada pregunta. Les creus vermelles es refereixen a característiques triades 2 vegades i les verdes a característiques triades 3 vegades.

### **5.3. Resultats i discussió de la implementació final al grup de l'IOC**

Abans de començar amb aquest punt, farem un recordatori del full de ruta que seguirem en l'anàlisi de la implementació de la UD al grup IOC.

- a) Elaboració d'una taula on es trobaran les cites categoritzades de totes les respostes dels alumnes. Aquesta taula referenciarà i descriurà cadascuna de les cites, **junt amb una llista posterior que les explicitarà completament**, per poder-les identificar en els mapes que descriuré tot seguit. **Es podrà consultar a l'annex.**
- b) Elaboració de mapes de relacions entre els diferents codis. Un d'ells versarà sobre **l'àtom químic** i l'altre sobre **la imatge de la ciència**. Les cites utilitzades en el primer mapa procediran de les preguntes avaluable 1 i part de la 4 i del fòrum *El mol i la dotzena d'ous* i les utilitzades en el segon mapa de part de la pregunta avaluable 4 i el fòrum "Introduint-nos en la ciència social".
- c) Elaboració de dues taules de doble entrada que relacionaran cadascun dels alumnes de la mostra final amb cadascuna de les categories **per cadascun dels dos mapes de relacions**.
- d) Creació de dues xarxes sistèmiques que "ordenin" els dos mapes de relacions que centren aquest anàlisi i que permetin cercar relacions significatives als punts següents.
- e) Confecció d'una taula que relaciona **els alumnes de la mostra final, les variables IC i les variables AT**.

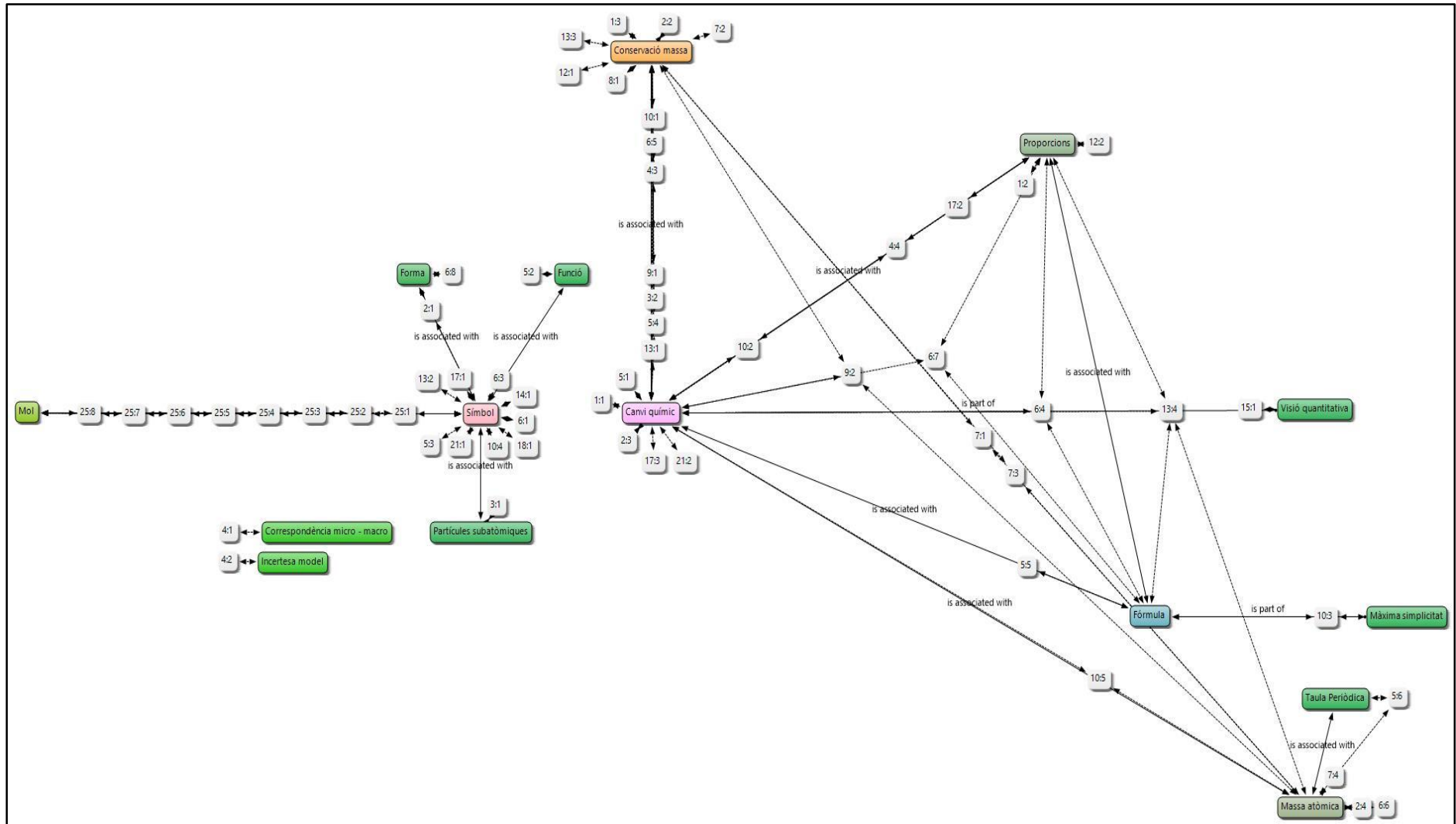
**Variables IC:** entendrem com a variables IC les cinc categories de la xarxa sistèmica de la imatge de la ciència (veure més endavant), que agrupen les diferents categories del mapa de relacions corresponent: **MET** (metodologia), **CON** (coneixement), **CIENT** (científic), **CIU** (ciutadania) i **PUB** (poder públic).

**Variables AT:** una de les conclusions més rellevants del mapa de relacions de l'àtom químic serà que existeixen dues zones perfectament delimitades (que s'explicaran en la discussió). Doncs bé, aquestes zones s'anomenaran **EXPERIMENTACIÓ (E) I REPRESENTACIÓ (R)**, sent aquests dos noms les variables AT.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

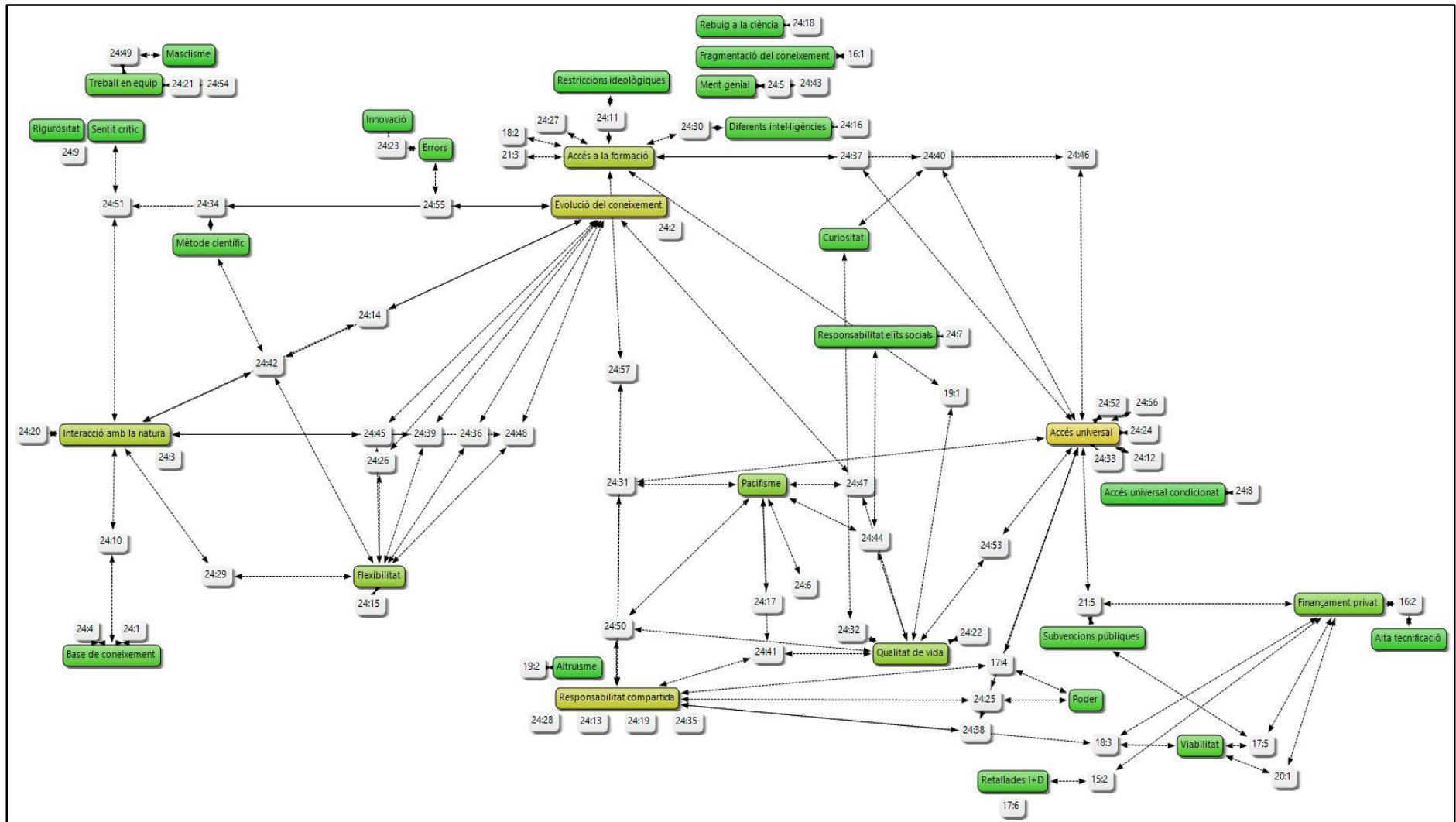
- f) Un seguit de taules que indiquen l'**evolució de cadascuna de les variables IC front a les variables AT**. En altres paraules, es pretén veure què passa quan augmenta el valor de cadascuna de les cinc variables IC.
- g) Una discussió sobre l'**adequació a la taula del punt e)** de les **activitats de la guia de discussió de vídeos** de la UD (veure l'apartat següent).
- h) Un **anàlisi de l'argumentació emprada pels alumnes al respondre la qüestió plantejada en el fòrum del mol**, on se'ls hi demanava que es posicionessin respecte a la idoneïtat (o no) d'una metàfora entre una dotzena d'ous i el mol.
- i) Una **comprovació del grau d'incert dels alumnes en el test proposat en la pregunta avaluable 1** – corresponent a la quantificació de l'experiència proposada – i la **comprovació de si existeix o no alguna relació amb les variables AT**.





Mapa de relacions 1 - MODEL DE L'ÀTOM QUÍMIC

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**



**Mapa de relacions 2 – MODEL DE LA IMATGE DE LA CIÈNCIA**

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 27<sup>14</sup>:** Quantificació del mapa de relacions del model de l'àtom químic

Alumne	CQ	CM	CMM	F	FO	FU	IM	MA	MO	MS	PS	PR	SI	TP	VQ	
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	<b>5</b>
2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<b>5</b>
3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	<b>6</b>
4	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	<b>9</b>
5	2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	2	1	1	<b>9</b>
6	3	1	0	1	2	0	0	1	1	0	0	2	3	0	0	<b>14</b>
7	1	3	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	<b>9</b>
8	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	<b>6</b>
9	2	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	<b>8</b>
10	3	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	<b>9</b>
11	3	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	<b>10</b>
<b>TOTALS</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

Recordem que aquests alumnes són els que han contestat les dues parts analitzades de la unitat i que han respost alguna cosa significativa a les dues parts.

Per aquest fet, és possible que el valor total d'alguna de les columnes de les Taules 19 i 20 sigui zero.

Aquesta taula s'ha construït a partir de la categorització de les dades dels alumnes del grup IOC de l'annex, concretament les dades referents al mapa de l'àtom químic. Per cadascun dels 11 alumnes hem comptat quantes vegades li hem assignat una determinada categoria del mapa de relacions de les seves respostes i aquest és el nombre que surt reflexat en cada casella.

<sup>14</sup> Llista de codis de la taula: Canvi químic – CQ / Conservació de massa – CM / Correspondència micro-macro – CMM / Forma – F / Fórmula – FO / Funció – FU / Incertesa model – IM / Massa atòmica – MA / Mol – MO / Màxima simplicitat – MS / Partícules subatòmiques – PS / Proporcions – PR / Símbol – SI / Taula Periòdica – TP / Visió quantitativa – VQ

## Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència

Taula 28<sup>15</sup>: Quantificació del mapa de relacions del model de la imatge de la ciència

Alumne	AF	AU	AUC	AT	AL	BC	C	DI	E	EC	FP	F	FC	I	IAN	M	MG	MC	P	PO	QV	RC	RCO	RES	RI	RID	RIG	SC	SP	TE	V		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
4	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
5	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	9	
6	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	6	
7	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
9	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	
<b>TOTALS</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		

Aquesta taula s'ha construït a partir de la categorització de les dades dels alumnes del grup IOC de l'annex C, concretament les dades referents al mapa de l'àtom químic. Per cadascun dels 11 alumnes hem comptat quantes vegades li hem assignat una determinada categoria **en el conjunt de cites que formen el mapa de relacions** i aquest és el nombre que surt reflexat en cadascuna de les caselles de la taula.

<sup>15</sup> Llistat de codis de la taula: Accés a la formació – AF / Accés universal – AU / Accés universal condicionat – AUC / Alta tecnificació – AT / Altruisme – AL / Base de coneixement – BC / Curiositat – C / Diferents intel·ligències – DI / Errors – E / Evolució del coneixement – EC / Finançament privat – FP / Flexibilitat – F / Fragmentació del coneixement – FC / Innovació – I / Interacció amb la natura – IAN / Masclisme – M / Ment genial – MG / Mètode científic – MC / Pacifisme – P / Poder – PO / Qualitat de vida – QV / Rebuig a la ciència – RC Responsabilitat compartida – RCO / Responsabilitat elits socials – RES / Restriccions ideològiques – RI / Retallades I+D – RID / Rigurositat – RIG / Sentit crític – SC / Subvencions públiques – SP / Treball en equip – TE / Viabilitat - V

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Ara explicarem cadascuna de les categories i començarem per les de la taula 27, la corresponent al mapa de l'àtom químic, exposant un exemple que ens ha conduït a definir cada categoria:

**Nota important: també descriurem les categories que tenen un valor zero en les taules 27 i 28, per tant farem servir cites d'alumnes que no estan inclosos en els 11 de la mostra final però sí en la resta del grup IOC.**

- ✓ Canvi químic: *La visió de que l'àtom no desapareix mai, que només es transforma o s'uneix amb altres elements per formar altres substàncies (cita 1:1).*
- ✓ Conservació de la massa: *Si que es compleix la llei, ja que encara que el pes és major, aquest pes és la suma del ferro i de l'oxigen (cita 1:3).*
- ✓ Correspondència micro-macro: *L'àtom que encare ningú ha vist, no podem saber si el model atòmic actual reflecteix la realitat (cita 4:1).*
- ✓ Forma: *El seu model d'àtom seria una esfera (cita 6:8).*
- ✓ Fórmula: *La fórmula resultant de l'experiment anterior, ens donaria l'òxid de Ferro, la seva fórmula, és  $Fe_2O_3$  (cita 5:5).*
- ✓ Funció: *funcionalitat de totes les coses (cita 5:2).* Aquest alumne no era més explícit en la seva cita però pel context del seu exercici es podia entendre que es referia a com els àtoms són els que structuren tota la matèria, segons ell ens deia.
- ✓ Incertesa model: *La ciència avança algún dia sabrem el model atòmic....jo crec que sí (cita 4:2).*
- ✓ Massa atòmica: *Cada element químic té tot els seus àtoms idèntics, però diferents d'altres elements químics i la raó és la massa (cita 6:6).*
- ✓ Mol: **Veure apartat del fòrum “El mol i la dotzena d'ous”**
- ✓ Màxima simplicitat: *Per representar aquestes substàncies s'usa la regla de la màxima simplicitat, que resumidament diu que sempre s'han de considerar en primer lloc les fórmules més simples que continguin el menor nombre d'àtoms possible (cita 10:3).*
- ✓ Partícules subatòmiques: *cal saber el nombre de protons, neutrons i electrons (cita 3:1).*

### **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- ✓ Proporcions: *Per representar aquestes substàncies només ens cal saber el número mínim d'àtoms que reaccionen i en quina proporció (cita 6:4).*
- ✓ Símbol: *Representem en lletres la simplicitat de la matèria en el seu grau més petit (cita 5:3).*
- ✓ Taula Periòdica: *El que cal per a representar l'àtoms de les diferents matèries i la seva grandària, és la taula periòdica (cita 5:6).*
- ✓ Visió quantitativa: *el àtom químic és totes les dades científiques (cita 15:1).*

Seguidament farem el mateix amb la taula 28:

- ✓ Accés a la formació: *Tothom ha de tindre com a mínim uns coneixements científics bàsics per entendre el món del qual forma part (cita 18:2).*
- ✓ Accés universal: *Considero aquesta la més adient, ja que la gran majoria de persones amb ganes de fer ciència, d'aprendre i de descobrir, si té els coneixements i els mitjans suficients, pot fer ciència (cita 24:37).*
- ✓ Accés universal condicionat: *tots hauríem de tenir accés a la ciència, encara que en dosi limitades, segons la capacitat o necessitats de cadascú (cita 24:8).*
- ✓ Alta tecnificació: *Avui dia sense el sector privat no es pot fer ciència perquè estem en camps molt tecnificats, necessitem instruments molt costosos per poder tirar endavant la investigació (cita 16:2).*
- ✓ Altruisme: *Per aquest motiu, la ciència sense el suport del sector privat segueix avançant, ja que els científics segueixen buscant respostes i investigant pel bé comú (cita 19:2).*
- ✓ Base de coneixement: *El coneixement, que ja ens han deixat altres científics, s'han d'utilitzar com a base (cita 24:1).*
- ✓ Curiositat: *Perquè es cert que no hi ha un perfil fix, ja que s'han donat casos de persones que no són que s'han doctorat, simplement que han estudiat un tema i han aprofundit i acabat descobrit algu nou (cita 24:40).*
- ✓ Diferents intel·ligències: *Crec que descartat a thotom no es correcta el ser humà cada ser humà te la seva intel.ligencia cap es descartable, cada aprenem alguna cosa siguide qui sigui, despres hi ha*

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*la possibilitat del que vulguis aprenda mes i tenguis els mitjans per poder fer-ho (cita 24:30).*

- ✓ Errors: *El coneixement no és una línia recta per la qual avances un pas rere l'altre, és la acumulació del coneixement anterior però també dels errors anteriors, s'ha de posar en dubte constantment el que ja se sap per poder trobar nous camins d'investigació, i s'ha d'innovar i arriscar en els mètodes de treball per poder trobar respostes o resultats nous que donin pas a un coneixement més profund o encertat d'allò que s'estudia (cita 24:23).*
- ✓ Evolució del coneixement: *S'ha de tenir en compte el coneixement anterior, ja que això ens pot ajudar per a millorar idees sobre la ciència, comprar i tenir en compte totes les variables possibles sobre tot el que ens envolta, ja que així es poden concebre idees noves sobre alguna cosa desconeguda i ser flexible en en els mètodes de treball, qualsevol ajuda sempre pot venir be per a trobar una solució (cita 24:26).*
- ✓ Finançament privat: *Hi ha experiments molt costosos hi per tant el sector privat a vegades és imprescindible (cita 20:1).*
- ✓ Flexibilitat: *La ciència sempre ha d'estar oberta a noves teories i mètodes d'investigació, per a nous o millorats descobriments per això a de ser flexible (cita 24:15).*
- ✓ Fragmentació del coneixement: *La ciència avui dia és massa especialitzada per a que puguem entendre tots els conceptes (cita 16:1).*
- ✓ Innovació: **Veure “Errors”**
- ✓ Interacció amb la natura: *estem interconnectats amb la natura i també amb tots els coneixements dels altres científics (cita 24:10).*
- ✓ Masclisme: *Equips de científics que majoritàriament són homes formats i experimentats (cita 24:49).* **Deixem clar que aquest qualificatiu es refereix a la ciència que descriu aquest alumne.**
- ✓ Ment genial: *Perquè encara que tothom pugui tenir coneixements sobre ciència, només uns pocs tenen la capacitat i les qualitats necessàries per fer-la (cita 24:43).*
- ✓ Mètode científic: *la observación y la formulación de hipótesis son la base de la ciencia, a medida que van pasando los los siglos los conocimientos*

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*previos y las mejoras en los procesos ponen a prueba las teorías, rebatiendo o confirmando los resultados (cita 24:34).*

- ✓ *Pacifisme: És important que la ciència sigui símbol d'evolució, coneixement, benestar i no sigui utilitzada amb fins destructius o bèl·lics, tenim experiències passades com algunes bombes atòmiques o caps nuclears gens positives i que deixa a la humanitat a l'altura de la sola d'una sabata (cita 24:17).*
- ✓ *Poder: La ciència és coneixement i el coneixement és poder, és però això que no pot estar en mans d'unes poques persones, és un llegat al qual tothom en té dret i que la societat en conjunt ha de fer-ne un ús responsable (cita 24:25).*
- ✓ *Qualitat de vida: Penso que expressa exactament el que jo diria sobre com i qui l'ha d'estudiar, sempre amb bones intencions per a la gent i en col·laboració (cita 24:41).*
- ✓ *Rebuig a la ciència: el pensament d'algunes persones, veient la ciència com una cosa summament nociva i provocant el rebuig (cita 24:18).*
- ✓ *Responsabilitat compartida: Crec que persones que fan certes afirmacions en realitat el que volen és poder dominar d'alguna manera a la societat, fent-se posseïdors únics de la veritat i creant un seguici de persones ignorants al seu servei. Tant els governs del món, com la NASA haurien de tenir prohibit les investigacions secretes. El coneixement ha de ser accessible a tota la humanitat sense distincions (cita 17:4).*
- ✓ *Responsabilitat èlits socials: He escollit aquesta resposta perquè crec que és la més realista, però no comparteixo que sigui responsabilitat nostra el desenvolupament científic, encara que si podríem tenir la responsabilitat de l'ús que es fa d'ella (cita 24:44).*
- ✓ *Restriccions ideològiques: les polítiques d'alguns governs que impedeixen l'accés a la universitat a les classes més desfavorides (cita 24:11).*
- ✓ *Retallades I+D: És més aquests últims anys a rebut retallades, el que ens deixa a la cua per sota del nivell mitjà Europeu i suposa un endarreriment, per al país (cita 17:6).*



### **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- ✓ Rigurositat: *La ciència és estudi, observació, imaginació, predisposició, fermesa, i passió!!!! (cita 24:9).*
- ✓ Sentit crític: *La ciència es basa en l'observació de la natura i ha de qüestionar de manera crítica els coneixements previs (cita 24:51).*
- ✓ Subvencions públiques: *Es importante la participación del sector privado en la ciencia ya que su principal objetivo es la subvención, financiación y promoción del desarrollo de investigaciones científicas. Además la participación de este sector ayuda a que muchos científicos jóvenes den sus primeros pasos en este ámbito para que puedan desarrollar su vocación (cita 21:5).*
- ✓ Treball en equip: *La ciencia no solo esta en una sola persona si no que esta en grupos de personas asi pueden trabajar en equipo y compartir ideas, opiniones y plantean nuevos problemas para darle soluciones (cita 24:21).*
- ✓ Viabilitat: *La ciència pot comportar un cost econòmic molt elevat que moltes vegades el sector públic no pot finançar, a més les investigacions públiques poden ser molt concretes i enfocades en les necessitats que considerin importants per a la població o els interessis del govern que estigui al capdavant, però també és important ser creatiu i arriscar en les investigacions per descobrir nous camins i aquesta situació és molt més comú en el sector privat. Tot i així, és molt important el control del sector públic en la ciència per assegurar a la societat que les investigacions no entren en conflicte amb els drets de qualsevol ésser viu (cita 18:3).*

### Comencem la discussió de les dades...

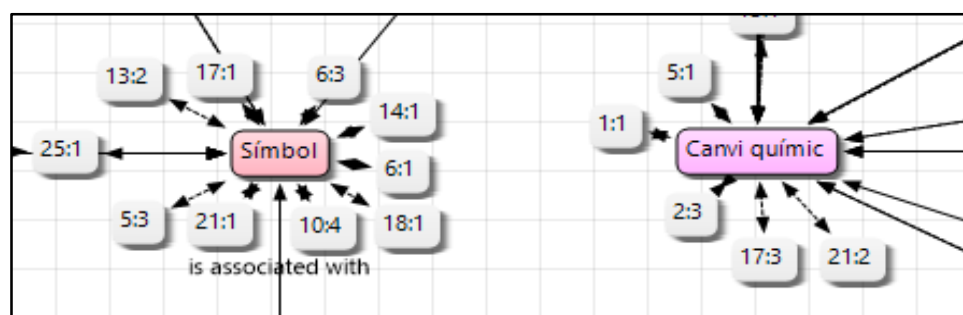
Comencem la discussió de les dades en el mapa de relacions corresponent a com els alumnes de l'IOC han entès l'àtom que els hi presentàvem. Una de les primeres coses que podem observar a simple vista és que existeixen dues zones diferenciades en aquest mapa: en la banda de l'esquerra hi trobem una de les categories més citades pels alumnes, pintada en rosa (**símbol**) i en la banda dreta trobem les altres dos categories més rellevants pels alumnes, pintades en rosa i groc ataronjat, que són **canvi químic** i **conservació de la massa**.

Això ens delimita, com s'ha dit abans, dues zones diferenciades en el mapa de les quals podem intuir dos vessants **diferents** d'aquesta explicació; un més escorot als factors més formals, lingüístics o "teòrics" en general de l'explicació atòmica i un altre més enfocat a l'experiència pràctica.

La part més "experimental" del mapa gira al voltant de dos "triangles": un triangle que comprenen les categories **canvi químic – conservació de la massa i fórmula** i un segon triangle format per les categories **canvi químic – proporcions i massa atòmica**. Com es pot veure, el canvi químic és la pedra de toc de la part experimental en la nostra explicació atòmica!

Per contra, en la part dita de representació destaca per sobre de tot la categoria símbol i ja altres secundàries com la forma de l'àtom, la seva funció, les partícules subatòmiques... i una molt especial que pot semblar fora de lloc... **el mol**. Més endavant hi tornarem i explicarem el per què està el mol en aquesta zona del diagrama.

Ara bé, tant o més important que el que veiem en el mapa és **EL QUE NO HI VEIEM**. Fixem-nos en aquest detall del mapa 1:



Veieu el que hi falta? La part que conté la categoria símbol, **la de REPRESENTACIÓ (R)** d'aquest mapa està **DESCONNECTADA** de la part que gira al voltant del canvi químic, **la part d'EXPERIMENTACIÓ (E)** de la visió de l'àtom que han adquirit els alumnes del grup de l'IOC. **Aquesta desconexió serà un punt important més endavant...**

Ara posem el nostre focus en l'ús de la història de la ciència a la UD. Utilitzar les experiències històriques per poder vehicular l'explicació atòmica representa transmetre **un model d'imatge de la ciència molt concret, consistent en ampliar el focus del “concepte científic”** (sense menystenir-lo) **tenint en compte com s'hi va arribar i en quines condicions**. Per aquesta raó, en aquesta proposta hem volgut treballar una imatge de la ciència més complexa que influeixi positivament en transmetre una visió més completa de l'àtom.

Si ens mirem el mapa de relacions 2, **corresponent a les activitats de la imatge de la ciència**, veurem com aquesta imatge és **extremadament complexa i molt interrelacionada**. En primer terme, fixem-nos en les categories més citades (les quals es distingeixen per un color groc pàl·lid).

- Interacció amb la natura: és la categoria més anomenada d'un grup que representen la **METODOLOGIA** de la ciència, sense referir-se únicament al conegut “mètode científic”. En altres paraules, aquestes categories ens parlen de les regles del joc de “fer ciència”.
- Evolució del coneixement: aquesta categoria engloba un seguit de categories que tenen a veure amb la configuració i evolució dels **CONEIXEMENTS CIENTÍFICS**, però també recull en la part conseqüent del mapa les categories referides a les característiques que ha (o hauria) de tenir un **CIENTÍFIC**.
- Accés universal: mitjançant aquesta categoria, molt relacionada amb la següent, s'engloben una sèrie de característiques que fan referència a com afecta de l'activitat científica (en tots els àmbits) en la vida de la **CIUTADANIA**. En altres paraules, com interactua la societat amb els diferents “productes científics”.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

- Responsabilitat compartida: aquesta última categoria engloba una sèrie de preceptes que configuren la influència del **PODER PÚBLIC** (entenent no només el polític sinó també poders fàctics com l'econòmic) en la vida de la ciència i en els seus afectes a la ciutadania.

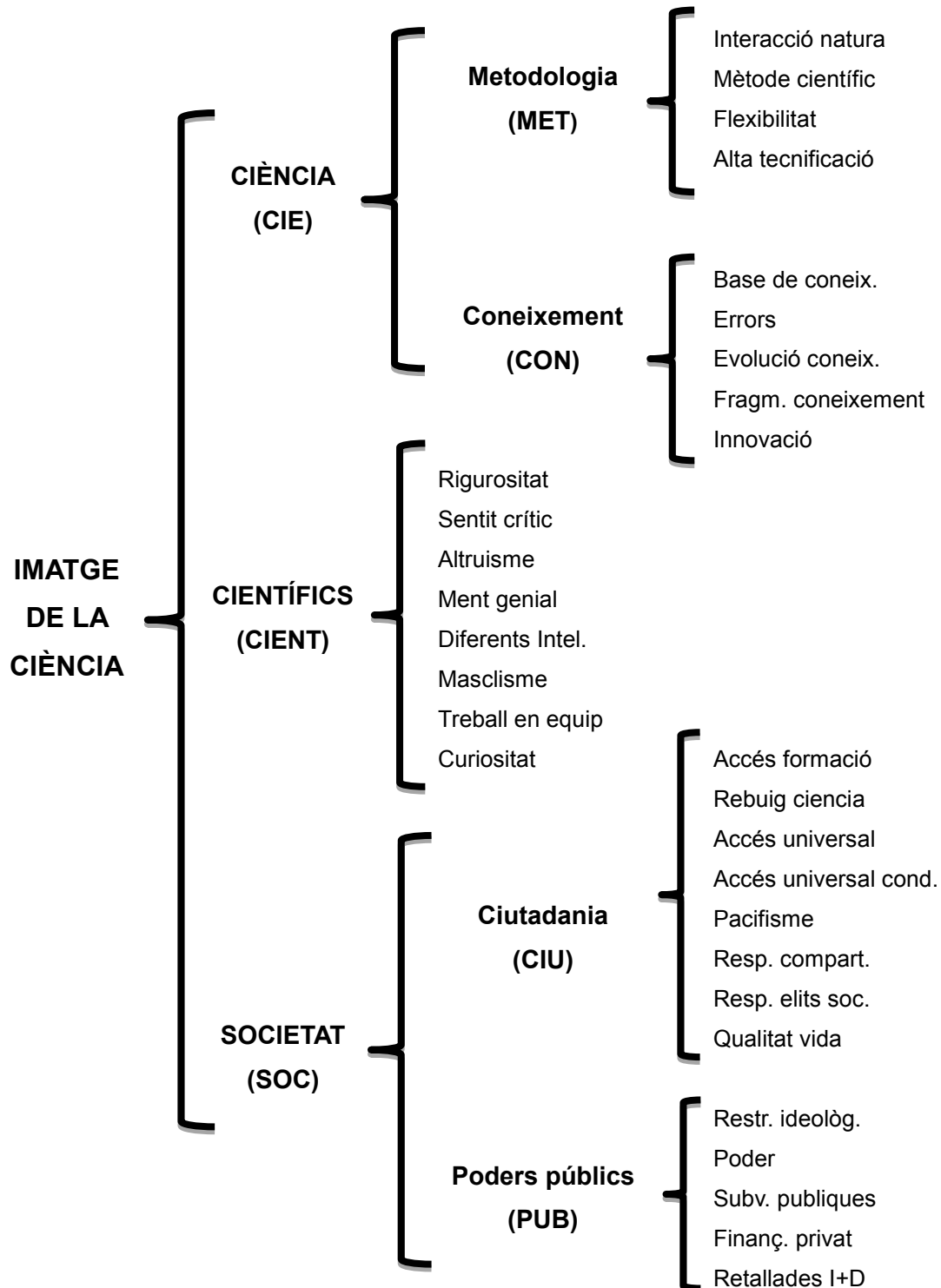
Com s'ha vist en els darrers paràgrafs, set noms han destacat per sobre de tot: **representació i experimentació** pel que fa a l'àtom químic i **metodologia, coneixement, científic, ciutadania i poder públic** pel que fa a la imatge de la ciència. Fins aquí hem descrit els dos mapes de categories que configuren les dos branques generals del nostre anàlisi: l'àtom químic i la imatge de la ciència.

Abans de continuar cal un pas previ fonamental i cabdal... la traducció dels mapes de relacions en les taules 27 i 28 de doble entrada en les quals es representaran quines categories utilitzen els 11 alumnes que **configuren la mostra final explicada a la metodologia**. Aquestes taules es poden trobar després dels dos mapes de relacions.

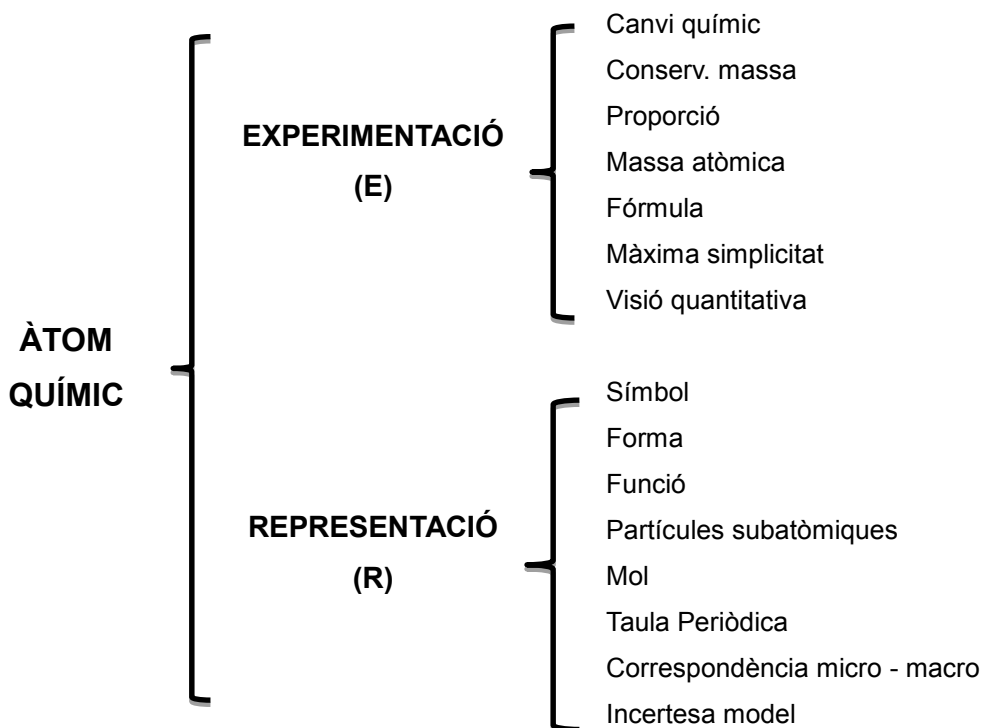
En el pròxim apartat començarem a dotar de contingut a aquests paràmetres que aquí apuntem i veurem com es poden relacionar entre ells, si és que podem...

**Relacions entre les VARIABLES IC i les VARIABLES AT**

*Xarxa sistèmica de resum del MAPA 2 – IMATGE DE LA CIÈNCIA*



**Xarxa sistèmica de resum del MAPA 1 – ÀTOM QUÍMIC**



Com veiem en les xarxes sistèmiques anteriors, sobresurten els set noms que hem citat en la primera part de la discussió. Doncs bé, dels cinc noms de la xarxa del mapa de la imatge de la ciència **sorgeixen les VARIABLES IC** i dels dos noms de la xarxa de l'àtom químic **sorgeixen les VARIABLES AT**.

**És a dir**, l'objectiu principal d'aquestes xarxes sistèmiques és “ordenar” els mapes de relacions dels quals hem parlat en l'apartat anterior. Quan “ordenem” aquests mapes al voltant d'aquests set noms (les variables IC i AT) el que estem fent és **dotar de contingut aquestes variables**, per poder comparar-les en les següents taules.

En les taules 29 i 30 veurem si el tipus d'història que expliquem – caracteritzada a través de l'activitat de la imatge de la ciència – ens pot indicar algun tipus de relació entre aquesta imatge de la ciència i les dues parts del diagrama de l'àtom químic. Per això seran fonamentals tant les variables IC com les variables AT, les quals no són variables buides de contingut sinó que **es nodreixen de les diferents categories dels mapes de relacions**,

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

repartides segons les respectives xarxes sistèmiques, com ja hem comentat anteriorment.

Per tant, el primer pas en la definició d'aquestes relacions ha estat construir la taula 29, mitjançant les dues xarxes sistèmiques (les quals destaquen les principals relacions que observem en el mapa de la imatge de la ciència), que relaciona els següents punts: **els 11 alumnes de la mostra final, les diferents variables IC i assigna una de les dues variables AT a cadascun dels alumnes.**

**Taula 29:** Relació entre els alumnes de la mostra final i les variables IC i AT

Taula de relació	IMATGE DE LA CIÈNCIA – Variables IC					Variables AT Experimentació o representació <sup>16</sup> ?
	CIE		CIENT	SOC		
	MET	CON		CIU	PUB	
1	3	1	1	4	0	E
2	2	1	1	5	0	E
3	1	1	0	2	0	R
4	2	0	1	4	0	R
5	1	2	2	3	0	E
6	1	1	0	3	1	E
7	0	2	0	3	0	E
8	2	1	1	3	0	R
9	0	2	0	2	1	R
10	1	1	0	3	0	E
11	1	0	1	1	0	E

- El valor de cadascuna de les variables IC vindrà determinat per la suma de quines categories cita un alumne X de cadascun dels cinc grups (**1 sol cop per categoria**), mitjançant la xarxa sistèmica del mapa 2.
- La totalitat de les cinc variables defineix **quina és la imatge de la ciència de cadascun dels alumnes.**
- Cada alumne haurà utilitzat unes categories respecte a l'àtom químic, les quals es podran circumscriure a la part R o la part E. **L'assignació s'ha**

<sup>16</sup> Resposta a la pregunta: Quants indicadors cita cada alumne i quin és el grup de major nombre?

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**produït** respecte quin dels dos grups (R o E) reculli un major nombre de categories citades referides a la xarxa sistèmica.

**Taula 30:** Com evolucionen les diferents variables?<sup>1718</sup>

MET	Alumne											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0							E		R			ER
1			R		E	E				E	E	E
2		E		R				R				R
3	E											E

CON	Alumne											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0				R							E	ER
1	E	E	R			E		R		E		E
2					E		E		R			E

CIENT	Alumne											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0			R			E	E		R	E		E
1	E	E		R				R			E	E
2					E							E

CIU	Alumne											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4											E	E
2			R						R			R
3						E	E	R		E		E
4	E			R	E							E
5		E										E

<sup>17</sup> Les files que només contenen un alumne no es tindran en compte.

<sup>18</sup> La variable PUB no es tabula a causa de la seva poca rellevància en les respostes de la Taula 21.



## **DEFINIM LA RELACIÓ ENTRE LES VARIABLES IC I AT**

Entrem a un dels punts nuclears de l'anàlisi... hi hauria alguna possible relació entre com evolucionen les variables IC i la seva identificació envers les dues variables AT?

Fixem-nos en com s'explicita aquest anàlisi (Taula 30):

CIU	Alumne											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1											E	E
2			R						R			R
3						E	I	R		E		E
4	E			R	E							E
5		E										E

**Exemple:** assignació de la variable CIU = 3

1. Els alumnes 6, 7, 9 8 10 s'assignen a aquest valor de CIU.
2. Per a CIU = 3 obtenim 2 alumnes amb E, 1 alumne amb R i un alumne assignat amb una I (recordem que I significa que aquest alumne obtenia tantes E com R). Ja hem explicat abans com s'assignen les variables AT.
3. La E s'assigna ja que una majoria d'alumnes (2) són assignats amb una E.

**Quins són els resultats?**

- Quan MET augmenta, l'assignació de la variable AT varia d'I a R.
- Quan CON augmenta, l'assignació de la variable AT varia de I a E.
- Quan CIENT augmenta, l'assignació de la variable AT no varia d'E.
- Quan CIU augmenta, l'assignació de la variable AT varia de R a E.
- La variable PUB no es creu significativa, ja que no és gairebé citada pels alumnes de la mostra final. Tanmateix, pel valor més usual que és 0, l'assignació de la variable AT és E.

- **Nota important: recordem que els valors que es correlacionin amb 1 sol alumne no es consideraran significatius per aquest anàlisi.**

Quan les variables IC augmenten de valor, aquestes es relacionen amb una variable AT – E, excepte en la variable MET que es relaciona amb la variable AT – R. Cosa explicable ja que aquesta variable es constitueix amb els aspectes més formals i representatius del desenvolupament de l'activitat científica, per tant això és coherent amb el resultat que hem obtingut.

## **REAFIRMANT LES VARIABLES IC**

*L'aportació de la pel·lícula de Marie Curie i el projecte Manhattan*

Podem obtenir de les respostes dels alumnes alguna prova més que reafirmi a les diferents variables IC? Sí, cosa que ens porta a la “Guia de discussió” dels vídeos de Curie de la UD. En aquesta activitat es proporcionava una sèrie de preguntes i passos a seguir per facilitar la comprensió dels fragments de vídeo escollits sobre la vida i obra de Marie Curie (principalment) durant l'activitat 4 de la UD. Nosaltres revisarem els dos exercicis finals d'aquesta guia.

La Taula 31 explicarà quines idees principals resumeixen aquella “hipotètica” pel·lícula que se'ls hi demanava construir als alumnes, així com quin títol hi posaven. **Les dues variables IC més importants (la columna IC-T) es determinaran referint-nos a la taula 29). El color verd indicarà concordança, el color taronja indicarà concordança parcial o indefinició i el color vermell indicarà falta de concordança.**

Si comparem els resultats de la taula 31 amb la taula 29, **més concretament amb quines són les seves dues variables més importants**, trobarem els següents resultats:

- ✓ **El 62% de les respostes analitzades són coherents amb la taula 29.**
- ✓ *El 29% de les respostes són parcialment coherents amb la taula 29.*
- ✓ *El 9% de les respostes són incoherents amb la taula 29.*

Per tant, aquesta és una prova de la consistència de les variables IC. Fixem-nos en que la variable CIU és la que presenta menys incoherències i recordem que aquesta variable és la que recull els aspectes que afecten a la societat.

Fem un resum del que hem vist envers les relacions entre les variables IC i AT:

**Existeix una relació entre les variables IC i AT?**

- *Les variables IC que han demostrat ser significatives en la descripció d'aquesta relació són: **MET, CON, CIENT i CIU.***
- *Quan MET, CON, CIENT i CIU tenen valors baixos, no es produeix una assignació clara i definida cap a cap de les variables AT (R i E).*
- *Si augmenten de valor aquestes tres variables, aquestes es “decanten” cap a la variable AT - E. La variable que més força té és la variable CIU, ja que és la qual assoleix el valor més alt. **Nosaltres creiem que aquesta és la variable més forta perquè les aplicacions pràctiques de l'àtom – radioactiu són les característiques més pròximes a la vida de l'alumne, al pensar en l'energia nuclear o la medicina (per exemple).***
- *Tot el contrari passa amb la variable MET, a causa que quan augmenta el seu valor li podem assignar la variable AT - R.*

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 31:** Són coherents les pel·lícules dels alumnes amb els perfils de les variables IC<sup>19</sup>?

	<b>Títol pel·lícula</b>	<b>IC</b>	<b>Exemple</b>	<b>IC - T</b>
<b>1</b>	<b>Radioactivitat “la vida i la mort”</b>	<b>CIU</b>	Ens llista tot un reguitzell d'aplicacions del coneixement radioactiu (radiografia, medicina, camp militar), així com fa un incís en el “poder destructiu de l'àtom” – interpretant-ne les bombes atòmiques i en les conseqüències de la manipulació de les substàncies radioactives	<b>CIU</b>
		<b>CON</b>	Fa una petita menció al descobriment de nous elements radioactius	<b>MET</b>
<b>2</b>	<b>Les diferents cares de la ciència</b>	<b>CIU</b>	Aquesta alumna ens diu, de forma molt “esquemàtica”, que el més important per ella de l'exemple de Curie és tenir en compte les conseqüències de la ciència en la nostra vida	<b>CIU</b>
<b>3</b>	<b>La ciència i la radioactivitat a través dels anys</b>	<b>CIU</b>	Conseqüències i aplicacions de les “ones radioactives”	<b>CIU</b>
		<b>CON</b>	Descobriments i límits de la radioactivitat (fenòmen)	<b>CON/MET</b>
<b>4</b>	<b>L'evolució de la ciència</b>	<b>CIU</b>	Aquest alumne li dóna molta importància a la figura del científic quan en destaca la seva rellevància professional però sempre focalitzant la cita en el benestar social i la qualitat de vida, així com fa èmfasi en el problema del gènere en la ciència. Després acaba clamant per que no es torni a repetir el projecte Manhattan	<b>CIU</b>
<b>5</b>	<b>Evolució en les aplicacions dels elements radioactius</b>	<b>CIU</b>	Aplicacions de la radioactivitat. A més a més, torna a incidir en els efectes nocius de la radioactivitat en l'individu	<b>CIU</b>
		<b>CIENT</b>	Perfil personal i professional de Marie Curie	<b>CIENT</b>
		<b>CON</b>	El descobriment dels elements radioactius i dels raigs X	<b>CON</b>

<sup>19</sup> Aquí hem comparat les tasques finals de la guia de discussió (veure capítol 4) amb les variables més importants (les dues més importants) de la Taula 21. IC: variable IC assignada al comentari adjacent // IC-T: correspondència amb les **dues variables IC més importants** de la Taula 21.

*Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència*

6	La radioactivitat al llarg de la història	CIU	Aplicacions dels elements radioactius en el camp de la medicina i en l'indefinit "camp energètic"	CIU
		CON	Aquest alumne recalca el descobriment dels "elements que emeten radiació"	CON /
		PUB	Emfasitza la responsabilitat en l'ús de les armes atòmiques	MET / PUB
7	La radioactivitat, de gran descobriment a gran catàstrofe	CIU	Aquest alumne es centra, en gran mesura, en la part més aplicada de la radioactivitat (destaca la generació d'energia, la medicina) i diverses afeccions perjudicials de la radioactivitat per l'home	CIU
		PUB	Incideix en la possibilitat d'usar les armes atòmiques per la destrucció de la humanitat	MET/CON
8	Radioactivitat, sanació o destrucció?	MET	Fixem-nos com aquest alumne resumeix les idees principals d'aquests vídeos d'una forma un xic diferent que la resta dels seus companys. Destaca primer la casualitat del descobriment de la fluorescència i descriu les característiques tècniques de la bomba "Fat Boy"	MET
		CIU	Fa igual esment a les connotacions socials de la radioactivitat	CIU
		CIENT	Marie Curie va ser la primera dona a doctorar-se en ciències (no té correspondència amb la taula)	
		CON	Descobriments del Torí (no té correspondència amb la taula)	
9	Dels raigs X a la bomba atòmica	MET	Aquest alumne ens ressalta diversos aspectes metodològics de la recerca en ciència: continuïtat, "innovació" o casualitat	MET
		CIU	Recalca explícitament "el risc de les males aplicacions d'un descobriment" i la investigació aplicada a la vida quotidiana	CIU
11	Evolució en les aplicacions dels elements radioactius	CIENT	Recalca la vessant personal de Marie Curie	MET CON
		CON	Descobriments dels elements radioactius i els raigs X	
		CIU	Aplicacions i efectes nocius de la radioactivitat	CIU

**Què vol dir tot això?** Si tornem a la primera imatge d'aquesta discussió on mostràvem la desconexió entre les zones E i R, ens podríem imaginar per un moment que ens trobem front a dues illes que s'haurien de connectar mitjançant un pont. Com resulta evident, per que el pont sigui viable caldran **unes columnes que el suportin** i el que **proposem nosaltres és que les columnes d'aquest pont que volem construir siguin les quatre variables IC que els alumnes han determinat significatives.**

En altres paraules, la història de la ciència pot contribuir a potenciar la vessant experimental del model atòmic (en major mesura) però també la vessant representativa o simbòlica. **Tot això dependrà de quin tipus d'història (imatge) de la ciència es vulgui explicar als alumnes.**

Suposem que un determinat grup d'alumnes afronta l'ensenyament de l'àtom químic amb una imatge de la ciència excessivament formal – amb la variable MET molt elevada – i volem preveure quin en serà el resultat. Si ens basem en les relacions obtingudes veurem que la imatge de l'àtom que s'obtindrà estarà **excessivament decantada cap a la “banda R”**, caient en les sobresimplificacions típiques de l'explicació atòmica de la química escolar (després hi entrarem en més detall quan tornem a portar a escena els llibres de text). Per contra, si afrontem el tema de l'entitat química de l'àtom “submergint-nos” en l'època de Lavoisier i Dalton (principalment) i entenem les seves motivacions i plantejaments, serem capaços de transmetre als alumnes una visió més química de l'àtom. En altres paraules, en el nostre cas **les variables IC que entren en joc són MET, CON i CIENT**, ja que en aquest cas CIU no té sentit tenir-la en compte si no volem caure en un cas flagrant d'història anacrònica. És a dir, no expliquem això (exclusivament) per que els alumnes entenguin l'àtom modern i les seves aplicacions, sinó per que puguin donar-li sentit químic a una entitat com l'àtom. **Les aplicacions pràctiques vindran quan es parli de l'àtom físic “radioactiu”, com hem dit abans.**

Ara bé, això vol dir que hem arribat ja a bon port? Si recordem el primer dibuix veurem que no, ja que encara hem de cobrir aquella desconexió entre el símbol i el canvi químic. Però... recordem que el mol no ens encaixava a la banda R del mapa de relacions? **En el pròxim apartat en parlarem...**

Les variables IC ens haurien de recordar al primer bloc del marc teòric, quan hem parlat de l'aproximació CTS (Ciència, Tecnologia i Societat). A grans

### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

trets, l'enfocament CTS es basava en apropar els coneixements científics a la societat, relacionant-los amb la tecnologia i aportant-los-hi una vessant social, referent als valors ètics i de comportament de la societat envers la ciència, tot això per poder exercir una ciutadania més plena. Les variables IC no deixen de banda el coneixement científic però introdueixen a la persona i a la mateixa ciència dins del seu context (el dels científics que hem estudiat), sent concordant aquest discurs amb el posicionament que hem adoptat sobre aquest aspecte al marc teòric (veure apartat 2.1.5).

Un context molt determinat per la imatge de la ciència que s'hi projecta. Recordem que, segons els estudis vistos en el punt corresponent del bloc de teoria, els alumnes reben, dels materials més clàssics i de molts docents, una imatge de la ciència **excesivament analítica i rígida, aproblemàtica i ahistòrica, individualista i socialment descontextualitzada i neutre**. Tot i així, en aquest treball hem vist que si s'empra la història de la ciència aquesta màxima **NO ÉS COMPLEIX** en absolut, ja que hem vist que les variables IC amaguen al darrera un mapa de categories molt ric i complex.

## DISCUTIM SOBRE EL “COMPTAR LA MATÈRIA”

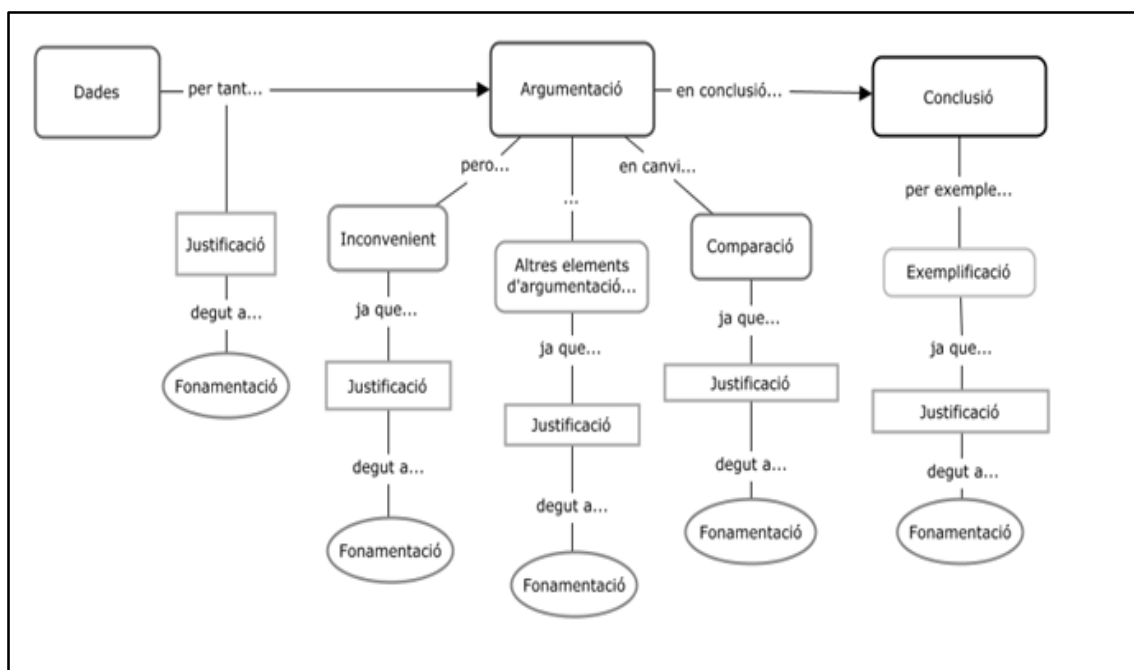
### Activitats del mol i la visió quantitativa

En aquest punt analitzarem el fil argumental de les respostes del fòrum “*El mol i la dotzena d'ous*” corresponent a la segona part de la història de la UD. Ho farem seguint el següent esquema després de recordar l'enunciat d'aquest fòrum:

### Fòrum “*EL MOL I LA DOTZENA D'OUS*”

'El mol és la 'dotzena' dels químics'. Es refereix a que la quantitat d'ous s'expressa per números de dotzenes i la de les substàncies, per número de mols.

- Argumenteu sobre l'oportunitat (o no) d'aquesta analogia.
- Creieu que el 12 (dels ous) és millor que el nombre d'Avogadro (del mol)? Justifiqueu la resposta.



**Figura 6:** Com expliquem les argumentacions dels alumnes? (Sardà i Sanmartí, 2006)



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Alumne 1

Un mol és un nombre de partícules, tal com ho és una dotzena, de fet, al mol se l'ha considerat com "la dotzena química". El valor exacte del nombre de partícules en un mol és un valor molt gran. S'utilitza la lletra N per representar aquest nombre de partícules. Es pot dir llavors, que així com diem que hi ha 12 ous en una dotzena, que hi ha N àtoms en un mol d'àtoms. Així com hi ha 12 objectes o coses, en una dotzena, hi ha un nombre N de partícules en un mol.

(S'ha trobat experimentalment, per difracció de raigs x i altres mètodes, que el nombre d'àtoms en 12 g exactes de carboni-12 és  $6.02 \cdot 10^{23}$  unitats elementals, aquest nombre és conegut com a número d'Avogadro.)

Crec que no es millor, encara que el número 12 (dels ous) el fem servir per contar qualsevol cosa (ous, taronges, gallines, taules...etc) i es imprescindible, per altre banda el numero d'Avogadro s'aplica ha qualsevol substancia i suposa un gran avanç científic.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Dades</b>	Un mol és un nombre de partícules.
<b>Justificació</b>	Tal i com ho és una dotzena, de fet, al mol se l'ha considerat "la dotzena química".
<b>Dades</b>	El valor exacte del nombre de partícules en un mol és un valor molt gran. S'utilitza la lletra N per representar aquest nombre de partícules.
<b>Justificació</b>	S'ha trobat experimentalment, per difracció de raigs x i altres mètodes, que el nombre d'àtoms en 12 g exactes de carboni-12 és $6.02 \cdot 10^{23}$ unitats elementals, aquest nombre és conegut com a número d'Avogadro.
<b>Comparació</b>	Es pot dir llavors, que així com diem que hi ha 12 ous en una dotzena, que hi ha N àtoms en un mol d'àtoms. Així com hi ha 12 objectes o coses, en una dotzena, hi ha un nombre N de partícules en un mol.
<b>Conclusió</b>	<b>No acaba de concloure però creiem que podem sobreentendre que vol referir-se a la idoneïtat de la metàfora.</b>

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	<b>Crec que no és millor.</b>
<b>Contraposició</b> "El 12 és quotidià i el $N_A$ és universal"	Encara que el número 12 (dels ous) el fem servir per contar qualsevol cosa (ous, taronges, gallines, taules...etc) i es imprescindible, per altre banda el numero d'Avogadro s'aplica ha qualsevol substancia i suposa un gran avanç científic.

Alumne 2

Determinar un número a partir del qual tothom en parli, de vegades es tan senzill o tan difícil com trobar un número adient. Els antics van trobar alguns nombres que els van considerar màgics com el tres i el set. A l'era moderna, els químics van trobar que el número 12 s'avenia bé per calcular les masses atòmiques a partir del isòtop de carboni més estable. I què tenim al nostre abast que s'assembli a aquest nombre? La dotzena d'ous. Senzill i pràctic.

Ni millor ni pitjor. El sistema de la dotzena ens serveix per calcular amb masses atòmiques. El nombre d'Avogadro es calcula a partir del sistema de la dotzena de 12 unitats elementals. El nombre d'Avogadro ens diu que en un mateix volum adoptat com unitari hi ha el mateix nombre de partícules on un mol són 602 300 trilions d'unitats elementals.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Altres arguments</b>	Determinar un número a partir del qual tothom en parli, de vegades es tan senzill o tan difícil com trobar un número adient.
<b>Exemplificació</b>	Els antics van trobar alguns nombres que els van considerar màgics com el tres i el set. A l'era moderna, els químics van trobar que el número 12 s'avenia bé per calcular les masses atòmiques a partir del isòtop de carboni més estable.
<b>Conclusió</b>	I què tenim al nostre abast que s'assembli a aquest nombre? La dotzena d'ous. Senzill i pràctic.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	Ni millor ni pitjor.
<b>Justificació</b>	El sistema de la dotzena ens serveix per calcular amb masses atòmiques. El nombre d'Avogadro es calcula a partir del sistema de la dotzena de 12 unitats elementals. El nombre d'Avogadro ens diu que en un mateix volum adoptat com unitari hi ha el mateix nombre de partícules on un mol són 602 300 trilions d'unitats elementals.

Alumne 3

Aquesta és una analogia prou encertada, ja que compara dues paraules amb un significat numèric únic. Tant la paraula dotzena com la paraula mol fan referència a un nombre concret d'unitats que no canvia i que s'utilitza cadascuna en disciplines diferents però amb el mateix propòsit, fer senzilla la comptabilitat d'alguna cosa.

Crec que és millor el nombre d'Avogadro. El motiu de la meva afirmació és que, mentre una dotzena d'ous és una assignació numèrica aleatòria als ous que no respon a cap raó científica (deixant clar que parlem de **dotzena d'ous** i no del nombre dotze, que sí té implicacions científiques), un mol sí té una base científica, i representa la relació directe i real entre la massa molecular i la quantitat d'àtoms que la conformen.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Conclusió</b>	Aquesta és una analogia prou encertada.
<b>Justificació</b>	Ja que compara dues paraules amb un significat numèric únic.
<b>Argument "funcional"</b>	Fan senzilla la comptabilitat d'alguna cosa.
<b>Justificació</b>	Tant la paraula dotzena com la paraula mol fan referència a un nombre concret d'unitats que no canvia i que s'utilitza cadascuna en disciplines diferents però amb el mateix propòsit.
<b>Inconvenient</b>	És millor el mol que la dotzena
<b>Justificació</b>	Això és així perquè el mol és "científic"

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	Crec que és millor el nombre d'Avogadro.
<b>Justificació</b>	Té una base científica.
<b>Exemplificació</b>	Mentre una dotzena d'ous és una assignació numèrica aleatòria als ous que no respon a cap raó científica (deixant clar que parlem de <b>dotzena d'ous</b> i no del nombre dotze, que si té implicacions científiques), un mol si té una base científica, i representa la relació directe i real entre la massa molecular i la quantitat d'àtoms que la conformen.

Alumne 4

Estic convençuda, de què sí és correcte i positiu l'argument i l'oportunitat d'aquesta analogia, ja que qualsevol tècnica o numeració que faciliti la tasca de comptabilització en qualsevol àmbit inclòs aquest, em sembla una millora, i no veig adequat rebutjar-la, així doncs, sí em sembla encertada. No és el mateix tenir conceptes reduïts o minimitzats, que haver de comptar de forma complexa i individualitzada.

No és ni millor ni pitjor, però el nombre d'Avogadro, ens facilita la feina molt més que les dotzenes, ja que la comptabilització és molt superior en nombre (el n° d 'Avogadro equival a  $6.0221367 \cdot 10^{23}$ , d'aquest, el número de partícules representatives en un mol, podent-arrodonir a tres dígits:  $6.02 \cdot 10^{23}$ ), i per tant més complex, com podem observar, però en la totalitat, representen el mateix en major o menor grau.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Conclusió</b>	Estic convençuda, de què si és correcte i positiu l'argument de l'oportunitat d'aquesta analogia.
<b>Argument "funcional"</b>	Ja que qualsevol tècnica o numeració que faciliti la tasca de comptabilització en qualsevol àmbit inclòs aquest, em sembla una millora, i no veig adequat rebutjar-la.
<b>Justificació</b>	No és el mateix tenir conceptes reduïts o minimitzats, que haver de comptar de forma complexa i individualitzada.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	No és ni millor ni pitjor.
<b>Justificació</b>	El nombre d'Avogadro ens facilita la feina molt més que les dotzenes ( <b>en la comptabilització</b> ).
<b>Exemplificació</b>	La comptabilització és molt superior en nombre (el n <sup>o</sup> d'Avogadro equival a $6.0221367 \cdot 10^{23}$ , d'aquest, el número de partícules representatives en un mol, podent-arrodonir a tres dígits: $6.02 \cdot 10^{23}$ ), i per tant més complex, com podem observar, però en la totalitat, representen el mateix en major o menor grau.

Alumne 5

Imagino que als éssers humans ens agrada molt trobar similituds amb tot ho que fem per això els químics comparen el mol amb els ous, em sembla bé que ho fagin, però no li veig l'utilitat. Sé que la ciència i la religió no connecten, però també els apòstols eren una dotzena.

Ni millor ni pitjor els ous són ous i els mols mols. El nombre d'Avogadro és un nombre molt útil en química pel fet que ens facilita la feina a l'hora de fer càlculs i el fet que se li hagi comparat amb una dotzena d'ous no és més que casualitat ja que si en lloc del nombre dotze com pes del carboni haurien utilitzat un altre element, la cosa hauria canviat, però no el fet de que 1 mol de qualsevol substància fossi un nombre determinat de molècules.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Conclusió</b>	No li veig la utilitat.
<b>Argument "moral"</b>	Imagino que als éssers humans ens agrada molt trobar similituds amb tot ho que fem per això els químics comparen el mol amb els ous, em sembla bé que ho fagin.
<b>Comparació "mística"</b>	Sé que la ciència i la religió no connecten, però també els apòstols eren una dotzena.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	Ni millor ni pitjor els ous són ous i els mols mols.
<b>Argument "funcional"</b>	El nombre d'Avogadro és un nombre molt útil en química pel fet que ens facilita la feina a l'hora de fer càlculs.
<b>Argument "reafirmatiu" (en la universalitat de l'equivalència mol = N<sub>A</sub>)</b>	El fet que se li hagi comparat amb una dotzena d'ous no és més que casualitat ja que si en lloc del nombre dotze com pes del carboni haurien utilitzat un altre element, la cosa hauria canviat, però no el fet de que 1 mol de qualsevol substància fossi un nombre determinat de molècules

Alumne 6

Crec que està prou acertada, tant els mols com la dotzena son paraules diferents però son el mateix nombre que s'utiliza en diferents modalitats amb la mateixa finalitat.

Per mi , ni millor ni pitjor, simplement que el mol té una base científica i és un gran avanç mentre que la dotzena la feim servir per contar, tot te la seva part de contribució positiva per el nostra benestar.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Conclusió</b>	Crec que està prou encertada.
<b>Argument "funcional"</b>	Tant els mols com la dotzena son paraules diferents però son el mateix nombre que s'utiliza en diferents modalitats amb la mateixa finalitat.

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	Per mi , ni millor ni pitjor.
<b>Justificació</b>	Simplement que el mol té una base científica i és un gran avanç, mentre que la dotzena la feim servir per contar.
<b>Altres arguments</b>	Tot te la seva part de contribució positiva per el nostra benestar.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Alumne 7

Aquesta analogia es encertada, ja que si partim de que la definició d'un un mol es la quantitat de substància d'un sistema que conté tantes entitats elementals com àtoms hi ha en 0,012 Kg de carboni 12, i de que les dotzenes d'ous són grups de 12 ous, doncs es pot veure la similitud entre els dos conceptes.

No es ni millor ni pitjor, ja que son conceptes diferents.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Conclusió</b>	Aquesta analogia és encertada.
<b>Comparació</b>	Si partim de que la definició d'un un mol es la quantitat de substància d'un sistema que conté tantes entitats elementals com àtoms hi ha en 0,012 Kg de carboni 12, i de que les dotzenes d'ous són grups de 12 ous, doncs es pot veure la similitud entre els dos conceptes.

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	No és ni millor ni pitjor.
<b>Justificació</b>	Ja que son conceptes diferents.

Alumne 10

Tant els mols com la dotzena es una unitat de mesura especifica, i com a extra, es una mesura molt utilitzada en l'àmbit científic tant com dotzena ho és en l'àmbit familiar, aixi que la trobo una analogia molt encertada.

Des de la meva humil opinió, no considero que un sigui millor que l'altre, ja que els seus àmbits d'utilització son massa diferents un de l'altra, jo opinaria, que els dos son igualment valorables.

*La metàfora és oportuna?*

<b>Comparació</b>	Tant els mols com la dotzena es una unitat de mesura especifica.
<b>Contraposició</b>	És una mesura molt utilitzada en l'àmbit científic tan com dotzena ho es en l'àmbit familiar.
<b>Conclusió</b>	Així que la trobo una analogia molt encertada.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*El 12 és millor que el nombre d'Avogadro?*

<b>Conclusió</b>	Des de la meua humil opinió, no considero que un sigui millor que l'altre.
<b>Justificació</b>	Ja que els seus àmbits d'utilització son massa diferents un de l'altra, jo opinaria, que els dos son igualment valorables.

**Per tant... quins arguments fan servir per posicionar-se respecte a la metàfora dels ous i els mols i respecte a la comparació 12 – nombre d'Avogadro?**

- Equiparació del còmput d'ous amb el còmput d'àtoms.
- Equiparació dels múltiples "bàsics" de còmput dels ous i els àtoms, que serien: la dotzena i el mol – nombre d'Avogadro.
- Emfasització de la simplicitat dels múltiples anteriorment citats.
- La suposada arbitriietat d'elecció del patró que defineix 1 u.m.a.
- L'argument d'autoritat científica per refusar la metàfora o, dit d'un altre manera, "*el nombre d'Avogadro és científic i la dotzena d'ous 'familiar'*".
- Altres arguments: comparació amb els 12 apòstols.



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Ara passem a tractar l'exercici numèric de l'activitat avaluable 1. Recordem quina és la interpretació correcta per cadascuna de les variables enquestades en el tercer apartat de la primera pregunta avaluable.

$$\frac{x \text{ grams } O}{3 \text{ grams de Fe}} = \frac{1 \text{ gram } O}{7,125 \text{ grams Fe}} ; x = 0,42 \text{ grams } O$$

$$\frac{3 \text{ grams Fe}}{0,42 \text{ grams } O} = \frac{y \text{ grams Fe}}{0,25 \text{ grams } O} ; y = 1,79 \text{ grams Fe}$$

$$3 \text{ grams Fe} - 1,79 \text{ grams Fe} = 1,21 \text{ grams Fe} = z$$

$$1,79 \text{ grams Fe} + 0,25 \text{ grams } O = 2,04 \text{ grams FeO} = t$$

La x significa:

- A. La quantitat d'oxigen que hauria reaccionat amb el ferro si tot el ferro inicial s'hagués transformat en òxid de ferro, segons la relació teòrica estudiada per Dalton.**
- B. La quantitat d'oxigen necessària per calcular la proporció teòrica entre el ferro i l'oxigen.

La y significa:

- A. La quantitat de ferro que ha reaccionat respecte els 0,25 grams d'oxigen "incorporats" a la reacció.**
- B. La quantitat de ferro necessària perquè reaccionin els 0,42 grams d'oxigen de l'apartat anterior.

La z significa:

- A. La massa de ferro no reaccionada en la reacció estudiada.**
- B. La massa de ferro necessària per que els 3 grams de ferro inicials reaccionin.

La t significa:

- A. La quantitat total d'òxid de ferro format quan reaccionen 1,79 grams de ferro i 0,25 grams d'oxigen.**
- B. La quantitat total d'òxid de ferro format en la reacció inicial.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 32:** Distribució de respostes en l'apartat referent a la quantificació de l'experiència proposada de la pregunta avaluable 1.

Alumne	Variable x		Variable y		Variable z		Variable t		E o R? (Taula 21)
	A	B	A	B	A	B	A	B	
1-A	X		X		X		X		E
2-C	X			X		X	X		E
3-B		X	X		X		X		R
4-A	X		X		X		X		R
5-C		X		X	X		X		E
6-A	X		X		X		X		E
7-B		X	X		X		X		I
8-C	X			X		X	X		R
9-A	X		X		X		X		R
10-B	X		X		X			X	E
11-C		X	X		X			X	E
TOTAL	7	4	8	3	9	2	9	2	75,25%
	(64%)	(36%)	(73%)	(27%)	(82%)	(18%)	(82%)	(18%)	24,75%

**Obtenim** un 75,25% de respostes correctes i un 24,75% de respostes equivocades. Tanmateix, **no hi ha una relació clara i definida** entre la visió quantitativa i la visió de l'àtom químic com ens indiquen els següents grups.

**Totes les respostes encertades – Grup A (veure columna alumne): 2E i 2R**

**1 resposta equivocada – Grup B: R, I i E**

**2 respostes equivocades – Grup C: 3E i R**

**És el que esperàvem trobar?** Si els alumnes haguessin incorporat una idea de l'àtom químic lligada amb l'experiència química **de forma efectiva**, no. Si no és així, això ens pot donar una idea que l'àtom – partícula (que no “necessita” aquesta base química per ser comprés) és una visió que encara preval en els alumnes, ja que és una idea molt “simple” i “útil” per entendre com funciona la matèria. Tot i així, el més simple no ha de ser el més significatiu...

Seguint amb la metàfora del pont, un cop construïdes les columnes d'aquest pont hem de pensar en com **construïrem la carretera**. Per poder plantejar-nos com ha de ser, hem de retornar a una categoria del primer mapa que havíem dit que quedava “fora de lloc”... **EL MOL**.

Qualsevol persona que tingui una mínima experiència pràctica en el món de la química, sense circumscriure'ns ara al tema atòmic, sabrà que el mol està indissociablement unit als canvis químics sent-ne el múltiple fonamental (quantitats de massa) de treball al laboratori. Aleshores... què hi fa a la banda R del mapa de l'àtom químic dels alumnes de l'IOC? **Què ho pot explicar?**

Als alumnes els hi hem demanat que es posicionin sobre la idoneïtat d'una metàfora que compara el comptar una dotzena d'ous i un mol d'àtoms. Analitzant la seva argumentació ens hem trobat un reguitzell d'arguments molt variants (alguns molt i molt sorprenents) però que tots tenen un punt en comú... **per a tots ells el mol és una unitat que serveix per comptar uns àtoms particulars** (de partícules) **que ells no signifiquen en absolut**, gairebé **equiparant el comptar ous i comptar àtoms** (mitjançant el nombre d'Avogadro).

**Tots els indicis que ens aporten els alumnes giren al voltant del “comptar” alguna cosa.** Si ho pensem bé, estretament lligat amb el “comptar” podem incidir en el punt de la visió quantitativa, del qual l'últim punt de l'anàlisi de dades ens diu, ras i curt, una cosa molt senzilla: *els alumnes poden encertar un exercici d'estil “test” sobre la quantificació de l'experiència presentada, però seguidament podem comprovar que la suposada “efectivitat” no està relacionada amb les variables AT. Per tant, nosaltres defensem que la visió quantitativa és fonamental per poder entendre l'àtom, però no per L'ÀTOM que estem acostumats a “veure” a les classes de química i que encara és molt semblant al que han incorporat els alumnes.*

És factible pensar que aprendre a comptar ous és un procediment intuïtiu i “familiar” (com diuen alguns dels alumnes) però quan aquesta “familiaritat” es trasllada als àtoms de forma gairebé acrítica, com a molt recolzada en l'argument d'utilitat i autoritat científica, és més que evident que **tenim un greu problema sobre com hem de fer que els alumnes entenguin aquest àtom**. El que sí que podem veure de les seves dades és que entenen que el mol és el “vehicle d'interacció” dels àtoms amb les persones i no entre

els mateixos àtoms però, com hem dit abans, d'un àtom exclusivament simbòlic. En altres paraules, tot això no es basa en comptar  $N_A$  àtoms per poder estudiar una determinada reacció "X" al laboratori, sinó en escollir una unitat d'interacció adient **per poder aplicar una visió quantitativa a la visió de la matèria.**

**I com relacionem tot això amb Dalton?** Recordem que la teoria atòmica "de Dalton" definia tres postulats basats en quina forma tenen els àtoms, en quines característiques els havien de diferenciar i amb quines regles es combinaven. Tot i així, fa un parell de línies he posat entre cometes que aquesta teoria sigui de Dalton... per què? **Dalton el que va fer va ser presentar les dades de les seves experiències amb gasos i d'aquí en va sortir aquesta teoria que tots coneixem com "de Dalton".** Tanmateix, mirem-nos-ho d'un altre manera...

**No serà que Dalton el que fa és instaurar una forma de "comptar la matèria" que GENERA UNA ENTITAT QUE CONEIXEM COM A ÀTOM i no pas INVENTA UN ÀTOM que genera un múltiple per comptar-lo ( $N_A$ )?**

Això ens mostra un problema molt arrelat a l'ensenyament de la química que consisteix en la deformació del significat del mol **per bona part dels mateixos professors que l'expliquen.** Com a exemple podem citar un estudi de Furió, Azcona i Guisasola (1999) que ve a concloure que els mateixos professors assimilen al mol i a la quantitat de substància uns significats confusos, identificant-los amb nombre d'entitats elementals o amb la massa atòmica. Realment, aquest problema es basa en no tenir en compte tot el que hem vist en aquest estudi, és a dir, l'efecte de l'entitat química de l'àtom i de la seva arrel química.

Abans de finalitzar, voldria parar-me en la formulació. Si mirem el mapa de relacions referent a l'àtom químic, veurem que està inscrit dins de la variable AT (E). Això ho podem interpretar dient que els alumnes han incorporat la idea que Lavoisier i Dalton van construir la formulació com a instrument per determinar les masses atòmiques intervinents en els canvis químics.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Tanmateix, no podem amagar que hi ha una relació “que no diuen explícitament” però és evident: **segueixen entenent la fórmula com una representació que modelitza l'estructura de la substància o element corresponent.** Amb això no vull dir que aquest fet sigui negatiu ja que **la vessant estructural** (Farré, Zugbi i Lorenzo, 2014) **és fonamental quan l'àtom incorpora les teories físiques**, però no és menys cert que això **estableix un “dualisme conceptual”** quan parlem de formulació i l'unim a l'àtom químic: els alumnes reben un concepte de fórmula com a instrument de determinació de masses atòmiques i, al mateix temps, com a modelitzadora de l'estructura de la substància. Si això últim no fos així, els resultats del fòrum del mol no es basarien principalment en dir: “1 mol d'X és igual a  $6,02 \cdot 10^{23}$  àtoms d'X” i haurien interpretat que el sentit de la metàfora era veure que el mol no deixa de ser un vehicle d'interacció dels àtoms amb nosaltres **com a químics que ens ocupem de les interaccions químiques**, encara que indirecte, a diferència dels ous.

Finalment, després d'ocupar-nos de les columnes del nostre “pont” i de “projectar” la carretera de l'àtom químic, no ens hem d'oblidar que tota carretera transcorre per un entorn molt concret, que pot fer més fàcil o difícil la conducció. En què es tradueix aquesta última part de la metàfora? **En parlar de com encaixa aquesta proposta nostra en els llibres de text.** Això és el que veurem en el capítol 6 on farem una relectura dels materials del capítol 3, afegint altres aportacions que ens ajudaran a tancar el cercle.

#### **5.4. Relacions entre les dades del grup de l'IOC i les del Cairat**

Tota l'explicació anterior es referia a la implementació de la UD en el grup de l'IOC, però com ja hem explicat vam realitzar una implementació primerenca de la UD a un grup de l'INS El Cairat.

Pel que fa a l'activitat de l'àtom químic, les principals conclusions que vam poder extreure van ser les següents: **els alumnes no eren capaços de diferenciar l'àtom químic del físic i l'ús de la Història de la Ciència** (tal i com l'hem plantejada al punt 2.2.2) **ajudava a “eliminar distorsions” que falsejaven com es va desenvolupar l'àtom.**

De la HC ens ocupem en un moment però de la primera conclusió se n'extreu una pregunta obligada... **quina és la diferència cabdal que permetria a l'alumne diferenciar aquests “dos àtoms”?** En base a la discussió dels resultats del grup IOC, creiem que hem respost aquesta pregunta.

**La resposta és la següent:** nosaltres proposem que aquest àtom químic sigui considerat adequat a la interacció entre les substàncies químiques, en una escala adequada al treball experimental i que ens generi una forma de mesurar la “matèria que interacciona de “manera química””.

Un cop vist això, passem a parlar de l'activitat de la imatge de la ciència i, més concretament, de l'activitat del vídeo de Curie. **Podem trobar alguna relació entre els resultats dels dos grups pel que fa a les variables IC?** Abans de contestar, recordem els resultats que vam obtenir al INS El Cairat.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 26:** Resultats de l'activitat de la imatge de la ciència

<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Categoria</i>	<i>Quantitat</i>
<b>Seguretat</b>	<b>21</b>	Casualitat	9
<b>Pacifisme</b>	<b>17</b>	Exclusivitat	9
Equip	12	Aïllament	8
Innovació	12	Popularització ciència	8
Límits	11	Intel·ligència	7
Ordre	11	Experiència	6
Conciliació	10	Sociabilitat	6

**Traduim-la ara amb les nostres variables IC...**

**Taula 26bis:** Traducció mitjançant les variables IC de la Taula 26

<i>Categoria</i>	<i>Variable</i>	<i>Categoria</i>	<i>Variable</i>
<b>Seguretat</b>	<b>21 – CIU</b>	Casualitat	9 - CIENT
<b>Pacifisme</b>	<b>17 – CIU</b>	Exclusivitat	9 – CIU
Equip	12 - CIENT	Aïllament	8 - CIENT
Innovació	12 – CON	Popularització ciència	8 – CIU
Límits	11 – CIU	Intel·ligència	7 – CIENT
Ordre	11 – CIENT	Experiència	6 – CIENT
Conciliació	10 - CIU	Sociabilitat	6 - CIU

**Veiem que podem trobar tres de les quatre variables IC que els alumnes de l'IOC han trobat significatives (recordem que només hem traduït els principals resultats de la Taula 25). Encara més... la variable més forta és la variable CIU... que també coincideix amb el grup IOC.**

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***



## Capítol 6: L'àtom i la HC en els llibres de text (II)

### 6.1. Metodologia i resultats

Un cop ja determinada la nostra “nova visió” de l'àtom químic, volem acabar aquest anàlisi fent una relectura dels primers materials didàctics que vam mirar, els llibres de text, per poder-hi detectar una explicació “tipus” sobre l'àtom. Ho farem aprofitant les dues variables AT (E i R) que hem creat en aquesta recerca i combinant-les amb un “barem” que les quantificarà i ens ajudarà en la recerca de l'explicació arquetipus.

**Per començar definirem aquest barem en la taula 25:**

**Taula 33:** Descripció dels enunciats del barem i la seva respectiva puntuació

Nº	Enunciat	Variable i puntuació
1	El concepte d'àtom es construeix a partir de l'estudi dels canvis químics (A) contràriament a fer-ho mitjançant la formulació i les partícules físiques (B)	Si es compleix A: +1,5p a E Si es compleix B: +1,5p a R
2	S'estudia el concepte d'àtom des d'una vessant qualitativa (A) i quantitativa (B)	Si es compleix A: +0,5p a E i R Si es compleix B: +1p a E
3	Es tracta com la fórmula química va ser un instrument útil per a determinar la massa atòmica relativa dels elements (A) o es tracta com si fos part d'una gramàtica d'assimilació acrítica per l'alumne (B)	Si es compleix A: +1p a E Si es compleix B: +1p a R
4	Com es compta la matèria? A partir del nombre d'Avogadro com a “múltiple fonamental” del mol (A) o entenent que per comptar-la hem de treballar les “unitats d'interacció” en els canvis químics, que generaran un altre concepte d'àtom (B)	Si es compleix A: +1p a R Si es compleix B: +1,5p a E
5	Es fa servir una visió de la ciència principalment focalitzada en els seus components formals i simbòlics (variable MET) o es té en compte la vessant més social de la ciència (variable CIU), personal (variable CIENT) o referida a com es genera el coneixement (variable CON)	Si predomina MET: +1p a R Si és present CIU: +1p a E Si es té en compte CON o CIENT: +0,5p a E Si s'observa un bon balanç entre les variables IC tendents a R i les tendents a E: +1,5p a E i +0,5p a R

**Ara passarem a tabular els resultats d'aquesta baremació.**

**La numeració dels 10 primers llibres es correspondrà amb la Taula 11.**

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 34:** Baremació dels diferents llibres de text respecte dels 5 enunciats

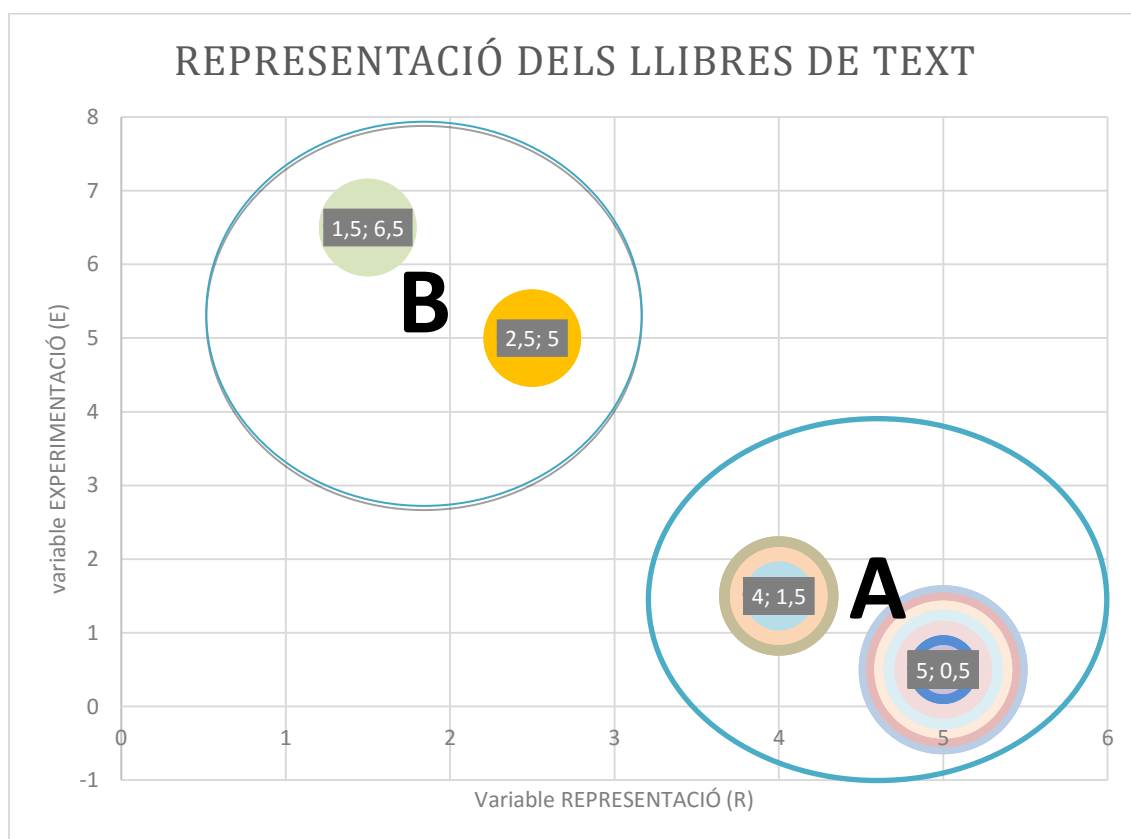
Llibre	Enunciat	R	E	Llibre	Enunciat	R	E
<b>1</b>	1	1,5	0	<b>7</b>	1	1,5	0
	2	0,5	0,5		2	0,5	0,5
	3	1	0		3	1	0
	4	1	0		4	1	0
	5	1	0		5	1	0
<b>2</b>	1	1,5	0	<b>8</b>	1	1,5	0
	2	0,5	0,5		2	0,5	0,5
	3	1	0		3	1	0
	4	1	0		4	1	0
	5	1	0		5	1	0
<b>3</b>	1	0	1,5	<b>9</b>	1	1,5	0
	2	0,5	1,5		2	0,5	0,5
	3	1	0		3	1	0
	4	0	1,5		4	1	0
	5	1	0,5 (CON)		5	1	0
<b>4</b>	1	1,5	0	<b>10</b>	1	1,5	0
	2	0,5	0,5		2	0,5	0,5
	3	1	0		3	1	0
	4	1	0		4	1	0
	5	0	1 (CIU)		5	1	0
<b>5</b>	1	1,5	0	<b>11</b>	1	1,5	0
	2	0,5	0,5		2	0,5	0,5
	3	1	0		3	1	0
	4	1	0		4	1	0
	5	0	1 (CIU)		5	1	0
<b>6</b>	1	1,5	0	<b>12</b>	1	0	1,5
	2	0,5	0,5		2	0,5	1,5
	3	1	0		3	0	1
	4	1	0		4	0	1,5
	5	0	1 (CIU)		5	1	1 (CON i CIENT)

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Taula 35:** Resultat final de la baremació dels llibres

Llibre	Puntuació atorgada a R	Puntuació atorgada a E
1	5	0,5
2	5	0,5
3	2,5	5
4	4	1,5
5	4	1,5
6	4	1,5
7	5	0,5
8	5	0,5
9	5	0,5
10	5	0,5
11	5	0,5
12	1,5	6,5

**Gràfica 2:** Representació dels llibres de text analitzats front a les variables AT



## 6.2. Discussió de resultats

Tal i com vam fer en el capítol 3, farem a continuació un comentari dels dos llibres de text que hem afegit a la llista. **El llibre de text del grup de l'IOC serà el llibre 11 i el "Project Physics" dedicat al model atòmic serà el llibre de text nº12.** Començarem pel llibre de text de l'IOC...

**En el tema 12 del llibre de McGraw-Hill** de primer de Batxillerat del grup de l'IOC es comença definint com a fonaments del model atòmic les substàncies elementals, els compostos i les mescles. Assimila substància simple amb element i substància composta amb compost químic. *Això vol dir que després la "quantitat" s'entendrà com a "quantitat de substància".*

Seguidament es presenten totes les lleis ponderals amb exercicis per practicar cadascuna. A continuació es presenta la hipòtesi de Dalton (tal i com està citada en l'apartat de teoria) i com justifica aquesta les lleis ponderals presentades anteriorment. *Centra tota la discussió en la dificultat de determinar les masses atòmiques, obviant tot el treball amb els canvis químics i el concepte de "massa d'interacció química".* **La hipòtesi de la màxima simplicitat no era per superar una dificultat de trobar masses atòmiques, sinó per superar la dificultat de trobar fórmules i poder construir una nova manera de representar la constitució atòmica!**

Tot seguit entra en escena el mol. La massa d'un mol d'àtoms coincideix amb la mesura moderna en u.m.a. Tot això el que fa és, en última instància, **assignar al concepte de mol una relació directa amb l'àtom, obviant tot el problema dels canvis químics que hem presentat en la nostra proposta.** Això no vol dir que el mol no sigui un concepte que no s'hagi de relacionar amb l'àtom, però creiem que no de la manera abans explicada.

En els últims apartats ens trobem les lleis dels gasos i uns problemes de càlcul de composicions centesimals de substàncies, acabant amb un petit apartat d'enfocament CTS i una ressenya del mètode de Cannizzaro.

Per acabar, les aportacions de la història es tracten com un complement al final de la unitat. El que voldria destacar d'aquesta part d'història és el marcadíssim caràcter positivista del tractament històric, basat en frases com: *"transcurrieron siglos tan oscurantistas como en la Antigüedad (Edad Media)"* o *"El germen de*

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

*la Química científica, que con el tiempo desplazaría a la misteriosa y sacralizada química filosófica”.*

I finalment un comentari del llibre de *Project Physics*<sup>20</sup> dedicat al model atòmic... En els primers compassos del tema es pot observar un desenvolupament historiogràfic dels orígens de l'àtom en l'antiguitat (des del període de l'antiga Grècia). Parlem de des de les primeres assumpcions dels elements com a ens immutables als primers indicis dels canvis químics (Aristòtil i Epicur per posar-ne dos exemples). En altres paraules, **es començava a escriure una “història del canvi”, encara que el medi on tenia lloc aquest canvi era objecte de gran controvèrsia**. Els quatre elements que tots coneixem (terra, aire, aigua i foc) era com Aristòtil, que no considerava correcte la visió atomista, considerava formada tota la matèria de la Terra.

L'atomisme no va tenir suports rellevants des de l'antiga Grècia fins al segle XVII, però això **no vol dir que aquesta història del canvi no incorporés més capítols**. Concretament, el llibre parla dels alquimistes els quals van estudiar diversos processos de transformació química com la calcinació, la destil·lació o la fermentació, tot això dins de la cerca del procés de transmutació del plom en or.

Ja arribant al segle XVII el llibre ens introdueix la importància de la perspectiva quantitativa en l'estudi de la matèria, sobretot de la mà del sorgiment de nous elements químics i de la determinació de la massa relativa entre ells. Ja dins del tema de les “arrels químiques de l'àtom”, el llibre comença treballant aquest mateix aspecte, el del càlcul de proporcions entre diversos elements i la relació amb el precepte de la màxima simplicitat i de les proporcions múltiples, tot això per **determinar les masses de diferents compostos i les diferents combinacions possibles dels mateixos**.

Un cop arribats a aquest punt, el llibre vira cap a la cerca de regularitats d'aquests elements o, en altres paraules, la construcció de la Taula Periòdica de Mendeléiev. Un punt molt important a destacar és que el llibre no introdueix directament la TP moderna, sinó que intenta exemplificar les conseqüències de la capacitat predictiva del disseny original (pensem en l'exemple de *l'eka-silici*).

---

<sup>20</sup> Es pot consultar tot el material de *Project Physics* a <https://goo.gl/cAOpiH>

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Finalment, després de la introducció de la configuració moderna de la TP, s'introdueix un complement al tractament tant qualitatiu com quantitatiu de la matèria... **l'acció de l'electricitat.**

Reprenem la discussió del final del capítol anterior, en la qual volíem examinar com encaixava el nostre enfoc de l'àtom químic respecte als llibres de text. Per fer-ho possible ens hauríem de fixar en el gràfic posterior a la taula 33, en el qual s'han representat els 12 llibres de text de química que hem treballat **en funció de les dues coordenades AT que s'han definit en aquest treball: R i E<sup>21</sup>.**

Les quatre coordenades que envolten la zona A del gràfic (en les quals hi trobem 10 dels 12 llibres analitzats) ens caracteritzen llibres en els quals l'àtom que es presenta **obvia el seu origen en els canvis químics** (tal i com hem presentat en el treball), **presentant-lo citant de passada els postulats de Dalton i algunes de les lleis ponderals (segons el cas). Fent això instauren la formulació química com una gramàtica que l'alumne ha d'assimilar sí o sí, sense entrar a tractar que aquest instrument va ser molt complicat de determinar i fonamental per determinar les masses atòmiques dels elements químics**, partint d'algunes de les lleis químiques més bàsiques (com la hipòtesi de la màxima simplicitat) de les quals només se'n fa una cita ràpida... en el millor dels casos!

El mol és una unitat que relacionen directament amb l'àtom, com si fos una unitat fonamental equiparable al metre (per exemple), i no tenen en compte que l'àtom al qual es referencia aquest mol no està arrelat en la química. Com hem dit anteriorment, Dalton va presentar les dades de les seves experiències generant una forma de "comptar la matèria" que generà al mateix temps **l'àtom químic**, perquè parlava de les interaccions químiques que ara queden ocultes a la ciència escolar. En altres paraules, la química del model atòmic que presenten aquests llibres és una química "construïda" (Farías, 2012) basada en partícules i magnituds físiques les quals no fonamenten aquest arrelament químic que hem defensat. També podem entendre aquests llibres des del punt

---

<sup>21</sup> Els llibres s'indiquen en el text amb la següent notació: (Coordenada R, Coordenada E). Exemple: "si parlem dels llibres (4.5,0.5)..."

### ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

de vista de Kuhn o Fleck, dels quals Olesko ens deia que els llibres servien per consolidar coneixements passats o per fixar “allò que s’ha de pensar com s’ha de pensar” (Olesko, 2006).

Ara examinem cadascun dels punts de la zona A del gràfic... El punt (5,0.5) és l'exemple tipus de llibre de química construïda “pura”, els quals enfoquen l'àtom partint de la formulació, des d'una perspectiva exclusivament teòrica, deixant el concepte de “comptar la matèria” pel capítol d'estequiometria fent servir el tàndem mol – nombre d'Avogadro i acaben no considerant necessari un tractament de la història o, a tot estirar, a reservar una pàgina per tancar la unitat. Si seguim amb el punt (4,1.5) ens trobem amb una situació similar a l'anterior pel que fa al tractament de l'àtom, amb la diferència del tractament de la història: en un dels casos el llibre mostra un correcte equilibri entre les variables IC i en l'altre cas el que predomina és un seguit d'aplicacions pràctiques dels conceptes químics, sobretot a caire d'anecdòticari.

**La zona A del gràfic és la que constitueix l'explicació “tipus” de l'àtom en els llibres de text.**

Ara saltem a la zona B del gràfic i concretament al punt (2.5,5). Aquest llibre comença enfocant les “arrels químiques” de l'àtom segons l'enfocament que hem exposat en el treball, és a dir des dels canvis químics amb una perspectiva quantitativa, però es queda a mig camí al tractar la formulació com els llibres de la zona A i en un tractament equilibrat de la HC, que es redueix a una correcta consideració de la variable CON.

Finalment, arribem al punt (1.5,6.5) que correspon al llibre referent al model atòmic del projecte *Project Physics*. *Project Physics* és un model pel nostre treball però nosaltres hem volgut actualitzar la forma de presentar els continguts, dotant-los de més dinamisme i interès per a l'alumne. Tot això ho hem intentat assegurar amb el tipus d'activitat, un diàleg en el qual es podia visibilitzar millor com interactuaven amb les experiències tant Lavoisier com Dalton, i amb els recursos d'ampliació que preteníem que fossin un catalitzador perquè els alumnes aconseguissin un millor background històric.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***



## Capítol 7: Conclusions i propostes de millora

### 7.1. Conclusions

En aquest capítol resumirem el conjunt de la recerca i mostrarem de manera integrada els resultats que hem obtingut.

Hem vist que **l'àtom que es presenta en els llibres de text és més "físic" que "químic"**, tal com el pot interpretar l'estudiant novell, i el nostre objectiu més important és complementar, no negar, aquest enfoc dotant-lo d'entitat química. Per poder-ho fer, hem escollit dissenyar una Unitat Didàctica que es materialitza en una pàgina web, la qual hem implementat en un entorn virtual com és el cas de l'Institut Obert de Catalunya.

Escollir un entorn virtual ha vingut determinat per diversos factors, alguns de simple contingència i viabilitat del projecte, però també per que aquest entorn virtual ens ha possibilitat obrir aquest nou enfoc complementari, cosa que en un entorn més "tradicional" no teníem tant fàcil.

Hem dissenyat la unitat en una pàgina web (<http://arkannum87.wix.com/ud-model-atomic>) per tal que aquesta proposta fos oberta a tothom i fàcilment accessible i fàcilment accessible des de la direcció indicada al capítol 4 (o a partir del codi QR del mateix apartat).

La implementació d'aquesta unitat en dos centres diferents ens ha permès identificar els paràmetres o variables que caracteritzen l'explicació atòmica dels alumnes que han realitzat les activitats proposades, així com les hem pogut aplicar a descriure l'explicació que els llibres de text que hem seleccionat fan del model atòmic.

Referirem ara els resultats de la recerca als objectius i a les preguntes inicials que ens havíem formulat en el punt 3 del capítol introductori d'aquesta recerca:

- 1) Volíem situar la proposta didàctica que presentarem respecte a un recull de llibres de text que desenvolupin el tema de l'estructura atòmica. Per

tant, ha calgut caracteritzar l'explicació atòmica dels llibres de text cercant una explicació "arquetípica" de l'àtom en els llibres de text.

Per això ens preguntem... **com podem caracteritzar l'explicació atòmica dels llibres de text?**

- 2) Hem de reconèixer l'impacte que poden haver tingut les activitats seleccionades de la nostra UD. En primer lloc, hem de caracteritzar els factors que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom que construeixen els alumnes després d'aplicar la intervenció dissenyada.

Per això ens preguntem... **en base a quins paràmetres podem caracteritzar com els alumnes s'apropen a l'entitat química de l'àtom?**

- 3) En segon lloc, hem de caracteritzar els factors que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom que construeixen els alumnes després d'aplicar la intervenció dissenyada.

Per això ens preguntem... **en base a quins paràmetres podem caracteritzar com els alumnes s'apropen als diferents factors que condicionen la imatge de la ciència que construeixen a partir de la nostra UD?**

- 4) La nostra hipòtesi de partida és que la Història de la Ciència ajuda a contextualitzar els conceptes i a dotar-los de significat. Per això, ens interessa trobar una relació entre els condicionants que defineixen el "fer ciència" i els que defineixen la concepció dels orígens químics de l'àtom pels nostres alumnes.

Per això ens preguntem... **com podem caracteritzar la/les relacions entre els paràmetres que descriuen l'àtom químic i els que descriuen la imatge de la ciència pels nostres alumnes?**

Amb tot això, procedim a respondre les preguntes de recerca i a considerar fins a quin punt hem assolit els nostres objectius.

## **Com podem caracteritzar l'explicació atòmica dels llibres de text?**

L'àtom que s'explica usualment en la majoria de llibres de text està basat en una química construïda a partir de prioritzar **l'àtom – partícula basat en els models atòmics físics de l'àtom**. Per tant, basat en el joc de protons, electrons i neutrons dins l'estructura interna de l'àtom dotada de propietats químiques de manera prou dogmàtica. Tanmateix, això implica utilitzar la formulació com una gramàtica que l'alumne ha d'aprendre, tant si com no, per entendre els canvis químics des d'una perspectiva memorístic – mecànica, la qual no aporta el toc d'imaginació que científics com Lavoisier o Dalton van aportar al construir aquest àtom químic que hem intentat reivindicar. La història de la ciència usada en els llibres prioritza un relat positivista i lineal que s'empra per complementar el discurs abans exposat, discurs que es basa en l'encadenament dels diferents models atòmics de forma consecutiva i acrítica.

Rellegint els llibres de text en base a les variables AT (àtom), que hem identificat després de la implementació de la UD, hem pogut confirmar que l'àtom que ens mostren els llibres és **un àtom “físic” o àtom - partícula** (Farías, 2012) i en el llenguatge estequiomètric.

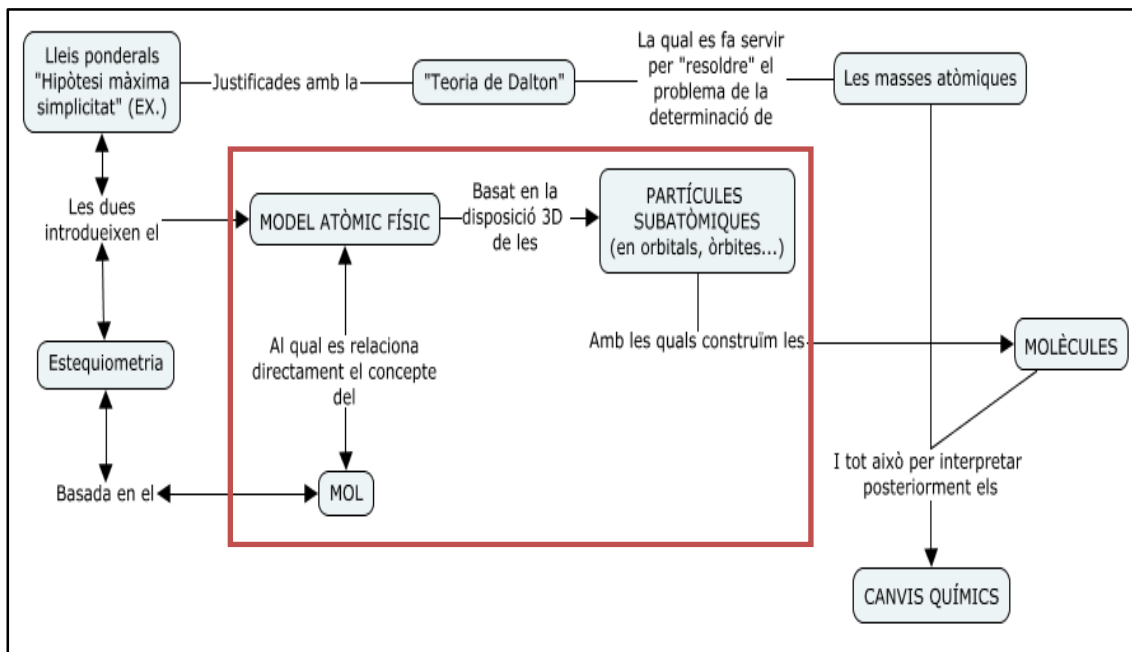
Hem pogut constatar en el gràfic 2 del capítol 6 que els llibres analitzats es dividien en dues zones ben diferenciades que hem anomenat A i B.

La zona A és la més nombrosa ja que recull 10 dels 12 llibres analitzats en els capítols 3 i 6 d'aquesta recerca. Hi trobem dos punts a la zona A, que difereixen en la inclusió o no de la història de la ciència, tot i que aquesta història té un caire marcadament positivista, lineal i acrític.

La zona B recull un llibre de COU i **el llibre de *Project Physics*, el qual podem considerar un bon model per al nostre treball** (punt (1.5, 6.5) del gràfic 2 del capítol 6). El llibre de COU intenta donar una explicació química de l'àtom, però li manca el significat que li donaria a l'àtom físic l'aproximació social de la nostra proposta.

Finalment, podem visualitzar l'explicació “tipus” de l'àtom en els llibres de text que resumeix l'anàlisi dels llibres de text que hem dut a terme, de la següent manera:

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**



L'explicació arquetípica de l'àtom en els llibres de text seria la següent:

*(En el món) hi ha partícules (pròpies de cada element), les quals es poden comptar gràcies al mol i que estan formades per partícules subatòmiques (protó, electró...) que permeten la ordenació dels elements a la Taula Periòdica i explicar la formació de molècules. El mol permet establir lleis quantitatives (estequiometria) interpretar els canvis químics.*

**En base a quins paràmetres podem caracteritzar com els alumnes s'apropen a l'entitat química de l'àtom, un cop realitzades les activitats proposades?**

Una de les nostres preocupacions principals era veure si els alumnes eren capaços de diferenciar l'àtom químic – el qual ara entrarem a explicar – de l'àtom físic – del qual ja n'hem parlat a la primera pregunta. Per això, en la implementació exploratòria al INS El Cairat vam proposar als alumnes una sèrie de preguntes per veure **si eren capaços de fer aquesta diferenciació**. En base a les respostes proporcionades **hem de respondre negativament**. Per tant, en la següent implementació ens vam preocupar de ser capaços de caracteritzar aquesta “confusió” per veure què acaben entenent els alumnes com a “àtom químic”.

Després de la implementació a l'Institut Obert de Catalunya, hem vist que els alumnes s'han apropiat a l'àtom químic sota dues “coordenades” o variables: **una vessant simbòlica o representativa (variable R)** basada fonamentalment en el mol i la formulació, aquesta entesa des de la seva vessant simbòlica - lingüística i **una vessant experimentalista (variable E)**, aquesta representada per dos “triangles” en el mapa de relacions (pàgina 185) que són: CANVI QUÍMIC – CONSERVACIÓ DE LA MASSA – MASSA ATÒMICA i CANVI QUÍMIC – PROPORCIONS – FÒRMULA (ara entesa com a instrument que Dalton va utilitzar per a determinar les masses atòmiques relatives entre substàncies simples). A més a més, hem vist que els resultats de l'exercici numèric de l'activitat de l'àtom químic no es relacionen amb les variables AT (àtom), cosa que creiem que ens vol dir que **la visió quantitativa no és rellevant per l'àtom que incorporen aquests alumnes, un àtom sense encara prou entitat química**.

Per tant, si resumim fins aquí trobem que: existeix una vessant simbòlica - lingüística en la concepció de l'àtom que és fonamental i no es pot minimitzar si volem ser fidels al propi concepte; el canvi químic és el centre de gravetat de la vessant experimentalista de l'àtom químic; la formulació és un dels conceptes més complexos a causa de la “dualitat” conceptual que hem discutit al capítol 5.

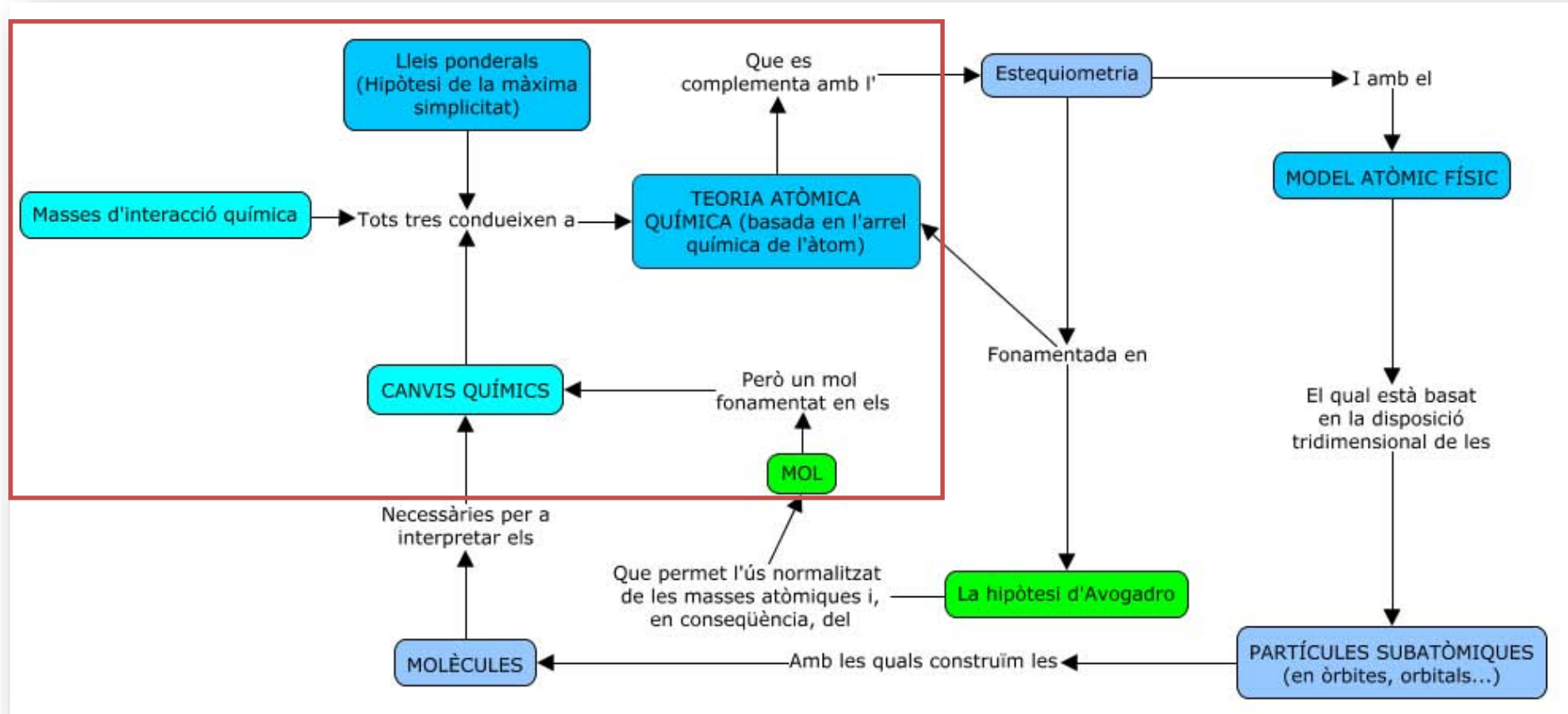
### **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

L'altre concepte important que hem analitzat és el "mol". Segons els alumnes de l'Institut Obert de Catalunya, aquests l'han assignat a la banda R del mapa de relacions de l'àtom químic. Aquesta assignació ens pot resultar a primera vista incoherent, ja que normalment entenem el mol com una magnitud "experimental". Tot i així, després d'analitzar les argumentacions darrere de la metàfora del mol i la dotzena d'ous, veiem que els alumnes relacionen la magnitud "mol" a un sistema de "comptar" substàncies, centrat en el nombre d'Avogadro com a múltiple bàsic i justificat a partir d'arguments "inconcrets" com la contraposició entre la "familiaritat" dels ous i la "cientificitat" del tàndem mol -  $N_A$  (fent servir l'argument d'autoritat científica). A més a més, hem constatat que els alumnes no han copsat el concepte d'interacció (entre substàncies, en una escala apropiada al químic experimentalista) com a fonamental en la determinació del mol.

**Finalment, en base a l'anàlisi del llibre de Project Physics**, el qual repetim que ha resultat un gran model al qual comparar el nostre treball, **així com en base als nostres resultats** podem proposar la següent explicació per a ensenyar un àtom més químic, la qual representarem en l'esquema de la pàgina següent.

*(En el món) es produeixen canvis químics segons unes determinades lleis quantitatives, les quals es representen mitjançant una teoria atòmica basada en un àtom químic, que ha donat lloc al concepte de mol. Aquesta teoria s'ha pogut relacionar amb l'àtom físic – partícula en el segle XX, de la mà de fenòmens com la radioactivitat que han tingut gran impacte social.*

*Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència*



**En base a quins paràmetres podem caracteritzar com els alumnes s'apropen als diferents factors que condicionen la imatge de la ciència que construeixen a partir de la nostra UD?**

Els alumnes de la mostra final de l'Institut Obert de Catalunya s'han apropiat a la imatge de la ciència mitjançant quatre **variables IC (Imatge de la ciència) significatives** que són: *els aspectes metodològics de la ciència, com es construeix i evoluciona el coneixement, quines característiques aporta el científic al procés de “fer ciència” i quins efectes té aquesta en la societat* (si considerem tot el grup de l'IOC podríem incloure la variable IC relacionada amb les relacions del poder públic amb la ciència). Per tant, **la ciència és per a ells un fet social i complex** tal i com hem vist al mapa de relacions referent a la imatge de la ciència o, en altres paraules, **la Història de la Ciència ajuda a aquests alumnes a tenir una visió de la ciència que inclou empoderar-se del seu significat tecnològic i social, entenent aquest aspecte “social” com el que inclou a la societat i al científic com a part d'aquesta societat.**

A partir dels resultats obtinguts en el grup de l'Institut Obert de Catalunya hem pogut entendre millor els resultats del grup de l'INS El Cairat, pel que fa a la imatge de la ciència. Vam acabar l'apartat 5.2 parlant de com podíem concretar les “imatges de la ciència” dels alumnes del Cairat. En base als resultats de l'IOC hem pogut veure que tres de les quatre variables IC que hem determinat significatives (**metodologia, coneixement i científic**) ho són en els dos grups, basant-nos en els resultats de la Taula 26.

**Com podem caracteritzar la/les relacions entre els paràmetres que descriuen l'àtom químic i els que descriuen la imatge de la ciència pels nostres alumnes?**

**Els punts clau d'aquesta relació són els següents:**

- Les variables Imatge de la ciència (IC) que han demostrat ser significatives en la descripció d'aquesta relació pels alumnes de l'IOC són: **MET (metodologia), CON (coneixement), CIENT (científic) i CIU (ciutadania).**



***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

- Quan MET, CON, CIENT i CIU tenen valors baixos, no es produeix una **assignació clara i definida cap a cap de les dues versions de la variable àtom (R i E)**.
- Si augmenten de valor les variables CON, CIENT i CIU, aquestes tendeixen cap a la variable AT - E.
- Tot el contrari passa amb la variable MET, a causa que quan augmenta el seu valor li podem **assignar la variable AT - R**.

Creiem que aquestes relacions indiquen correlació entre la imatge de la ciència i l'explicació atòmica.

- Quan la imatge de la ciència és feble sembla que l'alumne no opta a construir una explicació atòmica elaborada.
  - Quan l'alumne es compromet més amb els aspectes més pràctics de la ciència, el model d'àtom que es prioritza és més experimentalista.
  - Per contra, sembla que l'alumne que es compromet amb la metodologia científica prioritza un àtom simbòlic i proper a l'explicació "tipus" dels llibres de text.
- La variable que assoleix el valor més alt és CIU. Tornant a les relacions entre els resultats de l'IOC i els del Cairat **de la pregunta anterior**, podem veure que també es compleix aquesta condició. **Nosaltres creiem que aquesta és la variable més forta perquè les aplicacions pràctiques de l'àtom radioactiu són les característiques més pròximes a la vida de l'alumne, al pensar en l'energia nuclear o la medicina (per exemple)**.

Aquestes relacions que acabem de descriure ens diuen que, basant-nos en els dos "components" de l'explicació atòmica que hem descrit – les variables AT (R i E) – l'ús de la Història de la Ciència pot donar més rellevància a una d'aquestes dues parts. Dit d'un altre manera, potenciar (o no) l'ús d'alguna de les variables IC pot afectar a l'explicació atòmica que els alumnes acaben construint.

Ja hem vist anteriorment que la història que s'explica de l'àtom en els llibres resulta excessivament focalitzada en la metodologia científica, oblidant-

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

se de tot el que té al seu voltant i hi influeix. Doncs bé, si “traduïm” aquest tipus d'història a les variables IC, estaríem davant d'una variable MET d'un valor molt elevat i **hem de recordar que un valor elevat d'aquesta variable correspon a la variable AT - R**. En altres paraules, si es prioritza el “mètode científic” (simplificant-ho una mica) es cau en una explicació atòmica centrada en la banda R o **en la idea de l'àtom – partícula basat en els models físics (com hem vist a la resposta de la primera pregunta)**.

Per contra, proposant una activitat com el diàleg entre l'Àlex i la Sílvia i Lavoisier i Dalton posem en joc dues variables IC més, CON i CIENT, que “activen” la zona E de l'explicació atòmica al emfasitzar com la nuclearitat del canvi químic va ser fonamental en el desenvolupament de l'àtom que hem volgut presentar. En aquest cas volem deixar clar que la variable CIU no entra en joc, ja que aquests coneixements no van tenir aplicacions socials fins que els models físics de l'àtom no van bastir l'àtom químic, però això no vol dir que aquesta última variable IC no sigui clau, **ja que com hem dit moltes vegades no volem negar la importància cabdal dels models físics de l'àtom, sinó complementar-los i dotar-los d'entitat química**.

Finalment, creiem que aquesta recerca aporta dades que permeten relacionar els conceptes científics que habitualment estan tractats de manera molt acadèmica amb els seus contextos històrics, destacant d'aquesta manera valors com els efectes mutus de la ciència i la societat.

## 7.2. Propostes de millora i implicacions didàctiques

Arribats al final d'aquest camí, un bon exercici a fer és considerar quins són els punts a millorar en tot el que s'ha fet i quines implicacions didàctiques pot tenir, sempre **suposant que ens mantenim dins del mateix entorn virtual o d'un molt similar.**

### Implicacions didàctiques

El que nosaltres proposem és que aquest àtom químic que defensem sigui un vehicle d'interacció de la matèria amb els químics que fan química, és a dir quan aquests estudien els canvis químics. En altres paraules, evolucionar de l'àtom "suposadament inventat" per Dalton que genera una forma de comptar la matèria, a considerar que la forma de comptar que Dalton (i Lavoisier dins de les seves possibilitats) va instaurar generà una entitat que coneixem com a àtom, entitat suportada en les pròpies experiències químiques i en com les masses dels compostos químics interaccionen. Aquesta és la diferència (**l'arrel química de l'àtom**) entre àtom químic i físic que tant els alumnes del INS El Cairat com els alumnes de l'IOC no han arribat a assolir totalment com voldríem.

Nosaltres proposem que l'estudi de l'àtom s'ha de centrar en els canvis químics des d'una perspectiva qualitativa i quantitativa. Un dels efectes d'aquest nou enfocament és que **es "dualitza" el concepte de fórmula**, pel que fa al seu significat, sent alhora un instrument per poder determinar les masses atòmiques de les substàncies químiques i un element lingüístic – estructurador de les mateixes (Farré, Zugbi & Lorenzo, 2014). Per tant, és un dels conceptes que veiem que resulten més difícils per a l'alumne.

Seguidament, considerem les variables que hem anomenat IC i AT (imatge de la ciència i àtom). En tota la recerca he parlat d'aquestes variables, les quals es defineixen i doten de contingut a través dels mapes de relacions i de les xarxes sistèmiques. Tanmateix, hi ha un últim matís que no em puc deixar de comentar: aquestes variables són **variables obertes**. Dic això ja que altres estudis amb altres grups o amb mostres més grans i diverses poden reafirmar els "components" que hem determinat i/o afegir-ne d'altres.

## **Consideracions respecte al disseny de la UD**

Per dotar d'un major background històric a l'activitat del diàleg sobre Lavoisier i Dalton s'havien definit uns recursos d'ampliació destinats a aquesta fi **separats de la pàgina de l'activitat**. Aquest va ser un element de confusió pels alumnes i, en conseqüència, en una millora de la pàgina web **els integraria dins de la pàgina de l'activitat, en els llocs adients del diàleg**, per evitar aquesta confusió que van patir els alumnes.

Crec que l'exercici de la interpretació de l'experiència de Rutherford està ben enfocat, més si s'acompanya amb un background històric consistent, però també sóc conscient que una mica més d'animació a l'activitat hagués estat el toc perfecte per arrodonir-la.

Al final de la tercera part de la unitat s'ha intentat donar una petita passa, tenint en compte el nivell en que estem, per aclarir la diferència entre el determinisme clàssic i el possibilisme quàntic com una de les bases de la química quàntica. Com ja he esmentat en el treball, he volgut mantenir una posició molt honesta amb els alumnes sense voler anar més lluny del que jo podia justificar-los-hi. **Un punt molt interessant per iniciar un altre recerca** seria intentar trobar una forma aclaridora d'exposar les bases de la química quàntica als alumnes de Batxillerat, sense caure en centrar-ho tot en els exercicis de sempre: les configuracions electròniques i les geometries. Com també he dit, en cap cas els menystinc, sinó que vull posar en relleu la poca comprensió dels alumnes envers el que se'ls hi exposa... si no entenem comprensió com repetir mecànicament un algoritme de resolució.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Acevedo Díaz, J. A. (1994). Los futuros profesores de secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque CTS. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 19, 111–125.
- Acevedo Díaz, J. A. (1996). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS: una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 26, 131–144.
- Acevedo Díaz, J. A. (2009). *Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS* (No. 3). *Organización de Estados Iberoamericanos Para La Educación la Ciencia y la Cultura - sala de lectura CTS+I* (pp. 35–39). Huelva. Recuperat el 19 de febrer de 2013 de <http://www.oei.es/salactsi/acevedo2.htm>
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A “semantic” view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593–1611.
- Adúriz-Bravo, A. & Ariza, Y. (2012). Qué son los modelos científicos: introduciendo la escuela semanticista en la didáctica de las ciencias naturales. *A III Congreso Internacional y VIII Nacional de Investigación en Educación, Pedagogía y Formación Docente* (pp. 1134–1150).
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 304–314.
- Artigue, M. (1995). Ingeniería didáctica. A P. Gómez (Ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática* (pp. 33–60). Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Barberà, E. & Badia, A. (2005). El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 2 (2), 1-12. Recuperat el 22 d'abril de 2015 de <http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/barbera.pdf>

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Bevins, S., Byrne, E., Brodie, M. & Price, G. (2011). English Secondary school students' perceptions of school science and science and engineering. *Science Education International*, 22(4), 255–265.
- Borrachero, A. B., Brígido, M. & Costillo, E. (2011). Concepciones sobre la ciencia de los alumnos del CAP, futuros profesores de Educación Secundaria. *Campo Abierto*, 30(1), 63–82.
- Bower, M. & Wittmann, M. (2009, desembre). Pre-service teachers' perceptions of LAMS and Moodle as learning design technologies. A L. Cameron & J. Dalziel (Eds), *Proceedings of the 4th International LAMS Conference 2009: Opening Up Learning Design*. (pp. 28-39). Sydney: LAMS Foundation. Recuperat el 21 d'abril de 2015 de <http://goo.gl/rv44hr>
- Brush, S. G. (1974). Should the History of Science be rated X? *Science*, 183, 1164–1172.
- Bucchi, M.; Neresini, F. (2007). Science and public participation. A *The Handbook of Science and Technology Studies* (pp. 449-472). Cambridge: MIT Press.
- Buty, C., Tiberghien, A. & Le Maréchal, J. F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching–learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579–604.
- Cakmakci, G., Tosun, O., Turgut, S., Orenler, S., Sengul, K. & Top, G. (2011). Promoting an inclusive image of scientists among students: research evidence-based practice. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 627–655.
- Camacho González, J. C. & Gatica, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la Historia de la Ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivo-lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 197–212.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Campanario, J. M., Moya, A. & Otero, J. C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(1), 45–56.
- Caño, A. (juliol, 2011). EEUU deja de volar al espacio. *El País Sociedad*. Recuperat el 29 de juliol de 2014 de <http://goo.gl/tVzZCR>
- Castaño, C., Maiz, I., Beloki, N., Bilbao, J., Quecedo, R. & Mentxaka, I. (2004). La utilización de las tics en la enseñanza primaria y secundaria obligatoria: necesidades de formación del profesorado. *EDUTEC Barcelona*. Recuperat el 26 d'abril de 2015 de <http://goo.gl/8PSWql>
- Cobern, W. W. (2000). The nature of science and the role of knowledge and believe. *Science & Education*, 9(3), 219–246.
- Comission, E. (2010). *Science and Technology Special Eurobarometer*. Brusseles: Comissió Europea.
- Comission, E. (2014). *Public perceptions of science, research and innovation. Special Eurobarometer*. Brusseles: Comissió Europea.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. A *Didáctica de la Física y la Química* (Vol. 2, pp. 57–84). Barcelona: Ministerio de Educación.
- Cuéllar, L., Badillo, R. G. & Miranda, R. P. (2008). El modelo atómico de E.Rutherford. Del saber científico al conocimiento escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*, 26(1), 43–52.
- Decret 143/2007, de 26 de juny, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, Barcelona, Catalunya, 29 de juny de 2007, núm. 4915, pp. 21870 – 21946.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Decret 142/2008, de 15 de juliol, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments del batxillerat. *Diari oficial de la Generalitat de Catalunya*, Barcelona, Catalunya, 29 de juliol de 2008, núm. 5183, pp. 59042 – 59401.

Dellepiane, P. (2010). Entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje: aplicaciones y propuestas en la enseñanza superior. *Revista Electronica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 10, 124-140. Recuperat el 24 de juliol de 2015 de <http://goo.gl/ACsY5a>

Dominguez Alfonso, R. (2009). La sociedad del conocimiento y los nuevos retos educativos. *Etic@net*, 2(8), 1-17. Recuperat el 24 d'abril de 2015 de <http://goo.gl/B8ZQBW>

Donovan, A. (1988). Lavoisier and the origins of Modern Chemistry. *Osiris*, 4, 214–231.

Esteban Santos, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 2(3), 12.

Estudillo Garcia, J. (2001). Surgimiento de la sociedad de la información. *Biblioteca Universitaria*, 4(2), 77-86. Recuperat el 24 d'abril de 2015 de <http://goo.gl/znDnTs>

Farías, D. M. (2012). *Teoría, estructura y modelos atómicos en los libros de texto de Química de Educación Secundaria. Análisis desde la sociología de la ciencia e implicaciones didácticas*. Tesis Doctoral per a optar al grau de doctor en Didàctica de les Ciències Experimentals, Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, Facultat de Formació del Professorat, Universitat de Barcelona, Barcelona: Espanya.

Farías, D. M., Molina, M. F. & Castelló, J. (2013). Análisis del enfoque de historia i filosofia de la ciencia en libros de texto de química: el caso de la estructura atómica. *Enseñanza de las ciencias*, 31(1), 115-133.



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Farré, A. S., Zugbi, S. & Lorenzo, M. G. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios. El lenguaje químico como instrumento para la construcción del conocimiento. *Educ. quim*, 25(1), 14-20.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(3), 477–488.
- Fralick, B., Kearn, J., Thompson, S: & Lyons, J. (2009). How Middle Schoolers Draw Engineers and Scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 60–73.
- Furió, C., Azcona, R. & Guisasola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3), 359-376.
- Gagliardi, R. & Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias*, 4(3), 253–259.
- García-Martínez, A. & Izquierdo-Aymerich, M. (2014): Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 265-281.
- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 11(2), 197–212.
- Gil Pérez, D. & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(1), 31–54.
- Giménez, X. (2013). L'atmosfera. Un tel gens imperceptible. A Edicions de la Universitat de Barcelona (Eds.), *L'aire que respirem. Històries sorprenents*

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

sobre l'atmosfera, els gasos que conté i el nostre entorn (pp. 31-65).

Barcelona: Editors.

Glasson, G.; Bentley, M. (2000). Epistemological Undercurrents in Scientists' Reporting of Research to Teachers. *Science Education*, 84(4), 469–485.

Grapí, P. (2001). La relevancia de la textualización en la implantación de una innovación científica. El caso de las afinidades químicas a principios del siglo XIX en Francia. *Éndoxa: Series Filosóficas*, 14, 137-155.

Guridi, V. & Arriasecq, I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação*, 10(3), 307–316.

Heering, P. (2009). The role of historical experiments in science teacher training. Experiences... *Actes d'història de la ciència i de la tècnica*, 2(1), 389-399.

Heikkinen, H.W. (2010). To form a favorable idea of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 87(7), 680–685.

Hergenbahn, B. R. (2001). Introducción. A Ediciones Paraninfo (Eds.), *Introducción a la Historia de la Psicología* (pp. 1–21). Madrid: Editors.

Hernández González, M. & Prieto Pérez, J. L. (2000). Un currículo para el estudio e la Historia de la Ciencia en secundaria (La experiencia del Seminario Orotava e Historia de la Ciencia). *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(1), 105–112.

Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19–40.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(3), 299–313.

Hopwood, A. (1926). John Dalton. *Journal of Chemical Education*, 3(5), 485–491.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Hughes, J. (2003). *The Manhattan Project: Big Science and the Atom Bomb (Revolutions in Science)*. New York: Columbia University Press.
- Hunter, G. K. (2000a). The maze of organic chemistry. A Academic Press (Eds.), *Vital Forces: the discovery of the molecular basis of life* (pp. 19–54). Bodmin, Cornwall: Editors.
- Hunter, G. K. (2000b). The revolution in chemistry has come to pass. A Academic Press (Eds.), *Vital Forces: the discovery of the molecular basis of life* (pp. 1–17). Bodmin, Cornwall: Editors.
- Izquierdo-Aymerich, M. (1996). Algunes reflexions sobre el llenguatge simbòlic químic. “El somni de Lavoisier”. A C. Puig-Pla, A. Camós, J. Arrizabalaga & P. Bernat (Coord.), *Actes de les III trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica* (pp.365-376). Barcelona: SCHCT.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2000). Relacions entre la Història i la Didàctica de les Ciències. A J. Batlló, P. de la Fuente Colell & R. Puig (Coord.), *Actes de les V trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica* (pp. 115-124). Barcelona: SCHCT.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2008). La construcció física de l'àtom químic: de Mendeléiev a Pauling. *Actes d'Història de La Ciència i de La Tècnica*, 1(2), 79–87.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2013). School Chemistry: an historical and philosophical approach. *Science & Education*, 22(7), 1633–1653.
- Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2009). Physical Construction of the Chemical Atom: Is it Convenient to Go All the Way Back? *Science & Education*, 18(3), 443–455.
- Izquierdo-Aymerich, M. & García, A. (2015). *Historia y Filosofía de la Ciencia en la Investigación Didáctica*. Manuscrit no publicat.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Jorba, J. (1996). *La regulació i l'autoregulació dels aprenentatges*. Cerdanyola del Vallès: UAB.
- Kaiser, D. (2005). *The Power of Didactic Writings: French Chemistry Textbooks of the Nineteenth Century*. *Pedagogy and the practice of science*. Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
- Koren, P. & Bar, V. (2009). Pupils' Image of "the Scientist" among Two Communities in Israel: A comparative study. *International Journal of Science Education*, 31(18), 2485–2509.
- Kragh, H. (2007). Historia anacrònica y diacrònica de la ciencia. A Editorial Crítica (Eds.), *Introducción a la historia de la ciencia* (pp. 120-142). Barcelona: Editors.
- Labarrere, A. & Quintanilla, M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planes de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, 30(1), 121–137.
- Laubach, T. A., Crofford, G. D. & Marek, E. A. (2012). Exploring Native American Students' Perceptions of Scientists. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1769–1794.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: an approach drawing upon the concept of Learning Demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38(1), 115–142.
- Leblebicioglu, G., Metin, D., Yardimci, E. & Seda Cetin, P. (2011). The effect of informal and formal interaction between scientists and children at a science camp on their images of scientists. *Science Education International*, 22(3), 158–174.
- Levere, T. H. (2006). What history can teach us about science. *Interchange*, 37(1-2), 115–128.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Lijnse, P. (2010). "Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science. A K. Kortland & K. Klaassen (Eds.), *Designing theory-based teaching-learning sequences for Science education: proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as professor of Physics Didactics at Utrecht University* (pp. 91–102). Utrecht: Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education.
- Lijnse, P. & Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching–learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), 537–554.
- Losh, S. C., Wilke, R. & Pop, M. (2008). Some Methodological Issues with "Draw a Scientist Tests" among Young Children. *International Journal of Science Education*, 30(6), 773–792.
- Manassero Mas, M. A.; Vázquez Alonso, Á. (1998). Dibuja un científico: imagen de los científicos en estudiantes de secundaria. *Infancia y Aprendizaje*, 81(1), 3–26.
- Manassero Mas, M. A., Vázquez Alonso, Á. (2001). Actitudes de estudiantes y profesorado sobre las características de los científicos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(2), 255–268.
- Maugh, T.H. (1978). The Media: The Image of the Scientist Is Bad. *Science*, 200, 37.
- Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515–535.
- Membiela, P. (2002). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. A P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: formación científica para la ciudadanía* (pp. 91–106). Vigo: Narcea Ediciones.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Merino, C. & Izquierdo-Aymerich, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación Química*, 22(3), 212–223.
- Nagendrappa, G. (2012). Antoine-Laurent Lavoisier. *Resonance*, 17(1), 11–22.
- Nash, L. K. (1956). The origin of Dalton's chemical atomic theory. *Isis*, 47(2), 101–116.
- Nieto-Galan, A. (2003). Introducció. A *Tractat elemental de Química* (pp. IX–LIII). Barcelona: IEC: [coedició amb] Eumo:Pòrtic.
- Nye, M. J. (1999). *Before big science: the pursuit of modern chemistry and physics 1800-1940*. Cambridge: Harvard Univeristy Press.
- Nye, M. J. (2000). From student to teacher. A A. Lungdren & B. Bensaude-Vincent (Eds.), *Communicating chemistry: Textbooks and their audiences, 1789-1939* (pp. 397-414). Canton, MA: Science History Publications.
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
- Olesko, K. (2006). Science pedagogy as a category of historical analysis: past, present and future. *Science & Education*, 15(7-8), 863–880.
- Pestre, D. (2008). *Ciència, diners i política*. Santa Coloma de Queralt: Obrador Edendum & PURV.
- Praia, J. & Cachapuz, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(3), 350–354.
- Quinn, F. & Lyons, T. (2011). High school students' perceptions of school science and science careers: A critical look at a critical issue. *Science Education International*, 22(4), 225–238.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

- Quintanilla, M. (2006). Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 9–23.
- Reyes, G. M. (2008). La química de Dalton. A Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias (Eds.), *Actas del seminario Orotava de Historia de las Ciencias: Ciencia y Cultura de Rousseau a Darwin (Actas año XV y XVI)*. Canarias: Editors. Recuperat el 2 de març de 2013 de <http://goo.gl/43Nq3v>
- Rocke, A. (1984). *Chemical atomism in the Nineteenth Century: From Dalton to Cannizzaro*. Columbus: Ohio State University Press.
- Salinas, J. (1997). Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información. La educación en la sociedad de la información. *Revista de pensamiento educativo*, 20, 81-104. Recuperat el 23 d'abril de 2015 de <http://goo.gl/Nv4ER>
- Samaras, G., Bonoti, F. & Christidou, V. (2012). Exploring children's perceptions of scientists through drawings and interviews. *Social and Behavioural Sciences*, 46(1), 1541–1546.
- Sánchez Rodríguez, J. (2009). Plataformas de enseñanza virtual para entornos educativos. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 34, 217-233. Recuperat l'1 de maig de 2015 de <http://goo.gl/ZHHpV5>
- Sanmartí, N. (2009). Organización y secuenciación de las actividades de enseñanza-aprendizaje. A Editorial Síntesis (Eds.), *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria* (pp. 169–196). Madrid: Editors.
- Sardà Jorge, A. & Sanmartí, N. (2006). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 405-422.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

- Siegfried, R. (1988). The Chemical Revolution in the History of Chemistry. *Osiris*, 4, 34–50.
- Simón, M. & Izquierdo-Aymerich, M. (1996). *Lavoisier i el llenguatge simbòlic*. A C. Puig-Pla, A. Camós, J. Arrizabalaga & P. Bernat (Coord.), *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica (III trobades)* (pp. 377–384). Barcelona: SCHCT.
- Solbes, J. & Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de Las Ciencias*, 14(1), 103–112.
- Thomaz, M. F., Cruz, M. N., Martins, I. P. & Cachapuz, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de Primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de Las Ciencias*, 14(3), 315–322.
- Traver, M. J. (1996). *La història de les ciències en l'ensenyament de la física i la química*. Tesis Doctoral per a optar al grau de doctor en Ciències Químiques. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials, Universitat de València, València: Espanya.
- Vilches, A. & Furió, C. (1999). *Ciencia, tecnología, sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI*. Ponència presentada al “I Congreso Internacional “Didáctica de las Ciencias” y VI Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física”, La Habana: Cuba.
- Vílchez-González, J. M. & Perales Palacios, F. J. (2006). Image of science in cartoons and its relationship with the image in comics. *Physics Education*, 41(3), 240–249.
- Vitòria, E. (1944). *Manual de química moderna teórica y experimental con sus principales aplicaciones al comercio y a la industria*. Barcelona: Casals.
- Zwier, K. R. (2011). John Dalton's puzzles: from meteorology to chemistry. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42(1), 58–66.



## **LLibres de text**

- Albaladejo, E. & Vilella, M. (1996). *Transformant la matèria :física i química crèdit 6 ESO : Àrea: ciències de la naturalesa*. Barcelona: Castellnou.
- Blanch Marquès, J. M. (1995). *Ciències de la naturalesa: estructura de la matèria (crèdit variable: 2on cicle ESO)*. Barcelona: Barcanova.
- Boixaderas, N. (1998). *Natura. Química ESO 2n cicle*. Barcelona: Editorial Vicens Vives.
- Caamaño, A., Obach, D., Pérez-Rendón, E. (2002). *Química. Ciències de la Naturalesa 1. Projecte @ula*. (I. SL, Ed.). Barcelona: Editorial Teide.
- Dou, J. M., Masjuan, M. D. & Pfeiffer, N. (2000). *Ciències de la Naturalesa ESO 1. Física i Química*. (A. Brossa i Palet, Ed.). Barcelona: Casals.
- Espinet, M., Izquierdo-Aymerich, M., Solsona, N., Gamero, S., Aparicio, A., Morató, M.T. & Ros, I. (1995). *Química. Ciències experimentals 2n cicle Secundària*. (R. M. Pujol & E. Baula, Eds.). Saragossa: Edicions Baula.
- Fernández Esteban, M. Á., Mingo Zapatero, B., Torres Lobejón, M. D. & Martínez de Murguía Larrechi, M. J. (2009). *Espai. Ciències de la naturalesa. Primer Curs*. Editorial Vicens Vives.
- Fontanet Rodríguez, À. & Martínez de Murguía Larrechi, M. J. (2009). *Positró. Física i química Tercer curs*. Barcelona: Edicions Vicens Vives.
- Galindo, A., Savirón, J. M., Moreno, A., Pastor, J. M. & Benedí, A. (1995). *Física y Química 1º Bachillerato*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- James Rutherford, F., Holton, G. & Watson, F.G. (1970). *Models of the Atom, Project Physics Text and Handbook Volume 5*. Cambridge: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Llobet, I., Majolero, M. & Compte, P. (2002). *Ciències de la Naturalesa 1 ESO*. (R. Sangrà i Rodes, Ed.) *Astrolabi*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.

Masjuan, M. D., Dou, J. M. & Pelegrín, J. (1989). *Química COU (Vol. 1996)*. Barcelona: Casals S.A. i Magisterio S.A.

## Referències emprades pel disseny de la UD

- BBC. (2005). *Einstein's Big Idea (fragment)* [vídeo]. Recuperat el 10 d'octubre del 2014 de de <http://www.youtube.com/watch?v=x9iZq3ZxbO8>.
- Beltrán, U. & Cuéllar, L. (2003). Estudio histórico-epistemológico del modelo atómico de Rutherford. *Tecné, Episteme Y Didaxis*, 14, 88–98.
- Bonini Viana, H. E. & Porto, P. A. (2010). The development of Dalton's atomic theory as a case study in the History of Science: reflections for educators in Chemistry. *Science & Education*, 19(1), 75–90.
- Bryson, B. (2005). *Una breve historia de casi todo*. Barcelona: RBA Libros.
- Canal de Historia. (2005). *La revolución francesa (parte I/III)* [vídeo]. Recuperat el 2 d'octubre de 2014 de <http://www.youtube.com/watch?v=K61qczNcFr0>.
- Casabó, J. (1996). *Estructura atómica y enlace químico*. Barcelona: Reverté S.A.
- CERN. (2014). *CERN and science for Peace* [vídeo]. Recuperat l'1 d'agost de 2015 de <https://goo.gl/aeG6ml>
- Crest Films. (2007a). *Otto Hahn y la fisión nuclear (DVD 7)* [vídeo]. Recuperat el 20 de novembre de 2013 de <http://goo.gl/NS0Pf4>
- Crest Films (2007b). *Radioactividad: Henri Becquerel, Marie y Pierre Curie (DVD 7)* [vídeo]. Recuperat el 20 de novembre de 2013 de <http://www.youtube.com/watch?v=Y15JROM48yl>
- Ferrado, M. (2012, 5 de maig). Einstein i Chaplin s'admiraven mútuament. *Diari ARA Ciència*. Recuperat el 28 de febrer de 2014 de <http://goo.gl/7ysvEp>
- Ferreira-Dos Santos, G. A. (2007). Contribuciones fundamentales de la espectroscopia clásica: actividades de aprendizaje. A G. Pinto Cañón

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

(Ed.), *Aprendizaje activo de la física y la química* (pp. 351–358). Madrid: Equipo Sirius.

Lavoisier, A. L. (1775). *Memòria sobre la naturalesa del Principi que es combina amb els metalls durant la calcinació, i que els hi augmenta el pes*. Manuscrit no publicat.

Mans, C. (2009). Podem veure els àtoms? *N.P.Q*, 447, 5-13.

Morrow, B. A. (1969). On the discovery of the electron. *Journal of Chemical Education*, 46(9), 584–588.

NCSSM Online. (2011). *Flame tests of Metal Ions with labels* [vídeo]. Recuperat el 3 de febrer de 2013 de: <https://goo.gl/gAtdRi>

Nieto-Galan, A. (2003). Introducció. In *Tractat elemental de Química* (pp. IX–LIII). Barcelona: IEC: [coedició amb] Eumo:Pòrtic.

Rocke, A. (1984). *Chemical atomism in the Nineteenth Century: From Dalton to Cannizzaro*. Columbus: Ohio State University Press.

Roqué, X. (2009). Marie Curie, icona ambivalent. In *Estimat Pierre, a qui mai més tornaré a veure (Diari 1906-1907)* (pp. 9–43). Santa Coloma de Queralt; Tarragona: Obrador Edèndum; Publicacions URV.

Roqué, X. (2011). Releer a Curie. In *Marie Curie (Escritos biográficos)* (pp. 9–33).

Sánchez Ron, J. M. (2011). Marie Curie, la Radioactividad y los Premios Nobel. *Anales de La Real Sociedad Española de Química*, 107(1), 84–93.

Sully Science. (2006). *Flame test 07* [vídeo]. Recuperat el 2 de febrer de 2013 de <https://www.youtube.com/watch?v=jJvS4uc4TbU>

TutorVista.com. (2010). *Cathode Ray Tube* [vídeo]. Recuperat el 10 de febrer de 2013 de <https://www.youtube.com/watch?v=4QAzu6fe8rE>

# **ANNEX**



***Dades de la implementació final al IOC***

<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Códigos</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Inicio</b>	<b>Densidad</b>	<b>Creado</b>	<b>Modificado</b>
1:1	La visió de que l'àtom no desa..	Canvi químic	0:126	2:2144	2	21/04/2015 19:15:08	23/04/2015 18:10:34
1:2	Calcular el nombre d'àtoms uti..	Proporcions	0:170	2:1796	1	21/04/2015 20:14:32	26/04/2015 17:27:43
1:3	Si que es compleix la llei, ja..	Conservació massa	0:111	2:1256	1	22/04/2015 18:35:10	26/04/2015 17:28:29
2:1	Jo croc que s'ha intentat expl..	Forma, Símbol	0:172	3:1308	2	21/04/2015 20:11:30	26/04/2015 17:29:35
2:2	Si, ja que, ell deia que la ma..	Conservació massa	0:53	3:644	1	22/04/2015 18:36:04	22/04/2015 18:36:07
2:3	Els àtoms de O s'ajunten amb e..	Canvi químic	0:110	3:1016	1	22/04/2015 18:38:03	22/04/2015 18:38:10
2:4	Dalton va dir que hi havia àto..	Massa atòmica	0:96	5:92	1	22/04/2015 18:38:26	22/04/2015 18:38:35
3:1	cal saber el nombre de protons..	Partícules subatòmiques	0:53	1:1616	1	21/04/2015 19:18:18	21/04/2015 19:18:44

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

3:2	La llei de conservació de la m..	Canvi químic, Conservació massa	0:104	1:1201	2	22/04/2015 18:39:19	26/04/2015 17:32:23
4:1	L'atom que encare ningú ha vis..	Correspondència micro - macro	0:94	2:468	1	21/04/2015 19:21:56	21/04/2015 19:22:18
4:2	La ciència avança algún dia sab..	Incertesa model	0:67	2:721	1	21/04/2015 19:22:38	21/04/2015 19:22:48
4:3	Aquí la llei de la massa si es..	Canvi químic, Conservació massa	0:136	1:1666	2	22/04/2015 18:40:01	23/04/2015 18:12:21
4:4	si una o més substàncies químiq..	Canvi químic, Proporcions	0:162	1:1988	2	22/04/2015 18:41:54	26/04/2015 17:33:26
5:1	trobar explicacions a diferent..	Canvi químic	0:40	1:1944	1	21/04/2015 19:23:30	21/04/2015 19:23:37
5:2	Funcionalitat de totes les coses	Funció	0:12	1:1989	1	21/04/2015 19:23:51	21/04/2015 19:24:01
5:3	Representem en lletres la simplicitat de la matèria en..	Símbol	0:50	1:1821	1	21/04/2015 19:24:18	21/04/2015 19:24:52
5:4	Si que compleix la llei de con..	Canvi químic, Conservació massa	0:330	1:1055	2	22/04/2015 18:42:27	23/04/2015 17:47:29



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

5:5	La formula resultant de l'expe..	Fórmula	0:102	1:1538	1	22/04/2015 18:42:40	22/04/2015 18:42:44
5:6	El que cal per a representar l..	Massa atòmica, Taula Periòdica	0:85	1:1644	2	22/04/2015 18:43:00	22/04/2015 18:43:17
6:1	Dalton amb els seus experiment..	Símbol	0:178	3:595	2	21/04/2015 20:01:52	26/04/2015 17:35:26
6:3	partícules molt petites, indiv..	Símbol	0:56	1:1666	1	21/04/2015 20:23:11	21/04/2015 20:23:22
6:4	Per representar aquestes subst..	Canvi químic, Fórmula, Proporcions	0:118	1:1315	3	21/04/2015 20:26:12	26/04/2015 17:36:05
6:5	Es compleix la llei de Lavoisi..	Canvi químic, Conservació massa	0:138	1:996	2	22/04/2015 18:43:35	26/04/2015 17:36:44
6:6	Cada element químic té tot els..	Massa atòmica	0:94	1:1758	1	22/04/2015 18:44:21	22/04/2015 18:44:33
6:7	Cada compost químic estaria fo..	Canvi químic, Fórmula, Proporcions	2:*	1:1856	3	22/04/2015 18:44:47	26/04/2015 17:37:43
6:8	El seu model d'àtom seria una ..	Forma	0:37	2:52	1	22/04/2015 18:45:03	22/04/2015 18:45:12

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

7:1	visió de l'àtom com a una cosa..	Conservació massa, Massa atòmica	0:98	4:515	2	21/04/2015 20:13:53	23/04/2015 18:16:36
7:2	I així verifiquem que els 25g ..	Conservació massa, Canvi químic	0:117	3:928	1	22/04/2015 18:45:56	22/04/2015 18:46:03
~7:3	podem deduir fàcilment que en ..	Conservació massa, Massa atòmica	0:127	4:98	2	22/04/2015 18:53:04	23/04/2015 17:57:24
7:4	basant-se en la seva necessita..	Massa atòmica	0:94	6:363	1	22/04/2015 19:05:38	22/04/2015 19:05:54
8:1	Si que es compleix, perquè aug..	Conservació massa	0:80	2:1204	1	22/04/2015 18:54:56	22/04/2015 18:55:05
9:1	Si, es compleix la teoria de l..	Canvi químic, Conservació massa	0:154	2:291	2	22/04/2015 18:55:55	26/04/2015 17:39:34
9:2	segons Dalton suposem que tení..	Canvi químic, Conservació massa, Massa atòmica	0:242	2:1027	3	22/04/2015 18:56:22	26/04/2015 17:40:07
10:1	Sí que es compleix, ja que amb..	Canvi químic, Conservació massa	0:140	2:1	2	22/04/2015 18:57:40	23/04/2015 18:18:32
10:2	hi ha més àtoms d'Oxigen que d..	Canvi químic, Proporcions	0:123	2:763	2	22/04/2015 18:58:15	23/04/2015 18:19:13

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

10:3	Per representar aquestes subst..	Fórmula, Màxima simplicitat	0:221	2:889	2	22/04/2015 18:58:27	23/04/2015 18:19:36
10:4	Que l'àtom és l'element que fo..	Símbol	0:43	2:1290	1	22/04/2015 18:58:47	22/04/2015 18:58:47
10:5	l'àtom pot tenir una massa i u..	Canvi químic, Massa atòmica	0:63	2:1365	2	22/04/2015 18:59:04	22/04/2015 18:59:04
12:1	Es compleix: La massa ha sigut..	Conservació massa	0:214	1:1371	1	22/04/2015 19:00:06	22/04/2015 19:00:14
12:2	Al final tenim mes atòms de Fe..	Proporcions	0:38	2:640	1	22/04/2015 19:00:53	23/04/2015 18:20:21
13:1	Cambio químico Masa inicial= M..	Canvi químic, Conservació massa	0:39	3:1187	2	21/04/2015 19:55:33	26/04/2015 17:42:53
13:2	Toda la materia está formada p..	Símbol	0:90	4:407	1	21/04/2015 20:10:16	21/04/2015 20:10:25
13:3	Por lo tanto cuando se analiza..	Conservació massa	0:203	3:810	1	22/04/2015 19:02:04	22/04/2015 19:02:09
13:4	Si reacciona 3g de Fe con 0,25..	Canvi químic, Fórmula, Massa atòmica, Proporcions	0:56	3:2022	4	22/04/2015 19:02:48	22/04/2015 19:02:48

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

14:1	es un element de la natura	Símbol	0:25	2:218	1	22/04/2015 19:03:18	22/04/2015 19:03:39
15:1	el àtom químic és totes les da..	Visió quantitativa	0:47	5:287	1	22/04/2015 19:04:36	22/04/2015 19:04:46
15:2	Sense la participació del sect..	Finançament privat, Retallades I+D	0:140	4:153	2	25/04/2015 19:15:17	25/04/2015 19:16:01
16:1	La ciència avui dia és massa e..	Fragmentació del coneixement	0:95	2:1	1	25/04/2015 19:16:33	25/04/2015 19:16:57
16:2	Avui dia sense el sector priva..	Alta tecnificació, Finançament privat	0:177	3:1	2	25/04/2015 19:17:08	25/04/2015 19:17:38
17:1	àtom és una de les unitats més..	Símbol	0:50	5:140	1	21/04/2015 20:17:23	21/04/2015 20:17:37
17:2	els elements sempre reaccionen..	Proporcions	0:53	2:1107	1	22/04/2015 19:07:46	22/04/2015 19:07:52
17:3	els elements eren formats per ..	Canvi químic	0:115	2:1319	1	22/04/2015 19:08:14	23/04/2015 18:21:57
17:4	Crec que persones que fan cert..	Accés universal, Poder, Responsabilitat compartida	0:391	3:547	3	25/04/2015 19:18:56	25/04/2015 19:19:20

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

17:5	La ciència, sense el sector pr..	Finançament privat, Subvencions públiques, Viabilitat	0:59	4:78	3	25/04/2015 19:19:34	25/04/2015 19:20:17
17:6	És més aquests últims anys a r..	Retallades I+D	0:153	4:225	1	25/04/2015 19:20:28	25/04/2015 19:20:43
18:1	unes partícules molt petites a..	Símbol	0:85	2:99	1	21/04/2015 20:20:21	21/04/2015 20:20:25
18:2	Tothom ha de tindre com a míni..	Accés a la formació	0:108	3:1	1	25/04/2015 19:21:18	25/04/2015 19:21:24
18:3	La ciència pot comportar un co..	Finançament privat, Responsabilitat compartida, Viabilitat	0:650	4:74	3	25/04/2015 19:21:51	25/04/2015 19:22:35
19:1	És per això que la ciència ha ..	Accés a la formació, Qualitat de vida	0:161	2:173	2	25/04/2015 19:22:51	25/04/2015 19:23:00
19:2	Per aquest motiu, la ciència s..	Altruisme	0:145	3:213	1	25/04/2015 19:23:17	25/04/2015 19:23:23
20:1	Hi ha experiments molt costoso..	Finançament privat, Viabilitat	0:90	3:80	2	25/04/2015 19:23:38	25/04/2015 19:23:54
21:1	unidad más pequeña de un eleme..	Símbol	0:40	5:132	1	21/04/2015 20:21:23	21/04/2015 20:21:27

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

21:2	no es posible dividir mediante..	Canvi químic	0:49	5:226	1	21/04/2015 20:21:42	21/04/2015 20:21:54
21:3	Esto significa que las persona..	Accés a la formació	0:198	3:616	1	25/04/2015 19:24:22	25/04/2015 19:24:27
21:5	Es importante la participación..	Accés universal, Finançament privat, Subvencions públiques	0:348	4:167	3	25/04/2015 19:24:56	25/04/2015 19:25:25
24:1	El coneixement, que ja ens han..	Base de coneixement	0:84	1:1862	1	22/04/2015 19:40:14	22/04/2015 19:41:04
24:2	es pugui trobar una millor fór..	Evolució del coneixement	0:79	1:2069	1	22/04/2015 19:41:20	22/04/2015 19:41:32
24:3	observant i interactuant amb l..	Interacció amb la natura	0:37	1:2158	1	22/04/2015 19:41:37	22/04/2015 19:41:49
24:4	respecte i cura dels nostres m..	Base de coneixement	0:47	1:2207	1	22/04/2015 19:42:00	26/04/2015 17:47:32
24:5	cervells brillants	Ment genial	0:17	2:103	1	22/04/2015 19:42:30	22/04/2015 19:42:39
24:6	la ciència, s'ha d'utilitzar a..	Pacifisme	0:53	2:741	1	22/04/2015 19:43:50	22/04/2015 19:43:57

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

24:7	els alts càrrecs governamental..	Responsabilitat elits socials	0:125	2:1054	1	22/04/2015 19:44:18	22/04/2015 19:44:36
24:8	tots hauríem de tenir accés a ..	Accés universal condicionat	0:118	2:926	1	22/04/2015 19:44:50	22/04/2015 19:45:10
24:9	La ciència és estudi, observac..	Rigurositat	0:74	2:339	1	22/04/2015 19:45:36	26/04/2015 17:50:09
24:10	estem interconnectats amb la na..	Base de coneixement, Interacció amb la natura	0:92	2:1499	2	24/04/2015 17:07:41	24/04/2015 17:08:32
24:11	les polítiques d'alguns govern..	Accés a la formació, Restriccions ideològiques	0:103	2:1867	2	24/04/2015 17:08:47	24/04/2015 17:09:17
24:12	La ciència ha d'estar a l'abas..	Accés universal	0:80	2:2289	1	24/04/2015 17:09:37	24/04/2015 17:09:50
24:13	De no poder accedir a la infor..	Responsabilitat compartida	0:366	2:2371	1	24/04/2015 17:10:08	24/04/2015 17:10:56
24:14	La ciència està en constant ev..	Evolució del coneixement, Interacció amb la natura	0:160	3:39	2	24/04/2015 17:11:23	24/04/2015 17:11:35
24:15	La ciència sempre ha d'estar o..	Flexibilitat	0:145	3:202	1	24/04/2015 17:11:58	24/04/2015 17:12:04

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

24:16	Tots estem dotats de certes int..	Diferents intel·ligències	0:40	3:503	1	24/04/2015 17:12:14	24/04/2015 17:12:27
24:17	És important que la ciència si..	Pacifisme	0:284	3:893	1	24/04/2015 17:12:50	24/04/2015 17:12:57
24:18	el pensament d'algunes persone..	Rebuig a la ciència	0:104	3:1210	1	24/04/2015 17:13:12	24/04/2015 17:13:25
24:19	Desgraciadament no sempre es p..	Responsabilitat compartida	0:57	3:1318	1	24/04/2015 17:13:31	24/04/2015 17:13:37
24:20	La ciencia es una manera deter..	Interacció amb la natura	0:225	3:1598	1	24/04/2015 17:17:00	24/04/2015 17:17:10
24:21	La ciencia no solo esta en una..	Treball en equip	0:192	3:1985	1	24/04/2015 17:17:30	24/04/2015 17:17:40
24:22	El objetivo primario de la cie..	Qualitat de vida	0:129	3:2498	1	24/04/2015 17:18:11	24/04/2015 17:18:32
24:23	El coneixement no és una línia..	Errors, Innovació	0:432	4:232	2	24/04/2015 17:18:56	24/04/2015 17:20:05
24:24	La ciència la fa tot aquell qu..	Accés universal	0:188	4:820	1	24/04/2015 17:20:54	24/04/2015 17:21:34



**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

24:25	La ciència és coneixement i el..	Accés universal, Poder, Responsabilitat compartida	0:217	4:1605	3	24/04/2015 17:28:35	24/04/2015 17:28:55
24:26	S'ha de tenir en compte el con..	Evolució del coneixement, Flexibilitat	2:*	4:2228	2	24/04/2015 17:29:15	24/04/2015 17:29:30
24:27	No hi ha un perfil definit de ..	Accés a la formació	0:131	5:220	1	24/04/2015 17:29:37	24/04/2015 17:29:43
24:28	Com en tot, la ciència ha de s..	Responsabilitat compartida	0:195	5:666	1	24/04/2015 17:29:54	24/04/2015 17:30:11
24:29	tenir interacció amb el mon na..	Flexibilitat, Interacció amb la natura	0:122	5:1664	2	24/04/2015 17:30:33	24/04/2015 17:30:45
24:30	Crec que descartat a thotom no..	Accés a la formació, Diferents intel·ligències	0:261	5:1807	2	24/04/2015 17:31:07	24/04/2015 17:31:26
24:31	La ciència ha de estar al serv..	Accés universal, Pacifisme, Responsabilitat compartida	0:237	5:2071	3	24/04/2015 17:31:33	24/04/2015 17:31:46
24:32	La ciencia es universal, la cu..	Curiositat, Qualitat de vida	0:119	6:474	2	24/04/2015 17:32:06	24/04/2015 17:32:37
24:33	donde cualquiera puede ser cie..	Accés universal	0:36	6:597	1	24/04/2015 17:32:44	24/04/2015 17:32:49

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

24:34	la observación y la formulació..	Evolució del coneixement, Mètode científic	0:240	6:636	2	24/04/2015 17:33:01	26/04/2015 17:55:44
24:35	Aunque no esté al alcance de t..	Responsabilitat compartida	0:167	6:879	1	24/04/2015 17:33:42	24/04/2015 17:33:51
24:36	Crec és la resposta més adient..	Evolució del coneixement, Flexibilitat	0:292	6:1250	2	24/04/2015 17:33:59	24/04/2015 17:34:24
24:37	Considero aquesta la més adien..	Accés a la formació, Accés universal	0:187	6:1698	2	24/04/2015 17:34:34	24/04/2015 17:34:43
24:38	Considero que és important una..	Accés universal, Responsabilitat compartida	0:249	7:24	2	24/04/2015 17:34:55	24/04/2015 17:35:04
24:39	Per què engloba les respostes ..	Evolució del coneixement, Flexibilitat, Interacció amb la natura	0:95	7:691	3	24/04/2015 17:35:24	24/04/2015 17:35:39
24:40	Perquè es cert que no hi ha un..	Accés a la formació, Accés universal, Curiositat	0:194	7:1109	3	24/04/2015 17:35:49	24/04/2015 17:36:08
24:41	Penso que expressa exactament ..	Pacifisme, Qualitat de vida, Responsabilitat compartida	0:78	7:2013	3	24/04/2015 17:36:52	24/04/2015 17:37:29
24:42	Crec que és fonamental el mèto..	Evolució del coneixement, Flexibilitat, Interacció amb la	0:304	7:2296	4	24/04/2015 17:37:41	24/04/2015 17:38:35

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

		natura, Mètode científic					
24:43	Perquè encara que tothom pugui..	Ment genial	0:137	8:101	1	24/04/2015 17:38:44	24/04/2015 17:39:02
24:44	He escollit aquesta resposta p..	Pacifisme, Qualitat de vida, Responsabilitat elits socials	0:223	8:555	3	24/04/2015 17:39:14	24/04/2015 17:39:59
24:45	Sense aquests factors no es po..	Evolució del coneixement, Flexibilitat, Interacció amb la natura	0:75	8:990	3	24/04/2015 17:40:12	24/04/2015 17:40:33
24:46	Com bé diu l'enunciat, tothom ..	Accés a la formació, Accés universal	0:142	8:1221	2	24/04/2015 17:40:42	24/04/2015 17:40:57
24:47	Pots desenvolupar els teus con..	Evolució del coneixement, Pacifisme, Qualitat de vida	0:87	8:1681	3	24/04/2015 17:41:11	24/04/2015 18:09:20
24:48	Tenin en compte el coneixement..	Evolució del coneixement, Flexibilitat, Interacció amb la natura	0:125	8:1807	3	24/04/2015 18:07:20	24/04/2015 18:07:44
24:49	Equips de científics que major..	Masclisme, Treball en equip	0:73	8:1938	2	24/04/2015 18:07:53	24/04/2015 18:08:56
24:50	La ciència ha d'estar al serve..	Pacifisme, Qualitat de vida, Responsabilitat compartida	0:288	8:2018	3	24/04/2015 18:09:08	24/04/2015 18:09:50

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

24:51	La ciència es basa en l'observ..	Evolució del coneixement, Interacció amb la natura, Sentit crític	0:109	9:44	3	24/04/2015 18:10:06	24/04/2015 18:10:35
24:52	Tots poden aportar el seu punt..	Accés universal	0:115	9:311	1	24/04/2015 18:10:43	24/04/2015 18:11:15
24:53	La ciència és un factor clau p..	Accés universal, Qualitat de vida	0:125	9:744	2	24/04/2015 18:11:24	24/04/2015 18:11:36
24:54	Perquè sempre es positiu compt..	Treball en equip	0:87	9:1066	1	24/04/2015 18:11:43	24/04/2015 18:11:48
24:55	En la meva opinió el coneixeme..	Errors, Evolució del coneixement	0:452	9:1359	2	24/04/2015 18:12:02	24/04/2015 18:12:21
24:56	-Qualsevol persona pot fer ciè..	Accés universal	2:*	9:1967	1	24/04/2015 18:12:39	24/04/2015 18:12:46
24:57	Res a dir, aquesta frase diu e..	Accés a la formació, Responsabilitat compartida	0:286	10:441	2	24/04/2015 18:12:55	24/04/2015 18:13:25
25:1	(S'ha trobat experimentalment,..	Mol, Símbol	0:481	1:1181	2	16/05/2015 20:33:31	16/05/2015 20:33:48
25:2	El nombre d'Avogadro es calcul..	Mol, Símbol	0:259	2:99	2	16/05/2015 20:39:42	16/05/2015 20:39:55

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

25:3	Crec que és millor el nombre d..	Mol, Símbol	0:432	2:1330	2	16/05/2015 20:40:13	16/05/2015 20:40:17
25:4	No és ni millor ni pitjor, per..	Mol, Símbol	0:436	3:196	2	16/05/2015 20:40:29	16/05/2015 20:40:32
25:5	2. Ni millor ni pitjor els ous..	Mol, Símbol	0:465	3:2047	2	16/05/2015 20:42:32	16/05/2015 20:42:35
25:6	Per mi , ni millor ni pitjor, ..	Mol, Símbol	2:*	3:3174	2	16/05/2015 20:42:45	16/05/2015 20:42:45
25:7	No es ni millor ni pitjor, ja ..	Mol, Símbol	0:57	4:1405	2	16/05/2015 20:43:00	16/05/2015 20:43:00
25:8	Des de la meva humil opinió, n..	Mol, Símbol	0:198	5:149	2	16/05/2015 20:45:03	16/05/2015 20:45:07

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Llistat de totes les cites**

**P 1: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 1:1 [La visió de que l'àtom no desa..] (2:2144-2:2270) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic]

La visió de que l'àtom no desapareix mai, que només es transforma o s'uneix amb altres elements per formar altres substàncies

**P 1: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 1:2 [Calcular el nombre d'àtoms uti..] (2:1796-2:1966) (Super)** Códigos:[Proporcions - Família: Àtom químic]

Calcular el nombre d'àtoms utilitzats per fer l'experiment mitjançant la conversió dels àtoms que te cadascuna de les substàncies (Fe i O) i fent els càlculs pertinents.

**P 1: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 1:3 [Si que es compleix la llei, ja..] (2:1256-2:1367) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic]

Si que es compleix la llei, ja que encara que el pes és major, aquest pes és la suma del ferro i de l'oxigen.

**P 2: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 2:1 [Jo croc que s'ha intentat expl..] (3:1308-3:1480) (Super)** Códigos:[Forma - Família: Àtom químic] [Símbol - Família: Àtom químic]

Jo croc que s'ha intentat explicar la part de l'àtom més simple; com van arribar a la idea de l'àtom "les substàncies simples", i a imaginar-se i pensar com era l'àtom.

**P 2: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 2:2 [Si, ja que, ell deia que la ma..] (3:644-3:697) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic]

Si, ja que, ell deia que la massa del ferro augmentaria

**P 2: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 2:3 [Els àtoms de O s'ajunten amb e..] (3:1016-3:1126) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic]

Els àtoms de O s'ajunten amb els de Fe, de manera que els àtoms de ferro i els de oxigen formen oxid de ferro

**P 2: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 2:4 [Dalton va dir que hi havia àto..] (5:92-5:188) (Super)** Códigos:[Massa atòmica - Família: Àtom químic]

Dalton va dir que hi havia àtoms idèntics per cada element, però diferents d'un element a altre

**P 3: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 3:1 [cal saber el nombre de protons..] (1:1616-1:1669) (Super)** Códigos:[Partícules subatòmiques - Família: Àtom químic]

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

cal saber el nombre de protons, neutrons i electrons

**P 3: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 3:2 [La llei de conservació de la m..] (1:1201-1:1305) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

La llei de conservació de la massa es compleix. No augmenta més perquè el ferro ja no ha reaccionat més.

**P 4: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 4:1 [L'atom que encare ningú ha vis..] (2:468-2:562) (Super)** Códigos:[Correspondència micro - macro - Família: Àtom químic]

L'atom que encare ningú ha vist , no podem saber si el model atòmic actual reflectix la realitat

**P 4: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 4:2 [La ciència avança algún dia sab..] (2:721-2:788) (Super)** Códigos:[Incertesa model - Família: Àtom químic]

La ciència avança algún dia sabrem el model atòmic...jo crec que si.

**P 4: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 4:3 [Aquí la llei de la massa si es..] (1:1666-1:1802) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

Aquí la llei de la massa si es compleix perquè diu " que en qualsevol canvi químic la massa es conserva"  $m_{\text{massa inicial}} = m_{\text{massa final}}$

**P 4: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 4:4 [si una o més substàncies químiques] (1:1988-1:2150) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Proporcions - Família: Àtom químic]

si una o més substàncies químiques reaccionen amb una massa fixa d'una altra per formar substàncies diferents , ho fan en una relació de nombres enters senzills

**P 5: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 5:1 [trobar explicacions a diferents..] (1:1944-1:1984) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic]

trobar explicacions a diferents reaccions

**P 5: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 5:2 [funcionalitat] (1:1989-1:2001) (Super)** Códigos:[Funció - Família: Àtom químic]

Funcionalitat de totes les coses

**P 5: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 5:3 [Representem en lletres la simplicitat..] (1:1821-1:1871) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

Representem en lletres la simplicitat de la matèria en el seu grau més petit

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**P 5: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 5:4 [Si que compleix la llei de con..]**  
**(1:1055-1:1385) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

Si que compleix la llei de conservació de la massa de Lavoisier, ja que aquesta diu: "la massa no es crea ni es destrueix, només es transforma, que és justament el que li passa a la massa de ferro en la combustió. Part d'ell no es calcina, vol dir que es manté intacte, i la part calcinada es transforma, però no es destrueix

**P 5: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 5:5 [La fórmula resultant de l'expe..]**  
**(1:1538-1:1640) (Super)** Códigos:[Fórmula - Família: Àtom químic]

La fórmula resultant de l'experiment anterior, ens donaria l'òxid de Ferro, la seva fórmula, és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**P 5: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 5:6 [El que cal per a representar l..]**  
**(1:1644-1:1729) (Super)** Códigos:[Massa atòmica - Família: Àtom químic] [Taula Periòdica - Família: Àtom químic]

El que cal per a representar l'àtoms de les diferents matèries i la seva grandària, és la taula periòdica.

**P 6: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 6:1 [Dalton amb els seus experiment..]**  
**(3:595-3:773) (Super)** Códigos: [Símbol - Família: Àtom químic]

Dalton amb els seus experiments seguint els de Lavoisier va començar a idear el model que hauria de tenir la part indivisible de la matèria, que ell anomenava elements simples.

**P 6: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 6:3 [partícules molt petites, indiv..]**  
**(1:1666-1:1722) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

partícules molt petites, indivisibles i indestructibles que es representen per lletres com O o Fe.

**P 6: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 6:4 [Per representar aquestes subst..]**  
**(1:1315-1:1433) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Fórmula - Família: Àtom químic] [Proporcions - Família: Àtom químic]

Per representar aquestes substàncies només ens cal saber el número mínim d'àtoms que reaccionen i en quina proporció.

**P 6: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 6:5 [Es compleix la llei de Lavoisi..]**  
**(1:996-1:1134) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

Es compleix la llei de Lavoisier ja que la massa incorpora 1,25 g d'oxigen en el procés de combustió i s'ha transformat en òxid de ferro.



***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P 6: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 6:6 [Cada element químic té tot els..]**  
**(1:1758-1:1852) (Super)** Códigos:[Massa atòmica - Família: Àtom químic]

Cada element químic té tot els seus àtoms idèntics, però diferents d'altres elements químics i la raó és la massa.

**P 6: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 6:7 [Cada compost químic estaria fo..]**  
**(1:1856-2:49) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Fórmula - Família: Àtom químic] [Proporcions - Família: Àtom químic]

Cada compost químic estaria format per la unió d'àtoms de diferents elements sempre del mateix tipus i en la mateixa proporció

**P 6: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 6:8 [El seu model d'àtom seria una ..]**  
**(2:52-2:89) (Super)** Códigos:[Forma - Família: Àtom químic]

El seu model d'àtom seria una esfera

**P 7: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 7:1 [visió de l'àtom com a una cosa..]**  
**(4:515-4:613) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic] [Massa atòmica - Família: Àtom químic]

visió de l'àtom com a una cosa definida i enumerable que compleix la llei de conservació de massa.

**P 7: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 7:2 [I així verifiquem que els 25g ..]**  
**(3:928-3:1045) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic] [Canvi químic - Família: Àtom químic]

I així verifiquem que els 25g d'extra són d'oxigen i que la crema de ferro compleix la llei de conservació de massa.

**P 7: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 7:3 [podem deduir fàcilment que en ..]**  
**(4:98-4:225) (Super)**

Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic] [Massa atòmica - Família: Àtom químic]

podem deduir fàcilment que en cada gram d'oxigen hi ha d'haver per força una quantitat superior d'àtoms que en un gram de ferro

**P 7: Activitats 1-4 - ██████████.pdf - 7:4 [basant-se en la seva necessita..]**  
**(6:363-6:457) (Super)** Códigos:[Massa atòmica - Família: Àtom químic]

basant-se en la seva necessitat de diferència d'alguna manera els gasos de diferents elements

**P 8: Activitats 1-3 - ██████████.pdf - 8:1 [Si que es compleix, perquè aug..]**  
**(2:1204-2:1284) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic]

## **Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

Si que es compleix, perquè augmenta la seva massa després de cremar-la en 0,25g O

**P 9: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 9:1 [Si, es compleix la teoria de l..] (2:291-2:445) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

Si, es compleix la teoria de la conservació de la massa, ja que en la transformació de la llana de ferro en òxid de ferro no es perd ni es guanya matèria

**P 9: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 9:2 [segons Dalton suposem que tení..] (2:1027-2:1269) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic] [Massa atòmica - Família: Àtom químic]

segons Dalton suposem que teníem més àtoms de ferro que àtoms d'oxigen i com faltaven àtoms d'oxigen per reaccionar amb tots els àtoms que teníem de ferro una part dels àtoms de ferro no ha reaccionat i no s'han convertit en òxid de ferro.

**P10: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 10:1 [Sí que es compleix, ja que amb..] (2:1-2:141) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

Sí que es compleix, ja que amb els càlculs fets podem comprovar que dels 3g de Fe n'han reaccionat 1,79, els quals han incorporat 0,25g O\*<sup>1</sup>.

**P10: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 10:2 [hi ha més àtoms d'Oxigen que d..] (2:763-2:886) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Proporcions - Família: Àtom químic]

hi ha més àtoms d'Oxigen que de Ferro, però que no tots els de Ferro han reaccionat, per tant han sobrat àtoms de Ferro.

**P10: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 10:3 [Per representar aquestes subst..] (2:889-2:1110) (Super)** Códigos:[Fórmula - Família: Àtom químic] [Màxima simplicitat - Família: Àtom químic]

Per representar aquestes substàncies s'usa la regla de la màxima simplicitat, que resumidament diu que sempre s'han de considerar en primer lloc les fórmules més simples que continguin el menor nombre d'àtoms possible.

**P10: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 10:4 [Que l'àtom és l'element que fo..] (2:1290-2:1333) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

Que l'àtom és l'element que forma la matèria

**P10: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 10:5 [l'àtom pot tenir una massa i u..] (2:1365-2:1428) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Massa atòmica - Família: Àtom químic]

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

l'àtom pot tenir una massa i una forma de reaccionar diferent.

**P12: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 12:1 [Es compleix: La massa ha sigut..] (1:1371-1:1585) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic]

Es compleix: La massa ha sigut la mateixa quan s'ha incinerat el coto e ferro. La matèria o es destrueix, es transforma, i en la calcinació, s'ha transformat, Inclouent l'oxigen que s'ha incorporat a les cendres.

**P12: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 12:2 [Al final tenim mes atòms de Fe..] (2:640-2:678) (Super)** Códigos:[Proporcions - Família: Àtom químic]

Al final tenim mes atòms de Fe que de O

**P13: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 13:1 [Cambio químico Masa inicial= M..] (3:1187-3:1226) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Conservació massa - Família: Àtom químic]

Cambio químico Masa inicial= Masa final

**P13: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 13:2 [Toda la materia está formada p..] (4:407-4:497) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

Toda la materia está formada por partículas minúsculas e indestructibles llamadas átomos.

**P13: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 13:3 [Por lo tanto cuando se analiza..] (3:810-3:1013) (Super)** Códigos:[Conservació massa - Família: Àtom químic]

Por lo tanto cuando se analiza se concluye que sí se cumple con el principio de Lavoisier, si se tiene en cuenta el gas invisible (oxígeno) que reacciona con el hierro y hace que haya aumento de masa.

**P13: Activitats 1-3 - [REDACTED].pdf - 13:4 [Si reacciona 3g de Fe con 0,25..] (3:2022-3:2078) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic] [Fórmula - Família: Àtom químic] [Massa atòmica - Família: Àtom químic] [Proporcions - Família: Àtom químic]

Si reacciona 3g de Fe con 0,25g de O pasa lo siguiente:

**P14: Activitat 4 - [REDACTED].pdf - 14:1 [es un element de la natura] (2:218-2:243) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

es un element de la natura

**P15: Activitat 4 - [REDACTED].pdf - 15:1 [el àtom químic és totes les da..] (5:287-5:334) (Super)** Códigos:[Visió quantitativa - Família: Àtom químic]

el àtom químic és totes les dades científiques

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P15: Activitat 4 - ██████████.pdf - 15:2 [Sense la participació del sect..] (4:153-4:293) (Super)** Códigos:[Finançament privat - Família: Imatge ciència] [Retallades I+D - Família: Imatge ciència]

Sense la participació del sector privat i les retallades del sector public es far insostenible es faria insostenible poder investigar

**P16: Activitat 4 - ██████████.pdf - 16:1 [La ciència avui dia és massa e..] (2:1-2:96) (Super)** Códigos:[Fragmentació del coneixement - Família: Imatge ciència]

La ciència avui dia és massa especialitzada per a que puguem entendre tots els conceptes

**P16: Activitat 4 - ██████████.pdf - 16:2 [Avui dia sense el sector priva..] (3:1-3:178) (Super)** Códigos:[Alta tecnificació - Família: Imatge ciència] [Finançament privat - Família: Imatge ciència]

Avui dia sense el sector privat no es pot fer ciència perquè estem en camps molt tecnificats, necessitem instruments molt costosos per poder tirar endavant la investigació.

**P17: Activitat 4 - ██████████.pdf - 17:1 [àtom és una de les unitats més..] (5:140-5:190) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

àtom és una de les unitats més petita de la matèria

**P17: Activitat 4 - ██████████.pdf - 17:2 [els elements sempre reaccionen..] (2:1107-2:1160) (Super)** Códigos:[Proporcions - Família: Àtom químic]

els elements sempre reaccionen en una proporció entera

**P17: Activitat 4 - ██████████.pdf - 17:3 [els elements eren formats per ..] (2:1319-2:1434) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic]

els elements eren formats per àtoms d'un mateix tipus i aquests àtoms podien unir-se per formar compostos químics.

**P17: Activitat 4 - ██████████.pdf - 17:4 [Crec que persones que fan cert..] (3:547-3:938) (Super)** Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència] [Poder - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

Crec que persones que fan certes afirmacions en realitat el que volen és poder dominar d'alguna manera a la societat, fent-se posseïdors únics de la veritat i creant un seguici de persones ignorants al seu servei. Tant els governs del món, com la NASA haurien de tenir prohibit les investigacions secretes. El coneixement ha de ser accessible a tota la humanitat sense distincions.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P17: Activitat 4 - ██████████.pdf - 17:5 [La ciència, sense el sector pr..] (4:78-4:137) (Super)** Códigos:[Finançament privat - Família: Imatge ciència] [Subvencions públiques - Família: Imatge ciència] [Viabilitat - Família: Imatge ciència]

La ciència, sense el sector privat no és viable a Espanya.

**P17: Activitat 4 - ██████████.pdf - 17:6 [És més aquests últims anys a r..] (4:225-4:378) (Super)** Códigos:[Retallades I+D - Família: Imatge ciència]

És més aquests últims anys a rebut retallades, el que ens deixa a la cua per sota del nivell mitjà Europeu i suposa un endarreriment, per al país.

**P18: Activitat 4 - ██████████.pdf - 18:1 [unes partícules molt petites a..] (2:99-2:184) (Super)**

Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

unes partícules molt petites anomenades àtoms a partir de les quals es formava tot que es representen per lletres

**P18: Activitat 4 - ██████████.pdf - 18:2 [Tothom ha de tindre com a míni..] (3:1-3:109) (Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència]

Tothom ha de tindre com a mínim uns coneixements científics bàsics per entendre el món del qual forma part.

**P18: Activitat 4 - ██████████.pdf - 18:3 [La ciència pot comportar un co..] (4:74-4:724) (Super)** Códigos:[Finançament privat - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència] [Viabilitat - Família: Imatge ciència]

La ciència pot comportar un cost econòmic molt elevat que moltes vegades el sector públic no pot finançar, a més les investigacions públiques poden ser molt concretes i enfocades en les necessitats que considerin importants per a la població o els interessis del govern que estigui al capdavant, però també és important ser creatiu i arriscar en les investigacions per descobrir nous camins i aquesta situació és molt més comú en el sector privat. Tot i així, és molt important el control del sector públic en la ciència per assegurar a la societat que les investigacions no entren en conflicte amb els drets de qualsevol ésser viu.

**P19: Activitat 4 - ██████████.pdf - 19:1 [És per això que la ciència ha ..] (2:173-2:334) (Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència]

És per això que la ciència ha d'estar al servei de la població i la població té que poder tindre els instruments suficients per entendre-la i participar en ella

**P19: Activitat 4 - ██████████.pdf - 19:2 [Per aquest motiu, la ciència s..] (3:213-3:358) (Super)** Códigos:[Altruisme - Família: Imatge ciència]

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Per aquest motiu, la ciència sense el suport del sector privat segueix avançant, ja que els científics segueixen buscant respostes i investigant pel bé comú

**P20: Activitat 4 - ██████████.pdf - 20:1 [Hi ha experiments molt costoso..] (3:80-3:171) (Super)** Códigos:[Finançament privat - Família: Imatge ciència] [Viabilitat - Família: Imatge ciència]

Hi ha experiments molt costosos hi per tant el sector privat a vegades és imprescindible.

**P21: Activitat 4 - ██████████.pdf - 21:1 [unidad más pequeña de un eleme..] (5:132-5:172) (Super)** Códigos:[Símbol - Família: Àtom químic]

unidad más pequeña de un elemento químico

**P21: Activitat 4 - ██████████.pdf - 21:2 [no es posible dividir mediante..] (5:226-5:275) (Super)** Códigos:[Canvi químic - Família: Àtom químic]

no es posible dividir mediante procesos químicos

**P21: Activitat 4 - ██████████.pdf - 21:3 [Esto significa que las persona..] (3:616-3:814) (Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència]

Esto significa que las personas tenemos derecho a ampliar nuestros conocimientos a participar en debates o criticas ya que esto hace que puedan desarrollar y alcanzar modos de cultura científica.

**P21: Activitat 4 - ██████████.pdf - 21:5 [Es importante la participación..] (4:167-4:515) (Super)** Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència] [Finançament privat - Família: Imatge ciència] [Subvencions públiques - Família: Imatge ciència]

Es importante la participación del sector privado en la ciencia ya que su principal objetivo es la subvención, financiación y promoción del desarrollo de investigaciones científicas. Además la participación de este sector ayuda a que muchos científicos jóvenes den sus primeros pasos en este ámbito para que puedan desarrollar su vocación

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:1 [El coneixement, que ja ens han..] (1:1862-1:1946) (Super)** Códigos:[Base de coneixement - Família: Imatge ciència]

El coneixement, que ja ens han deixat altres científics, s'han d'utilitzar com a base

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:2 [es pugui trobar una millor fór..] (1:2069-1:2148) (Super)** Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència]

es pugui trobar una millor fórmula, i descartar el que es tenia fins al moment

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:3 [observant i interactuant amb l..] (1:2158-1:2195) (Super)**

Códigos:[Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

observant i interactuant amb la natura

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:4 [respecte i cura dels nostres m..] (1:2207-1:2254) (Super)**

Códigos:[Base de coneixement - Família: Imatge ciència]

respecte i cura dels nostres mestres anteriors

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:5 [cervells brillants] (2:103-2:120) (Super)**

Códigos:[Ment genial - Família: Imatge ciència]

cervells brillants

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:6 [la ciència, s'ha d'utilitzar a..] (2:741-2:794) (Super)**

Códigos:[Pacifisme - Família: Imatge ciència]

la ciència, s'ha d'utilitzar amb finalitats pacífiques

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:7 [els alts càrrecs governamental..] (2:1054-2:1179) (Super)**

Códigos:[Responsabilitat elits socials - Família: Imatge ciència]

els alts càrrecs governamentals, i els professionals amb mitjans econòmics, per tal de què continuï avançant, i mai s'aturi.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:8 [tots hauríem de tenir accés a ..] (2:926-2:1044) (Super)**

Códigos:[Accés universal condicionat - Família: Imatge ciència]

tots hauríem de tenir accés a la ciència, encara que en dosi limitades, segons la capacitat o necessitats de cadascú.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:9 [La ciència és estudi, observac..] (2:339-2:413) (Super)**

Códigos:[Rigurositat - Família: Imatge ciència]

La ciència és estudi, observació, imaginació, predisposició, fermesa, i passió!!!!

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:10 [estem interconnectats amb la na..] (2:1499-2:1591)**

**(Super)** Códigos:[Base de coneixement - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

estem interconnectats amb la natura i també amb tots els coneixements dels altres científics

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:11 [les polítiques d'alguns govern..] (2:1867-2:1970)**

**(Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència] [Restriccions ideològiques - Família: Imatge ciència]

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

les polítiques d'alguns governs que impedeixen l'accés a la universitat a les classes més desfavorides

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:12 [La ciència ha d'estar a l'abast..] (2:2289-2:2369) (Super)**  
Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència]

La ciència ha d'estar a l'abast de tothom, no només als rics o als més influents.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:13 [De no poder accedir a la infor..] (2:2371-2:2737) (Super)**  
Códigos:[Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

De no poder accedir a la informació no podem actuar de manera responsable pel desconeixement de la matèria i això ens pot convertir en perillosos per a la societat ja que una mal utilització de la ciència pot donar resultats fatals. Si el govern restringeix l'accés a la informació científica no la podem fer servir i quedarà només en les mans dels científics.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:14 [La ciència està en constant ev..] (3:39-3:199) (Super)**  
Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

La ciència està en constant evolució amb nous descobriments basats en altres anteriors, és important la interacció amb la natura, perquè tot i tots formem part

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:15 [La ciència sempre ha d'estar o..] (3:202-3:347) (Super)**  
Códigos:[Flexibilitat - Família: Imatge ciència]

La ciència sempre ha d'estar oberta a noves teories i mètodes d'investigació, per a nous o millorats descobriments per això a de ser flexible.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:16 [Tots estem dotats de certes int..] (3:503-3:543) (Super)**  
Códigos:[Diferents intel·ligències - Família: Imatge ciència]

Tots estem dotats de certes intel·ligència

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:17 [És important que la ciència si..] (3:893-3:1177) (Super)**  
Códigos:[Pacifisme - Família: Imatge ciència]

És important que la ciència sigui símbol d'evolució, coneixement, benestar i no sigui utilitzada amb fins destructius o bèl·lics, tenim experiències passades com algunes bombes atòmiques o caps nuclears gens positives i que deixa a la humanitat a l'altura de la sola d'una sabata

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:18 [el pensament d'algunes persone..] (3:1210-3:1314) (Super)**  
Códigos:[Rebuig a la ciència - Família: Imatge ciència]

el pensament d'algunes persones, veient la ciència com una cosa summament nociva i provocant el rebuig.



***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:19 [Desgraciadament no sempre es p..] (3:1318-3:1375) (Super)** Códigos:[Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

Desgraciadament no sempre es pot confiar en els governs...

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:20 [La ciència es una manera deter..] (3:1598-3:1823) (Super)** Códigos:[Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

La ciencia es una manera determinada de comprender el mundo natural, que expande la curiosidad intrínseca con la que nacemos y nos permite adquirir mediante los estudios y las observaciones del medio natural conocimientos.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:21 [La ciencia no solo esta en una..] (3:1985-3:2177) (Super)** Códigos:[Treball en equip - Família: Imatge ciència]

La ciencia no solo esta en una sola persona si no que esta en grupos de personas asi pueden trabajar en equipo y compartir ideas, opiniones y plantean nuevos problemas para darle soluciones.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:22 [El objetivo primario de la cie..] (3:2498-3:2627) (Super)** Códigos:[Qualitat de vida - Família: Imatge ciència]

El objetivo primario de la ciencia es mejorar la calidad de vida de los humanos ademas de ayudar a resolver preguntas cotidianas.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:23 [El coneixement no és una línia..] (4:232-4:664) (Super)** Códigos:[Errors - Família: Imatge ciència] [Innovació - Família: Imatge ciència]

El coneixement no és una línia recta per la qual avances un pas rere l'altre, és la acumulació del coneixement anterior però també dels errors anteriors, s'ha de posar en dubte constantment el que ja se sap per poder trobar nous camins d'investigació, i s'ha d'innovar i arriscar en els mètodes de treball per poder trobar respostes o resultats nous que donin pas a un coneixement més profund o encertat d'allò que s'estudia.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:24 [La ciència la fa tot aquell qu..] (4:820-4:1008) (Super)** Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència]

La ciència la fa tot aquell que surt al món i es pregunta coses sobre ell, aquell qui estudia i investiga amb aquelles eines que tingui a l'abast i intenti aportar coneixement a la ciència

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:25 [La ciència és coneixement i el..] (4:1605-4:1822) (Super)** Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència] [Poder - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

La ciència és coneixement i el coneixement és poder, és però això que no pot estar en mans d'unes poques persones, és un llegat al qual tothom en te dret i que la societat en conjunt ha de fer-ne un ús responsable,

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:26 [S'ha de tenir en compte el con..] (4:2228-5:200) (Super)**

Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Flexibilitat - Família: Imatge ciència]

S'ha de tenir en compte el coneixement anterior, ja que això ens pot ajudar per a millorar idees sobre la ciència, comprar i tenir en compte totes les variables possibles sobre tot el que ens envolta, ja que així es poden concebre idees noves sobre alguna cosa desconeguda i ser flexible en en els mètodes de treball, qualsevol ajuda sempre pot venir be per a trobar una solució.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:27 [No hi ha un perfil definit de ..] (5:220-5:351) (Super)**

Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència]

No hi ha un perfil definit de científic ja que qualsevol persona ho pot ser si en té la possibilitat i els mitjans per formar-se.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:28 [Com en tot, la ciència ha de s..] (5:666-5:861) (Super)**

Códigos:[Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

Com en tot, la ciència ha de ser usada de forma responsable, per això s'han de saber uns mínims coneixements, i també s'ha de tenir una certa responsabilitat sobre el que s'està duent a terme.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:29 [tenir interacció amb el mon na..] (5:1664-5:1786) (Super)** Códigos:[Flexibilitat - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

tenir interacció amb el mon natural es molt important, es el medi on vivim, i ser flexibles amb els mètodes per treballar.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:30 [Crec que descartat a thotom no..] (5:1807-5:2068) (Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència] [Diferents intel·ligències - Família: Imatge ciència]

Crec que descartat a thotom no es correcta el ser humà cada ser humà te la seva intel·ligencia cap es descartable,cada aprenem alguna cosa siguide qui sigui, despres hi ha la possibilitat del que vulguis aprenda mes i tenguis els mitjans per poder fer-ho.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:31 [La ciència ha de estar al serv..] (5:2071-5:2308) (Super)** Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència] [Pacifisme - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

La ciència ha de estar al servei de la gent per ajudar i sempre per fins PACIFICS per això es molt important que la gent sàpiga que es la ciència,així tots junts experts , poble i govern podrem fer un millor desenvolupament científic.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:32 [La ciència es universal, la cu..] (6:474-6:593) (Super)** Códigos:[Curiositat - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència]

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

La ciencia es universal, la curiosidad y la necesidad de mejorar la vida del ser humano construye el mundo científico

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:33 [donde cualquiera puede ser cie..] (6:597-6:633) (Super)**  
Códigos:[Accés universal - Familia: Imatge ciència]

donde cualquiera puede ser científico

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:34 [la observación y la formulació..] (6:636-6:876) (Super)**  
Códigos:[Evolució del coneixement - Familia: Imatge ciència] [Mètode científic - Familia: Imatge ciència]

la observación y la formulación de hipótesis son la base de la ciencia, a medida que van pasando los los siglos los conocimientos previos y las mejoras en los procesos ponen a prueba las teorías, rebatiendo o confirmando los resultados

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:35 [Aunque no esté al alcance de t..] (6:879-6:1046) (Super)**  
Códigos:[Responsabilitat compartida - Familia: Imatge ciència]

Aunque no esté al alcance de todos desarrollarla somos responsables de conocerla e implicarnos para que se use con buenos fines y llegue a todo aquel que la necesite

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:36 [Crec és la resposta més adient..] (6:1250-6:1542) (Super)**  
Códigos:[Evolució del coneixement - Familia: Imatge ciència] [Flexibilitat - Familia: Imatge ciència]

Crec és la resposta més adient perquè el coneixement científic es va creant a partir de descobriments que s'han fet anteriorment. També, sovint, s'ha hagut de ser flexible amb els mètodes de treball davant la impossibilitat de veure realment com és el que s'estudia, un exemple n'és l'àtom.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:37 [Considero aquesta la més adien..] (6:1698-6:1885) (Super)**  
Códigos:[Accés a la formació - Familia: Imatge ciència] [Accés universal - Familia: Imatge ciència]

Considero aquesta la més adient, ja que la gran majoria de persones amb ganes de fer ciència, d'aprendre i de descobrir, si té els coneixements i els mitjans suficients, pot fer ciència.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:38 [Considero que és important una..] (7:24-7:273) (Super)**  
Códigos:[Accés universal - Familia: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Familia: Imatge ciència]

Considero que és important una societat que compregui la ciència i pugui ser participativa en el futur de la mateixa, sense en cap cas deixar aquesta responsabilitat únicament al govern o a un número d'experts, ja que la ciència ens afecta a tots.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:39 [Per què engloba les respostes ..] (7:691-7:786) (Super)**

Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Flexibilitat - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

Per què engloba les respostes anteriors i crec que es la unica manera d'avançar científicament

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:40 [Perquè es cert que no hi ha un..] (7:1109-7:1303)**

**(Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència] [Accés universal - Família: Imatge ciència] [Curiositat - Família: Imatge ciència]

Perquè es cert que no hi ha un perfil fix, ja que s'han donat casos de persones que no són que s'han doctorat, simplement que han estudiat un tema i han aprofundit i acabat descobrit algu nou.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:41 [Penso que expressa exactament ..] (7:2013-7:2091)**

**(Super)** Códigos:[Pacifisme - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

Penso que expressa exactament el que jo diria sobre com i qui l'ha d'estudiar, sempre amb bones intencions per a la gent i en col·laboració.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:42 [Crec que és fonamental el mèto..] (7:2296-7:2600)**

**(Super)** Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Flexibilitat - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència] [Mètode científic - Família: Imatge ciència]

Crec que és fonamental el mètode científic, però hi ha que respectar la natura, conèixer-la perquè el seu coneixement ens dona més garanties, i ser flexible perquè la ciencia no és exacta i hi ha que tenir en compte moltes possibilitats que cuan se es inflexible pot ser que ens estanquem i no avançem.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:43 [Perquè encara que tothom pugui..] (8:101-8:238)**

**(Super)** Códigos:[Ment genial - Família: Imatge ciència]

Perquè encara que tothom pugui tenir coneixements sobre ciència, només uns pocs tenen la capacitat i les qualitats necessàries per fer-la.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:44 [He escollit aquesta resposta p..] (8:555-8:778) (Super)**

Códigos:[Pacifisme - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat elits socials - Família: Imatge ciència]

He escollit aquesta resposta perquè crec que és la més realista, però no comparteixo que sigui responsabilitat nostra el desenvolupament científic, encara que si podríem tenir la responsabilitat de l'ús que es fa d'ella.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:45 [Sense aquests factors no es po..] (8:990-8:1065) (Super)**

Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Flexibilitat - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

## ***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

Sense aquests factors no es podria desenvolupar cap coneixement científic.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:46 [Com bé diu l'enunciat, tothom ..] (8:1221-8:1363) (Super)** Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència] [Accés universal - Família: Imatge ciència]

Com bé diu l'enunciat, tothom que vulgui pot adoptar una formació científica i desenvolupar els seus coneixements al llarg de la seva vida.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:47 [Pots desenvolupar els teus con..] (8:1681-8:1768) (Super)** Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Pacifisme - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència]

Pots desenvolupar els teus coneixements científics ajudant a la societat favorablement

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:48 [Tenin en compte el coneixement..] (8:1807-8:1932) (Super)** Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Flexibilitat - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència]

Tenin en compte el coneixement anterior, la interacció amb el món natural i si cal sent flexible amb els mètodes de treball.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:49 [Equips de científics que major..] (8:1938-8:2011) (Super)** Códigos:[Masclisme - Família: Imatge ciència] [Treball en equip - Família: Imatge ciència]

Equips de científics que majoritàriament són homes formats i experimentats

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:50 [La ciència ha d'estar al serve..] (8:2018-8:2306) (Super)** Códigos:[Pacifisme - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

La ciència ha d'estar al servei de la gent per ajudar al seu benestar i contribuir a fins pacífics. Per això és fonamental que la societat estigui alfabetitzada científicament i assoleixi una responsabilitat compartida en el desenvolupament científic junt amb el govern i els experts.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:51 [La ciència es basa en l'observ..] (9:44-9:153) (Super)** Códigos:[Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència] [Interacció amb la natura - Família: Imatge ciència] [Sentit crític - Família: Imatge ciència]

La ciència es basa en l'observació de la natura i ha de qüestionar de manera crítica els coneixements previs

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:52 [Tots poden aportar el seu punt..] (9:311-9:426) (Super)** Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència]

Tots poden aportar el seu punt de vista a les investigacions i el coneixement hauria de ser accessible per tothom.

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:53 [La ciència és un factor clau p..] (9:744-9:869) (Super)**  
Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència] [Qualitat de vida - Família: Imatge ciència]

La ciència és un factor clau pel desenvolupament de les tecnologies i la societat i tots hauríem de formar part del progrés.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:54 [Perquè sempre es positiu compt..] (9:1066-9:1153) (Super)**  
Códigos:[Treball en equip - Família: Imatge ciència]

Perquè sempre es positiu comptar amb l'opinió dels altres i no tancar-se en si mateix.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:55 [En la meva opinió el coneixeme..] (9:1359-9:1811) (Super)**  
Códigos:[Errors - Família: Imatge ciència] [Evolució del coneixement - Família: Imatge ciència]

En la meva opinió el coneixement, tant el científic com tot el coneixement en general, es construeix a partir de la suma de tot el coneixement acumulat fins llavors per generacions anteriors, i de tots els experiments possibles que s'hagin realitzat, ja que encara que alguns d'aquest experiments no donin resultats favorables, fins i tot aquesta dada de fracàs és coneixement, i pot ajudar a generacions posteriors a no caure en el mateix error.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:56 [-Qualsevol persona pot fer ciè..] (9:1967-10:122) (Super)**  
Códigos:[Accés universal - Família: Imatge ciència]

-Qualsevol persona pot fer ciència, el nen que fa volar un estel per primera vegada i descobreix el poder del vent fa ciència, la persona que aprèn a destil·lar alcohol a través de la reacció química fa ciència, qualsevol activitat que amplii els horitzons de la teva ment, jo ho considero ciència.

**P24: Fòrum 2.pdf - 24:57 [Res a dir, aquesta frase diu e..] (10:441-10:727) (Super)**  
Códigos:[Accés a la formació - Família: Imatge ciència] [Responsabilitat compartida - Família: Imatge ciència]

Res a dir, aquesta frase diu exactament el que jo penso al respecte, la ciència sense control és perillosa, per això és important que tota la població tingui un mínim nivell de coneixement en relació al nostre nivell científic i puguin pensar abans d'actuar amb aquest coneixement.

**Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència**

**Veure la descripció completa de les cites següents a l'apartat de "Discutim el comptar la matèria: el mol i la visió quantitativa"**

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:1 [(S'ha trobat experimentalment,..] (1:1181-1:1662) (Super)**

Códigos: [Mol - Família: Àtom químic] [Símbol - Família: Àtom químic]

(S'ha trobat experimentalment, per difracció de raigs x i altres mètodes, que el nombre d'àtoms en 12 g exactes de carboni-12 és  $6.02 \times 10^{23}$  unitats elementals, aquest nombre és conegut com a número d'Avogadro.)

Crec que no es millor, encara que el número 12 (dels ous) el fem servir per contar qualsevol cosa (ous, taronges, gallines, taules...etc) i es imprescindible, per altre banda el numero d'Avogadro s'aplica ha qualsevol substancia i suposa un gran avanç científic.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:2 [El nombre d'Avogadro es calcul..] (2:99-2:358) (Super)**

Códigos: [Mol - Família: Àtom químic] [Símbol - Família: Àtom químic]

El nombre d'Avogadro es calcula a partir del sistema de la dotzena de 12 unitats elementals. El nombre d'Avogadro ens diu que en un mateix volum adoptat com unitari hi ha el mateix nombre de partícules on un mol són 602 300 trilions d'unitats elementals.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:3 [Crec que és millor el nombre d..] (2:1330-2:1762) (Super)**

Códigos: [Mol - Família: Àtom químic] [Símbol - Família: Àtom químic]

Crec que és millor el nombre d'Avogadro. El motiu de la meua afirmació és que, mentre una dotzena d'ous és una assignació numèrica aleatòria als ous que no respon a cap raó científica (deixant clar que parlem de dotzena d'ous i no del nombre dotze, que si té implicacions científiques), un mol si té una base científica, i representa la relació directe i real entre la massa molecular i la quantitat d'àtoms que la conformen.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:4 [No és ni millor ni pitjor, per..] (3:196-3:632) (Super)**

Códigos: [Mol - Família: Àtom químic] [Símbol - Família: Àtom químic]

No és ni millor ni pitjor, però el nombre d'Avogadro, ens facilita la feina molt més que les dotzenes, ja que la comptabilitatzació és molt superior en nombre (el n° d 'Avogadro equival a  $6.0221367 \times 10^{23}$ , d'aquest, el número de partícules representatives en un mol, podent-arrodonir a tres dígitos:  $6.02 \times 10^{23}$ ), i per tant més complex, com podem observar, però en la totalitat, representen el mateix en major o menor grau.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:5 [2. Ni millor ni pitjor els ous..] (3:2047-3:2512) (Super)**

Códigos: [Mol - Família: Àtom químic] [Símbol - Família: Àtom químic]

2. Ni millor ni pitjor els ous són ous i els mols mols. El nombre d'Avogadro és un nombre molt útil en química pel fet que ens facilita la feina a l'hora de fer càlculs i el fet que se li hagi comparat amb una dotzena d'ous no és més que casualitat ja que si en lloc del nombre dotze com pes del carboni haurien utilitzat un altre element, la cosa

***Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència***

habria canviat, però no el fet de que 1 mol de qualsevol substància fossi un nombre determinat de molècules.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:6 [Per mi , ni millor ni pitjor, ..] (3:3174-4:119) (Super)**

Códigos: [Mol - Familia: Àtom químic] [Símbol - Familia: Àtom químic]

Per mi , ni millor ni pitjor, simplement que el mol té una base científica i és un gran avanç mentre que la dotzena la feim servir per contar, tot te la seva part de contribució positiva per el nostra benestar.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:7 [No es ni millor ni pitjor, ja ..] (4:1405-4:1462) (Super)**

Códigos: [Mol - Familia: Àtom químic] [Símbol - Familia: Àtom químic]

No es ni millor ni pitjor, ja que son conceptes diferents.

**P25: Fòrum 3.pdf - 25:8 [Des de la meva humil opinió, n..] (5:149-5:347) (Super)**

Códigos: [Mol - Familia: Àtom químic] [Símbol - Familia: Àtom químic]

Des de la meva humil opinió, no considero que un sigui millor que l'altre, ja que els seus àmbits d'utilització son massa diferents un de l'altra, jo opinaria, que els dos son igualment valorables.