



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

Trajectòries d'aprenentatge dels alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys) sobre el model cineticocorpuscular avançat de matèria

TESI DOCTORAL

María Ángeles Moltó Palomares

Directores

Dra. Roser Pintó Casulleras

Dra. María Isabel Hernández Rodríguez

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals

Bellaterra, desembre 2021

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

María Ángeles Moltó Palomares (2021)

Tesi doctoral. Programa de doctorat de Didàctica de la Matemàtiques i de les Ciències Experimentals (Universitat Autònoma de Barcelona), Bellaterra, Barcelona.

Paraules clau: model de matèria, representacions, trajectòria d'aprenentatge, secundària

Key words: particle model of matter, sketching, learning trajectory, secondary school

PRESENTACIÓ

Aquest document recull el treball de la tesi doctoral de María Ángeles Moltó Palomares matriculada en el programa de Doctorat d'Educació en l'àmbit de la Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals en el sinus del grup de recerca ACELEC (Activitat Científica Escolar: Llenguatge, Eines i Contextos).

La tesi que es presenta va ser inscrita a l'Escola de Doctorat de la Universitat Autònoma de Barcelona el 20 d'octubre de 2021.

Durant el període de realització d'aquesta tesi s'han elaborat les següents comunicacions i publicacions:

Moltó, M.A., Hernández M.I. and Pintó, R. Particles: what are they? A proposal on a learning progression about the particle model of matter for upper secondary school. European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE). September 2016.

Moltó Palomares, M.A. Hernández Rodríguez, M.I., Pintó Casulleras, R. Partículas de la materia. ¿Cómo pueden identificar las moléculas los alumnos de secundaria? X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Septiembre 2017.

Moltó Palomares, M.A., Hernández Rodríguez, M.I., Pintó Casulleras, R. (2021). Una herramienta para el análisis del nivel de comprensión del modelo de materia para los alumnos de 4º de ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1),1004. doi:10.25267 Rev_Eureka_ense_divulg_cienc.2021.v18.i1.1104

Moltó Palomares, M. A., Hernández Rodríguez, M.I. Las concepciones de los alumnos en su interpretación del cambio físico y del cambio químico. XI Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Septiembre 2021.

AGRAIMENTS

El més profund agraïment a la Roser Pintó perquè una paraula seva i on hi havia foscor apareix la llum i a la Marisa Hernández que escolta, escolta, escolta... i crea! Sense les llargues “discussions” hauria estat impossible fer aquesta tesi. Sempre han estat disposades a atendre'm de manera desinteressada malgrat que les seves circumstàncies personals de vegades eren complicades. Moltíssimes gràcies Roser i Marisa per tot el que he après de vosaltres.

Encara que en Josep Maria no vol cap agraïment, no puc dipositar aquesta tesi sense donar-li les gràcies. Sempre ha estat al meu costat tot i que de vegades era una companyia horrible. Josep Maria moltíssimes gràcies.

Al Marc perquè amb ell va començar això del meu interès per l'ensenyament i la didàctica. Et dono les gràcies per formar part de la meva vida encara que jo no sempre estic disponible.

Gràcies també a totes les professores del departament per les seves aportacions en els seguiments i pels seus consells. En la mesura del que ha estat possible les he anat incorporant. Volia agrair especialment el suport de la Digna Couso per les seves aportacions i per acceptar ser la meva tutora. També a les coordinadores i el coordinador del programa de doctorat del departament durant aquests anys: Edelmira Badillo, Mariona Espinet i Lluís Albarracín.

Què dir dels membres del CRECIM que em van adoptar des del primer dia? Moltes gràcies també a tots vosaltres.

No vull oblidar els meus companys estudiants de doctorat per fer-me sentir part d'un col·lectiu i no una partícula aïllada i fer-me saber que no estava sola en aquesta aventura. Sort del grup de whatsapp!

Per acabar en el terreny professional volia agrair la col·laboració dels meus alumnes que han participat en aquesta recerca i sense els quals això no hauria arribat a port. Als meus companys d'institut gràcies també per poder compartir les meves obsessions i dèries.

En un pla més personal volia agrair el seu suport i la seva paciència a les meves amigues Stupends i a l'Aquelarre de dones. Impossible sobreviure sense vosaltres.

A mis padres y hermanos y al resto de la familia por estar ahí. No somos nadie sin nuestro clan.

En qualsevol cas, durant aquests anys, les interaccions amb moltes altres persones, especialment l'Anna, han fet possible l'elaboració d'aquesta tesi i encara que no les anomeni particularment formen part d'aquest projecte. Gràcies a totes.

RESUM

En aquesta recerca s'han estudiat les trajectòries d'aprenentatge d'un grup d'estudiants de 4t de l'ESO (15-16 anys) sobre un model cineticocorpuscular (CC) avançat de matèria.

En aquest estudi s'ha definit el model escolar objectiu més adient pels alumnes d'aquest nivell a partir de la literatura existent del model cinetic corpuscular, el model CC avançat de matèria.

S'han identificat les idees clau d'aquest model per dissenyar una seqüència d'ensenyament-aprenentatge (SEA) per a la instrucció. Algunes de les activitats de la SEA s'han utilitzat com a instruments de recollida de dades.

Els resultats obtinguts han permès la construcció d'un instrument per l'anàlisi de les dades i redissenyar la SEA. Aquesta segona versió s'ha implementat en dos cicles.

Les dades obtingudes s'han utilitzat per conèixer i caracteritzar les concepcions inicials dels estudiants i com aquestes concepcions evolucionaven al llarg del procés d'ensenyament-aprenentatge del model CC avançat de matèria.

Finalment s'ha constatat que el model CC avançat de matèria ha permès als estudiants desenvolupar una concepció de matèria que explica les seves transformacions.

RESUMEN

En esta investigación se han estudiado las trayectorias de aprendizaje de un grupo de estudiantes de 4º de la ESO (15-16 años) sobre el modelo cineticocorpuscular (CC) avanzado de materia.

En este estudio se ha definido un modelo escolar objetivo adecuado para los alumnos de este nivel a partir de la literatura del modelo cinético corpuscular, el modelo CC avanzado de materia.

Se han identificado las ideas clave de este modelo para diseñar una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) para la instrucción. Algunas de las actividades de la SEA se han utilizado como instrumentos de recogida de datos.

Los resultados obtenidos han permitido la construcción de un instrumento para el análisis de los datos y rediseñar la SEA. Esta segunda versión se ha implementado en dos ciclos.

Los datos obtenidos se han utilizado para conocer y caracterizar las concepciones iniciales de los estudiantes y como estas concepciones evolucionaban a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje del modelo CC avanzado de materia.

Finalmente se ha constatado que el modelo CC avanzado de materia ha permitido a los estudiantes desarrollar una concepción de materia que explica sus transformaciones.

ABSTRACT

In this research, it has been studied the learning trajectories on an advanced corpuscular kinetic model of matter in a group of 15-16 year old students.

The study defined the most appropriate teaching approach targeted to students at this level, based on the existing literature in the field. It has been found that the advanced corpuscular kinetic model of matter is the most suitable one for this research.

The key ideas of this model have been identified to design the teaching-learning process based on the advanced corpuscular kinetic model of matter. In addition, activities included in the teaching-learning process have also been used as tools for data gathering.

The obtained results have allowed us to develop an instrument for data analysis, leading to the redesign of the teaching-learning process. This updated version has been implemented in two cycles.

The data obtained have been used to further understand and characterize the initial conceptions of the students and how these conceptions evolved throughout the teaching-learning process of the advanced corpuscular kinetic model of matter.

Finally, it has been found that the advanced corpuscular kinetic model of matter has allowed students to develop a conception of matter that explains matter transformations.

ÍNDEX

PRESENTACIÓ	I
AGRAIMENTS	III
RESUM.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDEX	XI
ÍNDEX DE FIGURES	XV
ÍNDEX DE TAULES.....	XIX
CAPÍTOL I. INTRODUCCIÓ	1
1.1. Plantejament del problema i justificació	3
1.2. La pregunta de recerca.....	7
CAPÍTOL II. MARC TEÒRIC	9
2.1. Les concepcions de matèria dels estudiants	12
2.2. Sobre les progressions d'aprenentatge.....	21
2.2.1 Què és una trajectòria d'aprenentatge i què pot aportar al nostre estudi?	21
2.2.2. Les progressions d'aprenentatge sobre la matèria.....	23
2.3. Els models i la modelització.....	25
2.3.1. Què s'entén pel model CC avançat?	26
2.3.2. El procés de modelització	31
2.4. Les representacions en la química.....	32
CAPÍTOL III. DISSENY DE LA RECERCA	37
3.1. Context.....	39
3.2. Esquema general de la recerca	42
3.3. Com s'han dissenyat els instruments de recollida de dades?	42
3.3.1. Els instruments de la recollida de dades	49
3.4. Recollida de dades.....	56
3.4.1. Descripció de la recollida de dades de la versió 1	56
3.4.2. Descripció de la recollida de dades de la versió 2.....	57
3.5. Anàlisi de les dades.....	58
3.5.1. Anàlisi de les dades de la versió 1	59
3.5.2. Anàlisi de les dades de la versió 2.....	61
CAPÍTOL IV. LA CONSTRUCCIÓ DE LES CONCEPCIONS DELS ALUMNES	65
4.1. La construcció de la idea 1: la matèria està formada per partícules i entre les partícules hi ha buit...67	

4.2. La dimensió Conformació	69
4.3. La construcció de la idea 2 subidea a: les partícules estan en moviment continu	71
4.4. La dimensió Dinamisme	72
4.5. La construcció de la idea 2 subidea b: les partícules estan unides	73
4.6. La construcció de les idees 3 i 4: l'estructura bàsica de la matèria està formada per àtoms que és un tipus de partícula submicroscòpica i els ions són un altre tipus de partícula submicroscòpica.....	74
4.7. La construcció de la idea 5: les molècules són partícules submicroscòpiques	74
4.7.1. Definició operacional de molècula i la seva conceptualització.....	74
4.7.2. Nivells de representació de molècules i la seva justificació.....	76
4.8. La construcció de la idea 6: la unió entre partícules pot tenir diferent intensitat segons sigui el tipus de partícula	80
4.8.1. Conceptualització de les substàncies moleculars.....	80
4.8.2. Conceptualització de les substàncies iòniques	84
4.8.3. Conceptualització de les substàncies metàl·liques	86
4.9. La construcció de la idea 7: qualsevol classe de canvi físic o químic de la matèria es pot explicar a través de la interacció entre els diferents tipus de partícules (àtoms, ions i molècules)	87
4.9.1. Interpretació del canvi físic	88
4.9.2. Interpretació del canvi químic	94
4.10. La dimensió Interaccions.....	101
4.11. La dimensió Diversitat	107
4.12. L'instrument d'anàlisi de les concepcions dels estudiants	112
CAPÍTOL V. L'EVOLUCIÓ DE LES CONCEPCIONS DELS ALUMNES.....	115
5.1. Les concepcions dels alumnes en el moment Inicial	117
5.2. Les concepcions dels alumnes en el moment Substància.....	120
5.3. L'aplicació del model	122
5.3.1. Les concepcions dels estudiants en el moment Canvi físic.....	123
5.3.2. Les concepcions dels estudiants en el moment Canvi químic	125
5.4. Les trajectòries dels estudiants.....	127
5.4.1. Les trajectòries individuals dels estudiants	133
5.4.2. Alguns exemples de trajectòries individuals.....	152
CAPÍTOL VI. CONCLUSIONS.....	171
6.1. Idees clau del model CC escolar i la seva justificació	173
6.2. L'instrument per analitzar les dades	175
6.3. La caracterització de les concepcions inicials dels alumnes de 4t d'ESO sobre la matèria	175
6.4. L'evolució de les concepcions dels nostres alumnes de 4t d'ESO sobre la matèria al llarg de la implementació de la SEA i les trajectòries individuals dels estudiants	176

6.5. Limitacions i implicacions	179
CAPÍTOL VII. BIBLIOGRAFIA.....	183
Referències bibliogràfiques	185
CAPÍTOL VIII. ANNEXOS	191
8.1. Annex I: Dossier SEA vs 1.....	192

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 2.1.1. Procés dinàmic del desenvolupament del concepte de matèria	17
Figura 2.1.2. Progrés dels estudiants en la comprensió de la matèria	20
Figura 2.3.3. Esquema del cicle de modelització.....	32
Figura 2.4.1. Els tres aspectes de representació de les ciències físiques	33
Figura 2.4.2. Diagrama multiatòmic d'un sòlid atòmic	35
Figura 2.4.3. Diagrama multimolecular d'un sòlid molecular	35
Figura 2.4.4. Diagrama multiònic d'un sòlid iònic	35
Figura 2.4.5. Diagrama multiatòmic d'un líquid atòmic	35
Figura 2.4.6. Diagrama multimolecular d'un líquid molecular.....	35
Figura 2.4.7. Diagrama multiònic d'un líquid iònic.....	35
Figura 2.4.8. Diagrama multiatòmic d'un gas atòmic.....	35
Figura 2.4.9. Diagrama multimolecular d'un gas molecular.....	35
Figura 2.4.10. Diagrama multiònic d'un gas iònic.....	35
Figura 2.4.11. Representació d'un canvi químic amb diagrames multiatòmics i multimoleculars.....	36
Figura 3.3.1. Esquema final de la SEA amb els instruments de la recollida de dades	47
Figura 3.3.2. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 1	49
Figura 3.3.3. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 2	50
Figura 3.3.4. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 3	51
Figura 3.3.5. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 4	52
Figura 3.3.6. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 5	52
Figura 3.3.7. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 6	54
Figura 3.3.8. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 7	55
Figura 3.4.1. Moments i activitats per la recollida de dades vs1	56
Figura 3.4.2. Moments i activitats per la recollida de dades vs2.....	58
Figura 3.5.1. Esquema de les dades recollides i relació amb els objectius de recerca	59
Figura 3.5.2. Representació de la Fiona en el moment Substància	62
Figura 3.5.3. Representació de la Fiona en el moment Canvi físic	62
Figura 3.5.4. Representació de la Fiona en el moment Canvi químic.....	62
Figura 4.1.1. Exemple de la categoria Corpuscularitat (Núria).....	71
Figura 4.7.1. Representacions proposades als alumnes en l'activitat 12jvs1.....	76
Figura 4.8.1. Representació de l'Andoni de les substàncies moleculars en estat sòlid	81
Figura 4.8.2. Representació de l'Andrea de les substàncies moleculars en estat sòlid	81
Figura 4.8.3. Representació d'en Martí de les substàncies moleculars en estat sòlid.....	81

Figura 4.8.4. Representació d'en Cesc de les substàncies moleculars en estat sòlid	82
Figura 4.8.5. Representació de l'Aloma de les substàncies moleculars en estat sòlid.....	83
Figura 4.9.1. Representació de les partícules de cera	89
Figura 4.9.2. Representació d'en Nico pel canvi químic	97
Figura 4.9.3. Representació d'en Martí pel canvi químic	97
Figura 4.9.4. Representació de l'Aloma pel canvi químic	98
Figura 4.9.5. Representació de la Xènia pel canvi químic	99
Figura 4.9.6. Representació de l'Aniol pel canvi químic	100
Figura 4.10.1. Exemple de la categoria PUAO (Pep)	102
Figura 4.10.2. Exemple de la categoria PUSD (Aida)	103
Figura 4.10.3. Exemple de la categoria PUDU (Zoè)	106
Figura 4.11.1. Exemple de la categoria NDP (Dafne)	108
Figura 4.11.2. Exemple de la categoria DPP (Carlota)	109
Figura 4.11.3. Exemple de la categoria DTP (Lara)	111
Figura 5.2.1. Concepcions dels estudiants en el moment Substància i la seva freqüència	121
Figura 5.3.1. Concepcions dels estudiants en el moment Canvi físic i la seva freqüència.....	124
Figura 5.3.2. Concepcions dels estudiants en el moment Canvi químic i la seva freqüència.....	126
Figura 5.4.1. Concepció 1 vs model conceptual.....	128
Figura 5.4.2. Concepció 2 vs model conceptual.....	129
Figura 5.4.3. Concepció 3 vs model conceptual.....	129
Figura 5.4.4. Concepció 4 vs model conceptual.....	130
Figura 5.4.5. Concepció 5 vs model conceptual.....	130
Figura 5.4.6. Concepció 6 vs model conceptual.....	130
Figura 5.4.7. Concepció 7 vs model conceptual.....	131
Figura 5.4.8. Concepció 8 vs model conceptual.....	131
Figura 5.4.9. Concepció 9 vs model conceptual.....	132
Figura 5.4.10. Concepció 10 vs model conceptual.....	132
Figura 5.4.11. Concepció 11 vs model conceptual.....	132
Figura 5.4.12. Concepció 12 vs model conceptual.....	133
Figura 5.4.13. Trajectòries individuals dels alumnes.....	135
Figura 5.4.14. Evolució en la dimensió Conformació per alumne.....	137
Figura 5.4.15. Evolució en la dimensió Dinamisme per alumne	139
Figura 5.4.16. Evolució en la dimensió Interaccions per alumne	141
Figura 5.4.17. Representació d'en Roc en el moment Canvi físic.....	143

Figura 5.4.18. Representació d'en Grau en el moment Canvi físic.....	145
Figura 5.4.19. Representació d'en Roger en el moment Canvi químic.....	146
Figura 5.4.20. Representació de la Marta en el moment Substància.....	147
Figura 5.4.21. Representació d'en Roger en el moment Canvi físic.....	148
Figura 5.4.22. Evolució en la dimensió Diversitat per alumne	150
Figura 5.4.23. Representació de la Iris en el moment Inicial	152
Figura 5.4.24. Representació de la Iris en el moment Substància	153
Figura 5.4.25. Representació de la Iris en el moment Canvi físic	154
Figura 5.4.26. Representació de la Iris en el moment Canvi químic	156
Figura 5.4.27. Representació d'en Sergi en el moment Inicial	157
Figura 5.4.28. Representació d'en Sergi en el moment Substància.....	158
Figura 5.4.29. Representació d'en Sergi en el moment Canvi físic	159
Figura 5.4.30. Representació d'en Sergi en el moment Canvi químic	161
Figura 5.4.31. Representació de la Lia en el moment Inicial	162
Figura 5.4.32. Representació de la Lia en el moment Substància	163
Figura 5.4.33. Representació de la Lia en el moment Canvi físic.....	164
Figura 5.4.34. Representació de la Lia en el moment Canvi químic.....	165
Figura 5.4.35. Representació de la Martina en el moment Inicial	167
Figura 5.4.36. Representació de la Martina en el moment Substància	167
Figura 5.4.37. Representació de la Martina en el moment Canvi físic	168
Figura 5.4.38. Representació de la Martina en el moment Canvi químic	169

ÍNDEX DE TAULES

Taula 2.1.1. Proposta de Renström (1990)	13
Taula 2.1.2. Concepció de matèria que tenen els alumnes (Johnson, 1998)	14
Taula 2.1.3. Concepció de matèria que tenen els alumnes (Benarroch, 2000).....	15
Taula 2.1.4. Categories de les possibles concepcions de matèria dels alumnes (Liu, 2001).....	16
Taula 2.1.5. Nivells de concepció de la matèria (Hadenfeldt, Liu i Neumann, 2014)	20
Taula 2.3.1. Resum dels enunciats de les diferents propostes de la TCC bàsica	27
Taula 2.3.2. Enunciats de la TCC per a l'estudi	30
Taula 3.2.1. Esquema de la recerca	42
Taula 3.3.1. Estructura de la SEAvs 1: idees clau, subidees i activitats.....	44
Taula 3.3.2. Activitats versions 1 i 2 de la SEA.....	48
Taula 4.4.1. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 3b vs1 i exemples de categories. .	69
Taula 4.7.1. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 10b vs1 i exemples de categories	75
Taula. 4.7.2. Identificació i justificació de les representacions compatibles amb les molècules i la seva freqüència.....	77
Taula 4.8.1. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 12g vs1 i freqüències	83
Taula 4.8.2. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 12h vs1 i exemples	84
Taula 4.8.3. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 12i vs1 i exemples.....	87
Taula 4.9.1. Descripcions que fan els alumnes del canvi físic (respostes preguntes) i representacions....	91
Taula 4.9.2. Categorització de les representacions del canvi químic.....	96
Taula 4.12.1. Dimensions i categories de l'instrument d'anàlisi per explorar les concepcions dels estudiants en relació al model CC avançat de matèria (CEMAM)	113
Taula 5.1.1. Concepcions de inicials dels alumnes	122
Taula 5.1.2. Exemples de les concepcions inicials dels alumnes	122
Taula 5.4.1. Nivells de les concepcions dels alumnes	131
Taula 5.4.2. Trajectòries individuals dels alumnes	138

CAPÍTOL I. INTRODUCCIÓ

1.1. Plantejament del problema i justificació

La matèria fa molt de temps que s'investiga des de diferents disciplines i el seu coneixement ha anat transformant-se i completant-se al llarg de la història, però tot i que hi ha molts estudis en aquest camp pensem que encara no s'ha aprofundit en tots els aspectes relacionats amb l'ensenyament-aprenentatge d'aquest domini.

Aquesta recerca té com a objectiu principal conèixer les concepcions que té l'alumnat sobre alguns aspectes relacionats amb la matèria (estructura, composició i transformació). Però què ens ha portat a escollir-lo? Per què realitzar una recerca sobre les concepcions dels estudiants¹ sobre la matèria després que s'hagin fet tantes recerques i publicacions? Què volem aportar que no s'hagi investigat fins ara?

Les motivacions que ens han portat a la realització d'aquesta tesi sorgeixen de les reflexions que vam fer a conseqüència dels resultats obtinguts en una recerca relacionada amb les dissolucions (Moltó i Pintó, 2014). Els resultats d'aquella investigació sobre les concepcions de l'alumnat en relació amb les dissolucions ens van fer adonar que, tot i que aquest fenomen es treballa de manera reiterada i profunda, tant conceptualment com matemàticament, els estudiants segueixen tenint moltes dificultats per explicar-lo i per donar raons de com es produeix. Els resultats d'aquella investigació apuntaven que algunes de les dificultats que tenia aquell alumnat per la comprensió d'aquest fenomen i de les seves propietats estan relacionades amb la dificultat que tenen els estudiants per comprendre l'estructura de la matèria. Vam trobar que els estudiants no tenien una concepció de matèria que els permetés explicar i justificar aquest fenomen.

També l'experiència docent ens ha permès constatar que quan estem parlant d'explicar i justificar, tal com ens indica Johnstone (1991), ens hem de submergir en el món submicroscòpic que és més enllà de l'observació, de la quantificació i de la descripció dels fenòmens. Perquè els alumnes puguin fer el viatge a aquest món, ja sigui un viatge a un món real o a un món inventat pels científics per explicar el món, el professorat ha de ser capaç de portar-los o guiar-los fins a aquest nivell submicroscòpic. Cal fer notar que aquest món o nivell submicroscòpic està més enllà del món de les cèl·lules, dels bacteris, dels virus..., que encara que petits pertanyen al món microscòpic.

Aquest viatge fins al món submicroscòpic no és ni espontani, ni fàcil, però és imprescindible per a tots aquells estudiants que fan ciència (Di Giacomo i col. 2010, Taber, 2016). Necessitem

¹ Fem servir el terme que correspon al gènere masculí per tradició tot i que sempre ens referirem als i les estudiants. Sempre que sigui possible es farà servir el terme genèric per evitar la invisibilització de les alumnes.

com a societat que els estudiants facin ciència i esdevinguin ciutadans crítics que no siguin fàcilment manipulables per publicitats enganyoses o informacions virals malintencionades. A tall d'exemple de situacions que es podrien evitar mencionem el comportament d'alguns joves que es plantegen reptes com l'aplicació de barreges de sal i aigua sobre la pell sense saber que l'ús d'aquestes mescles poden produir cremades profundes a la pell a causa de les baixes temperatures de la mescla. Un exemple d'informacions enganyoses a les xarxes socials seria el dels vídeos que circulaven els dies posteriors a l'arribada del temporal Filomena a la Península Ibèrica (2020) en els quals es deia i es mostrava que la neu es pot cremar i que per tant el que queia del cel era plàstic i no neu. Per una altra banda, també necessitem que aquests joves estudiants facin ciència i en el futur molts d'ells es converteixin en científics. Doncs, si és això el que volem i necessitem, els estudiants han de ser capaços d'arribar al món submicroscòpic. Per aconseguir-ho serà fonamentalment el professorat de química qui els guiarà cap aquest món a través de l'educació científica.

La nostra recerca vol explorar una ruta que porti als estudiants al nivell submicroscòpic de la matèria al final del seu ensenyament secundari obligatori. Per poder aconseguir aquest objectiu creiem que hem d'incidir sobre els estudiants dels nivells educatius anteriors al batxillerat en la construcció d'un model de matèria avançat que els permeti explicar i justificar un fenomen com la dissolució i les seves propietats però també els canvis físics com ara els canvis d'estat o els canvis químics com ara les descomposicions. Aquestes explicacions i justificacions només es poden fer des del món submicroscòpic (Johnstone, 1991) i per tant és imprescindible que l'alumnat desenvolupi un model CC de matèria avançat, ja des dels nivells d'ensenyament obligatori.

A la literatura trobem molta recerca relacionada amb les concepcions alternatives que tenen els alumnes sobre els diferents aspectes de la matèria (estructura, composició, conservació i transformació) i amb l'estudi de la interpretació dels fenòmens per part dels estudiants, tant de fenòmens físics com de fenòmens químics. També en els darrers anys s'han publicat moltes recerques sobre la progressió d'aprenentatge dels estudiants sobre la matèria, però no hem trobat cap recerca que informi sobre com fer avançar als estudiants dels últims cursos de l'ensenyament secundari obligatori en la seva concepció de matèria alineada amb un model escolar de matèria bàsic a una concepció alineada amb un model escolar de matèria avançat. Aquesta última qüestió és específicament el nostre objectiu de recerca: contribuir a la progressió de les concepcions de matèria que tenen els estudiants en els últims cursos de l'ensenyament secundari obligatori alineades amb un model escolar de matèria avançat.

En la nostra recerca parlem d'un model CC avançat perquè fins al moment l'ensenyament de la química fa servir per explicar i justificar els fenòmens anteriorment descrits diferents models escolars: model cineticocorpuscular de matèria² (que nosaltres anomenem model CC bàsic) per explicar els canvis físics i el model de canvi químic i el d'enllaç per explicar els canvis químics i les substàncies. No sol establir-se cap relació entre els dos conjunts de models i això genera problemes i incoherències. No obstant això, alguns autors han apuntat la necessitat de relacionar tots dos models i estudiar la influència en la comprensió de la matèria (Abdo i Taber, 2009, Othan, Treagust i Chandrasegaran, 2008, Talanquer, 2020 i Treagust i col. 2010). Així per exemple quan s'intenta explicar un canvi químic es parla de què les partícules (àtoms, molècules o ions) de les substàncies que reaccionen es recombinen per formar noves substàncies (productes). Però, a més, quan es parla dels factors que disminueixen el temps de reacció per exemple, es parla sovint de la temperatura (i de l'agitació molecular o de les partícules) per explicar que aquesta sigui un factor que contribueix a disminuir el temps de la reacció. Llavors és necessari relacionar tots dos models: el cineticocorpuscular i el model de canvi químic fet que no sol succeir. El nostre model escolar de matèria avançat suposa un model híbrid que serviria de pont entre tots dos conjunts de models i que podria explicar tots els canvis de la matèria. Pensem que aquest potser un camí que pot donar bons resultats, ja que la divisió entre els diferents tipus de canvi no deixar de ser arbitrària (Gensler, 1970, Taber, 2002). Aquest model CC avançat de matèria també es podria considerar un model de matèria ampliat que permetria la justificació de qualsevol mena de canvi en la matèria. No obstant això pensem que en cursos posteriors s'haurien d'introduir models més sofisticats i concrets relacionats amb les teories d'enllaç i que es construirien sobre aquesta base.

La nostra recerca fa una proposta de desenvolupament de les concepcions de matèria dels estudiants dels últims cursos de secundària obligatòria. En concret, la nostra proposta va dirigida als alumnes que cursen la matèria de física i química com a matèria optativa en 4t de l'ESO (15-16 anys). Així doncs, aquesta recerca queda concretada en l'estudi empíric d'una trajectòria d'aprenentatge teòrica pels alumnes de 4t d'ESO sobre un model cineticocorpuscular avançat de la matèria.

El que volem conèixer amb aquesta recerca és quina és l'evolució de les concepcions dels alumnes al llarg d'una seqüència d'ensenyament aprenentatge (SEA) dissenyada per aquest fi. Volem estudiar quines són les concepcions de partida dels estudiants i com evolucionen aquestes al llarg de la SEA, és a dir, s'estudiaran aquestes concepcions en diferents moments de la SEA i s'estudiaran com es transformen.

² Tal com s'apunta en Harrison i Treagust (2002) aquesta teoria sovint és anomenada teoria cinético molecular.

El present document de tesi està estructurat en 8 capítols.

En el primer capítol farem una justificació d'aquesta recerca i plantejarem quina és la nostra pregunta i quines fites volem aconseguir.

Tot seguit en el capítol dos definirem el marc teòric que ens permetrà interpretar els nostres resultats. Aquest capítol s'ha estructurat en els següents apartats: les concepcions de matèria dels estudiants, les progressions d'aprenentatge, els models i la modelització, i les representacions en la química. Aquests apartats defineixen els pilars sobre els quals se sustenta el nostre marc teòric.

Al capítol tres descriurem els passos que hem seguit per aconseguir donar resposta a la nostra pregunta, tracta doncs del disseny de la recerca. Aquests passos es concreten en els següents apartats: context, com s'han dissenyat els instruments de recollida de dades, la recollida de dades i l'anàlisi de les dades.

Continuarem amb els capítols quatre i cinc que donaran compte dels resultats i de la seva discussió. En el capítol quatre es presenta la construcció de les concepcions dels alumnes i en el capítol cinc l'evolució dels estudiants al llarg de la instrucció i les trajectòries d'aprenentatge particulars dels alumnes.

Presentarem les conclusions i les implicacions en el capítol sis.

El capítol set correspon a la bibliografia i finalitzarem amb el capítol vuit que inclou els annexos.

1.2. La pregunta de recerca

La pregunta que volem respondre amb aquesta recerca és:

Com evolucionen les concepcions dels estudiants sobre la matèria en relació amb el model CC avançat de matèria al llarg de la implementació d'una seqüència d'ensenyament-aprenentatge dissenyada per alumnes de 4t de l'ESO (15-16 anys)?

Per poder respondre aquesta pregunta s'han definit les següents subpreguntes:

- A. Quines són les concepcions inicials de matèria que tenen els alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys)?
- B. Com varien les concepcions de matèria dels estudiants de 4t d'ESO (15-16 anys) al llarg de la SEA?

Les preguntes anteriors ens portaran a:

1. Identificar les idees clau que defineixen el model CC avançat de matèria pels alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys) i justificar el perquè d'aquest model (què aporta aquest model als alumnes en comparació al model bàsic i per què?)
2. Construir un instrument per analitzar les dades de manera que permeti caracteritzar cadascuna de les concepcions dels alumnes sobre la matèria a partir de les seves representacions visuals i explicacions verbals.
3. Mitjançant l'instrument d'anàlisi construït caracteritzar les concepcions inicials dels alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys) sobre la matèria plasmades a través de les seves representacions visuals i explicacions verbals.
4. Estudiar l'evolució de les concepcions dels alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys) sobre la matèria a partir de les evidències de les seves representacions visuals i explicacions verbals al llarg de la implementació de la SEA.
5. Identificar les trajectòries d'aprenentatge particulars que segueixen els alumnes des de les seves concepcions inicials de matèria fins a les concepcions finals en relació amb el model CC avançat de matèria.

CAPÍTOL II. MARC TEÒRIC

La química és la ciència que estudia la matèria i les seves transformacions. Aquesta definició de la disciplina dona una idea de la rellevància d'aquest domini i del fet que la matèria és una de les idees principals de ciència. L'estructura i la constitució de la matèria està considerada com una de les deu grans idees de la ciència que els alumnes han de construir al llarg dels seus anys d'escolarització (Harlem i col., 2015). Al llarg de la història de la didàctica de la química s'ha estudiat amb profunditat com ensenyar els conceptes relacionats amb aquest domini i també com els estudiants els conceptualitzaven. Així, una de les dificultats que trobem a l'hora de parlar de la matèria és que la matèria és un domini tan general que engloba en el seu sinus un gran nombre d'altres idees importants i el seu aprenentatge es pot abordar des de molts angles i disciplines. Formen part del domini estudis tan diversos com el que es refereixen a conèixer com els alumnes expliquen les reaccions químiques o com creuen que és un àtom. En el nostre marc teòric farem un esforç de concreció i indicarem quins són els aspectes de la matèria que volem abordar.

Igual que va ocórrer en la didàctica de les ciències l'evolució en els estudis en el domini de la matèria ha estat fortament influenciada per la mirada del constructivisme, bé en la versió de Piaget (constructivisme) o bé en la versió de Vygotsky (constructivisme social), aportant propostes com per exemple el cicle d'aprenentatge de Karplus (Karplus, 1977 i Bevevino, Dengel i Adams, 1999). Posteriorment, els estudis d'Ausbel i Novak entorn a l'aprenentatge significatiu van tenir molt impacte i van fer encaminar molts esforços a tenir en compte els coneixements previs de l'alumnat per construir des d'aquesta base els nous coneixements (Cooper i Stowe, 2018). Des d'aquesta perspectiva al llarg dels últims cinquanta anys s'han publicat un nombre molt extens d'estudis orientats a conèixer i caracteritzar les concepcions alternatives que tenen. S'han estudiat les concepcions sobre la continuïtat de la matèria, la impossibilitat del buit, l'extensió de les propietats macroscòpiques a les partícules submicroscòpiques... tal com ens assenyalen Furió, Solbes i Carrascosa (2006). En la revisió de Pfundt i Duit (Duit, 1993) es van identificar 103 articles sobre concepcions alternatives en relació amb l'estructura de la matèria i les partícules. Aquests estudis abasten tots els nivells d'ensenyament escolar des de primària fins al final de la secundària superior.

Una vegada que es van conèixer quines eren les idees que els estudiants portaven a les classes de química, era necessari determinar com aprenien els estudiants i com la didàctica podia ajudar a modificar l'ensenyament de manera que aquest permetés als estudiants modificar les seves idees per alinear-les amb les idees de la ciència. Van sorgir publicacions que proporcionen llum sobre com millorar aquest procés com ara *How people learn?* (1999), i que els investigadors van adaptar entre altres al domini de la matèria. Per una altra banda, tot i

l'aplicació d'aquests marcs teòrics, es van seguint observant dificultats en la comprensió del concepte de matèria a la vida quotidiana.

En la passada dècada es va desenvolupar un nou marc teòric: les progressions d'aprenentatge (PAs) en què el domini matèria va excel·lir a conseqüència del gran nombre d'estudis realitzats sota aquest paraigua (Johnson i Tymms, 2011; Merritt i Krajcik, 2013; Smith i col., 2006; Stevens, Delgado i Peek-Brown, 2013; Wiser, Frazier i Fox, 2013). Així, aquest conjunt d'estudis del qual parlarem més endavant va permetre establir un camí general per l'aprenentatge de la concepció de la matèria al llarg de totes les etapes educatives, des del nivell infantil fins al nivell universitari i com a conseqüència va permetre la reestructuració dels currículums. Les PAs, tal com es desenvoluparà en un dels apartats d'aquest marc teòric, suposen camins generals pel desenvolupament de les idees que s'han de concretar per les diferents etapes d'aprenentatge. Així, aquesta investigació estableix a través d'una trajectòria d'aprenentatge teòrica, una manera de concretar aquestes idees clau en un procés d'ensenyament-aprenentatge per a l'etapa educativa de l'últim curs de secundària obligatòria (4t d'ESO). Aquesta trajectòria d'aprenentatge es concretarà en una seqüència d'ensenyament-aprenentatge (SEA). Aquesta SEA es desenvoluparà d'acord amb uns principis generals de disseny basats en resultats de recerca i pensem que ens permetrà avaluar les idees de l'alumnat que ens interessen. Un dels principis generals del disseny d'aquesta SEA és la modelització i, per tant, aquest fet ens obliga a concretar quins és el model escolar objectiu de matèria per aquesta etapa. Un altre principi general del disseny d'aquesta SEA, i del qual el marc teòric haurà de donar compte, és l'expressió de les idees dels estudiants mitjançant la utilització de representacions visuals (dibuixos i diagrames químics).

Han quedat doncs establerts quins són els pilars sobre els quals s'assentarà la nostra recerca. Els quatre eixos d'aquest marc teòric són les idees de matèria que tenen els estudiants, les progressions d'aprenentatge, els models i la modelització i les representacions químiques.

2.1. Les concepcions de matèria dels estudiants

En primer lloc és necessari saber què volen dir els estudiants quan parlen de matèria. Farem un recorregut històric del domini per conèixer quin és el concepte de matèria que tenen els estudiants i així poder concretar què ens interessa saber del pensament dels estudiants per tal d'orientar la SEA.

Quan es fa una revisió de la literatura del tema trobem que un nombre molt significatiu dels estudis sobre les concepcions de matèria dels alumnes fa referència a mostres d'estudiants de diferents edats. En fer una revisió de la literatura del tema trobem un gran ventall d'estudis que fan referència a les concepcions de matèria dels alumnes de diferents edats. Es constata que

aquestes concepcions estan relacionades amb l'edat i el nivell educatiu. La utilització de mostres d'estudiants de diferents edats en alguns treballs o les revisions que fan servir diferents estudis amb mostres de diferents edats fa que quan es presenten les concepcions dels alumnes en aquests treballs sovint es parli d'evolució o progressió en les concepcions dels estudiants. En el nostre recorregut presentarem les conclusions tant de treballs que utilitzen mostres d'una determinada edat com d'aquells que fan servir mostres de diferents edats. En el primer cas, s'obtidria una fotografia puntual de quines són les concepcions dels alumnes en aquella edat, i en el segon cas s'obtidrien totes les possibles concepcions dels alumnes en tota la franja d'edat. En conseqüència, seria possible que en un estudi que utilitza una mostra d'una determinada d'edat no apareguessin determinades concepcions que sí que apareixen en estudis que utilitzen mostres d'estudiants de tot el rang escolar. Considerarem doncs els diferents tipus d'estudis, ja que tots ells, en conjunt, ens donaran una visió exhaustiva de quines són les concepcions de matèria que tenen els estudiants.

L'estudi que va realitzar Renström (1990) dona força detalls sobre la concepció de matèria que tenen els estudiants. En aquest estudi, la mostra corresponia a estudiants de tres nivells d'edat (graus 7-9 que corresponen a 12-15 anys). Així, aquest autor va proposar una jerarquia de 6 concepcions de la matèria com a substància que representa una progressió que culmina en la visió col·lectiva (Taula 2.1.1).

Taula 2.1.1. Proposta de Renström, 1990

Matèria conceptualitzada com:

A. Substància homogènia. La substància no està delimitada per altres substàncies i manté els atributs de la substància.

B. Unitats de substància delimitades. La substància està delimitada a partir d'altres substàncies i existeix en més d'una forma.

C. Unitats de substàncies com "petits àtoms". Poden ser diferents de la substància en la qual estan incrustades.

D. Agregats de partícules. La substància es compon de partícules infinitament divisibles, que no podran ser com la substància.

E. Unitats de partícules. La substància es compon de partícules que no són divisibles i que tenen certs atributs (com la forma i l'estructura) que poden explicar les propietats macroscòpiques de la substància.

F. La substància es compon de sistemes de partícules. Les diferents propietats de les substàncies poden explicar-se en termes de les propietats de les partícules i del sistema de partícules.

Johnson (1998) va presentar un estudi sobre les concepcions de la matèria dels estudiants d'11 a 16 anys que queden recollides a la taula 2.1.2. En aquest estudi la concepció de matèria fa referència també, com en el cas de Renström, a la idea de substància.

Cal especificar que la majoria dels treballs que es fan sobre la matèria corresponen a estudis en els quals intervé una substància (aigua, ferro, sal ...) o mescles de diferents substàncies (aire, aigua de mar ...) i no a materials de la vida quotidiana com ara fusta, llet, xocolata ..., que són terriblement difícils d'abordar d'una manera senzilla i amb els quals els estudiants tenen problemes ja en el nivell macroscòpic (Ordenes i col., 2014). Per tant, el concepte de matèria estaria identificat amb el de substància o mescles simples de substàncies (Abdo i Taber, 2009, Cuadros, 2011, De Jong i Taber, 2014 i Taber 2016).

Aquestes dues descripcions (Renström, 1990 i Johnson, 1998) de les concepcions dels alumnes sobre la matèria identifiquen la matèria com a substàncies i fan referència a la matèria com a formada per partícules sense aportar més informació de com són les partícules i de quina relació hi ha entre elles. Es podria dir que l'aspecte de la matèria que sobresurt quan s'estudien les concepcions dels estudiants és la composició: la matèria com a formada per partícules o no, sense entrar-hi en com es relacionen aquestes partícules entre si, aspecte que correspondria a l'estructura.

Taula 2.1.2. Concepció de matèria que tenen els alumnes (Johnson, 1998)

Model	Descripció
X	Substància continua. La idea de partícula no té significat.
A	Partícules en un continu de substància.
B	Les partícules són la substància, però amb caràcter macroscòpic.
C	Les partícules com a substància, les propietats de l'estat són conseqüència del comportament de les partícules com un col lectiu.

Un altre enfocament en l'estudi de les concepcions sobre la matèria dels estudiants és el proposat per Benarroch (2000), en el qual, a partir de les explicacions que fan els estudiants de diferents edats (de 9-22 anys) sobre diferents situacions físiques (dissolució d'un sòlid granular, la mescla d'alcohol etílic en aigua i la compressió d'un gas), es van establir diferents nivells explicatius dels alumnes sobre la naturalesa corpuscular de la matèria. Així en aquest treball van trobar que es podrien aconseguir 5 nivells explicatius que es recullen a la taula 2.1.3.

En l'estudi de Benarroch (2000) a més a més de conèixer quina concepció tenen els alumnes amb relació a la composició de la matèria (formada o no per partícules submicroscòpiques), les explicacions dels alumnes permeten conèixer com estan relacionades aquestes partícules entre si, és a dir, les concepcions de l'alumnat fan referència tant a la composició com a l'estructura.

Taula 2.1.3. Concepció de matèria que té l'alumnat (Benarroch, 2000)

Nivell explicatiu	Descripció
I	Imatge de matèria continua i estàtica.
II	Model de matèria continu però amb elements percebuts com a bombolles, forats..., per donar explicacions a les dades empíriques.
III	Concepcions corpusculars en les quals la matèria està formada per partícules invisibles i que no es poden percebre directament. No queda definit què hi ha entre les partícules.
IV	Concepcions corpusculars en les quals la matèria està formada per partícules separades per buit.
V	La matèria es concep com un sistema d'interaccions entre partícules que es mouen contínuament separades pel buit.

Liu (2001) va publicar un estudi de síntesi per organitzar els diferents resultats de recerca d'un conjunt de treballs sobre les concepcions d'estudiants de diferents edats sobre la matèria i també sobre les diferents metodologies amb la finalitat de trobar una metodologia de recerca que permetés conèixer quines eren les concepcions dels estudiants sense la influència del context i que no depengués dels instruments de recollida de dades utilitzats en cadascun dels estudis revisats. Els resultats dels estudis analitzats van permetre definir dues dimensions en les concepcions de la matèria: una relacionada amb la seva constitució i l'altra amb les seves propietats. Al seu torn, aquestes dues dimensions presentaven quatre nivells jerarquitzats de pensament dels estudiants. En quant a la dimensió Constitució es jerarquitzava tenint present si es concep com material no quotidià, sòlid, en tres estats d'agregació, format per partícules. En quant a la dimensió Propietats es jerarquitzava tenint present si consideren característiques naturals, relacionat amb els fenòmens naturals, amb propietats físiques, amb propietats químiques. La combinació d'aquestes dues dimensions i els seus vuit nivells permeten 16 possibles combinacions que donen lloc a una progressió jeràrquica en les possibles concepcions que va des de nivells menys avançats científicament fins als més avançats. L'autor estableix 7 categories en funció de les possibles combinacions i que queden recollides a la taula 2.1.4.

Els resultats dels diferents estudis analitzats en aquest treball van poder ser classificats en les categories establertes i es pot considerar que aquestes categories tenen validesa en relació amb les possibles concepcions de l'alumnat i donen pistes de quines poden ser les concepcions de matèria dels estudiants.

Taula 2.1.4. Categories de les possibles concepcions de matèria de l'alumnat (Liu, 2001)

Categoria	Combinació	La matèria
1	1:1	és alguna cosa no natural, com la utilitzada en els laboratoris de ciències, amb característiques naturals.
2	2:1/1:2	correspon als sòlids amb característiques naturals, o a materials no quotidians sotmesos a fenòmens naturals.
3	1:3/2:2/3:1	és alguna cosa natural que presenta propietats físiques; o correspon a sòlids sotmesos a fenòmens naturals o pot estar en diferents estats (sòlid, líquid o gas) amb característiques naturals.
4	4:1/3:2/2:3/1: 4	formada per partícules amb característiques naturals o pot estar en diferents estats (sòlid, líquid o gas) i sotmesa a fenòmens naturals o correspon a sòlids que mostren propietats físiques o alguna cosa no natural que mostra propietats químiques.
5	4:2/3:3/2:4	formada per partícules, sotmesa a fenòmens naturals o pot estar en diferents estats (sòlid, líquid o gas) que mostren propietats físiques o correspon a sòlids que mostren propietats químiques.
6	4:3/3:4	formada per partícules que mostren propietats físiques o pot estar en diferents estats (sòlid, líquid o gas) que mostren propietats químiques.
7	4:4	formada per partícules i mostra propietats químiques.

En 2002 Harrison i Treagust (2002) fan una revisió dels estudis (alguns dels quals han estat citats en aquest apartat anteriorment) de l'última dècada del segle XX sobre les concepcions que els estudiants tenen sobre la matèria i troben que pels estudiants:

- la matèria és contínua,
- els científics poden veure els àtoms amb instruments adequats,
- les partícules dels gasos són estàtiques i contínues,
- en els sòlids les partícules estan en contacte, en els líquids una mica més separades i en els gasos entre tres i quatre vegades més separades en relació amb els líquids,
- la matèria no es conserva en els canvis de fase,
- les partícules es dilaten i es contreuen igual que la substància de la qual forma part i
- els atributs de la matèria són els atributs de les partícules.

Aquests elements formen un marc intuïtiu o alternatiu a la comprensió científica de la matèria.

Posteriorment Liu i Lesniak (2005) van fer un estudi quantitatiu amb metodologia de modelatge Rasch amb la mateixa mostra que per l'estudi de 2001 (Liu, 2001) per determinar la

comprensió del concepte matèria que tenien els estudiants des de l'escola elemental fins al batxillerat, i van identificar la progressió conceptual dels diversos aspectes del concepte matèria. Van considerar que la comprensió de la matèria engloba la comprensió de les formes i els processos de canvi de la matèria. Els processos de canvi fan referència tant als canvis físics com ara els canvis d'estat, als processos de dissolució i als canvis químics. Aquestes explicacions han d'estar basades en el model corpuscular de matèria i implica un raonament que és tant descriptiu com explicatiu, macro i submicro, qualitatiu i quantitatiu. En aquest estudi van considerar que tots els coneixements descrits anteriorment es podien classificar en quatre aspectes de la matèria: l'estructura i composició, les propietats físiques i el canvi, les propietats químiques i el canvi i la conservació, i que tots quatre estan interrelacionats. Van proposar un model dinàmic d'ones superposades pel desenvolupament del concepte matèria per donar sentit als patrons de progressió identificats al llarg de l'estudi. Aquest patró de progressió consisteix en 5 onades superposades. La primera onada correspon al desenvolupament d'idees informals sobre la matèria, que tindria lloc en la primària, com ara les propietats i els canvis que impliquen a l'aigua i l'aire. La segona ona es produeix quan els estudiants

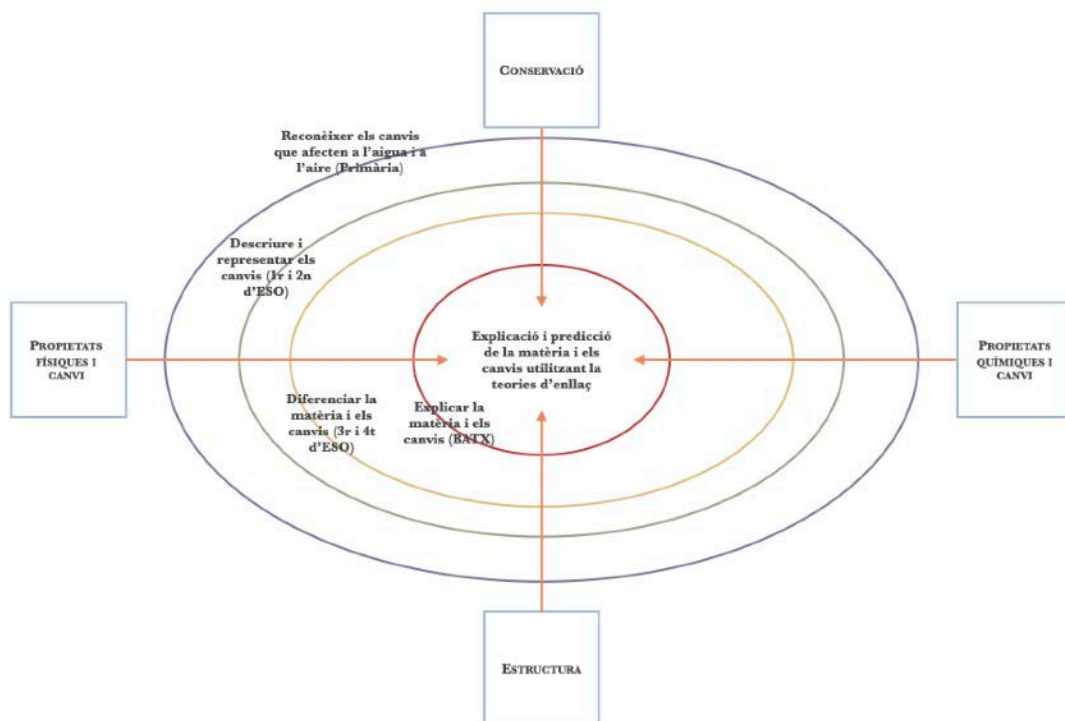


Figura 2.1.1. Procés dinàmic del desenvolupament del concepte de matèria (adaptació de Liu i Lesniak, 2005)

desenvolupen la comprensió de l'aspecte de conservació de la matèria i que es produiria en els primers cursos de secundària obligatòria. La tercera onada s'identifica amb el desenvolupament de la comprensió de les propietats físiques i químiques i el canvi i que correspondria als dos últims cursos de la secundària obligatòria. La quarta onada desenvolupa la comprensió dels aspectes estructural i de composició del concepte matèria en els últims cursos de la secundària obligatòria i el batxillerat. Finalment, la cinquena i última onada correspon al desenvolupament de la capacitat de predir i explicar els canvis en la matèria la qual cosa correspon al nivell més alt de comprensió del concepte matèria. A la figura 2.1.1 es representa el resum dels resultats d'aquest estudi.

Posteriorment, aquests mateixos autors (Liu i Lesniak, 2006) van adoptar un marc teòric neo-piagetí i un enfocament fenomenogràfic per identificar el patró de progressió conceptual dels estudiants del concepte matèria des de la primària fins a la secundària. Van trobar que la progressió de les concepcions dels estudiants sobre la matèria des de l'educació primària fins a la secundària era polifacètica, és a dir, aquest patró de progressió és independent del fenomen proposat a l'estudiant per la interpretació: substàncies o reacció química entre dues substàncies. El recorregut va des de la concepció macroscòpica de la matèria en els nivells inferiors fins a la concepció de matèria submicroscòpica que correspon al model corpuscular (la matèria formada per partícules submicroscòpiques: àtoms i molècules). A més aquest patró de progressió és independent del context. Aquest estudi proporciona una imatge contextualitzada de les concepcions de l'alumnat quan la matèria es concreta en substàncies com aigua, bicarbonat de sodi i vinagre i quan aquestes substàncies interaccionen entre si mitjançant la dissolució i la reacció química.

Uns altres resultats sobre els aspectes que s'han de tenir en compte a l'hora de considerar quines són les concepcions dels estudiants sobre la matèria són els que es deriven del treball de Talanquer (2009). Aquest treball ha permès establir unes categories que descriuen les dimensions específiques al llarg de les quals es produeixen canvis en el desenvolupament de les concepcions de l'alumnat. Aquestes dimensions són: estructura, propietats, dinamisme i interaccions. Des de la dimensió Estructura estan caracteritzades les concepcions que van des d'una visió contínua de la matèria a través de la granularitat (bocinets o partícules incrustades d'algun tipus genèric) fins a corpuscularitat (partícules d'un tipus distintiu). La dimensió Propietats reflecteix les concepcions que van des de l'herència (les propietats macroscòpiques es transfereixen a les partícules) fins a l'emergència (les propietats sorgeixen de les interaccions de les partícules). Dintre d'aquesta dimensió, Talanquer també assenyala la categoria substancialisme on es creu que propietats com el gust i l'olor són entitats quasimaterials que es barregen en la substància. Es suggereix que el substancialisme evoluciona cap a

l'elementalisme (les propietats dels elements químics són heretades pels compostos) abans que s'aconsegueixi la categoria emergència. La dimensió Dinamisme comença caracteritzant els alumnes amb una visió estàtica de les partícules i finalitza amb una apreciació total que el moviment és intrínsec. En el camí hi ha les nocions que les partícules només es mouen quan se les obliga a fer-ho (categoria causal-dinàmica) seguit de moviment continu vinculat a funcions perceptives com la temperatura i la fluïdesa (categoria contingent-dinàmica). Per aquesta última categoria, com més alta sigui la temperatura o el material més fluid (líquid/gas), més probable és que es cregui que les partícules es mouen. Finalment, la dimensió Interaccions parteix de les visions en les quals les interaccions només tenen lloc quan les partícules estan en contacte (categoria contacte-interactives) com per a l'estat sòlid. A continuació, les interaccions es consideren com a contingent-interactives, concepció en la qual la intensitat de les forces entre partícules depèn de la temperatura (es debilita a mesura que augmenta la temperatura) i l'estat (es torna més feble fins al punt de desaparèixer del sòlid al líquid i al gas). La idea de les forces intrínseques que només depenen de la distància (categoria intrínseca-interactiva) és considerada especialment difícil.

Es podria pensar que la visió de Talanquer a l'hora d'interpretar la concepció de matèria dels estudiants només fa referència als aspectes de composició i estructura recollits en l'estudi de Liu i Lesniak (2005) però aquestes quatre dimensions de les concepcions de matèria dels estudiants permeten donar compte d'altres aspectes com ara la conservació, les propietats físiques i el canvi físic i les propietats químiques i el canvi químic. Per tant, la qüestió recau no tant en com són les concepcions de matèria dels alumnes sinó en com s'han de dissenyar les recerques sobre les concepcions de matèria dels estudiants per a què aquestes concepcions expliquin o justifiquin la conservació, les propietats físiques i el canvi ..., o bé, reflecteixin els aspectes rellevants de la concepció de matèria que puguin explicar la conservació...

En 2014 Hadenfeldt, Liu i Neumann (2014) van realitzar una revisió sistemàtica de les publicacions fins a la data sobre com els estudiants conceptualitzen la matèria. En aquest treball es van relacionar els aspectes proposats per Liu i Lesniak (2005) per l'estudi de les concepcions de matèria (conservació, propietats físiques i canvi, propietats químiques i canvi, i composició i estructura) amb els nivells de comprensió que tenen els estudiants sobre la matèria i que es van caracteritzar a partir de les dades estudiades. Així, es van establir 5 nivells de comprensió de la matèria: nivell 1 o naïf, nivell 2 o conceptes híbrids, nivell 3 o conceptes de partícula simple, nivell 4 o conceptes de partícula diferenciada i nivell 5 o conceptes de partícula sistemàtica o partícules com a col·lectiu. Els autors consideren que aquest últim nivell correspondria als últims cursos de l'ensenyament secundari o inici de la universitat. Com la mostra d'estudiants dels diferents estudis està formada per estudiants de diferents edats,

aquest estudi planteja les concepcions dels alumnes com una progressió en la comprensió de la matèria que va des de les concepcions més senzilles en les primeres edats a concepcions més sofisticades en les edats superiors. Aquests resultats queden recollits a la taula 2.1.5 amb la descripció de les idees relacionades amb cada nivell de concepció i a la figura 2.1.2.

Taula 2.1.5. Nivells de concepció de la matèria (Hadenfeldt, Liu i Neumann, 2014)

Nivell	Conceptes	Descripció
1	Naïf	Els estudiants descriuen la matèria com qualsevol cosa que ocupa espai i té massa. Consideren que la matèria és contínua, que pots ser dividida, però que no està feta de partícules. La matèria pot ser creada i destruïda.
2	Híbrids	Els estudiants descriuen la matèria com formada per partícules que estan incrustades en una substància. Consideren que entre les partícules hi ha la substància.
3	Partícula simple	Els estudiants descriuen la matèria com a formada per partícules que són l'última part divisible.
4	Partícula diferenciada	Els estudiants descriuen la matèria com formada per partícules (per exemple àtoms) que estan formades per altres partícules.
5	Partícules com a col·lectiu	Els estudiants descriuen la matèria i les seves propietats mitjançant interaccions en un sistema de partícules.

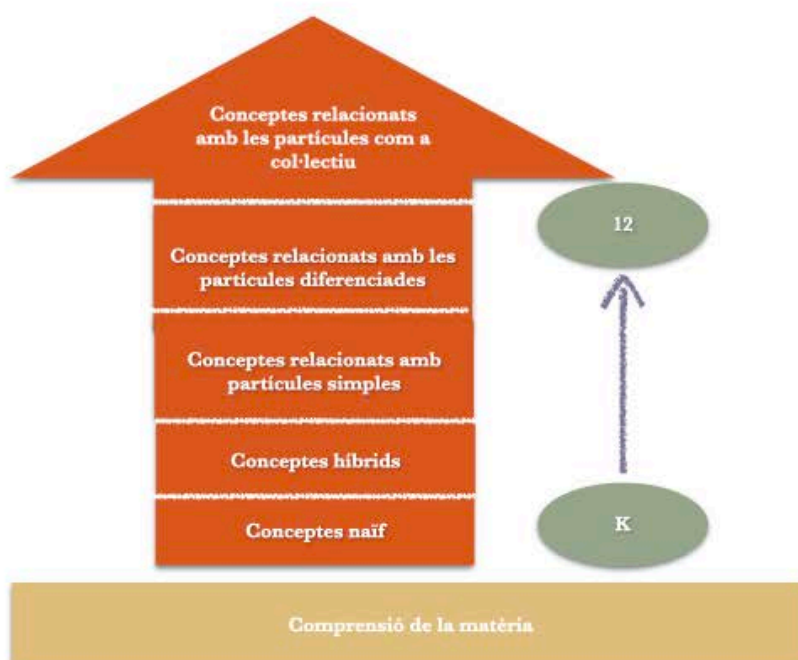


Figura 2.1.2. Progrés dels estudiants en la comprensió de la matèria (Hadenfeldt, Liu i Neumann, 2014)

A la literatura hi ha molts altres estudis que plantegen la progressió de la concepció de matèria dels estudiants però sota el paraigua del marc teòric de les PAs. Com en la nostra recerca aquest concepte és força rellevant es desenvoluparà un apartat específic en aquest marc teòric que finalitzarà abordant les progressions d'aprenentatge sobre la matèria.

2.2. Sobre les progressions d'aprenentatge

En els últims anys tal com s'ha apuntat en la introducció d'aquest marc teòric un dels interessos de la didàctica de la química és trobar camins que permetin als estudiants superar les concepcions alternatives que els impedeixen desenvolupar models mentals alineats amb els models escolars científics. Les PAs han esdevingut un nou marc teòric que pot ajudar a millorar aquest desenvolupament dels models mentals dels estudiants.

Les PAs van nèixer, es van configurar o es van concebre com una gran eina per la reforma dels currículums que busquen integrar l'anàlisi dels continguts disciplinaris amb els resultats de la investigació educativa (Duschl, Maeng i Sezen, 2011; Ducan i Rivet, 2013, Talanquer, 2013). No obstant això, les PAs incorporen l'enfocament de desenvolupament de l'aprenentatge (Ducan i Rivet, 2013) i, per tant, des d'aquest punt de vista creiem que és molt pertinent la utilització d'aquest marc pel desenvolupament de la nostra recerca. Ara bé, com marc teòric relativament nou, les PAs tenen moltes interpretacions i existeixen diferents enfocaments, tal com assenyalen Duschl, Maeng i Sezen (2011). En el nostre cas, centrarem la nostra mirada en la recerca que està interessada principalment en l'avançament de l'ensenyament i en el disseny d'entorns d'aprenentatge, i no tant en la reforma dels currículums.

En la primera part d'aquest apartat, donarem una visió general de què són les progressions d'aprenentatge i situarem la nostra recerca en el segon subapartat, on ens centrarem en les progressions d'aprenentatge sobre la matèria.

2.2.1 Què és una trajectòria d'aprenentatge i què pot aportar al nostre estudi?

Hi ha diferents definicions del concepte de progressió d'aprenentatge. Així, tenim la definició consensuada per Duschl, Maeng i Sezen (2011): "els investigadors veuen les progressions d'aprenentatge com a models de camins hipotètics o conjecturals d'aprenentatge durant períodes de temps que poden ser més o menys llargs i que han estat empíricament validats". La definició de Talanquer (2013) indica que "les progressions d'aprenentatge són models educatius sobre com s'espera que evolucionin les idees i formes de pensar dels estudiants sobre un concepte o tema determinat segons avancen els seus estudis. Aquests models poden referir-se a canvis en el coneixement declaratiu o procedimental dels estudiants".

Pel que fa a la durada d'aquests models, als que es refereixen tant Duschl, Maeng i Sezen, (2011) com Talanquer (2013), poden ser més o menys llargs en el temps. Ara bé, Duschl, Maeng i Sezen (2011) quan consideren períodes curts de temps parlen de trajectòria d'aprenentatge (learning trajectory), que no s'ha de confondre amb les trajectòries d'aprenentatge en l'àrea de la didàctica de les matemàtiques (que en aquest camp sí que serien els equivalents a la progressió d'aprenentatge de la didàctica de les ciències). Per tant, tal com proposa Duschl, Maeng i Sezen (2011), podríem parlar de trajectòria d'aprenentatge en ciències com a components més petits de les PAs i que, per tant, tenen un lapse de temps més petit i una mida de gra més gran. Quan parlem de la mida de gra ens referim al detall amb què es descriuen els models educatius sobre els quals s'actua, al detall de les idees o subidees que es volen fer evolucionar. A més a més, en les trajectòries d'aprenentatge es dissenyen les tasques d'ensenyament-aprenentatge d'acord amb les idees que es volen desenvolupar al llarg de la trajectòria d'aprenentatge.

Si considerem altres autors, com Prieto, Blanco i Brero (2002), una progressió d'aprenentatge de les ciències correspon a: "els successius estats pels quals passa un estudiant en l'evolució de les seves idees, com a diferents moments o etapes en el desenvolupament de determinades estructures cognitives, o com la superació de determinats obstacles o dificultats en l'aprenentatge." Aquests autors consideren que la comprensió de les idees pot ser estudiada caracteritzant els estats discrets intermedis que van aconseguir els estudiants, de la mateixa manera que ho fan els camins d'aprenentatge de Scott, les trajectòries conceptuals de Driver o les fites de Watson i Leach (en Prieto, Blanco i Brero, 2002). Aquests autors també indiquen que les diferents propostes tenen implicacions en la recerca i, així, de la mateixa manera que ho fan Duschl, Maeng i Sezen (2011), indiquen que les progressions d'aprenentatge, com també els camins d'aprenentatge de Scott (1992), permeten documentar com les idees dels estudiants interaccionen amb les activitats d'ensenyament-aprenentatge concretes, i també permeten documentar els resultats d'aquestes activitats (Prieto, Blanco i Brero, 2002).

D'aquesta manera, recolzant-nos en el marc de les progressions d'aprenentatge proposarem una trajectòria d'aprenentatge teòrica que acabaria teòricament en la consecució d'una concepció de matèria per part dels estudiants que es correspondrà amb l'ancoratge superior d'aquesta proposta. Per una altra banda, podem parlar de trajectòria d'aprenentatge (Duschl, Maeng i Sezen, 2011) perquè a més d'establir el nivell de progressió que han de recórrer els alumnes des de l'ancoratge inferior a l'ancoratge superior també aportem les activitats d'ensenyament-aprenentatge que els han de permetre l'assoliment d'aquest nivell i, a més a

més, també avaluem el nivell assolit per cadascun dels alumnes i com ha estat el seu recorregut.

2.2.2. Les progressions d'aprenentatge sobre la matèria

Tal com hem anunciat a l'inici d'aquest apartat, la nostra recerca haurà de tenir en compte les recerques prèvies sobre el domini que ens ocupa per poder encabir la nostra trajectòria d'aprenentatge teòrica dintre d'una progressió d'aprenentatge sobre la matèria.

Afortunadament, aquest és un dels dominis més fructífers per les PAs i s'han desenvolupat un gran nombre d'elles, moltes d'elles exemplars (Duschl, Maeng i Sezen, 2011).

Així, tindrem en compte en la nostra revisió sobre l'estat de la qüestió els treballs de Harlem i col. (2015); Johnson (1998, 2005 i 2013); Johnson i Papageorgiou (2010); Johnson i Tymms (2011); Liu (2001, 2007, 2013); Liu i Lesniak (2005 i 2006); Merrit i Krajcik (2013); Smith i col., (2006); Stevens, Delgado i Krajcik (2010); Stevens, Shin i Peek-Brown (2013); Wisser, Frazier i Fox (2013) i Wisser i Smith (2008).

La PA sobre la matèria proposada per Smith i col. (2006) indica quines són les 6 grans idees claus que els alumnes dels nivells elementals, que es correspondrien amb alumnes fins als catorze anys (2n d'ESO), han de construir. Les dues primeres idees (M1 i M2) corresponen a idees relacionades amb les propietats macroscòpiques de la matèria i les 4 últimes estan relacionades amb la teoria atomicomolecular de la matèria.

"M1- Propietats macroscòpiques: podem aprendre sobre els objectes i els materials que constitueixen el nostre món a través de la mesura, la classificació i la descripció de les seves propietats.

M2- Conservació macroscòpica: la matèria es pot transformar però no crear o destruir mitjançant processos físics i químics.

AM1- Teoria atomicomolecular: tota la matèria que podem trobar a la Terra està feta de menys de 100 tipus d'àtoms, que comunament estan enllaçats en forma de molècules i xarxes.

AM2- Explicació atomicomolecular dels materials: les propietats dels materials estan determinades per la naturalesa, disposició i moviment dels àtoms i les molècules dels quals estan fets.

AM3- Explicació atomicomolecular de les transformacions: els canvis en qüestió impliquen tant els canvis com les continuïtats subjacents en els àtoms i les molècules.

AM4- Distinció entre dades i explicacions atomicomoleculars: les propietats i canvis en els àtoms i les molècules s'han de distingir de les propietats macroscòpiques i dels fenòmens dels quals formen part."

En Stevens, Delgado i Krajcik (2010), i Stevens, Shin i Peek-Brown (2013) es fa una proposta de PA hipotètica per la naturalesa de la matèria que després es prova empíricament. El marc teòric d'aquesta progressió es basa en les idees necessàries per explicar els fenòmens: conservació, teoria atòmica, teoria cinètica, elements, estructura atòmica, materials, forces, equilibri i energia. Aquesta proposta va més enllà de la idea de matèria i engloba nivells superiors d'ensenyament. No obstant això, aquest article dona una sèrie d'estratègies potencials d'ensenyament per desenvolupar els models dels estudiants cap a models més sofisticats.

S'ha de considerar també la PA proposada per Johnson a través de diferents articles: Johnson 1998, 2005 i 2013, Johnson i Papageorgiu (2010), i Johnson i Tymms (2011), en els quals es fa una proposta per la introducció de la teoria cineticocorpuscular de la matèria a través de la idea de substància i no sobre la idea dels estats d'agregació de la matèria. Aquest enfocament es considera que pot ser molt adequat per la nostra recerca. Segons aquest autor, els estudiants d'11-14 anys presenten dificultats a l'hora de distingir els diferents estats d'una mateixa substància com a la mateixa substància i creuen que cada estat correspon a una substància diferent. L'estudi de Johnson (1998) és un estudi longitudinal que informa sobre les idees alternatives que tenen els estudiants i que poden formar part de la PA de la teoria cineticocorpuscular, algunes d'aquestes idees alternatives són conseqüència de la manera d'ensenyar que tenen els professors i del currículum. És amb la intenció de superar aquestes idees alternatives pel que es vol fer servir aquest enfocament en la nostra recerca.

Per últim, voldríem comentar la proposta realitzada pel grup d'experts coordinats per Harlen (Harlen i col. 2015). Proposen com la gran idea de ciència 1: "tota la matèria de l'Univers està feta de partícules molt petites". La seva progressió descriu les subidees que han de desenvolupar els estudiants des dels 5 fins als 17 anys en forma de narració de manera que aquestes subidees es van sofisticant i es van fent més abstractes per fer possible la comprensió dels objectes, els fenòmens i les relacions en el món natural.

Tot i que totes aquestes progressions fan referència a la matèria és necessari recordar que la nostra recerca no pretén abastar la gran idea matèria al llarg d'un gran període d'instrucció sinó només aquells aspectes de la matèria que es consideren ha d'incloure un model conceptual de matèria avançat per 4t de l'ESO (15-16 anys), i que es definirà en un altre apartat d'aquest marc teòric. Conseqüentment, molts dels aspectes proposats en les PAs han d'estar assolits pels alumnes de 4t de l'ESO o ultrapassen el seu nivell. Per tant, les idees que s'abordaran seran: la matèria està formada per partícules submicroscòpiques, el moviment intrínsec de les partícules, les idees sobre les forces/atraccions entre les partícules, l'espai entre les partícules, i la naturalesa de les mateixes partícules tal com proposa Johnson (1998). De fet, el nostre

enfocament es podria considerar una continuació de la proposta de Johnson per a un nivell més avançat d'ensenyament-aprenentatge.

A través d'aquest recorregut al llarg de les PAs, hem situat la nostra recerca com a una trajectòria d'aprenentatge teòrica que seria continuació de la proposta de Johnson (2013).

Per tot el que s'ha exposat anteriorment, considerem que la nostra recerca es pot recolzar en el marc teòric de les PAs com una trajectòria d'aprenentatge teòrica sobre la matèria pel nivell de 4t de l'ESO (15-16 anys). La nostra recerca estableix un ancoratge inferior que es correspon amb el nivell superior de la PA de Johnson (2013), i un ancoratge superior que es correspon amb un model CC avançat de matèria, i esperem que la instrucció dissenyada permeti l'assoliment d'un nivell de comprensió de la matèria que correspondria a una etapa intermèdia dintre de la PA de matèria. A més a més aquesta trajectòria d'aprenentatge s'analitzarà per veure si els alumnes han assolit l'ancoratge superior objectiu i per veure si es podem descriure les trajectòries individuals dels alumnes al llarg de l'ensenyament-aprenentatge.

2.3. Els models i la modelització

Al llarg de les últimes dècades s'ha desenvolupat una extensa literatura relacionada amb els models a l'ensenyament de les ciències i existeixen nombroses publicacions sobre aquest domini (Oh i Oh, 2011). No obstant això, no és objecte del nostre marc teòric fer un recorregut per aquest camp i ens centrarem bàsicament en aquelles idees sobre els models que ens ajuden a concretar el nostre treball.

Aquesta recerca està emmarcada dintre de l'activitat científica escolar (ACE), que al seu torn es fonamenta en el model cognitiu de ciència (Izquierdo i col. 1999). Aquesta ACE es concreta en la utilització de les pràctiques científiques adaptades a l'entorn escolar de manera que es promogui l'aprenentatge de les ciències a través de la participació dels alumnes en les pràctiques científiques escolars, que afavoreixen la construcció de models mentals alineats amb els models científics escolars (Izquierdo i Adúriz-Bravo, 2003). Aquest posicionament ens obliga a distingir entre models mentals dels estudiants i models científics escolars tal com han fet autors com a Norman (en Greca i Moreira, 2000). Aquest autor parla de models mentals com a construccions que fan els individus per explicar i fer prediccions sobre el sistema físic que vol representar, són incomplets, inestables i no científics (Greca i Moreira, 2000). No cal oblidar també les teories sobre models mentals de Johnson-Laird i de Gentner i Stevens sobre els models mentals tal com ens recorda Resnick (1989) i que caracteritzen les relacions entre el pensament i els seus símbols. Aprendre en relació amb alguna cosa és construir-se un model mental. Nersessian (1992) adapta les idees de Johnson-Laird a la física de manera que afirma que la comprensió dels fenòmens físics hauria d'implicar la construcció de models mentals que

els expliquin. En aquesta línia explicativa dels models mentals tenim també la posició de Vosniadou (2002) que defineix el model mental com una forma de representació mental que preserva l'estructura d'allò que representa i que pot tenir poder predictiu i explicatiu. Aquests diferents punts de vista ens van apropant a la visió que tenen altres autors sobre els models mentals com a representacions mentals a través de les quals els científics raonen (Justi, 2006). Tal com apunta Justi (2006):

“els models es generen a partir d'idees que són construccions internes de la ment de l'individu. L'elaboració d'un model mental és una activitat portada a terme pels individus en solitari o bé integrats en un grup. El resultat de tal activitat no és accessible de forma directa, però es pot expressar, [...] Així el que podem conèixer del model mental és el model expressat”.

D'aquesta manera podem parlar de models mentals com les construccions mentals dels estudiants que els permeten raonar en relació amb una qüestió concreta i que podem conèixer quan els expressen. També Taber (2003) diu que les concepcions observables són els seus models mentals.

Per una altra banda no poden confondre el model mental que construeixen els alumnes amb el model conceptual proposat per la ciència escolar o model científic escolar (Izquierdo i col. 1999) que correspon al nostre objectiu d'aprenentatge. En aquesta investigació farem servir el model escolar avançat de matèria, que es descriurà en l'apartat següent, i que correspon a la transposició didàctica del model conceptual de matèria segons la teoria cineticocorpuscular (TCC) pel nivell 4t de l'ESO (15-16 anys).

2.3.1. Què s'entén pel model CC avançat?

En el nostre estudi es considera que el model de matèria proposat per la ciència és el que es deriva dels enunciats de la TCC de la matèria. Tal i com afirma Giere (2004) les teories científiques són conjunts d'afirmacions que es poden entendre amb més facilitat si es transformen en models de teories científiques.

Per una altra banda, amb finalitat didàctica, aquests principis o enunciats de la TCC han de ser reconstruïts educativament i s'han de definir per la ciència escolar (Duit i col. 2012). En altres paraules el model científic ha de ser transposat didàcticament per donar lloc a un MCE (Izquierdo-Aymerich i Adúriz-Bravo, 2003).

S'han trobat tres conjunts d'enunciats diferents que han sigut utilitzats en diverses recerques: De Vos i Verdonk, 1998; Stern i Ahlgren, 2002 i Wisser i Smith, 2008 i que es recullen a la taula 2.3.1.

Taula 2.3.1. Resum dels enunciat de les diferents propostes de la TCC bàsica

De Vos i Verdonk, 1998	Stern i Ahlgren, 2002	Wiser i Smith, 2008
<p>Tota la matèria es compon d'entitats anomenades partícules. Les partícules individuals són massa petites per ser vistes. Es comporten com objectes durs, sòlids i (excepte en les reaccions químiques) immutables. Les seves dimensions absolutes i la seva forma són irrelevantes. En els dibuixos les partícules poden ser representades com a petits cercles o punts.</p> <p>El moviment és una característica permanent de totes les partícules, a causa dels xocs perfectament elàstics. Hi ha una relació directa entre la temperatura d'una determinada quantitat de matèria i l'energia cinètica mitjana de les seves partícules.</p> <p>En un gas l'espai buit entre les partícules és molt més gran que l'espai ocupat per les mateixes partícules. Les partícules de gas en un espai tancat es distribueixen de manera uniforme, la qual cosa implica que la gravetat té un efecte negligible sobre elles.</p> <p>Hi ha una atracció mútua entre dues partícules, però la seva magnitud decreix ràpidament amb la distància. En un gas l'atracció és negligible, excepte a altes pressions i baixes temperatures, quan pot causar que el gas es condensi en un líquid o un sòlid.</p> <p>En els líquids i els sòlids les partícules estan molt més juntes i subjectes a atracció mútua. En els sòlids les partícules estan disposades formant patrons regulars, en els quals cada partícula només és capaç de vibrar al voltant d'una posició fixa. En els líquids les partícules tenen disposicions irregulars i en mouen d'un lloc a un altre.</p>	<p>Tota la matèria està formada per partícules anomenades àtoms o molècules (en lloc de ser contínua o simplement partícules). Aquestes partícules són extremadament petites- tan petites que no es poden veure amb un microscopi òptic.</p> <p>Els àtoms i les molècules estan perpètuament en moviment.</p> <p>Un increment de la temperatura significa un augment en el moviment molecular, per tant els materials s'expandeixen quan s'escalfen.</p> <p>Hi ha diferències en la disposició i el moviment dels àtoms i les molècules en els sòlids, els líquids i els gasos: En els sòlids, les partícules, estan estretament empaquetades, estan [sovint] disposades regularment, vibren en totes les direccions, s'atreuen i "s'adhereixen" unes a altres. En els líquids, les partícules estan estretament empaquetades, no estan disposades regularment, poden lliscar unes sobre altres, s'atrauen i estan mal connectades unes amb altres. En els gasos, les partícules estan molt separades, estan disposades a l'atzar, es difonen a través de l'espai que ocupen, es mouen en totes direccions, són lliures entre si excepte durant les col·lisions.</p>	<p>Tota la matèria està feta d'àtoms que són tan petits que no es poden veure amb un microscopi òptic.</p> <p>Cada àtom ocupa espai, té massa i està en constant moviment.</p>

De Vos i Verdonk, 1998	Stern i Ahlgren, 2002	Wiser i Smith, 2008
<p>Un àtom consisteix en un nucli amb càrrega positiva envoltat per un nombre d'electrons de càrrega negativa. Les partícules carregades obeeixen la llei de Coulomb. La formació d'enllaços així com els corrents elèctrics es descriuen en termes de la mobilitat dels electrons.</p> <p>Cadascun dels aproximadament 100 elements químics té el seu propi tipus d'àtom.</p> <p>En una reacció química les partícules es comporten com si constessin d'una o més subentitats anomenades àtoms, que es conserven durant la reacció. Per tant, una reacció és un reordenament d'àtoms.</p>	<p>Els canvis d'estat- fusió, solidificació, evaporació, condensació- i potser la dissolució es poden explicar en termes de canvi en la disposició, la interacció i el moviment dels àtoms/molècules.</p>	<p>Cada tipus d'àtoms té diferents propietats que inclouen la seva massa i la manera de combinar-se amb altres àtoms i molècules.</p> <p>Els àtoms es poden combinar (en diferents proporcions) per formar molècules o xarxes -un procés que implica la formació d'enllaços químics entre àtoms. Els materials són mesclades de dues o més substàncies (sovint força més). Alguns materials són una substància simple.</p> <p>Tota la matèria que podem trobar a la Terra està feta de menys de 100 tipus d'àtoms.</p> <p>Algunes substàncies (elements) estan formades per només una classe d'àtoms. Altres substàncies (compostos) estan formades per grups d'àtoms enllaçats entre si.</p> <p>Els canvis en la matèria són canvis físics en els quals les molècules no canvien la disposició i/o moviment però romanen intactes, i canvis químics en els quals els àtoms es reordenen (desconnecten i reconnecten) en molècules noves, però els àtoms romanen intactes.</p>

Quan es comparen aquests enunciats trobem que totes tres propostes tenen en comú els enunciats relacionats amb la composició de la matèria (la matèria està formada per partícules), el moviment de les partícules (les partícules estan en moviment continu) i la mida d'aquestes partícules (les partícules són extremadament petites i no es poden veure) però difereixen en la descripció d'aquestes partícules, en la relació que tenen aquestes partícules entre si i en la justificació dels canvis que es produeixen en la matèria. Amb els seus enunciats, Stern i Ahlgren (2002) només justifiquen els canvis físics, De Vos i Verdonk (1996) justifiquen els canvis químics i Wiser i Smith (2008) justifiquen els canvis físics i els canvis químics. No existeix doncs a la literatura un conjunt d'enunciats consensuat d'aquesta teoria que doni com a resultat un model universal per explicar les transformacions de la matèria.

Tradicionalment els enunciats de la teoria cineticocorpuscular de la matèria s'han utilitzat per a la justificació dels canvis físics mentre que la teoria atomicomolecular de Dalton junt amb altres teories s'han utilitzat en l'àmbit de la química per explicar els canvis químics (Benarroch, 2000, Johnson, 1998, Stevens, Delgado i Krajcik 2010). No obstant això, autors com Taber (2002)

consideren que la distinció entre canvis físics i químics és difusa perquè es tracta de categories artificials imposades pels químics per poder explicar l'ampli rang de canvis que es produeixen en les substàncies i entre les substàncies. D'aquesta manera la nostra proposta considera que, ja que la matèria és única, es necessita complementar aquesta primera teoria cineticocorpuscular que es podria anomenar "bàsica" amb la teoria atòmica per poder parlar d'una teoria cineticocorpuscular "avançada" -en la qual es distingeixin els tipus de partícules en molècules, àtoms i ions- i així fer-la servir per poder justificar tant els canvis físics com els canvis químics. Aquest no és un enfocament nou, ja que altres autors comparteixen el nostre punt de vista com Talanquer (2020) que parla d'un model corpuscular químic per l'ensenyament d'aquesta teoria que va més enllà del model corpuscular físic tradicional utilitzat per explicar els canvis d'estat. Aquesta visió també és recolzada per autors com Johnson i Papageorgiuu, 2010 i Johnson i Timms, 2011. N'hi ha d'altres que justifiquen una proposta similar sobre una base històrica, és a dir, sobre com la ciència va construir aquesta teoria al llarg de la història (Harrison i Treagust 2002).

El nostre model de matèria CC avançat

A conseqüència de l'anàlisi de les propostes descrites anteriorment pensem que, pel propòsit de la nostra recerca, es necessita fer una redefinició dels enuncisats pel model escolar avançat de matèria. Aquests enuncisats han de recollir com són les partícules que constitueixen els diferents tipus de substàncies que formen la matèria, i quines són les relacions entre aquestes partícules. Aquest model escolar de matèria avançat que proposem per l'ensenyament-aprenentatge pensem que permetrà als alumnes interpretar el comportament dels diferents tipus de matèria (substàncies) davant dels canvis als quals poden estar sotmeses. Així, un alumne podrà interpretar si l'aparició d'unes bombolles es deu a un canvi físic (transformació d'una substància de líquid a gas en el qual les partícules es mantenen i només canvien les unions entre elles) o a un canvi químic (aparició/desaparició de substàncies en el qual algunes partícules ja no són les mateixes).

En la taula 2.3.2 es recullen els enuncisats de la nostra proposta i es destaquen en negreta els dos enuncisats 10 i 12 que caracteritzen aquest model CC avançat.

Taula 2.3.2. Enunciats de la TCC per a l'estudi

1	Tota la matèria està feta d'àtoms que són tan petits que no es poden veure amb un microscopi.
2	Els àtoms es comporten com a objectes durs, sòlids i immutables. Les seves dimensions i la seva forma són irrelevantes. En els dibuixos, es poden representar com a petits cercles o punts.
3	Hi ha espai buit entre els àtoms.
4	Els àtoms ocupen espai, tenen massa i estan en constant moviment.
5	Tota la matèria que podem trobar a la Terra està feta de menys de 100 classes d'àtoms.
6	Cada classe d'àtoms té diferents propietats que inclouen la seva massa i la manera de combinar-se amb altres àtoms.
7	Els àtoms es poden combinar (en diferents proporcions) per formar molècules o xarxes -un procés que implica unió entre àtoms.
8	Algunes substàncies (substàncies simples) estan formades per només un tipus d'àtoms. Altres substàncies (compostos) estan formades per grups d'àtoms enllaçats entre si.
10	Segons els tipus de substàncies, podem identificar les partícules amb àtoms (estructures gegants d'àtoms) o molècules (agrupacions d'àtoms). En les estructures gegants, les forces que uneixen els àtoms entre si són fortes. En les molècules, les forces que uneixen els àtoms entre si són fortes, però les forces que uneixen les molècules entre si són febles. Els punts de fusió i ebullició de les substàncies formades per molècules són baixos i els punts de fusió i ebullició de les estructures gegants són alts.
11	Hi ha una relació directa entre la temperatura d'una substància i l'energia cinètica mitjana de les seves partícules.
12	Els canvis en la matèria inclou canvis físics, en els quals les molècules (en les substàncies moleculars) o els àtoms i ions (en les substàncies metàl·liques i iòniques) canvien la seva organització o moviment, però romanen intactes i canvis químics, en els quals els àtoms es recombinen (es desconnecten i es reconnecten) en noves molècules, però els àtoms romanen intactes.

A partir de la literatura de l'àmbit i a través d'un procés de reconstrucció educativa, hem fet el disseny d'una SEA considerant les idees clau de la química actual (Chang 2002) i les necessitats educatives relacionades amb el tema identificades a través de la pràctica docent (Moltó i Pintó, 2013) i a partir de la literatura de l'àmbit. Així es considera que els dos enunciats 10 i 12, destacats en negreta, incideixen en els aspectes més crítics per a comprendre a un nivell avançat com es comporta la matèria. No només hi ha àtoms o partícules en general, també hi ha molècules enteses com agrupacions d'àtoms no metàl·lics i també hi ha ions com àtoms amb càrrega. A més a més es distingeix la força de les diferents unions entre àtoms, entre ions i entre molècules.

No obstant això, hi ha autors com Taber (2003) que consideren que les partícules que formen la matèria són els *cors atòmics* (definites com el conjunt dels protons i neutrons del nucli més els electrons de les capes internes), els ions i les molècules i no els àtoms. Taber considera que aquesta concepció de la matèria com a formada per àtoms, i que ell anomena la preponderància de “l'àtom ontològic” com a partícula, és un obstacle per l'aprenentatge dels estudiants. Tot i que compartim aquest marc defensat per Taber (2003) considerem que la nostra proposta de model CC avançat és adequada pels alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys). Abordar un model de matèria des de la perspectiva proposada per Taber (2003) en aquest nivell d'ensenyament suposaria abordar un gran nombre de conceptes fonamentals per la química en un nivell d'instrucció que el currículum no contempla. Tal com indica l'autor aquest model es correspondria amb el model escolar objectiu pels últims cursos de l'ensenyament secundari, és a dir, pel batxillerat (16-17 anys).

2.3.2. El procés de modelització

Una vegada determinat quin és el model escolar objectiu per la nostra recerca passem a descriure el marc teòric que recolza la construcció del model per part dels alumnes, parlem del procés de modelització.

La modelització és un procés clau en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències (Justi, 2006, Justi i Cardoso, 2013 i 2014, Nersessian, 2002, Rea-Ramírez i Clement, 2008 i Schwarz i col., 2009). Ens referim a la modelització com el procés de construcció i refinament de models mentals (per altres autors models conceptuals) dels estudiants per l'explicació de fenòmens naturals (Couso i Garrido-Espeja, 2017). Així en aquesta recerca la construcció de models o modelització suposa l'expressió, ús, avaluació i revisió dels models mentals dels estudiants de manera que aquests analitzen el seu model mental construït i el posen a prova a partir de les dades. La modelització permet que els estudiants construeixen un model mental alineat amb el MCE apropiat que els servirà per explicar diferents fenòmens de la seva vida quotidiana. A través de la modelització els estudiants van utilitzant, expressant, avaluant i sofisticant els seus models mentals per tal que expliquin i prediguin cada vegada més fenòmens i de manera més completa i per tant aquests models mentals s'aniran apropant més al MCE.

Alguns autors han proposat un cicle de modelització per la construcció d'aquests models (Couso i Garrido-Espeja, 2017) i l'han relacionat amb el “cicle d'aprenentatge” (Karplus, 1977). A la figura 2.3.3 es representa aquest cicle. Tal com destaquen les autores aquest cicle es diferencia d'altres propostes de la literatura en que presenta 6 fases que s'han relacionat amb un objectiu didàctic (el que es vol aconseguir en els alumnes, en aquest cas que s'involucren en les pràctiques de modelització) i que és independent de la seqüència instruccional, és a dir,

que no depèn de la instrucció que s'ha de realitzar per aconseguir l'objectiu didàctic. Aquestes fases no necessàriament s'han de donar en la construcció de cadascuna de les idees clau del model i que corresponen a subcicles dintre del cicle gran.

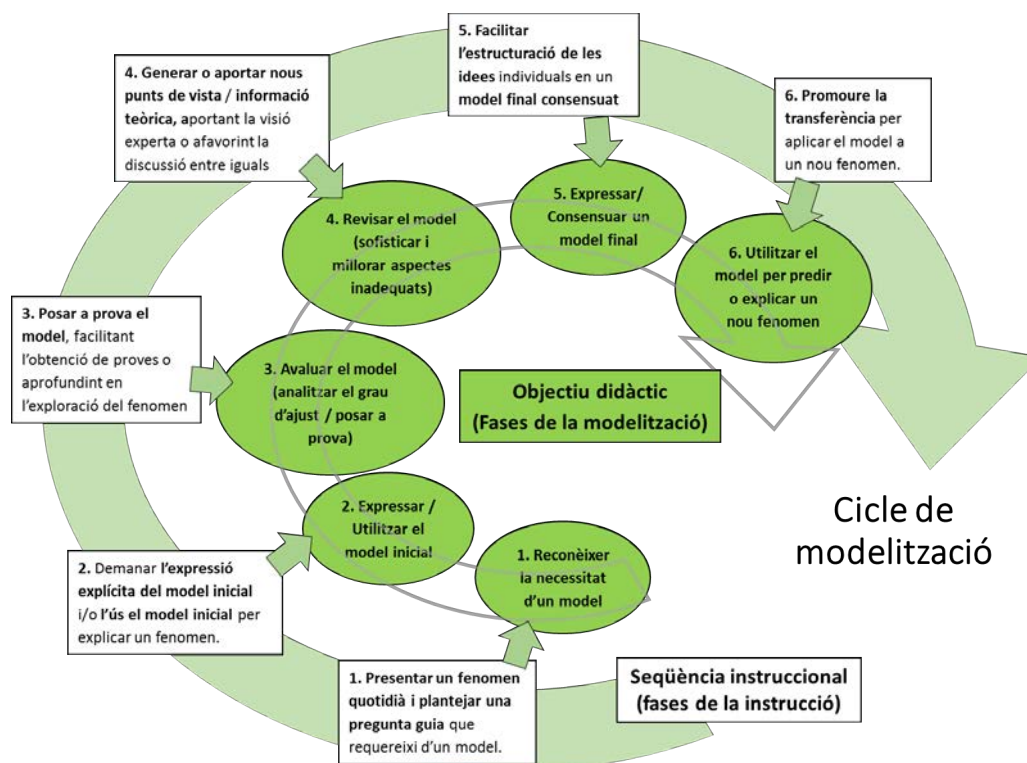


Figura 2.3.3. Esquema del cicle de modelització (Couso i Garrido-Espeja, 2017)

2.4. Les representacions en la química

La química és una disciplina que presenta una dificultat important pels estudiants degut al gran nivell d'abstracció que suposa el fet d'argumentar fent servir entitats no observables que pertanyen al món submicroscòpic com ara les partícules: àtoms, molècules i ions. Des de la disciplina s'han analitzat aquestes dificultats i s'ha visibilitzat un problema particular per a la comprensió dels fenòmens. Ens referim als tres nivells de representació de la química que són necessaris per a la comprensió dels fenòmens. És el que anomenem el triplet de la química (Johnstone, 1991). El coneixement científic del nostre món és generat, expressat, ensenyat i comunicat en tres "nivells" diferents tradicionalment anomenats nivells macroscòpic, submicroscòpic i simbòlic i aquesta relació s'ha anomenat triplet (Figura 2.4.1). Al llarg dels últims trenta anys aquest concepte i les seves relacions han evolucionat des de la idea original fins a l'actualitat. En Talanquer (2011) es pot veure un recull d'aquesta evolució.

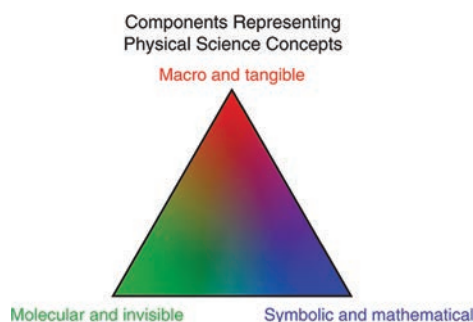


Figura 2.4.1. Els tres aspectes de representació de les ciències físiques (Johnstone, 2010)

Podem dir que l'alumnat, per interpretar un fenomen (nivell macro), farà servir el seu model mental (nivell submicro) i l'haurà d'expressar a través de les visualitzacions (nivell simbòlic). Aquestes visualitzacions s'expressaran a través de símbols químics i fórmules, dibuixos de partícules, equacions matemàtiques, gràfics... (De Jong i Taber, 2014).

Així, pensem que la promoció d'expressions del model mental a través del llenguatge verbal i gràfic permetrà conèixer en més profunditat aquestes concepcions de l'alumnat (Cooper, Steieff i DeSutter, 2017). Tal com indiquen Cooper, Corley i Underwood (2013), és necessari dissenyar activitats de dibuix que permetin el raonament dels alumnes basats en models. A més a més, aquests autors informen que l'ús del llenguatge científic dificulta l'expressió (Cooper, Corley i Underwood, 2013) i donen compte de les dificultats d'alguns estudiants en relació amb el significat de termes com enllaços, forces intermoleculares, forces intramoleculares..., la qual cosa ens obliga a promocionar en els estudiants la utilització fluida de llenguatge simbòlic en totes les seves formes.

Autors com Harrison i Treagust (2000), i Schwarz i col. (2009) parlen de la pràctica científica relacionada amb l'ús de representació o *sketching* -com a la realització d'un croquis o dibuix-. Aquesta pràctica està estretament vinculada amb el raonament científic basat en models, és a dir, que l'elaboració d'un dibuix fa que els models científics siguin explícits de manera que permeten als científics caracteritzar un fenomen amb més precisió i comunicar a altres científics la comprensió d'aquest fenomen amb més eficàcia. A la vista d'aquest raonament es pot pensar que promoure l'ensenyament de models a través de la utilització de representacions i demanar als estudiants que facin servir aquestes representacions per expressar el seu model mental podria ser una pràctica que aportaria més informació que només la utilització d'explicacions verbals. Tenim per exemple la recerca portada a terme per Cooper, Stieff i DeSutter (2017). En aquesta recerca es promou la utilització d'un dibuix per ajudar al desenvolupament del model de canvi de fase. El dibuix de l'estructura de l'aigua a escala

molecular, en el qual es mostra la relació entre les molècules i com són aquestes relacions ajuden al desenvolupament de models mentals més precisos. Aquests autors han trobat evidències que mostren que els dibuixos dels estudiants proporcionaven millor informació sobre la seva comprensió del canvi de fase de l'aigua en comparació amb altres estudiants que havien treballat els mateixos continguts d'una manera més verbal. Això era possible, ja que els seus dibuixos eren capaços de transmetre informació espacial sobre on funcionen les forces intermoleculares (és a dir, les forces entre les molècules). Un altre exemple de l'ús de dibuixos per conèixer les concepcions dels alumnes sobre la matèria és l'estudi realitzat per Pereira i Pestana (1991), en el qual a través de les representacions de l'aigua en els tres estats de la matèria els permet interpretar detalls com ara el moviment de les partícules o la intensitat dels enllaços interatòmics.

Ainsworth, Prain i Tytler (2011) parlen dels avantatges de fer servir les representacions per comunicar pensaments d'una manera més clara entre iguals. També Cheng i Gilbert (2014 i 2017) informen que les recerques basades en l'ús de llenguatges tradicionals només són capaces de captar determinats aspectes de la comprensió dels alumnes, i suggereixen que l'ús de les representacions dels estudiants per expressar les seves idees pot aportar noves interpretacions de les idees dels estudiants. Així, es poden trobar recerques basades en l'ús de les representacions per l'expressió d'un model determinat per avaluar la comprensió d'un concepte rellevant en química (Cheng, 2018).

Per tant, les representacions permeten tant als experts com als novells comunicar les idees relacionades amb entitats no observables comuns en la química com ara partícules, interaccions i altres (Cooper, Stieff i DeSutter, 2017 i Ordenes i col., 2014).

Podem afirmar doncs, d'acord amb el que s'ha exposat anteriorment, que l'ús de representacions ens pot permetre conèixer d'una manera més profunda i acurada quines poden ser les concepcions de la matèria que tenen els estudiants.

D'una altra banda, aquestes representacions no poden ser totalment espontànies, ja que aquesta espontaneïtat introduiria un gran nivell de diversitat de les representacions. Per aquesta raó, des del món de la química s'han consensuat tot un seguit de regles que permeten descriure els models científics. Així els elements representacionals per l'estructura multimolecular i l'estructura gegant (multiatòmica o multiònica) serien els diagrames i models multimoleculares, multiònics o multiatòmics i pels sistemes físics i químics com un sistema reaccionant (físic o químic) a nivell multimolecular o multiatòmic serien els diagrames multimolecular-multiatòmics del sistema reaccionant (Caamaño, 2015 i 2020). Aquestes representacions caldrà doncs ensenyar-les quan s'introdueixin les idees clau del model.

A continuació mostrem alguns exemples d'aquests tipus de diagrames.

A les figures 2.4.2, 2.4.3 i 2.4.4 s'han utilitzats diagrames multiatòmics, multiiònics i multimoleculars per representar els diferents tipus de substàncies: metàl·liques, moleculars i iòniques en estat sòlid.

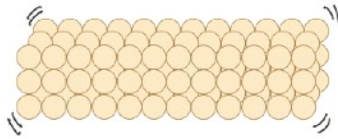


Figura 2.4.2

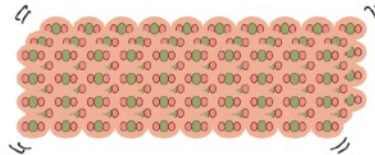


Figura 2.4.3

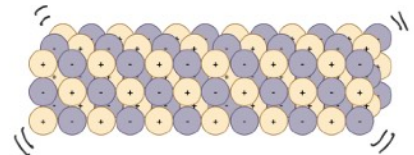


Figura 2.4.4

A les figures 2.4.5, 2.4.6 i 2.4.7 s'han utilitzats diagrames multiatòmics, multiiònics i multimoleculars per representar els diferents tipus de substàncies: metàl·liques, moleculars i iòniques en estat líquid.

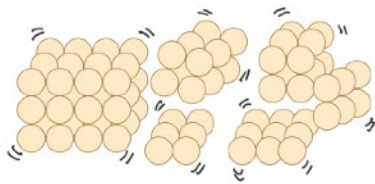


Figura 2.4.5

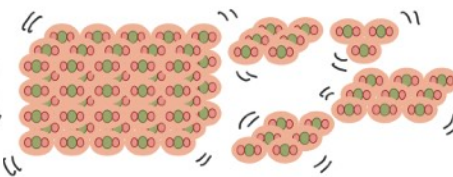


Figura 2.4.6

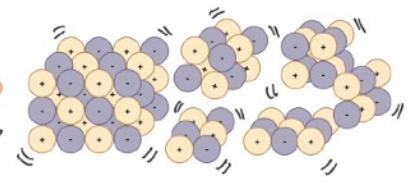


Figura 2.4.7

A les figures 2.4.8, 2.4.9 i 2.4.10 s'han utilitzats diagrames multiatòmic, multiiònic i multimoleculars per representar els diferents tipus de substàncies: metàl·liques, moleculars i iòniques en estat gasós. Per representar un canvi d'estat de cadascuna de les substàncies per exemple una substància metàl·lica es podrien utilitzar les figures 2.4.2, 2.4.5 i 2.4.8.

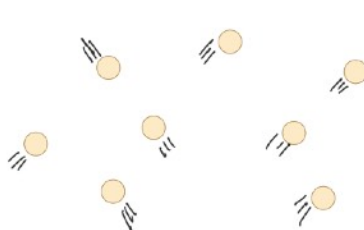


Figura 2.4.8

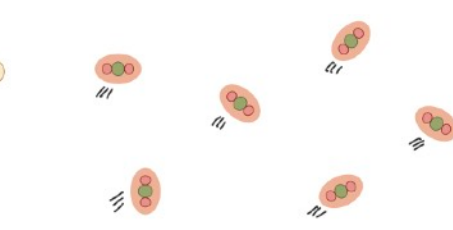


Figura 2.4.9

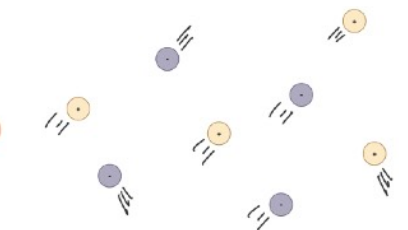


Figura 2.4.10

A la figura 2.4.11 s'han utilitzats diagrames multiatòmics i multimolecular per representar el canvi químic d'una substància molecular. En l'exemple la substància inicial està en estat sòlid i les substàncies finals correspondrien a la representació d'una substància metàl·lica en estat líquid i una substància molecular en estat gasós.

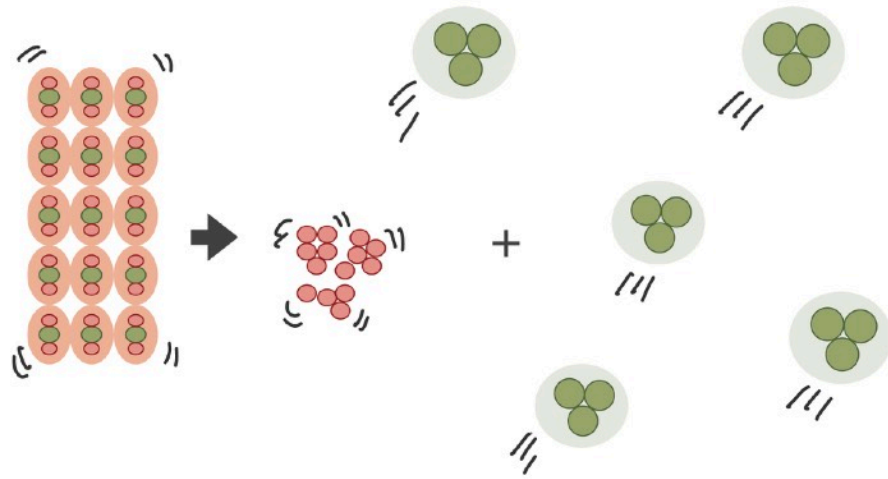


Figura 2.4.11. Representació d'un canvi químic amb diagrames multiatòmics i multimoleculars

CAPÍTOL III. DISSENY DE LA RECERCA

Per poder respondre la pregunta de recerca anteriorment formulada i aconseguir les fites que s'han plantejat amb la finalitat de caracteritzar les concepcions que tenen els alumnes i com aquestes evolucionen a partir de la instrucció mitjançant una seqüència d'ensenyament-aprenentatge (SEA), és adequat fer servir una metodologia encabida en el paradigma interpretatiu. Pensem que la metodologia més adient dintre d'aquest paradigma seria la recerca basada en el disseny (RBDC, 2003), ja que aquesta permet estudiar l'aprenentatge en un context determinat i validar els resultats obtinguts a partir de l'evolució dels estudiants fent una contribució a la teoria. A més a més tal com diu Duit (2012) per unificar la recerca i la pràctica amb l'objectiu de la millora de la pràctica com seria el nostre cas cal recórrer a la recerca basada en el disseny. Per aquesta raó es va dissenyar una SEA amb dues versions: versió 1 (SEAvs1) i versió 2 (SEAvs2). La primera versió es va implementar una vegada i la segona dues.

Amb aquest enfocament creiem que els resultats de la nostra recerca aportaran millores en el desenvolupament del currículum i dels materials dissenyats de manera que es garanteixi el seu bon funcionament a partir dels resultats de recerca i no només de sensacions basades en la intuïció (Hernández, 2012).

3.1. Context

Aquest estudi es desenvolupa en el marc de l'assignatura de física i química de 4t de l'Ensenyament Secundari Obligatori (15-16 anys) que segueix el currículum oficial que Catalunya ha desplegat amb el decret 187/2015.

En concret a la pàgina 3 d'aquest document es desenvolupa la "Competència 1: Identificar i caracteritzar els sistemes físics i químics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals. Assolir aquesta competència suposa ser capaç de relacionar alguns fenòmens que es consideren rellevants amb els models teòrics de la física i de la química. S'entén com a model teòric la interpretació i representació d'un fenomen que fan els científics experts en el marc d'una teoria científica".

"Aquesta competència comporta:

- Identificar els grups de fenòmens que es poden explicar amb les principals idees que corresponen a la física i la química.
- Apropiar-se dels models teòrics de la física i de la química per assolir els conceptes i les relacions entre conceptes que els són propis.
- Utilitzar els models de la física i de la química per elaborar explicacions científiques. Tenir criteri per seleccionar dades, hipòtesis i proves experimentals que reforcin o refutin una explicació científica segons un determinat model teòric".

Com els alumnes de 4t d'ESO estan en l'últim curs de l'ensenyament secundari obligatori han d'arribar al nivell 3 d'assoliment de la competència. L'assumpció d'aquest nivell comporta tal com indica el currículum a la pàgina 3: "Predir els canvis que tindran lloc quan es modifiquen les condicions que afecten el fenomen caracteritzat, i comunicar la solució mitjançant la terminologia i el llenguatge simbòlic propis de la ciència".

Els continguts clau d'aquest currículum (decret 187/2015) que s'han de concretar són els corresponents amb:

- model cineticomolecular (CC1),
- model atomicomolecular, enllaç químic, forces intermoleculars i model estructura de les substàncies (CC8) i
- teories i fets experimentals (CC16).

Per aquesta raó s'ha desenvolupat una SEA anomenada "La matèria per dintre" que compleix tots els requisits del currículum exposats amb anterioritat i que es descriurà en l'apartat 3.3. La versió 2 de la SEA s'adjunta en l'annex 1.

L'institut de secundària obligatòria on es va desenvolupar aquest estudi està situat a l'àrea metropolitana de Barcelona. L'alumnat d'aquest centre està format majoritàriament per nois i noies que pertanyen a la segona i tercera generació de famílies migrades d'altres comunitats autònomes del país, així com a famílies migrades procedents de països d'Amèrica del Sud i d'Àfrica. Per aquests darrers grups de famílies, l'educació és considerada un mitjà d'ascensió social. El nivell socioeconòmic d'aquestes famílies correspondria a un nivell mitjà-baix i la majoria de famílies desenvolupen principalment tasques en l'àmbit del sector serveis o treballen en activitats d'economia submergida de l'àrea. Durant el període que comprèn aquesta recerca l'administració es va plantejar qualificar el centre com un centre de màxima complexitat (centres amb estudiants les famílies dels quals tenen dificultats econòmiques i socials molt elevades), però finalment es va descartar (Resolució del 12/5/2017).

En el període d'aquesta investigació l'autora va treballar com a professora de l'alumnat de la mostra de tal manera que durant la recerca va desenvolupar el doble paper de professora i investigadora. Al llarg de la primera implementació de la SEA i amb l'objectiu de no influir en la recollida de dades, la professora va exercir un rol d'investigadora sense fer cap intervenció durant la recollida de dades. Aquest paper es va desenvolupar d'una manera extrema fins al punt que no s'aclarien els dubtes que plantejaven els alumnes durant la recollida de dades amb els consegüents problemes ètics que li representava. En la segona i tercera implementació, el rol de professora va pesar més i al llarg de la recollida de dades es van comentar i resoldre els

dubtes que se'ls plantejaven als alumnes al llarg de la recollida de dades. Podria interpretar-se així que s'estaven fent intervencions en la recollida de dades, però per part nostra es considera que això forma part de la instrucció, i que en el doble rol de professora-investigadora la tasca de professora ha de prevaldre per sobre de la d'investigadora.

Una sessió estàndard d'implementació de la SEAvs1 es desenvolupava de la següent manera: els alumnes responien les diferents activitats de "paper i llapis", que estaven disponibles en el moment de la realització i no abans, individualment sense cap intervenció de la professora. Tot seguit lliuraven les seves respostes de manera electrònica. A continuació es feia la posada en comú per consensuar una idea final a partir de les respostes orals dels alumnes i la intervenció de la professora. En funció de la sessió, aquestes posades en comú podien ser una o més. Aquesta idea consensuada i que estava alineada amb el model científic escolar quedava recollida en el dossier de l'alumne i a la seva disposició per les següents sessions.

Una sessió estàndard d'implementació de la SEAvs2 es desenvolupava de la següent manera: els alumnes responien les diferents activitats de "paper i llapis", que estaven disponibles en el moment de la realització i no abans, de manera individual. Durant la resolució els alumnes sol·licitaven aclariments que es van resoldre individualment o col·lectivament segons el criteri de la professora i en funció de la demanda dels estudiants. Així per exemple, si diferents alumnes demanaven el mateix aclariment o plantejaven el mateix dubte es donava una resposta en gran grup que moltes vegades produïa un intercanvi entre els diferents alumnes i la professora establint-se un diàleg de manera que les idees del model es confrontaven. La professora va prendre nota d'aquestes intervencions en un diari de camp tot i que aquest finalment no es va fer servir com una font de dades. Quan corresponia els alumnes lliuraven les seves respostes de manera electrònica. A continuació es feia una posada en comú per consensuar una idea final a partir de les respostes orals dels alumnes i la intervenció de la professora. En funció de la sessió aquestes posades en comú podien ser una o més. Aquesta idea consensuada i que era concordant amb el model científic escolar quedava recollida en el dossier de l'alumne i a la seva disposició per les següents sessions.

Els participants de l'estudi van ser els alumnes que cursaven l'assignatura de física i química de 4t d'ESO com a matèria optativa. Estudiants de tres cursos consecutius (2016-2017, 2017-2018 i 2018-2019) van participar en la implementació de la SEA mencionada anteriorment amb les versions resultants de les millores realitzades. Es podria aduir que les dades que en recollirem amb dues versions diferents no són vàlides, però cal tenir present que la variació entre versions rau en l'ordre de presentació dels conceptes, però són exactament els mateixos i volem analitzar com els conceptualitzen.

3.2. Esquema general de la recerca

L'esquema general de la recerca que s'ha utilitzat queda resumit a la taula 3.2.1:

Taula 3.2.1. Esquema de la recerca

Acció
Disseny dels instruments de recollida de dades vs1.
Recollida de dades vs1 (primera implementació).
Anàlisi de dades 1a implementació i construcció de l'instrument d'anàlisi de dades.
Modificació dels instruments de la recollida de dades vs2.
Recollida de dades vs2 (segona implementació).
Anàlisi de dades 2a implementació.
Recollida de dades vs2 (tercera implementació).
Anàlisi de dades 3a implementació.
Resultats i conclusions.

3.3. Com s'han dissenyat els instruments de recollida de dades?

Com a instruments de recollida de dades s'han utilitzat algunes de les activitats de la SEA. S'han seleccionat especialment aquelles activitats clau perquè els alumnes construeixin el model CC avançat de matèria. Aquesta SEA s'ha refinat al llarg d'aquesta recerca i per aquesta raó parlem de la versió 1 (SEAvs1) i de la versió 2 (SEAvs2). Pel disseny d'aquesta SEA s'han tingut en compte els següents principis de disseny que pensem són necessaris per a què els estudiants construeixin les idees de manera adequada.

Modelització. La SEA promou la pràctica científica de la modelització, incorporant activitats d'aula en les quals els alumnes expressen les seves idees inicials al voltant d'un fet o fenomen, les avaluen i revisen constantment, a partir de l'anàlisi i interpretació de dades. A conseqüència del debat o contrast entre les diferents idees dels companys, les diferents idees se'n van consensuant i estructurant fins a arribar a un model final consensuat que hauran d'aplicar a altres situacions o fenòmens i que es consideren adequats pel nivell (Duschl i col. 2011, Garrido-Espeja i Couso, 2017 i Stevens, Delgado i Krajcik, 2010).

Contextualització. No s'ha fet una contextualització explícita per aquesta SEA per utilitzar durant tota la seqüència, ja que la contextualització limitava els fenòmens objecte d'estudi. Tot i això s'han escollit fenòmens que per la seva quotidianitat eren fàcilment reconeixibles pels

estudiants (Ayas, Özmen i Çalik, 2010). És a dir, no s'ha considerat el terme contextualització en el sentit que el fa servir King (2012), com l'ús d'una situació del món real que es fa servir com a estructura central per l'ensenyament.

Continguts essencials. Al llarg de la SEA només s'han introduït els conceptes necessaris i suficients per desenvolupar el model científic de matèria adequat per aquell nivell d'aprenentatge. Tanmateix s'han obviat conceptes com massa relativa, isòtops, naturalesa de les unions...

Llenguatge verbal. S'ha utilitzat un llenguatge planer però rigorós i concret (Johnstone, 1999).

Sostenibilitat. Les tasques i experiències proposades són assequibles tant en temps com en costos per facilitar la seva adaptació/adopció en altres entorns.

Llenguatge simbòlic o sketching. La majoria de les tasques centren la demanda en representacions simbòliques, gràfiques o visuals del món submicroscòpic, ja que creiem, com hem assenyalat anteriorment, que les representacions ajuden als estudiants a concretar aquest món abstracte (Adadan, Irving i Trundle, 2009, Harrison i Treagust, 2000 i Schwarz i col., 2009).

Per una altra banda en el disseny d'aquesta SEA s'ha tingut en compte el cicle d'aprenentatge proposat per Karplus (Karplus, 1977), és a dir, al llarg del seu disseny s'han plantejat activitats d'exploració, activitats d'introducció, activitats de generalització i activitats d'aplicació.

La primera versió de la SEA presenta l'esquema general recollit a la taula 3.3.1 i que es descriu a continuació. Està estructurada en les 7 idees que volem que constitueixin el model CC avançat. Estan extretes de les 12 idees clau de la TCC i reformulades per alumnes de 15-16 anys. Algunes de les idees clau del model TCC s'han elaborat com a una idea clau amb subidees en el model CC avançat.

- Una primera activitat que té com a objectiu saber d'on partien els estudiants.
- Després es van proposar un conjunt d'activitats que permetés introduir la primera idea clau amb les subidees associades. Un altre conjunt d'activitats que permetés introduir la segona idea clau, i així successivament, fins a la introducció de sis de les idees clau que es van considerar que formaven el model conceptual que volíem que els alumnes construïssin, i que es recullen també a la taula 3.3.1. Algunes de les activitats d'introducció de les idees clau es van utilitzar com a instruments de recollida de dades per saber si els alumnes havien incorporat cadascuna de les idees clau al seu model mental.
- Tot seguit es va plantejar una activitat de generalització i a continuació dues activitats per l'aplicació del model conceptual al canvi físic i al canvi químic d'una substància i que estaven relacionades amb la idea 7. Les respostes d'aquestes dues últimes activitats es

van recollir com a dades per conèixer les concepcions dels alumnes durant l'aplicació del model.

- Finalment es va plantejar una activitat per recollir l'expressió del model mental que tenien els alumnes pels tres tipus de substàncies que componen la matèria (substàncies moleculars, iòniques i metàl·liques).

Taula 3.3.1. Estructura de la SEAvs 1: idees clau, subidees i activitats

Idees clau	“Subidees”	Activitat
<p>1. La matèria està formada per partícules i entre les partícules hi ha buit.</p>	<p>La matèria és tot allò que té massa. Cada tipus de matèria en particular s'anomena substància tot i que la matèria majoritàriament està formada per mescles de substàncies.</p>	<p>1. De què està feta la matèria? 2. Què hi ha entre les partícules</p>
	<p>La matèria està formada per partícules submicroscòpiques que no es poden veure i entre les partícules submicroscòpiques no hi ha res.</p>	<p>3. Per què els gasos es comprimeixen fàcilment?</p>
<p>2. El moviment i la unió entre partícules ens expliquen el comportament de la matèria.</p>	<p>Les partícules submicroscòpiques estan en moviment continu.</p>	<p>4. Les partícules submicroscòpiques estan en moviment o en repòs?</p>
	<p>Les partícules submicroscòpiques estan unides entre si.</p>	<p>5. Les partícules submicroscòpiques estan unides o soltes?</p>
<p>La ciència treballa a partir de les evidències elaborant teories per explicar els fenòmens de la vida quotidiana.</p>		<p>6. Que hi ha a dintre de les capsos?</p>
<p>3. L'estructura bàsica de la matèria està formada per àtoms que és un tipus de partícula submicroscòpica.</p>	<p>Tota la matèria està formada per un tipus de partícula submicroscòpica anomenada àtom.</p>	<p>7. Tots els àtoms són iguals?</p>
	<p>Hi ha diferents àtoms que es poden classificar en metàl·lics i no metàl·lics segons sigui la tendència a perdre o a guanyar electrons respectivament.</p>	<p>8. Quins àtoms componen aquestes substàncies?</p>
<p>4. Els àtoms poden guanyar o perdre electrons per convertir-se en ions que són un altre tipus de partícula submicroscòpica.</p>	<p>Quan el nombre de protons i electrons que té un àtom no és igual diem que s'ha format un ió. Els ions poden haver perdut electrons i ser positius, és a dir, tenen més protons que electrons o poden haver guanyat electrons i ser negatius, és a dir, tenen menys protons que electrons. Els ions positius es mouen cap al pol negatiu i els ions negatius es mouen cap al pol positiu d'una font elèctrica.</p>	<p>9. Què passa quan un àtom guanya o perd electrons?</p>

Idees clau	“Subidees”	Activitat
<p>5. Les molècules són partícules submicroscòpiques formades per agrupacions d'àtoms no metàl·lics.</p>	<p>Les molècules són partícules submicroscòpiques formades per agrupacions d'àtoms no metàl·lics.</p>	<p>10. Què són les molècules?</p>
<p>6. La unió entre partícules pot tenir diferent intensitat segons sigui el tipus de partícula.</p>	<p>Si les forces que uneixen les partícules són febles les temperatures de fusió i d'ebullició de la substància són baixes.</p> <p>Si les forces que uneixen les partícules són fortes les temperatures de fusió i d'ebullició de les substàncies són altes.</p>	<p>11. Com són les forces que uneixen les partícules?</p>
	<p>Les substàncies que tenen unes temperatures de fusió i ebullició baixes estan formades per molècules.</p> <p>Les substàncies que tenen unes temperatures de fusió i ebullició altes estan formades per àtoms metàl·lics o ions.</p> <p>Les substàncies poden estar formades per diferents tipus de partícules submicroscòpiques i segons quines siguin aquestes partícules els sòlids poden ser de tres tipus: moleculars, iònics o metàl·lics.</p>	<p>12. Com podem distingir les molècules de la resta de partícules submicroscòpiques?</p> <p>13. Totes les agrupacions d'àtoms són molècules?</p>
<p>Estructuració de les idees.</p>		<p>14. Com organitzem el que heu après?</p>
<p>7. Qualsevol classe de canvi físic o químic de la matèria es pot explicar a través de la interacció entre els diferents tipus de partícula (àtoms, ions i molècules).</p>	<p>En els canvis físics les substàncies inicials i finals són les mateixes.</p> <p>En els canvis físics les unions entre molècules es trenquen, però les unions entre els àtoms que formen les molècules no es trenquen.</p>	<p>15. Quins tipus d'unió es trenquen en un canvi d'estat?</p>
	<p>En els canvis químics les substàncies inicials i finals són diferents.</p> <p>En els canvis químics les unions entre els àtoms que formen les molècules es trenquen i es poden formar noves molècules.</p>	<p>16. Quin tipus d'unió es trenquen quan es crema una substància?</p> <p>17. Com són les substàncies en el nivell submicroscòpic?</p>

L'estructura general de la SEA seguia tant el cicle d'aprenentatge en conjunt com el cicle de modelització en línia amb la proposta recollida en el nostre marc teòric. No obstant això, quan vam analitzar les dades recollides ens vam adonar que la introducció de cadascuna de les idees clau havia de seguir el subcicle de modelització i el subcicle d'aprenentatge amb les seves fases -exploració, introducció i aplicació, és a dir, ens vam adonar que una vegada introduïda cadascuna de les idees clau calia dissenyar una activitat d'aplicació que ens permetés conèixer si els alumnes aplicaven aquesta idea clau en un altre context. Això ens va portar a realitzar diferents modificacions en la SEA la qual cosa va conduir a una segona versió.

Les modificacions que es van introduir a la versió 2 (SEAvs2) van consistir a plantejar una nova activitat (addicionant un apartat més a l'activitat) que ens permetria recollir l'expressió de la idea del model mental una vegada introduïda la idea del model conceptual que es plantejava. Així, per exemple, en l'activitat 4 es va afegir l'apartat 4h que demanava una explicació del que passava en el nivell submicroscòpic quan s'afegia a un got d'aigua una gota de colorant després d'haver-hi introduït en els apartats 4a-g la idea clau 2. També es va incloure una activitat de generalització que ens permetés recollir l'expressió del model mental construït fins al moment i que hem anomenat model moment Substància. Hem volgut recollir-ho abans de l'aplicació d'aquest model conceptual al canvi, cosa que va suposar una modificació en l'estructura general de la SEA. Per últim, es van incloure dues activitats més, de nou en forma d'apartats, que ens permetessin recollir l'expressió del model mental aplicat a un canvi físic i a un canvi químic diferents dels plantejats en la introducció de la idea clau 7 als quals hem anomenat model canvi físic i model canvi químic.

A la figura 3.3.1 es pot veure l'esquema final de la SEAvs2 amb els instruments de recollida de dades amb la descripció del subcicle de la introducció de la idea 1. No s'han detallat cadascun dels subcicles de les idees clau perquè són practicament iguals.

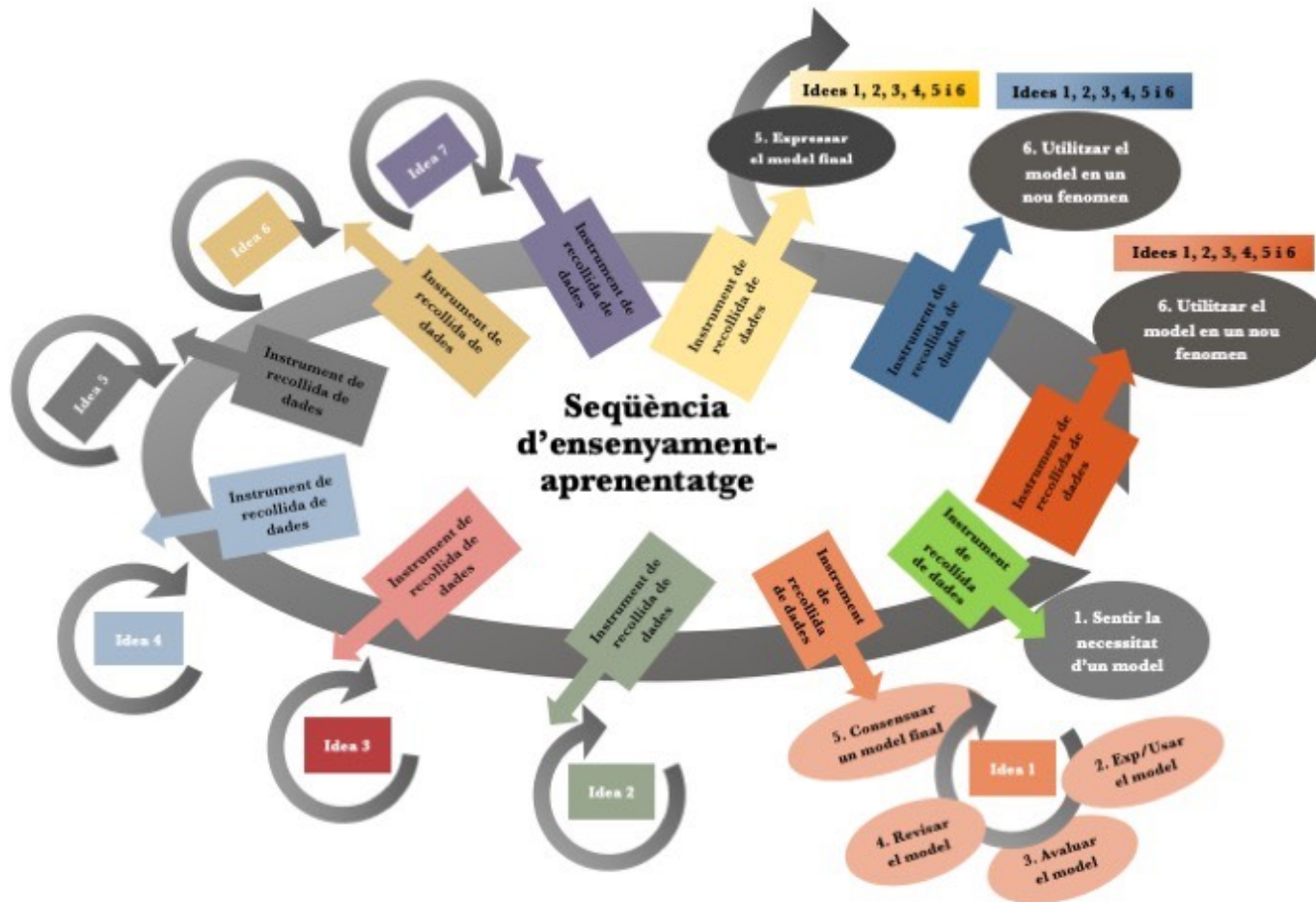


Figura 3.3.1. Esquema final de la SEA amb els instruments de recollida de dades

A la taula 3.3.2 es recullen totes les activitats de la SEAvs 1 i SEAvs 2. Es destaquen en negreta les activitats que es van utilitzar per a la recollida de dades en totes dues versions. Pot observar-se que el terme enllaç químic no apareix en cap moment, si bé es parla d'unions entre les partícules.

Taula 3.3.2. Activitats versions 1 i 2 de la SEA

Versió 1		Versió 2	
Activitat	Descripció	Activitat	Descripció
Inicial	El incendio del vertedero ilegal de neumáticos de Seseña	Inicial	Els residus del laboratori
1a, 1b1, 1b2 , 1b3 ,1b4	De què està feta la matèria?	1a, 1b,1c,1d1,1d2 ,1d3,1d4, 1e	De què està feta la matèria?
2a,2b,2c,2d ,2e,2f,2g,2h ,2i,2j,2k2l,2 m,2n,2o, 2p	Què hi ha entre les partícules?	2a,2b,2c,2d,2e ,2f,2g,2h,2i,2j, 2k2l,2m,2n,2o	Què hi ha entre les partícules?
3a, 3b	Per què els gasos es comprimeixen fàcilment?	3a, 3b	Per què els gasos es comprimeixen fàcilment?
4a,4b,4c, 4d ,4e,4f	Les partícules submicroscòpiques estan en moviment o en repòs?	4a,4b,4c,4d,4e ,4f,4g, 4h	Les partícules submicroscòpiques estan en moviment o en repòs?
5a ,5b,,5c,5 d,5e5f,5g,	Les partícules submicroscòpiques estan unides o soltes?	5a, 5b	Les partícules submicroscòpiques estan unides o soltes?
6	Què hi ha dintre de les capsos?		
7a,7b,7c,	Tots els àtoms són iguals?	6a,6b,6c,6d,6e	Com és l'àtom?
8a,8b	Quins àtoms componen aquestes substàncies?	7a,7b	Quins àtoms componen aquestes substàncies?
9a,9b,9c,9d ,9e,9f,9g,9h	Què passarà si un àtom guanya o perd electrons?	8a,8b,8c,8d,8e ,8f,8g,8h,8i,8j, 8k	Què passarà si un àtom guanya o perd electrons?
10a, 10b	Què són les molècules?	9a,9b,9c	Què són les molècules?
11a,11b,11 c,11d,11e	Com són les forces que uneixen les partícules?	10a,10b,10c	Com d'intenses són les unions entre les molècules?
12a,12b,12 c,12d,12e, 12f , 12g , 12h , 12i , 12j	Com podem distingir les molècules de la resta de partícules submicroscòpiques?	11a,11b,11c,1 1d,11e,11f,11 g,11h,11i, 11j,11k, 11l	Podem distingir les substàncies formades per molècules de la resta de substàncies?
13a,13b,	Totes les agrupacions d'àtoms són molècules?	12a,12b, 12c ,12d	Totes les substàncies són iòniques o moleculars o poden haver-n'hi d'altres?
14	Com organitzaríeu el que heu après?	13a, 13b	Com organitzaríeu el que heu après?

Versió 1		Versió 2	
Activitat	Descripció	Activitat	Descripció
15a, 15b ,	Quins tipus d'unió es trenquen en un canvi d'estat?	14a,14b,14c,14d,14e, 14f	Quins tipus d'unions es trenquen en un canvi d'estat?
16a, 16b ,	Quins tipus d'unió es trenquen quan es crema una substància?	15a,15b, 15c	Quins tipus d'unió es trenquen quan es crema una substància?
17a,17b, 17c	Com són les substàncies en el nivell submicroscòpic?		
Final	Quina tipus de canvi s'han produït en les substàncies que componen els neumàtics durant l'incendi de Seseña?	Final	Els residus del laboratori

3.3.1. Els instruments de la recollida de dades

A continuació descriurem com es van dissenyar aquests instruments de recollida de dades en la versió 1 i quines van ser les modificacions en la versió 2 amb més detall. Per facilitar la comprensió i veure les diferències entre totes dues versions es desenvolupa seguidament un esquema comparatiu entre totes dues versions que es recull en forma de figures individuals per a cadascuna de les idees clau de la trajectòria d'aprenentatge. En aquestes figures es relacionen les idees i subidees de la trajectòria d'aprenentatge amb les activitats, els objectius d'aprenentatge i els instruments de recollida de dades.

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2
1. La matèria està formada per partícules i entre les partícules hi ha buit.	La matèria és tot allò que té massa i ocupa espai.	1. De què està feta la matèria?	Adonar-se que qualsevol estructura està feta de parts.	1b2 i 1b3. Ens permet saber quin és el model inicial que té l'alumne sobre la matèria.	1. De què està feta la matèria?	Adonar-se que qualsevol estructura està feta de parts.	1e. Ens permet saber quin és el model inicial que té l'alumne sobre la matèria.
	La matèria està formada per partícules submicroscòpiques que no es poden veure i entre les partícules submicroscòpiques no hi ha res.	2. Què hi ha entre les partícules?	Utilitzar la idea de buit.		2. Què hi ha entre les partícules?	Utilitzar la idea de buit.	
		3. Per què els gasos es comprimeixen fàcilment?	Aplicar el model bàsic de partícules per explicar el fenomen de la compressió a escala submicroscòpica.	3b. Ens permet saber com expliquen els alumnes un fenomen macroscòpic a partir del seu model de matèria.	3. Per què els gasos es comprimeixen fàcilment?	Aplicar el model bàsic de partícules per explicar el fenomen de la compressió a escala submicroscòpica.	3b. Ens permet saber com explica l'alumne un fenomen macroscòpic i si aplica algun model de matèria submicroscòpic que inclogui la idea de buit.

Figura 3.3.2. Estructura de la SEA vs1 versus vs 2 Idea 1

A la figura 3.3.2 es pot veure la primera part de l'esquema comparatiu de les dues versions i que correspondria a la idea 1.

Es va introduir un primer canvi en la versió 2 de la SEA que consistia en el disseny d'una nova activitat en forma d'apartat a l'activitat 1 per poder conèixer quines eren les concepcions dels alumnes abans de la instrucció, és a dir, quines eren les seves concepcions inicials.

El següent canvi en els instruments de recollida de dades es va fer redissenyant parcialment l'activitat 4 en la qual es va incloure un nou apartat la resposta del qual permetés conèixer si els alumnes havien incorporat la idea de moviment continu de les partícules. També es va incloure un nou apartat la resposta del qual ens permetia saber si els alumnes havien incorporat la idea d'unió entre partícules. Aquests canvis estan recollits a la figura 3.3.3.

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2
2. El moviment i la unió entre partícules expliquen el comportament de la matèria.	Les partícules submicroscòpiques estan en moviment continu.	4. Les partícules submicroscòpiques estan en moviment o en repòs?	Estudiar el fenomen de la difusió d'un gas i intentar donar-li una explicació des del nivell submicroscòpic.	4d. Ens permet saber com explica l'alumne un fenomen macroscòpic i si fa servir una de les característiques del model CC de matèria (el moviment de les partícules).	4. Les partícules submicroscòpiques estan en moviment o en repòs?	Observar el fenomen de la difusió d'un gas i intentar donar-li una explicació des del nivell submicroscòpic.	4h. Ens permet saber com explica l'alumne un fenomen macroscòpic i si fa servir una de les característiques del model CC de matèria (el moviment de les partícules).
	Les partícules submicroscòpiques estan unides entre si.	5. Les partícules submicroscòpiques estan unides entre si.	Explicar per què els components de dues mescles es comporten de manera diferent.	5a. Ens permet saber com expliquen els alumnes un fenomen macroscòpic a partir del seu model de matèria i si fa servir una de les característiques del model CC de matèria (la unió entre partícules).	5. Les partícules submicroscòpiques estan unides entre si.	Explicar per què el comportament de l'aigua de la piscina quan cauen de planxa.	5b. Ens permet saber com justifica l'alumne el comportament de l'aigua en la piscina quan cauen de planxa i si fa servir una de les característiques del model CC de matèria (la unió entre partícules).

Figura 3.3.3. Estructura de la SEA vs1 versus vs 2 Idea 2

No es va fer cap modificació als instruments de recollida de dades relacionats amb la idea 3. No obstant això, es va fer una reestructuració de la SEA per l'eliminació d'una activitat relacionada amb la naturalesa de la ciència que en la versió 1 corresponia a l'activitat 6 i en la versió 2 es va abordar abans de l'inici de la SEA.

A la figura 3.3.4 queden recollides les subidees i les activitats relacionades amb la idea 3.

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2	
3. L'estructura bàsica de la matèria està formada per àtoms que és un tipus de partícula submicroscòpica formada per protons, neutrons i electrons.	Tota la matèria està formada per un tipus de partícula submicroscòpica anomenada àtom.	7. Tots els àtoms són iguals	Identificar i distingir els diferents tipus d'àtoms a partir del nombre de protons, i associar-los un nom i un símbol químic.		6. Com és l'àtom?	Identificar i distingir els diferents tipus d'àtoms a partir del nombre de protons, i associar-los un nom i un símbol químic.		
		8. Quins tipus d'àtoms componen aquestes substàncies?	Identificar els tipus d'àtoms que componen una substància a partir de la fórmula química i classificar-los en metàl·lics i no metàl·lics.		7. Quins àtoms componen aquestes substàncies?	Identificar els tipus d'àtoms que componen una substància a partir de la fórmula química i classificar-los en metàl·lics i no metàl·lics.		
	Hi ha diferents àtoms que es poden classificar en metàl·lics i no metàl·lics segons sigui la tendència a perdre o a guanyar electrons respectivament.							

Figura 3.3.4. Estructura de la SEAvs1 versus SEAvs2 Idea 3

Un altre canvi en els instruments de recollida de dades té a veure amb la idea 4, ja que es va crear una activitat per recollir com s'havien modificat les concepcions en relació amb la introducció de les partícules iòniques com a constituents de les substàncies iòniques tal com queda recollit a la figura 3.3.5.

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2
4. Els àtoms poden guanyar o perdre electrons per convertir-se en ions que són un altre tipus de partícula submicroscòpica.	Quan el nombre de protons i electrons que té un àtom no és igual diem que s'ha format un ió. Els ions poden haver perdut electrons i ser positius, és a dir, tenen més protons que electrons o poden haver guanyat electrons i ser negatius, és a dir, tenen menys protons que electrons. Els ions positius es mouen cap al pol negatiu i els ions negatius es mouen cap al pol positiu d'una font elèctrica.	9. Què passa quan un àtom guanya o perd electrons?	Relacionar l'evidència experimental dels ions (moviments de les partícules carregades cap als pols d'una pila) amb el concepte teòric d'ió com a àtom amb diferent càrrega positiva i negativa.		8. Què passa quan un àtom guanya o perd electrons?	Relacionar l'evidència experimental dels ions (moviments de les partícules carregades cap als pols d'una pila) amb el concepte teòric d'ió com a àtom amb diferent càrrega positiva i negativa.	8k. Ens permet saber quina és la justificació que fa l'alumne quan escull una representació determinada d'un sòlid iònic.

Figura 3.3.5. Estructura de la SEA vs1 versus vs 2 Idea 4

No es va utilitzar cap instrument de recollida de dades per la idea 5 en la versió 2 tal i com queda reflectit en la figura 3.3.6.

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2
5. Les molècules són partícules submicroscòpiques formades per agrupacions d'àtoms no metàl·lics		10. Què són les molècules?	Reconèixer que les molècules són agrupacions d'àtoms no metàl·lics.	10 b. Com fan servir els alumnes la definició operacional de molècules	9. Què són les molècules?	Reconèixer que les molècules són agrupacions d'àtoms no metàl·lics.	
		12. Com podem distingir les molècules de la resta de partícules submicroscòpiques?		12 j. Com identifiquen i justifiquen els alumnes les molècules.			

Figura 3.3.6. Estructura de la SEA vs1 versus vs 2 Idea 5

En els instruments de recollida de dades relacionats amb la idea 6 es van fer diferents canvis molt significatius, ja que en la versió 1 es va abordar la recollida de dades de manera que es pogués estudiar la concepció que tenien els alumnes sobre les molècules mentre s'estava introduint el concepte de molècula. En canvi, en la versió 2 es va dissenyar una activitat específica, activitat 12, per veure si els alumnes feien servir les molècules com les partícules constituents de les substàncies moleculars tal com queda reflectit a la figura 3.3.7.

També es van dissenyar altres activitats per esbrinar com els alumnes incorporaven les idees introduïdes amb relació a les partícules que constituïen les substàncies metàl·liques. Per últim, es va dissenyar una altra activitat per recollir com els alumnes aplicaven les seves concepcions sobre els diferents tipus de partícules que constitueixen els diferents tipus de substàncies. En la versió 1 es va fer servir un instrument similar al descrit però al final de la SEA (activitat 17).

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2
6. La unió entre partícules pot tenir diferent intensitat segons sigui el tipus de partícula.	<p>Si les forces que uneixen les partícules són febles les temperatures de fusió i d'ebullició de la substància són baixes. Si les forces que uneixen les partícules són fortes les temperatures de fusió i d'ebullició de les substàncies són altes. Les substàncies que tenen unes temperatures de fusió i ebullició baixes estan formades per molècules. Les substàncies que tenen unes temperatures de fusió i ebullició altes estan formades per àtoms metàl·lics o ions. Les substàncies poden estar formades per diferents tipus de partícules submicroscòpiques i segons quines partícules els sòlids poden ser de tres tipus: moleculars, iònics o metàl·lics.</p>	11. Com són les forces que uneixen les partícules?	Interpretar el canvi d'estat de l'etanol de líquid a gas com un trencament d'unions febles entre partícules i interpretar el canvi d'estat de sòlid a líquid del ferro com un trencament d'unions fortes entre partícules.		10. Com d'intenses són les unions entre molècules?	Interpretar el canvi d'estat de l'etanol de líquid a gas com un trencament d'unions febles entre partícules i interpretar el canvi d'estat de sòlid a líquid del ferro com un trencament d'unions fortes entre partícules.	
		12. Com podem distingir les molècules de la resta de partícules submicroscòpiques?	Identificar el tipus de partícules submicroscòpiques responsables del comportament macroscòpic de les substàncies i fer una representació de les substàncies sòlides a escala submicroscòpica.	<p>12 f. Com relacionen els alumnes unes propietats macroscòpiques de la matèria (T_f i T_{eb}) amb les partícules submicroscòpiques que formen les substàncies.</p> <p>12 g, h, i. Com representen els alumnes l'estructura submicroscòpica de la matèria.</p>	11. Com podem distingir les substàncies formades per molècules de la resta de substàncies?	Relacionar els canvis d'estat amb baixes temperatures de fusió i ebullició amb els canvis d'estat de substàncies formades per molècules. Identificar les molècules com les partícules que formen les substàncies moleculars i representar els sòlids moleculars.	11 l. Quina és la representació que fa l'alumne de les substàncies sòlides moleculars i de les molècules que les formen.
		13. Totes les agrupacions d'àtoms són molècules?		12. Totes les substàncies són substàncies iòniques o moleculars o poden haver-ne hi d'altres?	Distingir els tipus de partícules que formen les substàncies pel tipus de propietats que tenen aquestes substàncies (solubilitat en aigua, conductivitat elèctrica en dissolució, i en estat sòlid i líquid,...). Relacionar els àtoms metàl·lics amb les partícules que formen les substàncies metàl·liques i representar els sòlids metàl·lics.	12 c. Quina representació fa l'alumne d'una substància sòlida metàl·lica i de les partícules que la formen identificant-les.	
		14. Com organitzem el que hem après?	Estructurar les idees que s'han construït per crear un model.		13. Com organitzem el que hem après?	Aplicar les idees que s'han treballat per crear el model CC de matèria avançat per descriure les substàncies a escala submicroscòpica.	13 b. Si l'alumne fa servir el model CC que hem treballat al llarg de la SEA a) per representar els tres tipus de substàncies que s'han treballat i b) per contestar les preguntes que se li plantegen.

Figura 3.3.7. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 6

A la figura 3.3.8 es mostren els canvis fets en els instruments de recollida de dades per les versions 1 i 2 en relació amb la idea 7.

IDEA	SUBIDEES	ACTIVITAT VS1	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS1	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS1	ACTIVITAT VS2	OBJECTIUS D'APRENENTATGE VS2	INSTRUMENTS DE RECOLLIDA DE DADES VS2
7. Qualsevol classe de canvi físic o químic de la matèria es pot explicar a través del trencament i la formació de les unions dels diferents tipus de partícules (àtoms, ions i molècules).	En els canvis físics les substàncies inicial i final són les mateixes. En els canvis físics les unions entre molècules es trenquen, però les unions entre els àtoms que formen les molècules no es trenquen.	13. Quins tipus d'unió es trenquen en un canvi d'estat?	Interpretar el canvi d'estat de sòlid a líquid (canvi físic) d'una substància com el trencament de les unions entre molècules, entre ions o entre àtoms depenen dels tipus de substància.	15b. Ens permet saber quin és el model de matèria que aplica l'alumne per a representar les substàncies quan es produeix un canvi d'estat i per a contestar les preguntes que se li plantegen i si aquest model se sembla al model conceptual CC de matèria treballat en la SEA.	14. Quins tipus d'unió es trenquen en un canvi d'estat?	Interpretar el canvi d'estat de sòlid a líquid (canvi físic) d'una substància com el trencament de les unions entre molècules, entre ions o entre àtoms depenen dels tipus de substància.	14f. Ens permet saber quin model de matèria aplica l'alumne per representar les substàncies quan es produeix un canvi d'estat en relació amb el model CC avançat de matèria treballat en la SEA.
	En els canvis químics les substàncies inicials i finals són diferents. En els canvis químics les unions entre els àtoms que formen les molècules es trenquen i es poden formar noves molècules.	16. Quin tipus d'unió es trenquen quan es crema una substància?	Interpretar la combustió d'una substància (canvi químic) com la desaparició i formació de noves substàncies formades per molècules per reordenament dels àtoms.	16b. Ens permet saber quin és el model de matèria que aplica l'alumne per a representar les substàncies quan es produeix una combustió i per a contestar les preguntes que se li plantegen i si aquest model se sembla al model conceptual CC de matèria treballat en la SEA.	15. Quin tipus d'unió es trenquen quan es crema una substància?	Interpretar la combustió d'una substància (canvi químic) com la desaparició i formació de noves substàncies formades per molècules per reordenament dels àtoms.	15c. Ens permet saber quin model de matèria aplica l'alumne per representar les substàncies quan es produeix una descomposició en relació amb el model CC avançat de matèria treballat en la SEA.

Figura 3.3.8. Estructura de la SEA vs1 versus vs2 Idea 7

En la versió 2 es van proposar dues activitats 14f i 15c que consistien en dues activitats d'aplicació del model construït pels alumnes sobre el canvi físic i el canvi químic una vegada que se'ls havia instruït en aquests canvis a través de l'estudi del canvi d'estat de la cera i de la combustió de la cera (activitats 15b i 16b de la versió 1). Aquestes dues activitats (15b i 16b) van ser instruments de recollida de dades en la versió 1. Llavors en aquesta versió no es va plantejar cap activitat que suposés l'aplicació a una substància nova, estàvem doncs recollint les dades de l'avaluació del procés d'instrucció i no de l'aplicació del model mental a una situació nova. A la versió 2 també es va eliminar l'activitat 17 de la versió 1, ja que les dades que recollia aquest instrument es podien recollir amb l'instrument que corresponia a l'activitat 13b de la versió 2.

3.4. Recollida de dades

Es van realitzar tres implementacions en cadascuna de les quals es van recollir dades. La primera correspon a la implementació de la SEA vs1 i la segona i tercera corresponen a la implementació de la SEA vs2.

3.4.1. Descripció de la recollida de dades de la versió 1

En el curs escolar 2016-2017 es va implementar la primera versió de la SEA en un grup de 18 alumnes que cursaven l'assignatura de física i química de 4t. Aquesta implementació va començar el 17/10/2016 i va acabar 2/12/16 en sessions d'1hora, tres dies a la setmana (dilluns, dimecres i divendres). Es van dedicar 18 hores de docència. Els alumnes van lliurar totes les activitats en format electrònic a través del *Moodle*³. Totes les tasques s'havien de realitzar en format digital.

Durant la recollida de dades es va prendre nota dels comentaris que feien els alumnes en relació a les tasques que s'estaven realitzant durant la sessió així com de les intervencions de la professora per aclarir conceptes, les absències i retards dels alumnes,... en un diari de camp. Aquestes dades s'han fet servir durant l'anàlisi per aclarir alguns dubtes, per corroborar alguna impressió i per assegurar-nos que analitzàvem totes les dades disponibles.

Una vegada recollides les respostes dels alumnes en els documents electrònics aquests es van codificar per mantenir l'anonimat dels autors (es van canviar els noms als alumnes) i es van desar per la seva anàlisi posterior.

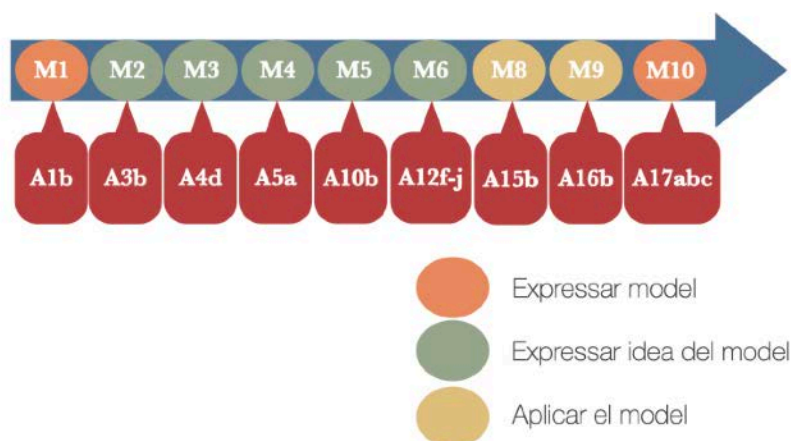


Figura 3.4.1. Moments i activitats per la recollida de dades vs1

^{3 3} *Moodle*: plataforma d'aprenentatge de codi lliure que crea entorns virtuals d'ensenyament i aprenentatge.

A la figura 3.4.1 es mostra l'esquema dels moments i les activitats que s'utilitzen per a la recollida de dades de la versió 1. Tal com es pot veure a la figura els instruments recullen les diferents expressions dels models mentals, és a dir, en el moment inicial, en les diferents etapes de la introducció de les idees clau del model i durant l'aplicació del model.

3.4.2. Descripció de la recollida de dades de la versió 2

Les dades de la versió 2 es van recollir al llarg de dos cursos escolars 2017-2018 i 2018-2019.

La implementació de la SEA en el curs escolar 2017-2018 va començar el 6/10/17 i va acabar el 4/12/17 en sessions d'una hora, tres dies a la setmana (dilluns, dijous i divendres). El grup era de 16 alumnes. Es van dedicar 25 hores de docència. En el curs escolar 2018-2019 la implementació va començar el 8/10/18 i va acabar el 3/12/18 en sessions d'una hora (dilluns, dimecres i divendres) i el grup estava format per 18 estudiants. Es van dedicar 24 hores a la instrucció. En el primer cas els alumnes van lliurar les activitats en format electrònic a través del *Moodle* i en el segon cas a través del *Classroom*⁴. En aquesta versió de la SEA es va considerar que la recollida de dades milloraria si se'ls permetia fer les tasques a mà i inserir les fotografies de les tasques en el document electrònic, ja que estan acostumats a treballar d'aquesta manera en lloc de fer les representacions en format digital com en la recollida anterior.

De la mateixa manera que a la recollida de dades de la versió 1 durant la recollida de dades es va prendre nota dels comentaris que feien els alumnes amb relació a les tasques que s'estaven realitzant durant la sessió així com de les intervencions de la professora per aclarir conceptes, les absències i retards dels alumnes..., en un diari de camp. Aquestes dades s'han fet servir durant l'anàlisi per aclarir alguns dubtes, per corroborar alguna impressió i per assegurar-nos que analitzàvem totes les dades disponibles.

Igualment una vegada recollides les respostes dels alumnes en els documents electrònics aquests es van codificar per mantenir l'anonimat dels autors i es van desar per la seva anàlisi posterior.

Com que la recollida de dades és molt llarga (moltes activitats en un període llarg de temps), l'absència d'alguns estudiants en algunes sessions ha suposat un problema ja que per una banda no tots els estudiants han realitzat totes les sessions de la instrucció i tampoc s'han pogut recollir totes les dades que s'havien planificat en tots els alumnes. Per aquesta raó es va decidir implementar la versió 2 de la SEA en dos cursos consecutius que corresponen a dos

⁴ *Classroom*: aplicació de *Google Suite* pel lliurament de treballs en línia i comunicació amb el professorat.

grups d'alumnes que van cursar l'assignatura en 2017-18 i 2018-19, ja que això va permetre augmentar el nombre d'alumnes de la mostra i també neutralitzar l'efecte de la intervenció de la professora.

A la figura 3.4.2 es pot veure l'esquema dels moments i activitats per la recollida de dades de la versió 2. Si es compara aquesta figura amb la figura 3.3.9 es pot veure que en la versió 2 es vol conèixer quin és el model expressat just després de la introducció de totes les idees del model, és el que identificarem com el model mental en el moment Substància, i després es vol conèixer quin és el model mental que apliquen en dues situacions noves als que anomenarem moment Canvi físic i moment Canvi químic.

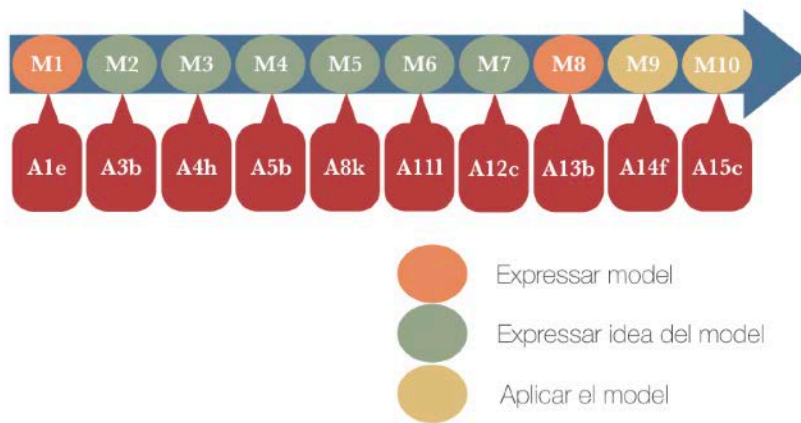


Figura 3.4.2. Moments i activitats per la recollida de dades vs2

3.5. Anàlisi de les dades

Les dades obtingudes en la implementació de la versió 1 de la SEA es van utilitzar per aconseguir l'objectiu de recerca 1, és a dir, l'obtenció d'un instrument d'anàlisi de les dades i l'objectiu de recerca 2-refinar una SEA que permeti als alumnes construir un model mental alineat amb el model conceptual escolar CC de matèria. Les dades obtingudes en la implementació de la versió 2 es van emprar per aconseguir els objectius de recerca 3 -caracteritzar els models mentals que tenen els alumnes a partir de les evidències de les diferents representacions gràfiques que fan al llarg del procés d'instrucció-i 4-estudiar l'evolució dels models mentals dels alumnes en relació amb la instrucció.

A la figura 3.5.1 es mostra l'esquema general de la recollida de dades i la relació amb els objectius de recerca.

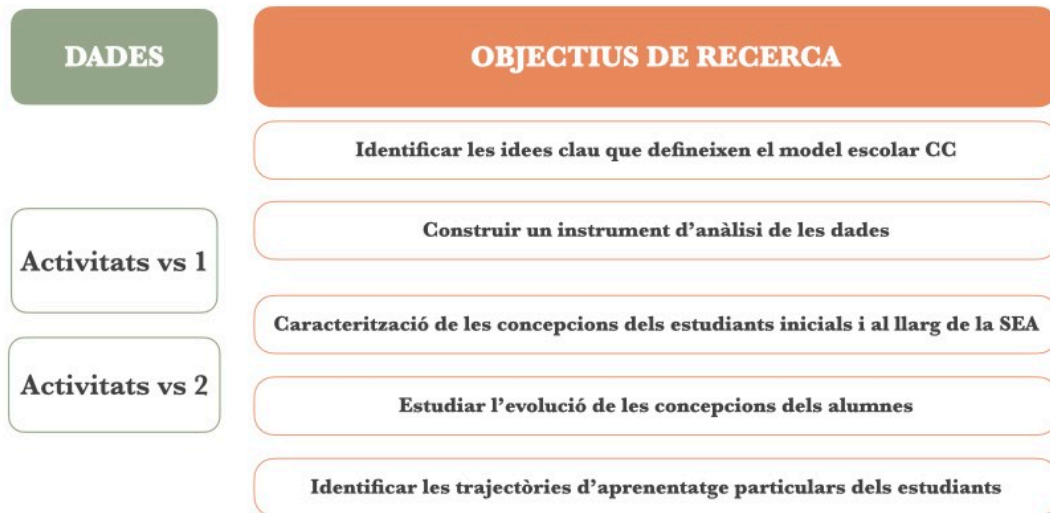


Figura 3.5.1. Esquema de les dades recollides i relació amb els objectius de recerca

3.5.1. Anàlisi de les dades de la versió 1

En el procés d'anàlisi de les dades de la versió 1 es va utilitzar un procés inductiu-deductiu de categories que es poden agrupar en dimensions.

En una primera etapa es van analitzar les dades de manera que es van agrupar per les categories que emergien de les dades. En paral·lel vam fer un estudi de l'estat de la qüestió de les concepcions dels alumnes sobre la matèria. A continuació les categories obtingudes es van enfrontar amb algunes de les categories presents en la literatura per a la descripció de les concepcions dels estudiants sobre la matèria. Es van utilitzar algunes de les categories tenint en compte la seva descripció de manera que part de les nostres dades podien ser encabides en aquestes categories. No obstant això, per poder incloure algunes de les dades obtingudes vam haver de modificar algunes descripcions de les categories i fins i tot va ser necessari definir categories noves per classificar totes les nostres dades, ja que amb les categories descrites fins al moment a la literatura totes les nostres dades no podien ser ordenades. Això era esperable perquè el nostre estudi estava enfocat a conèixer com evolucionen les concepcions dels estudiants sobre la matèria en relació amb un model escolar de matèria avançat que fins al moment cap autor havia definit.

En l'anàlisi de les dades primerament es va fer una anàlisi exploratòria per cada activitat. Per a cadascuna de les respostes a les activitats utilitzades com a instruments de recollida de dades es va fer una descripció detallada de la resposta per veure quins elements feien servir els

estudiants tant de tipus verbals com de representacions. Vam trobar que els alumnes feien servir els termes partícules, molècules, àtoms, moviment, unions, juntes..., en les seves descripcions orals. En els dibuixos feien servir figures (quadrats, rodones...), línies de diferents gruixos, traços i colors,... Es van descriure tots aquests elements per analitzar les respostes dels alumnes. Posteriorment en una segona anàlisi per activitat, es van intentar trobar elements comuns en les respostes per poder-les agrupar. D'aquesta manera es van obtenir unes categories primàries.

L'anàlisi de dades fet prèviament per l'autora es va discutir amb un grup d'expertes, en un procés de triangulació que va permetre adonar-nos-en que les respostes per activitats permetien establir unes categories independents entre si.

Vam enfrontar aquestes dades amb els resultats d'altres recerques i vam veure que podíem acomodar les categories primàries que havíem obtingut a partir de les dades amb la majoria de les categories proposades per Talanquer (Talanquer, 2009). La proposta de Talanquer agrupa les categories per dimensions que indiquen les àrees al llarg de les quals les idees dels estudiants sobre l'estructura de la matèria semblen evolucionar amb l'aprenentatge. Les dimensions descrites per Talanquer tot i que ens van resultar útils no cobrien totes les dimensions en les quals calia que els estudiants evolucionessin per a construir el model conceptual de matèria proposat per aquesta recerca (model escolar de matèria avançat). Per tant, vam haver d'adaptar algunes de les dimensions proposades per l'autor així com les categories que formaven part d'aquestes dimensions. Aquest autor utilitza el terme Estructura que correspon a la dimensió Estructura per a referir-se a la composició de la matèria formada o no per partícules. En aquest treball s'ha preferit anomenar a aquesta dimensió Conformació perquè, en la nostra interpretació del terme Estructura, aquesta ve determinada per la composició i les interaccions i no únicament per la composició. La nostra dimensió Dinàmica només considera si les partícules estan en moviment o no sense identificar quines són les justificacions que donen els estudiants per aquest moviment, ja que el nostre sistema de recollida de dades no permet aprofundir en aquestes justificacions cosa que sí té en compte la dimensió Dinàmica de Talanquer. En el mateix sentit els nostres instruments de recollida de dades no ens permeten incloure la dimensió Propietats perquè no hem entrat a analitzar el tipus de justificacions que fan els alumnes de les propietats de les substàncies. Tot i aquestes adaptacions de les dimensions, algunes de les respostes dels alumnes no podien ser classificades dintre d'aquestes dimensions i categories que podrien anomenar secundàries perquè la proposta de Talanquer només considera que la matèria està formada per partícules però no especifica com són aquestes partícules. Vam haver de definir doncs una nova dimensió a la qual vam anomenar Diversitat que donava informació sobre la diferenciació de les

partícules, amb les seves corresponents categories per a completar-les. De nou es van analitzar les dades i vam encabir les respostes dels alumnes en aquestes noves categories secundàries que vam donar com a definitives una vegada classificades totes les respostes dels alumnes. Això va permetre l'elaboració d'un instrument d'anàlisi de les Concepcions dels Estudiants en relació amb un Model CC Avançat de Matèria- CEMAM.

3.5.2. Anàlisi de les dades de la versió 2

Pel procés d'anàlisi de les dades de la versió 2 es va fer servir l'instrument d'anàlisi de dades obtingut en l'anàlisi de dades de la versió 1 (vegeu capítol 4). Vam analitzar cadascuna de les respostes dels alumnes obtingudes en la implementació de la SEAvs2 amb l'instrument de recollida de dades. Aquestes dades van ser classificades en les categories que ens proporcionava l'instrument d'anàlisi CEMAM. Tal com s'ha comentat anteriorment les dades obtingudes van ser recollides en quatre moments al llarg de la SEA (vegeu Figura 3.4.2). Tot i això només es van utilitzar les dades dels alumnes dels quals teníem totes les activitats, ja que hi ha alumnes que no han assistit a alguna de les classes per malaltia o per alguna altra raó i per tant les seves dades serien incompletes. Són 13 estudiants. A partir d'aquestes dades es van caracteritzar les seves concepcions en els diferents moments de la SEA: Inicial, Substància, Canvi físic i Canvi químic.

Per poder comparar les diferents concepcions dels estudiants vam idear un sistema que permetés representar cadascuna de les concepcions dels estudiants i determinar el grau de complexitat del model mental, és a dir, vam representar els resultats qualitius com a quantitius. Així vam establir que cadascuna de les dimensions tenien un valor entre 1-0 de manera que el valor de la dimensió 0 corresponia al nivell màxim i el valor 1 al nivell mínim d'evolució de l'estudiant en aquesta àrea. En cadascuna de les dimensions l'evolució de les idees no era la mateixa: hi ha dimensions amb dos, tres, quatre i cinc categories. Aquestes categories van ser representades de manera proporcionada en funció del nombre de categories. Així per exemple, a la dimensió Conformació constituïda per 5 categories es van assignar els valor 1,00, 0,75, 0,5, 0,25 i 0,00 mentre que a la dimensió Dinamisme constituïda per 2 categories se li van assignar els valors 1,00 i 0,00. Aquesta assignació va permetre representar cadascuna de les dimensions i les seves categories en uns diagrames radials de manera que vam obtenir uns gràfics radials. Tal com es pretenia, aquest sistema permet representar quina és la concepció de matèria d'un alumne en un moment puntual de la instrucció i al llarg del temps per veure la seva evolució i comparar-les amb el model conceptual objectiu, que es representa amb un punt en el centre del diagrama i que correspon als valors 0,0,0,0. Com més gran és l'àrea del diagrama radial més lluny està la concepció del model

conceptual objectiu. A continuació podem veure la representació de les concepcions de la Fiona en tres moment de la SEA (Figures 3.5.2, 3.5.3 i 3.5.4).

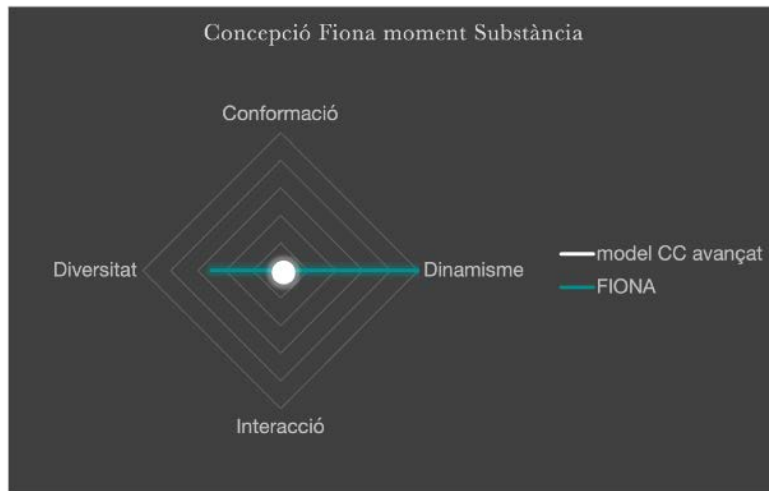


Figura 3.5.2. Concepció de Fiona en el moment Substància

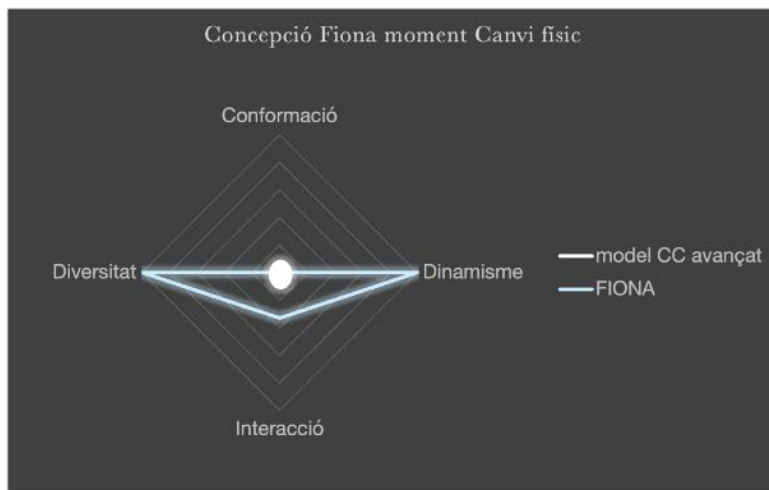


Figura 3.5.3. Concepció de Fiona en el moment Canvi físic

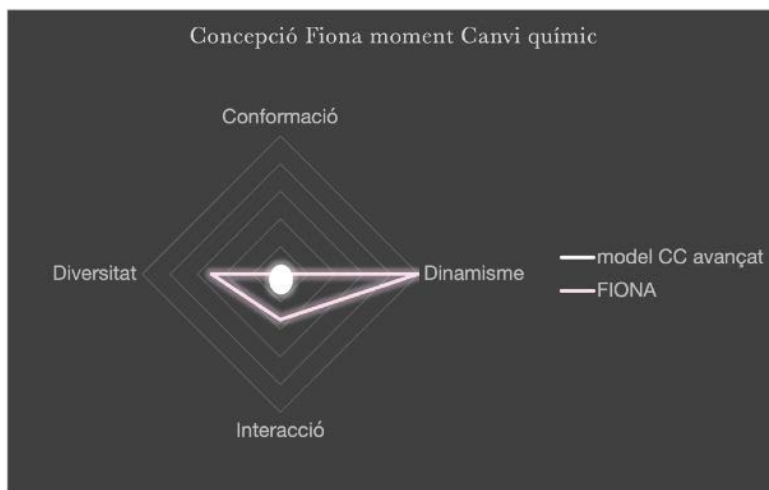


Figura 3.5.4. Concepció de Fiona en el moment Canvi químic

Al llarg de l'anàlisi de les dades que corresponia als diferents moments de la SEA es van trobar 12 concepcions diferents. Aquestes concepcions no es van trobar en tots els moments de l'anàlisi, per aquesta raó es van indicar les freqüències de les diferents concepcions en cadascun dels moments de la SEA.

A continuació vam establir 4 nivells de complexitat en les concepcions dels alumnes tenint en compte quantes dimensions estaven alineades amb el model escolar objectiu: en el nivell A una dimensió, en el nivell B dues dimensions... Aquests nivells de complexitat es van estudiar per a cada alumne al llarg del temps. Per poder veure l'evolució d'una manera més clara es va assignar un valor a cadascuna de les concepcions inicials alfa, beta, gamma i delta i als nivells de les concepcions A, B, C i D. Com les concepcions inicials tenen un grau de sofisticació menor que les concepcions després de la instrucció se les va assignar un valor de 1, 2, 3 i 4 respectivament. Per la mateixa raó (el grau de sofisticació de la concepció) es va assignar un valor de 5, 6, 7 i 8 als nivells de les concepcions en els diferents moments de la SEA. Això ens va permetre establir quines eren les trajectòries individuals de cadascun dels alumnes que havien completat totes les fases i dels quals tenien totes les dades i del grup en forma de gràfic.

Seguidament per aprofundir en l'estudi d'aquestes trajectòries es va estudiar l'evolució de l'alumnat en cada dimensió. Cadascuna d'aquestes gràfiques era el resultat de la representació dels valors de les categories de la dimensió per alumne en els diferents moments de la SEA. Per exemple, per la dimensió Conformació es van utilitzar els valors assignats anteriorment per la realització dels diagrames radials: 1,00, 0,75, 0,5, 0,25 i 0,00.

Per últim es van descriure amb més detall 4 trajectòries significatives: la construcció d'un model alternatiu, la dificultat de mantenir un nou model, la inconsistència del model construït i la construcció del model objectiu.

CAPÍTOL IV.
LA CONSTRUCCIÓ DE LES CONCEPCIONS
DELS ALUMNES

Tal com s'ha exposat en els apartats anteriors aquesta recerca s'ha desenvolupat en tres etapes: implementació de la primera versió de la SEA i implementació de la segona versió de la SEA en dos cursos diferents.

Els resultats s'aniran presentant de manera que puguem donar resposta a les diferents subpreguntes plantejades en el capítol 2.

En aquest capítol es vol exposar com s'han desenvolupat les concepcions dels alumnes⁵ al llarg de la implementació de la SEA. Així, es descriuran els resultats obtinguts a partir de l'anàlisi de les dades, tal com s'ha informat en el capítol 3. A les figures 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5 i 3.3.6, 3.3.7 i 3.3.8 es poden trobar els objectius de les diferents activitats de la SEA. Cadascuna de les activitats seleccionades com a instruments de recollida de dades ens havia de proporcionar dades que ens donessin informació sobre què pensen els alumnes en relació a les idees clau que volem que construeixin a partir de la seva introducció. Aquesta informació ens ha revelat quines són les característiques de les concepcions dels estudiants, com ara de què està feta la matèria: si és continua, si hi ha partícules, si aquestes estan en moviment, si es relacionen entre si, com són, com estan aquestes partícules en les substàncies,... L'exposició del resultat es farà a través de la construcció que fan els alumnes de les idees clau 1-6 i de l'aplicació d'aquestes idees als canvis de la matèria entesa aquesta com a substàncies (idea clau 7).

A través de l'anàlisi de la construcció d'aquestes idees s'han obtingut les categories de les concepcions dels alumnes que informen sobre diferents aspectes de la matèria com són la composició i l'estructura. Aquestes categories s'han classificat dintre de dimensions seguint la proposta d'altres autors com Talanquer (2009) amb algunes variacions tal com s'ha apuntat en el capítol 3. Finalitzarem aquest capítol amb l'exposició d'un instrument d'anàlisi de les concepcions dels alumnes en relació al model CC avançat de matèria.

4.1. La construcció de la idea 1: la matèria està formada per partícules i entre les partícules hi ha buit

Per ajudar a construir una concepció de matèria concordant amb el model científic escolar ens van proposar diferents activitats. Així l'activitat 2 va permetre treballar què hi havia entre les partícules a través de la realització d'un experiment que volia mostrar quina relació hi ha entre les partícules i l'espai que hi ha entre elles. Tot seguit es van proposar exemples de materials formats per partícules macroscòpiques cada vegada més petites i finalment es va introduir la

⁵ Al llarg de la presentació dels resultats s'identificaran els alumnes per donar-los visibilitat, encara que el text perdi agilitat i resulti una mica feixuc, perquè ells són els protagonistes de l'aprenentatge.

idea de buit. A partir de la idea de buit es va consensuar la idea de partícula submicroscòpica com aquella partícula tan petita que entre dues partícules no podia haver-hi res.

Per poder conèixer si els alumnes havien construït la idea de buit proposada vam plantejar l'activitat 3 que demanava el següent:

“a) A continuació, feu servir les xeringues que us donem: una conté sorra, la segona conté aigua i la tercera conté aire. Totes tres estan segellades i, per tant, quan les comprimim no pot sortir el material que contenen. Descriviu el que passa quan pressioneu l'èmbol en cadascuna d'elles.

b) Com podeu explicar el comportament del contingut de les tres xeringues?”

Les dades recollides corresponen a l'explicació que donen els alumnes sobre el comportament dels materials (sorra/substància metàl·lica, aigua i aire) continguts en les tres xeringues quan se'ls aplica una força a través de l'èmbol.

Aquestes respostes es van classificar segons les categories:

- macroscòpica: els alumnes no donen cap explicació sinó que fan una descripció del fenomen observat,
- partícules: els alumnes parlen de partícules, però expliquen el fenomen per les propietats de les partícules,
- partícules i espai: els alumnes parlen de partícules i de com estan distribuïdes aquestes partícules en l'espai,
- partícules i unions entre partícules: els alumnes parlen de partícules i de com estan unides aquestes partícules entre si de manera que aquestes unions són les responsables de com estan distribuïdes les partícules en l'espai.

En la taula 4.1.1 es mostren exemples⁶ d'aquestes categories:

⁶ En les respostes dels alumnes estan corregides les errades ortogràfiques i morfosintàctiques més importants.

Taula 4.1.1. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 3b vs1 i exemples de les categories

Categoria	Exemple
Macroscòpica	<i>“Aigua: L'aigua no fa tanta pressió com la sorra llavors la xeringa es pot premsar una mica. Sorra: La sorra està totalment comprimida i la xeringa l'ajuda a fer pressió llavors no queda cap espai buit. Aire: L'aire no està tan pressionat perquè queda un espai d'aire llavors aquell espai encara pot ser pressionat amb la xeringa.” (AGNÈS)</i>
Partícules	<i>“La xeringa amb aire es comprimeix molt perquè al ser les seves partícules més petites s'ajunten més; en canvi les altres com tenen les partícules més grans no es poden comprimir més.” (AIDA)</i>
Partícules i espai	<i>“Els materials que hi ha dins les xeringues (aigua i sorra) estan comprimits i per tant no els pots pressionar més, ja que no hi ha més buit entre partícula i partícula. A la xeringa amb aire sí que pots, però una mica i és perquè al ser un gas, tendeix a ocupar el lloc més gran possible i quan pressiones l'èmbol, fas que les partícules s'ajuntin i que no permetin que hi hagi buit entre elles.” (ANIOL)</i>
Partícules i unions	<i>“Crec que això és degut al fet que les partícules de la sorra i de l'aigua estan més unides entre si i hi ha poc buit entre elles, per això les partícules no es poden ajuntar tant i no es pot comprimir tant com l'aire, perquè entre les partícules d'aquest hi ha més buit i per això les partícules es poden ajuntar més.” (ANDREA)</i>

Es va fer doncs una primera classificació de les dades en categories primàries. Aquestes categories que fan referència a com és la matèria des del punt de vista de la seva distribució en l'espai es van confrontar amb la literatura existent i ens van portar a definir una dimensió que vam anomenar Conformació. No parlem d'estructura com Talanquer (2009) perquè, tal i com s'ha comentat anteriorment, l'estructura fa referència a les partícules, la seva distribució en l'espai i a la relació que aquestes partícules tenen entre si (Talanquer, 2017). Tampoc podem parlar de composició perquè aquesta fa referència al tipus de components (Talanquer, 2017).

4.2. La dimensió Conformació

Aquesta dimensió recull les categories corresponents a les concepcions dels estudiants que informen sobre la continuïtat o discontinuïtat de la matèria, ignorant o assumint l'existència de partícules submicroscòpiques. Depenent d'aquestes concepcions sobre la naturalesa corpuscular de la matèria s'han pogut establir les següents categories:

Continuïtat (C): la substància no està feta de partícules.

Cap dels estudiants que forma part de la nostra mostra presenta aquesta concepció.

Incrustada (I): (partícules + substància): les partícules estan incrustades dins de la substància.

Cap dels estudiants d'aquest estudi va presentar aquesta concepció.

Les dues categories anteriors d'aquesta dimensió podrien interpretar-se com una concepció preliminar de la matèria que s'ha superat ja en aquest nivell educatiu (4t d'ESO). Després d'una instrucció prèvia sobre la corpuscularitat de la matèria, tots els estudiants podien visualitzar la matèria com formada per partícules separades, encara que no està clar com són aquestes partícules, com ho il·lustren les següents categories.

Granularitat (GR): (partícules + aire): les partícules estan separades per aire.

Un exemple d'aquesta categoria és la resposta de la Marta a la pregunta 3b:

Com pots explicar el comportament de diferents materials (sorra/substància metàl·lica, aigua i aire) quan es col·loquen dins d'una xeringa i es pressiona empenyent l'èmbol?

«La primera és el metall, en aquesta xeringa tenim a escala macroscòpica l'aire i el metall, però a escala submicroscòpica tindriem les partícules que formen el metall que les imagino amb uns buits que serien el no-res, [...] en aquesta xeringa tenim a escala macroscòpica l'aigua i l'aire però a escala submicroscòpica crec que tindriem buits del no-res i les partícules de l'aigua (H_2O). La última és aire i aquí la meva previsió a escala macroscòpica seria aire però a escala submicroscòpica l'aire seria el no-res, però encara no em quadra llavors no tinc clara la conclusió».

Com es mostra, la Marta considera que la substància metàl·lica, l'aigua i l'aire estan formats per partícules. No obstant això, interpretem que aquesta estudiant associa l'aire amb el buit, com si l'aire no estigués format per partícules. Cal destacar que sembla que l'alumna s'hagi de repetir a si mateixa que el buit és el no-res quan en un parell d'ocasions diu "que tindriem buits del no-res".

Corpuscularitat (CR) (partícules + buit): les partícules mantenen les propietats de les substàncies, és a dir, les partícules són bocinets de la substància i no partícules submicroscòpiques.

Aquesta categoria es pot il·lustrar amb la resposta de Núria (Figura 4.1.1) a la pregunta 1d:

Com t'imagines un glaçó de gel per dins? De què està fet? Quines són les unitats constituents d'un glaçó de gel? Són totes iguals?

Per aquesta estudiant (Figura 4.1.1), el gel està format per molècules d'aigua congelades. El fet que ella associï el terme congelat a molècules com partícules submicroscòpiques pot interpretar-se com una associació de propietats macroscòpiques de la substància (estat d'agregació) a partícules submicroscòpiques.

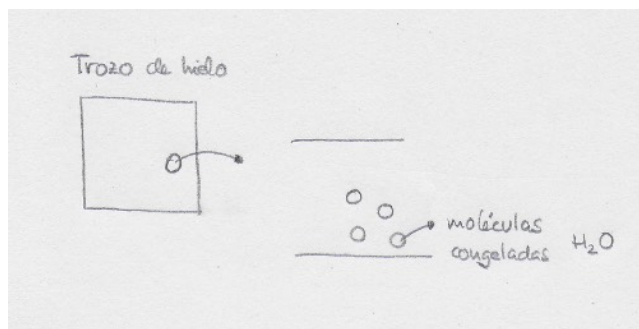


Figura 4.1.1. Exemple de la categoria Corpuscularitat (Núria)

Altres investigadors han trobat aquesta concepció de matèria com per exemple Abraham (1994), Albanese i Vicenti (1997), Andersson (1990), Ben-Zvi, Eylon i Silberteín (1986), Boz (2006) Brook, Briggs i Driver (1984), Gabel i col. (1987), Gilbert (1982) Griffiths i Preston (1992), Kokkotes i col. (1998), Novick i Nusbaum (1978), Pereira i Pestana (1991).

Discontinuitat (D): (partícules submicroscòpiques + buit): les partícules que formen substàncies es conceben separades per buit i tenen propietats diferents de les propietats de les substàncies.

La resposta de l'Aniol a la pregunta 3b és un exemple d'aquesta categoria:

“A la xeringa amb aire, sí que pots [empènyer el pistó] però una mica. Això és perquè a l'ésser un gas, tendeix a ocupar el lloc més gran possible i quan pressiones el pistó, fas que les partícules s'ajuntin i que no permetin que hi hagi buit entre elles”.

La resposta d'aquest estudiant és un exemple de la conceptualització de “substància” (en aquest cas, aire) formada per partícules separades per buit i la distància entre partícules pot variar segons les forces o pressions externes. Si l'estudiant considerés que hi ha alguna cosa que no fos buit llavors aquestes partícules no serien partícules submicroscòpiques sinó que s'haurien d'interpretar com a bocinets de matèria.

4.3. La construcció de la idea 2 subidea a: les partícules estan en moviment continu

Per introduir la idea de moviment de les partícules es va plantejar l'activitat 4 en la qual es proposava als alumnes un experiment de difusió d'un perfum. Se'ls va proposar el disseny d'un experiment i després mitjançant la utilització d'una simulació es va procurar que els alumnes arribessin al món submicroscòpic per trobar una explicació del fenomen. Seguidament se'ls va demanar que elaboressin una explicació sobre com havia arribat el perfum als participants de l'experiment.

Vam trobar que les respostes dels alumnes es podien categoritzar en:

- sense relació amb la pregunta,
- fan una descripció del fenomen,
- les partícules s'escampen/expandeixen,

aquesta última categoria podria correspondre a la interpretació que fan els alumnes del moviment de les partícules del perfum. Alguns d'aquests alumnes fan servir diferents mecanismes per explicar el moviment: corrents d'aire (Andoni), fusió amb el buit (Agnès), reacció química (Joel), l'oxigen trasllada les partícules (Jèssica). Però cap d'ells explicita d'una manera clara que el perfum arriba als participants de l'experiment perquè les partícules del perfum i les partícules que formen les diferents substàncies de l'aire estan en moviment continu i això fa que xoquin i es moguin per tot l'espai i arribin a les nostres foses nasals. Podríem plantejar el dubte de si els alumnes entenen que perquè se senti el perfum és necessari que les partícules de perfum arribin als sensors que hi ha en els narius i que es transmeti la sensació al cervell. Aquesta qüestió es tracta en 3r de l'ESO i per tant és un contingut que es dona per assolit, ja que la nostra SEA no pot abordar totes les qüestions.

Com en l'apartat anterior una primera anàlisi ens va portar a definir aquestes categories primàries que es van contrastar amb la literatura existent comentada en el marc teòric i vam definir una dimensió que es va anomenar Dinamisme i que és concordant amb el treball de Talanquer (2009).

4.4. La dimensió Dinamisme

Aquesta dimensió informa de les concepcions dels alumnes en relació amb el moviment continu de les partícules que formen la matèria, és a dir, amb el fet que les partícules submicroscòpiques es mouen independentment de l'estat d'agregació en què es troben. Es poden distingir dues categories:

Sense moviment (SM): les partícules estan en repòs.

La resposta de la Fiona a la pregunta 4h il·lustra la conceptualització dels estudiants descrita en aquesta categoria:

En el següent vídeo es pot veure un got amb aigua en l'interior del qual s'ha posat una gota de colorant. Observeu què passa, ¿podríeu explicar per què es produeix aquest fet? Com explicariéu què passa a escala submicroscòpica, per què es produeix aquest fet?

“Doncs, si veiem el que ha passat en el nivell submicroscòpic és que les partícules de l'aigua i les del colorant es barregen [...] si mesquem aigua amb oli no es mesclen perquè no estan fetes de les mateixes substàncies malgrat que les dos substàncies siguin líquides”

La resposta de l'alumna fa referència a la naturalesa de les substàncies com la causa responsable del fenomen i no al moviment de les partícules.

Moviment (M): les partícules estan en moviment continu.

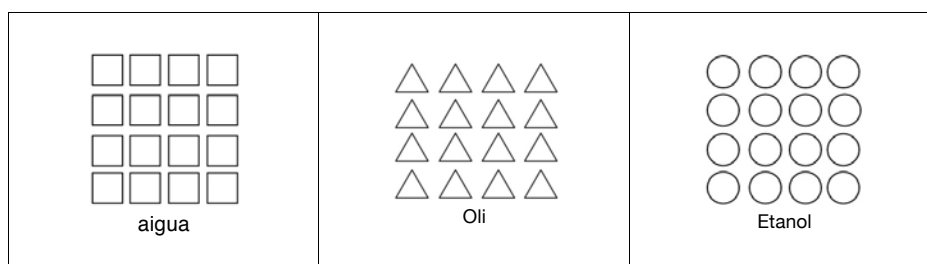
La resposta d'en Max a la pregunta 4h il·lustra la conceptualització dels estudiants descrita en aquesta categoria:

“Com que les partícules es van movent lliurement per tot l'espai que poden, arriba un moment que les partícules vermelles també ocupen tot el got, i per això es veu vermell”.

Treagust i col. (2010) van reportar que només una part petita dels estudiants participants en el seu treball (12,8%) explicaven la difusió del colorant en un tub d'assaig pel moviment aleatori de les partícules.

4.5. La construcció de la idea 2 subidea b: les partícules estan unides

Una vegada consensuat que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques i que aquestes estan en moviment continu vam proposar la realització de l'activitat 5 per conèixer si els alumnes pensen que la matèria està formada per partícules unides entre si. En aquesta activitat se'ls mostra uns esquemes que volen representar les partícules que formen l'aigua, l'oli i l'etanol. Se'ls pregunta si aquestes partícules estan unides entre si i en el cas que pensin que ho estan, se'ls demana que representin els lligams que hi poden haver entre les partícules (apartat 5a de l'activitat).



S'han analitzat les respostes dels alumnes i es troba que els alumnes consideren que les partícules de les substàncies:

- estan unides,
- no estan unides entre si.

Aquesta és una dada destacable, ja que només una minoria dels alumnes que han fet l'activitat consideren que les partícules que conformen la substància estan unides entre si. Podem interpretar doncs que només un petit grup d'estudiants ha captat la interacció entre les partícules. Una possible explicació d'aquest resultat podria ser l'apuntat per Griffiths i Preston, (1992) que diuen que la concepció d'unió per alguns estudiants pot no significar una força d'atracció.

No obstant això la proposta del nostre model escolar objectiu va més enllà de si les partícules estan unides o soltes i planteja la construcció d'un model més sofisticat de matèria per part dels alumnes en el qual aquests siguin capaços de distingir les unions entre partícules. És per aquesta raó que cal avançar en la construcció de les idees abans de presentar totes les categories relacionades amb les unions entre partícules.

4.6. La construcció de les idees 3 i 4: l'estructura bàsica de la matèria està formada per àtoms que és un tipus de partícula submicroscòpica i els ions són un altre tipus de partícula submicroscòpica

A les activitats 7vs1/6vs2, 8vs1/7vs2 es va treballar el concepte d'àtom, les seves característiques i alguna de les seves propietats a partir de la posició en la taula periòdica. A l'activitat 9 es va treballar el concepte d'ió, les seves característiques i la propietat elèctrica d'aquesta partícula amb càrrega. No es van recollir dades de la construcció d'aquestes idees.

4.7. La construcció de la idea 5: les molècules són partícules submicroscòpiques

4.7.1. Definició operacional de molècula i la seva conceptualització

A l'activitat 10vs1/9vs2 es va consensuar una definició operacional de molècula ja que, tal i com indiquen Ault, Novak i Gowin (1984) i Griffiths i Preston (1992), el concepte de molècula té una complexitat molt gran i necessita de molts conceptes abstractes per construir-lo. Per conèixer si els alumnes sabien aplicar aquesta definició es van utilitzar les dades de l'activitat 10 vs1/9vs2 en la qual es proposava als alumnes que fessin la següent tasca:

“D'acord amb la definició operacional de molècula (partícula formada per agrupacions d'àtoms no metàl·lics) i fent servir la taula periòdica digueu quines d'aquestes substàncies⁷ estarien formades per molècules. Justifica la teva resposta”

⁷ Se'ls donava una llista de 30 substàncies

A partir de les respostes s'han establert unes categories que ens permeten classificar les respostes dels estudiants en:

- Alumnes que apliquen la definició operacional de molècules com a agrupació d'àtoms no metàl·lics i que per tant no tenen cap dificultat a l'hora de l'aplicació de la definició.
- Alumnes que apliquen la definició operacional de molècula com agrupació d'àtoms no metàl·lics, però que no consideren molècules les agrupacions d'àtoms no metàl·lics iguals. Els alumnes que pertanyen a aquest grup no consideren les agrupacions d'àtoms iguals una agrupació, és a dir, que dos àtoms iguals no metàl·lics no els consideren una molècula.
- Alumnes que no apliquen la definició operacional de molècula com agrupació d'àtoms no metàl·lics.

A la taula 4.7.1 es mostren les categories i els exemples que il·lustren cadascuna de les categories que s'han codificat.

Taula 4.7.1. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 10b vs1 i exemples de les categories

Categoria	Exemple
Aplicació de la definició operacional de molècula com a agrupació d'àtoms no metàl·lics i que també consideren molècules les agrupacions d'àtoms no metàl·lics iguals.	<p><i>H₂O: Sí, perquè aquestes partícules són no metàl·liques i hi ha més d'una.</i></p> <p><i>S₈: Sí, perquè aquestes partícules són no metàl·liques i hi ha més d'una.</i></p> <p><i>Pb_n: No, perquè la partícula del plom, és metàl·lica.</i></p> <p><i>NaCl: No, perquè una molècula són agrupacions d'àtoms no metàl·lics, i aquí hi ha un metàl·lic i un no metàl·lic.</i></p> <p><i>CaCO₃: No, perquè una molècula són agrupacions d'àtoms no metàl·lics, i aquí hi ha un metàl·lic i un no metàl·lic.” (ANIOL)</i></p>
Aplicació de la definició operacional de molècula com agrupació d'àtoms no metàl·lics però que no consideren molècules les agrupacions d'àtoms no metàl·lics iguals.	<p><i>H₂O: Sí, són àtoms no metàl·lics i és una agrupació</i></p> <p><i>S₈: No, perquè encara que el sofre és un àtom no metàl·lic, no és una agrupació d'àtoms no metàl·lics.</i></p> <p><i>Pb_n: No, perquè no és un àtom no metàl·lic</i></p> <p><i>NaCl: No, perquè no és un àtom no metàl·lic</i></p> <p><i>P₄: No, perquè encara que el fòsfor és un àtom no metàl·lic, no és una agrupació d'àtoms no metàl·lics</i></p> <p><i>I₂: No, perquè encara que el iode és un àtom no metàl·lic, no es una agrupació d'àtoms no metàl·lics” (ANDREA)</i></p>
Aplicació de la definició operacional de molècula com agrupació d'àtoms no metàl·lics.	<p><i>H₂O: Sí. Perquè l'hidrogen i l'oxigen són àtoms no metàl·lics</i></p> <p><i>S₈: Sí. Perquè el sofre és un àtom no metàl·lic</i></p> <p><i>CaCO₃: Sí. No metàl·lics</i></p> <p><i>MgO: Sí. No metàl·lics</i></p> <p><i>Al₂O₃: Sí. Perquè l'oxigen és no metàl·lic</i></p> <p><i>Cu_n: Sí. Perquè el coure és no metàl·lic</i></p> <p><i>ZnS: Sí. Perquè el sofre és no metàl·lic (AGNÈS)</i></p>

L'anàlisi de les respostes ens permeten dir que un nombre significatiu dels estudiants és capaç de fer servir la definició operacional de molècula per identificar aquest tipus de partícula.

4.7.2. Nivells de representació de molècules i la seva justificació

Tal com hem comentat en l'apartat anterior la idea de molècula és una idea difícil d'assumir pels alumnes i per aquesta raó s'havia treballat amb més profunditat. Vam voler assegurar-nos de quina era la idea que tenien els estudiants de les molècules i amb aquesta intenció vam demanar-les que completessin la segona part de l'activitat 12jvs1. En aquesta activitat se'ls va sol·licitar la identificació i justificació de les representacions que concorden amb la idea de molècula de glucosa, molècula de iode i molècula de sofre. Les representacions que es van proposar són les de la figura 4.7.1. Prèviament, és clar, s'havien donat unes pautes de com fer representacions.

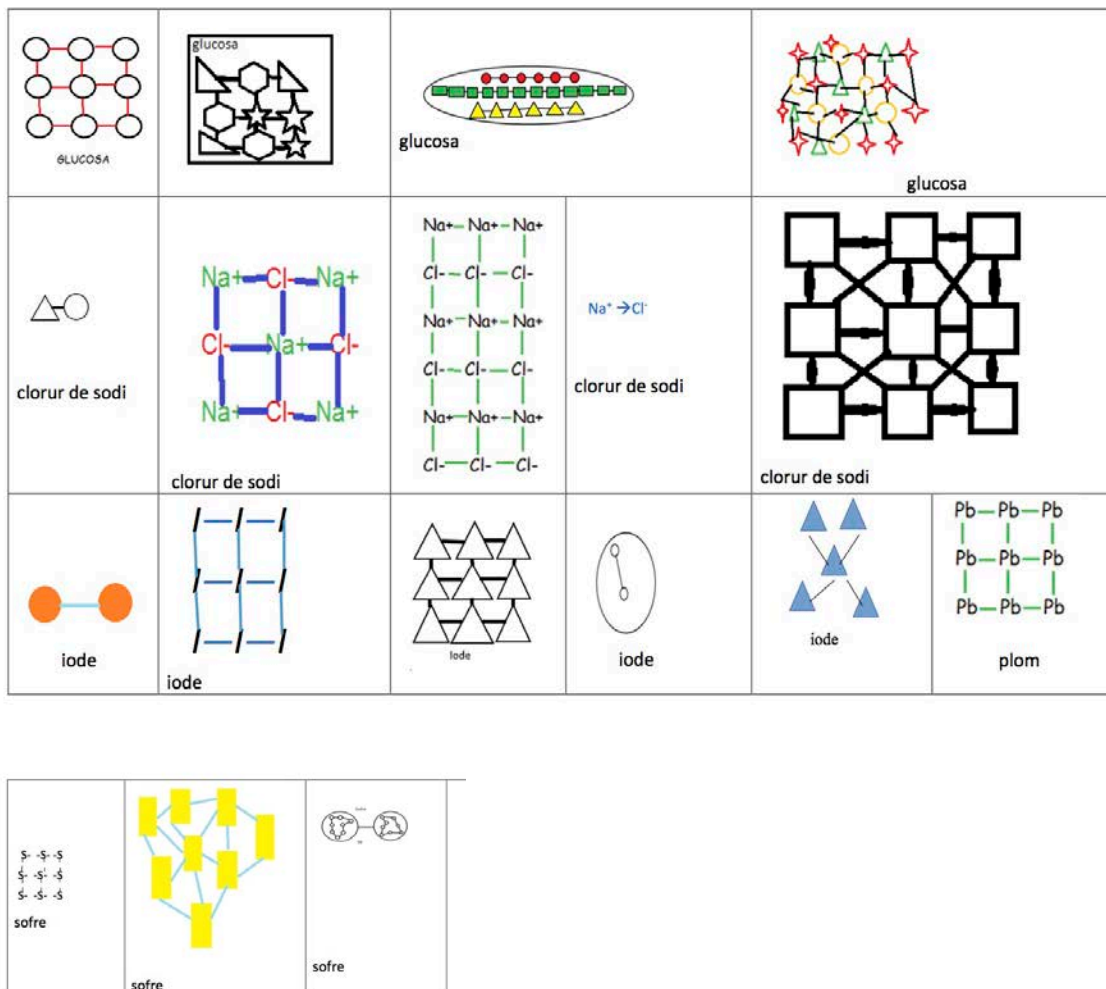


Figura 4.7.1. Representacions proposades als alumnes en l'activitat 12jvs1

L'enunciat de la segona part de l'activitat diu:

Identifiqueu quines representacions de la figura són compatibles amb **una molècula** de glucosa, una molècula de iode i una molècula de sofre.

En cas que no estigueu d'acord amb els models que us proposem representeu la vostra proposta.

Els resultats d'aquesta tasca es recullen en la taula 4.7.2.

Taula 4.7.2. Identificació i justificació de les representacions compatibles amb les molècules i la seva freqüència

Molècula	Freqüència (n=18)
Identificació i justificació de les representacions compatibles amb les molècules de glucosa.	100%
Identificació i justificació de les representacions compatibles amb les molècules de iode.	100%
Identificació i justificació de les representacions compatibles amb les molècules de sofre.	73%

Tots els alumnes identifiquen la molècula de glucosa i la de iode i el 73 % identifiquen la molècula de sofre a partir de la seva representació. Per aprofundir en l'anàlisi d'aquesta idea de molècula a continuació es detallen les justificacions que donen els alumnes.

Justificació de l'elecció de la representació compatible amb una molècula de glucosa

Un grup d'estudiants justifiquen la seva elecció perquè la molècula de glucosa està formada per un conjunt d'àtoms (o la unió d'àtoms) no metàl·lics. En aquest grup alguns dels alumnes especifiquen la quantitat de cadascun dels tipus d'àtoms (6C, 12 H i 6O).

Un altre grup d'alumnes indiquen que les molècules són un conjunt d'àtoms units (6C, 12H i 6O) sense especificar la naturalesa no metàl·lica d'aquests àtoms.

Hi ha un tercer grup d'estudiants que parlen del fet que tots els àtoms o components estan units entre si, però sense especificar quins i quina és la seva naturalesa. Cal destacar el fet que dos dels alumnes d'aquest grup parlen d'una molècula sòlida de glucosa, és a dir, que identifiquen les propietats de la substància en les molècules. Aquests alumnes, tot i que fan servir el terme molècula, sembla que no han desenvolupat la idea de la molècula com a partícula submicroscòpica. Trèiem aquesta conclusió perquè el fet d'atribuir propietats macroscòpiques a un partícula submicroscòpica indica que no interpreten l'estat de la substància com l'emergència de la relació de les partícules com a col·lectiu que forma la substància i atribueixen l'estat de la substància a la partícula i per tant no pot ser una partícula

submicroscòpica. Aquests resultats els podem trobar també en altres autors (Boz, 2006, Brook, Briggs i Driver, 1984; Sanmartí i Izquierdo, 1995).

Així podem dir que encara que tots els alumnes identifiquen les molècules de glucosa, darrere d'aquest terme molècula hi ha concepcions diferents. Hem trobat evidències, a través de les representacions i les justificacions, de concepcions diferents del terme molècula de glucosa.

Justificació de l'elecció de la representació compatible amb una molècula de iode

Un grup de 5 alumnes (l'Andoni, l'Andrea, la Rita, la Neus i la Mar) justifiquen la seva elecció de representació compatible amb una molècula de iode perquè consideren que una molècula de iode és un conjunt o la unió de dos àtoms no metàl·lics de iode. Un altre grup de 5 alumnes (l'Aniol, l'Aloma, l'Agnès, en Joel, la Jèssica, en Cesc i en Nico) justifiquen l'elecció perquè consideren que la molècula de iode és un conjunt o la unió de dos àtoms de iode. Finalment, un alumne parla de molècula de iode com a 2 àtoms units.

Veiem doncs que els alumnes justifiquen la tria de la representació compatible amb la molècula de iode en funció del nombre d'"àtoms" que hi ha encara que la majoria indiquen que aquests àtoms no poden ser qualsevol classe d'àtom: han de ser no metàl·lics i de iode. A la vista de les justificacions podem afirmar que els alumnes estan utilitzant la definició operacional de molècula i la identificació de l'àtom de iode com un àtom no metàl·lic. Sembla que aquests estudiants han incorporat la idea de molècula tal com s'ha definit a la instrucció: conjunt d'àtoms no metàl·lics.

Aquest resultat contrasta amb el resultat obtingut per la molècula de glucosa, ja que alguns alumnes (Agnès i Nico) identifiquen els àtoms (de iode) en la molècula de iode però no ho fan en el cas de la molècula de glucosa. En el cas del Martí, tant en la molècula de glucosa com en la molècula de iode, només parla d'àtoms units.

Trobem de nou una falta de consistència en la seves concepcions i, tal com apunta Pintó (1991), només podem descriure-les.

Justificació de l'elecció de la representació compatible amb una molècula de sofre

Un grup de 3 alumnes (l'Andoni, l'Andrea i la Neus) justifiquen la seva elecció de representació compatible amb una molècula de sofre perquè és un conjunt o la unió de 8 àtoms no metàl·lics de sofre. Un grup de 6 alumnes (l'Agnès, l'Aniol, l'Aloma, en Cesc, la Jèssica i en Nico) justifiquen l'elecció perquè la representació compatible amb una molècula de sofre és un conjunt o la unió de 8 àtoms de sofre, en aquest cas s'obvia el caràcter no metàl·lic de l'àtom

de sofre. En Martí justifica la seva elecció dient que és una molècula perquè es diferencien tots els àtoms.

En resum, les justificacions de per què les partícules que formen les substàncies glucosa, iode i sofre són molècules es podríem agrupar en tres categories:

- Conjunt o unió d'àtoms no metàl·lics. Aquesta categoria seria concordant amb la donada en l'activitat 12 com a definició operacional de molècula i que correspondria amb la concepció de molècula que volem que construeixen els alumnes.
- Conjunt o unió de determinats tipus d'àtoms. En aquest cas els alumnes busquen una correspondència entre la fórmula de la substància i la representació sense relacionar la seva elecció amb la definició operacional de molècula donada anteriorment.
- Conjunt o unió d'àtoms. En aquest cas els alumnes no distingeixen el tipus d'àtoms que formen la partícula. Creiem que aquesta idea de molècula pot suposar un obstacle per poder identificar i distingir la resta de partícules que formen les substàncies (ions i àtoms metàl·lics), ja que la identificació del caràcter metàl·lic o no metàl·lic encara que sigui a partir de la posició en la taula periòdica ajuda a identificar el tipus de partícula.

Tanmateix podem veure que la majoria dels alumnes no són consistents en les seves justificacions en aquesta mateixa tasca. Així només dos alumnes (l'Andoni i l'Andrea) mantenen la justificació que una molècula és un conjunt o unió d'àtoms no metàl·lics en tot el procés. Trobem la mateixa inconsistència en la utilització de la justificació de molècula com a un conjunt de determinats tipus d'àtoms en totes les substàncies, ja que només dos alumnes (l'Aloma i la Jèssica) utilitzen aquesta justificació en totes tres eleccions.

Si comparem aquests resultats amb els resultats obtinguts en els apartats anteriors de l'activitat, veiem que alguns dels alumnes que feien servir la definició operacional de molècula en l'activitat 10vs1 no la fan servir en la justificació de les seves eleccions. Aquests resultats mostren de nou una falta de consistència en les idees dels alumnes entre activitats la qual cosa no ha de sorprendre tenint en compte el que passa en una mateixa tasca. Només un dels alumnes fa servir de manera sistemàtica i consistent la idea de molècula per la justificació de totes les eleccions de les representacions proposades.

Semblaria doncs que aquest disseny tot i que treballa específicament la idea de molècula no ha permès una concepció de molècula consolidada i consistent en els estudiants.

4.8. La construcció de la idea 6: la unió entre partícules pot tenir diferent intensitat segons sigui el tipus de partícula

Després de la introducció de les idees 3, 4 i 5 cal establir una relació entre les partícules que formen la matèria i la relació entre aquestes partícules. Per establir aquesta relació els alumnes han de construir la idea de substància i conèixer que existeixen diferents tipus de substàncies: moleculars, iòniques i metàl·liques. Això ens porta a la construcció de la idea 6. Tot seguit exposem quines concepcions tenen els estudiants.

4.8.1. Conceptualització de les substàncies moleculars

En l'apartat g de l'activitat 12 de la versió 1 de la SEA (12gvs1) es demanava als alumnes una representació de diferents substàncies moleculars (sofre, iode, glucosa, benzè i neoprè) en estat sòlid a escala submicroscòpica.

El que s'esperava que fessin els alumnes és representar les diferents substàncies moleculars en estat sòlid mitjançant la utilització d'un símbol (♣, ▲, ■, □, ○) que representés cadascuna de les molècules de la substància que estan unides entre si en l'estat sòlid. En la llegenda haurien d'especificar què significava cada símbol.

Una majoria dels alumnes, quan els demanem que representin una substància sòlida molecular a escala submicroscòpica, utilitzen símbols que són compatibles amb les representacions de les molècules que formen el sòlid en el nivell submicroscòpic, és a dir, els símbols que utilitzen poden representar molècules de sofre, de iode, de glucosa o de benzè. Durant l'anàlisi d'aquest grup hem trobat que:

Hi ha alguns alumnes que fan servir lletres per representar el sòlid com l'Andoni (Figura 4.8.1) i d'altres com l'Andrea (Figura 4.8.2) que fa servir símbols.

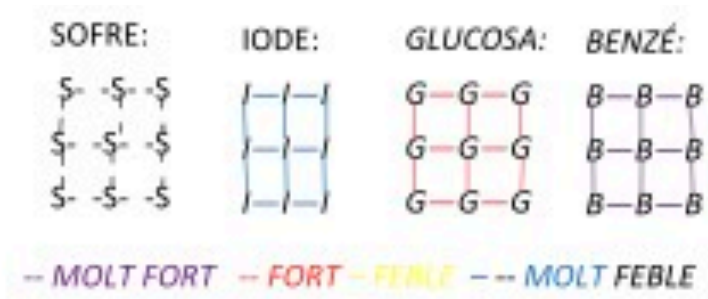


Figura 4.8.1. Representació de l'Andoni de les substàncies moleculars en estat sòlid

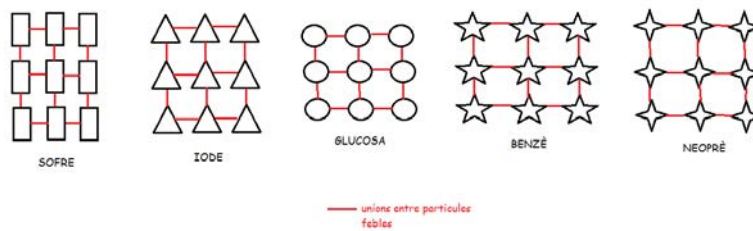


Figura 4.8.2. Representació d'Andrea de les substàncies moleculars en estat sòlid

N'hi ha d'altres que han fet representacions dels sòlids moleculars que correspondrien a representacions de només una molècula de la substància que se'ls demana. Així tenim que aquests alumnes representen les molècules de sofre, iode, glucosa, benzè i neoprè utilitzant diferents símbols pels àtoms que formen la molècula, és a dir, representen la molècula de sofre com la unió de 8 àtoms de sofre, la molècula de glucosa com la unió de 6 àtoms de carboni, 12 àtoms d'hidrogen i 6 àtoms d'oxigen, la molècula de neoprè com a 4 àtoms de carboni, 5

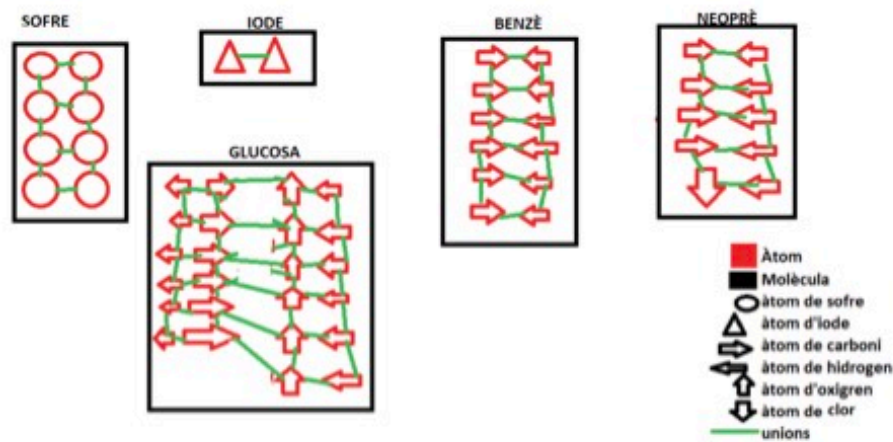


Figura 4.8.3. Representació d'en Martí de les substàncies moleculars en estat sòlid

àtoms d'hidrogen i 1 àtom de clor i la molècula de benzè com a 6 àtoms de carboni i 6 àtoms d'hidrogen. Un exemple d'aquesta categoria són les representacions d'en Martí (Figura 4.8.3). Podríem dir que aquest grup d'alumnes no ha desenvolupat la idea de substància com formada per un col·lectiu de partícules, ja que només representen una molècula per representar la substància.

Per poder interpretar que l'estudiant considera que la substància està formada per un conjunt de molècules iguals a les indicades hauria d'haver especificat d'alguna manera (amb un comentari) o amb conjunts de quadrats units entre si encara que només un d'ells tingués en el seu interior el detall dels àtoms que componen la molècula tal com apunta la representació d'en Cesc (Figura 4.8.4).

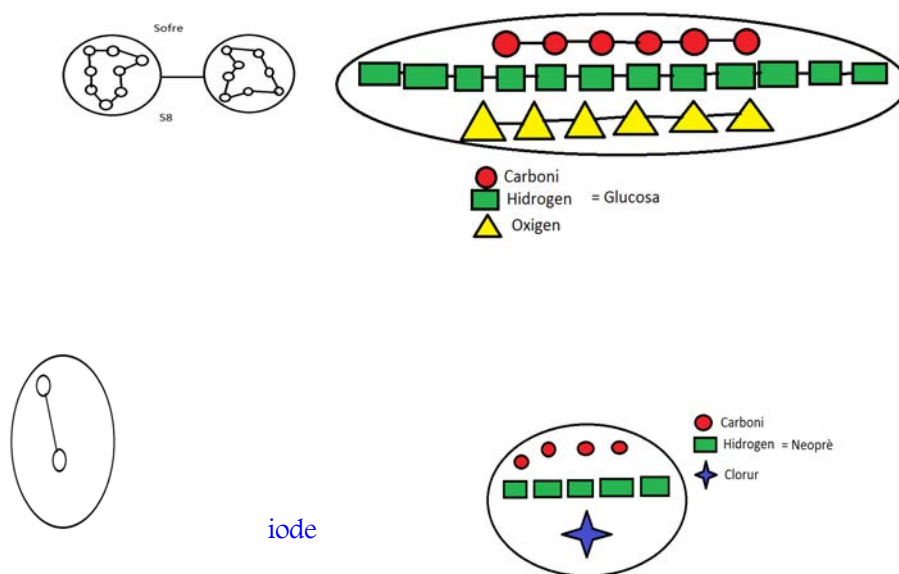


Figura 4.8.4. Representació d'en Cesc de les substàncies moleculars en estat sòlid

Així aquest alumne representa dues molècules de sofre (dos cercles) units entre si, en l'interior de les quals hi ha 8 àtoms de sofre units entre si. Es podria interpretar que aquest alumne representa el sòlid molecular format per dues molècules. Tot i això, utilitza un cercle en l'interior del qual hi ha la representació de dos àtoms de iode units entre si per la representació de la substància iode. Podríem dir que aquest alumne estaria en un estadi intermedi de la idea de substància com a col·lectiu de partícules.

No obstant això, semblaria que aquests cinc alumnes distingeixen perfectament entre àtoms i molècules.

Un exemple d'una altra categoria serien les representacions de l'Aloma (Figura 4.8.5) en les quals es pot veure que els seus dibuixos no es corresponen ni amb les representacions dels sòlids moleculars ni amb les representacions d'una de les molècules que formen les substàncies moleculars proposades, ja que en la representació utilitza diferents símbols, per exemple 3 símbols diferents si en la fórmula de la substància apareixen tres tipus d'àtoms però no en la proporció indicada en la fórmula. Per tant, podríem dir que sembla que aquesta alumna no ha desenvolupat la idea de molècula, ni la idea de proporcionalitat.

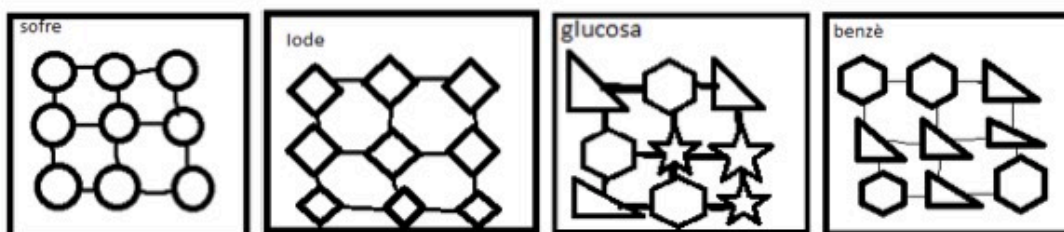


Figura 4.8.5. Representació de l'Aloma de les substàncies moleculars en estat sòlid

Aquesta anàlisi de les representacions ens permet agrupar-les en 3 categories tal com es recull a la taula 4.8.1.

Taula 4.8.1. Classificació de les respostes dels alumnes de l'activitat 12g vs1 i freqüències

Categoria	Freqüència (n=18)
No representació de molècules.	6%
Representació només de molècules.	29%
Representació de sòlids moleculars com agrupacions de molècules.	65%

Veiem doncs que demanar-los-hi la representació a escala submicroscòpica ens permet obtenir informació addicional sobre les concepcions de matèria que tenen els estudiants. La informació que ens proporcionen aquests resultats té a veure amb com imaginem o pensem els estudiants la configuració de les molècules en la substància: com estan distribuïdes en l'espai (configuració), com són (de què estan formades les molècules) i com es relacionen entre elles (com s'uneixen entre si per formar una substància). Tal com s'ha mostrat en l'apartat 4.6 una cosa és "saber" que són les molècules o fer servir una definició operacional de molècula i una altra molt diferent és imaginar-se com aquestes molècules estan relacionades entre si per

formar una substància que es presenta en un estat d'agregació determinat (en aquest cas l'estat sòlid). Pensem que l'adquisició d'aquesta capacitat pot ser determinant per la construcció del model dels estudiants consistent amb el model escolar. Per tant, per caracteritzar les concepcions sobre la matèria que tenen els alumnes cal establir una dimensió que ens aportí informació sobre la diversitat o tipus de partícules i una altra que ens aportí informació sobre com interaccionen aquestes partícules.

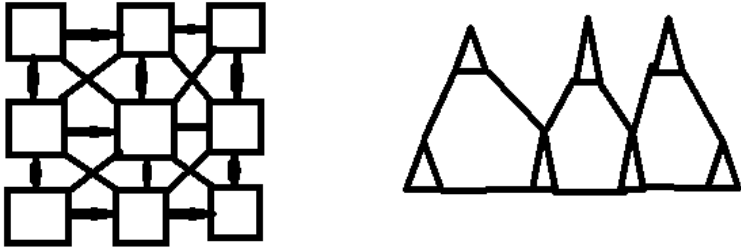
4.8.2. Conceptualització de les substàncies iòniques

En l'apartat h de l'activitat 12 de la versió 1 de la SEA (12hvs1) es demana als alumnes que representin les substàncies sòlides clorur de sodi i bromur de potassi a escala submicroscòpica.


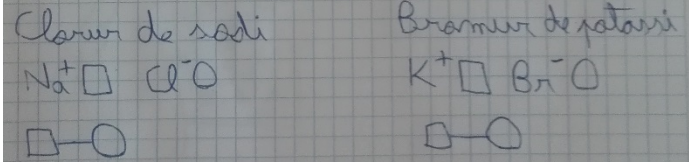
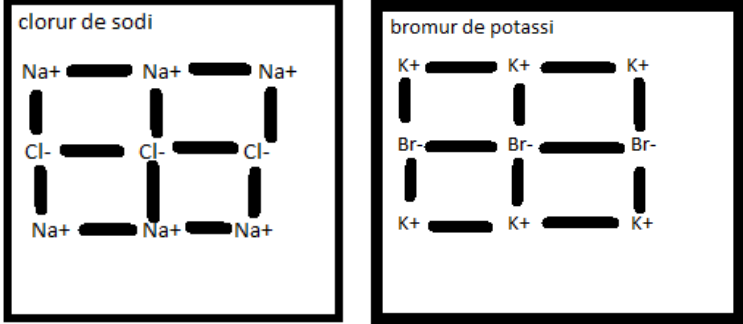
El que s'espera que facin els alumnes és representar les substàncies iòniques proposades (clorur de sodi i bromur de potassi) en estat sòlid com a una unió infinita d'ions positius i negatius amb una distribució alternant que permeti la interacció entre les càrregues positives i negatives. En aquest cas es proposa als alumnes que facin servir els símbols Na^+ , Cl^- , K^+ i Br^- .

A la taula 4.8.2 es recullen les diferents categories que emergeixen de l'anàlisi de les dades de l'activitat 12hvs1 i alguns exemples.

Taula 4.8.2. Classificació de les respostes de l'activitat 12hvs1 i exemples de les categories

Categoria	Exemple
Representació d'unions de "molècules".	<p> □ Clorur de sodi △ Bromur de potasi </p>  <p style="text-align: center;">(JAN)</p>

(segueix)

Categoria	Exemple
<p>Representació d'unió de dos àtoms.</p>	 <p style="text-align: center;">Clorur de sodi</p> <p style="text-align: center;">(CESC)</p>
<p>Representació d'unió de dos ions (positiu i negatiu).</p>	 <p style="text-align: center;">(NICO)</p>
<p>Representació de parelles d'ions (positiu i negatiu).</p>	<p style="text-align: center;"> $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ </p> <p style="text-align: center;">(JOEL)</p>
<p>Representació d'unions infinites d'ions positius i negatius disposats per capes d'ions positius i negatius.</p>	 <p style="text-align: center;">(ALOMA)</p>
<p>Representació d'unions infinites d'ions positius i negatius disposats de manera alternant.</p>	<p style="text-align: center;"> $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^- \text{---} \text{Na}^+$ $\text{Cl}^- \text{---} \text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \text{---} \text{Cl}^- \text{---} \text{Na}^+$ </p> <p style="text-align: center;">Clorur de sodi</p> <p style="text-align: center;"> $\text{K}^+ \text{---} \text{Br}^- \text{---} \text{K}^+$ $\text{Br}^- \text{---} \text{K}^+ \text{---} \text{Br}^-$ $\text{K}^+ \text{---} \text{Br}^- \text{---} \text{K}^+$ </p> <p style="text-align: center;">Bromur de potassi</p> <p style="text-align: center;">(NEUS)</p>

En Jan representa els sòlids iònics com a unions de clorurs de sodi o de bromurs de sodi, és a dir, com si els sòlids iònics estiguessin formats per unions de “molècules” (clorur de sodi o

bromur de potassi). Aquest resultat ja ha estat reportat per altres autors (Baker i Miller, 2000, Harrison i Treagust, 2000, Taber, 2001, Tan i Treagust, 1999). En Cesc representa el sòlid iònic com una unió de dos àtoms. Tenim un altre grup d'alumnes que representen els sòlids iònics com la unió d'únicament dos ions (positiu i negatiu) tal com ho fa el Nico. En Joel i altres representen un sòlid iònic com parelles de ions (positiu i negatiu) sense cap estructura de xarxa. Un altre grup d'alumnes fa representacions en les quals alternen els ions en fileres de manera que hi ha una filera d'ions negatius i una altra d'ions positius sense tenir en compte la repulsió elèctrica de les càrregues iguals dels ions tal com ho fa l'Aloma. Per últim, alguns alumnes fan representacions dels sòlids iònics com a unions infinites d'ions positius i negatius com la Neus.

A la vista dels resultats és important destacar que un nombre significatiu d'estudiants identifica les partícules ions com a constituents de les substàncies iòniques. Tot i això, trobem que pels alumnes resulta difícil imaginar-se com els ions es relacionen entre si per formar una substància que es presenta en un estat d'agregació determinat (en aquest cas l'estat sòlid). La representació de les substàncies iòniques en estat sòlid suposa un pas més en la demanda que se'ls fa als estudiants i que han de superar perquè la seva concepció de matèria sigui consistent amb el model escolar.

4.8.3. Conceptualització de les substàncies metàl·liques

Seguint l'esquema de la SEA en la introducció de les idees clau i subidees, en aquest apartat de l'activitat (12ivs1) es demana als alumnes que facin una representació a escala submicroscòpica de les substàncies sòlides plom i cadmi⁸.

El que s'espera que facin els alumnes és representar les diferents substàncies metàl·liques sòlides proposades (plom i cadmi) formades per la unió infinita d'àtoms. Se'ls proposa que facin servir els símbols Pb per indicar els àtoms de plom i Cd per indicar els àtoms de cadmi.

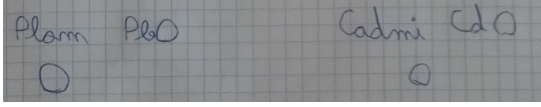
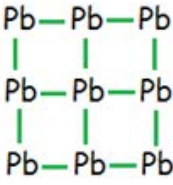
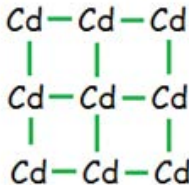
Alguns alumnes representen un sòlid metàl·lic com la unió infinita d'àtoms metàl·lics iguals.

Altres com en Nico representen els sòlids metàl·lics com a un únic àtom.

A la taula 4.8.3 s'han recollit les categories que sorgeixen de l'anàlisi de les dades de l'activitat 12ivs1 i els exemples de les categories.

⁸És important tenir en compte que en aquesta proposta d'ensenyament-aprenentatge s'ha evitat deliberadament la utilització del model de substància metàl·lica com a una xarxa cristal·lina de cations immersa en un mar d'electrons o envoltada d'un núvol d'electrons, ja que aquest model distorsionaria molt el nostre propòsit que és que els alumnes distingeixen els diferents tipus de partícules que componen les substàncies (àtoms, ions i molècules).

Taula 4.8.3. Classificació de les respostes de l'activitat 12ivs1 i exemples de les categories

Categoria	Exemple
Representen un únic àtom.	 <p>(NICO)</p>
Representen unions infinites d'àtoms metàl·lics iguals.	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Plom</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Cadmi</p>  </div> </div> <p style="text-align: center; color: green;">— unions entre àtoms fortes</p> <p>(ANDREA)</p>

Veiem que per alguns estudiants la substància està formada només per una partícula mentre que per la majoria dels estudiants les substàncies metàl·liques estan formades per un nombre infinit d'unions entre àtoms metàl·lics. Es confirma, com en els casos anteriors (substàncies moleculars i substàncies iòniques), que hi ha alumnes que no han assolit la idea que una substància està formada per un col·lectiu de partícules que es relacionen entre elles encara que siguin capaços d'identificar aquestes partícules.

4.9. La construcció de la idea 7: qualsevol classe de canvi físic o químic de la matèria es pot explicar a través de la interacció entre els diferents tipus de partícules (àtoms, ions i molècules)

Una vegada s'han introduït les idees necessàries per construir el model cal que els estudiants incorporin la idea 7 per completar la construcció del model de matèria que proposa la ciència per explicar els fenòmens del món físic. La nostra proposta didàctica (SEAvs1) planteja l'aplicació del model mental que els alumnes han construït i que hem anomenat model en el moment Substància. Així en aquesta recerca es vol estudiar si els estudiants apliquen aquest model a dos canvis concrets de la matèria: un que s'inclouria en l'anomenat canvi físic i un altre que s'encabiria en l'anomenat canvi químic. Per això es van dissenyar les activitats:

15vs1/14vs2. Quins tipus d'unió es trenquen en un canvi d'estat? i

16vs1/15vs2. Quins tipus d'unió es trenquen quan es crema una substància?

les respostes de les quals són les dades de la nostra anàlisi. Tot seguit passem a descriure els resultats. Cal recordar que al llarg de la SEA els alumnes han adquirit les destreses necessàries per fer les representacions de les substàncies a escala submicroscòpica.

4.9.1. Interpretació del canvi físic

En l'activitat 15vs1/14vs2 es proposava veure un vídeo en el qual es produïa la fusió de la cera (parafina). Tot seguit se'ls feia una bateria de preguntes perquè els estudiants centressin la mirada primer en el que passava en el món macroscòpic i a continuació se'ls preguntava sobre el que podia estar passant en el món submicroscòpic durant la fusió de la cera. També se'ls demanava que inventessin alguna manera de representar el canvi que tenia lloc en el nivell submicroscòpic tenint en compte el tipus de partícula que forma la cera. Se'ls donava la fórmula empírica de la cera i se'ls suggeria dues maneres de representar les partícules submicroscòpiques de cera: una més senzilla (rectangles de color verd) i una altra més sofisticada (rectangles de color verd en l'interior dels quals hi ha havia cercles blancs, negres i vermells units entre si que simbolitzaven els àtoms d'hidrogen, carboni i oxigen respectivament).

L'enunciat de l'activitat 15vs1/14vs2 és:

“La cera és una substància formada per àtoms de carboni i hidrogen que s'uneixen entre si i formen molècules. A temperatura ambient la cera es troba en forma d'un sòlid blanc i tou que es fon a una temperatura de 45° C (318 K).

Us proposem que mireu el següent vídeo:



Resultats (Què passa?)

a) Anoteu el que heu observat en l'experiment:



Interpretació dels resultats (Per què passa?)

b) Contesteu les següents preguntes per ajudar-vos a explicar què ha passat.

Quina és la substància inicial? Quina és la substància final?

Quin canvi s'ha produït?

Quins canvis creus que s'han produït a escala submicroscòpica?

Inventeu alguna manera de representar el canvi anterior a nivell submicroscòpic tenint en compte quin tipus de partícula forma la cera. La fórmula química de la cera és $C_{18}H_{36}O_2$ i les partícules que formen la cera es poden representar com :

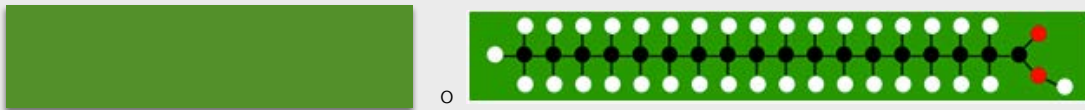


Figura 4.9.1. Representació de les partícules de cera


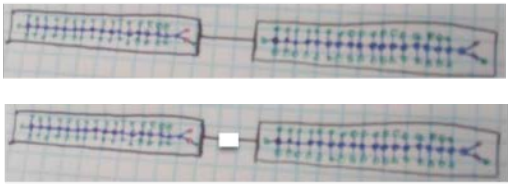
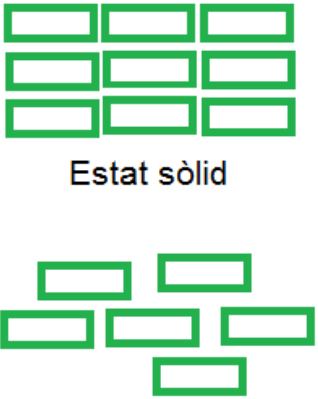
<p>Representació submicroscòpica de la substància abans del canvi (estat sòlid)</p>	<p>Representació submicroscòpica de la substància després del canvi (estat líquid)</p>
---	--

El que s'esperava que fessin els alumnes en les respostes era que indiquessin que en el canvi d'estat es trencaven les unions entre les molècules de cera, que les partícules estaven més desordenades i que indiquessin que aquestes es movien més ràpidament. També s'esperava que els alumnes representessin la cera sòlida a escala submicroscòpica com a quadradets de color verd units entre si amb una distribució ordenada i la cera líquida com a quadradets de color verd units entre si amb unes línies més primes o parcialment no unides (no totes les partícules unides) i amb una distribució menys ordenada i que indiquessin d'alguna manera que aquestes partícules es movien en l'estat líquid més ràpidament i amb més llibertat que en l'estat sòlid, per exemple fent servir símbols com "" més o menys grans. Aquests tipus de representacions s'havien treballat a classe en les activitats anteriors quan introduïen les diferents idees clau. No s'esperava que els alumnes que fessin servir la representació en la qual es mostrava la molècula com a formada pels diferents àtoms modifiquessin cap paràmetre de la conformació interior (disposició dels àtoms i de les unions), ja que en el canvi físic no es modifiquen les molècules ni les seves estructures.

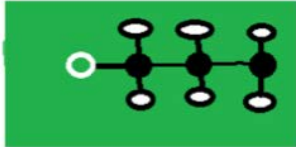

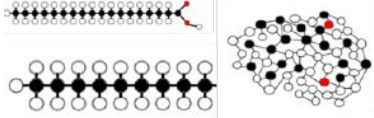
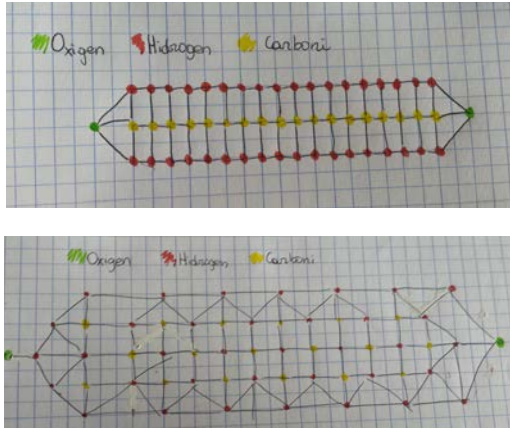
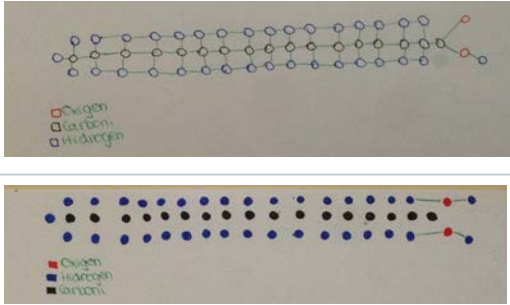
A partir de l'anàlisi de les respostes dels alumnes es troba que, per descriure el canvi que s'ha produït, els alumnes parlen de trencament de les unions entre partícules, de canvis en l'espai i l'ordre de les partícules, de l'augment de separació entre les partícules, de l'augment de la separació entre les molècules, de l'augment de separació entre els àtoms i fins i tot hi ha un alumne que parla de la reacció entre els àtoms de carboni i hidrogen amb l'oxigen. Quan s'analitzen les representacions dels estudiants pel canvi físic podem saber a què es refereixen els estudiants quan parlen de partícules en la majoria de respostes. La informació addicional que ens proporcionen les representacions ens hi ha permès fer una classificació de la interpretació del canvi físic a escala submicroscòpica. A la taula 4.9.1 es recullen les categories trobades a partir de la descripció i de la representació que fan els alumnes i s'il·lustren amb exemples.

Així podem veure que els alumnes parlen d'un canvi en l'ordre de les partícules de l'estat sòlid al líquid, però en les representacions es veu a quin tipus de partícules es refereixen. De la mateixa manera, els alumnes es refereixen a un trencament de les unions entre partícules, però en alguns casos es refereixen a les unions entre àtoms i en altres a les unions entre molècules. Els alumnes també fan representacions en les quals es veu que s'han allargat o afeblit les unions entre partícules, però en uns casos es refereixen a les unions entre àtoms i en altres a les unions entre molècules.

Taula 4.9.1. Descripció dels alumnes del canvi físic (respostes a les preguntes) i representacions

Categoria	Freqüència (n=17)	Descripció	Representacions
Trencament o afebliment de les unions entre molècules, separació entre les molècules o desordre de les molècules	35%	<p><i>“Les partícules de cera d’estar compactes a separar-se” (JOEL)</i></p>	 <p>(JOEL)</p>
		<p><i>“Les molècules de cera s’han separat però no del tot” (ANDONI)</i></p>	 <p>(ANDONI)</p>
		<p><i>“El espai entre partícules i l’ordre. (XÈNIA)”</i></p>	 <p>Estat sòlid</p> <p>Estat líquid</p> <p>En estat sòlid les partícules de la substància estan més juntes i ordenades, per això en el meu dibuix ho he dibuixat així, però quan la substància està en estat líquid les seves partícules estan juntes però més desordenades i per això en el dibuix estan juntes però bastant desordenades.</p>

(segueix)

Categoria	Freqüència (n=17)	Descripció	Representacions
Trencament o afebliment de les unions entre àtoms separació entre àtoms o desordre dels àtoms	65%	<p>“Les partícules s’anaven separant” (CESC)</p>	<p>Substància sòlida [partícules molt més juntes formen una estructura].</p>  <p>Més distància entre les partícules (més separades)</p>  <p>(CESC)</p>
		<p>“Les unions entre partícules s’han tornat més febles” (ANIOL)</p>	 <p>(ANIOL)</p>
	<p>“Les partícules han passat d’estar juntes i ordenades a estar separades” (AIDA)</p>	 <p>(AIDA)</p>	
	<p>“Les partícules s’anaven desprenen.” (MAR)</p>	 <p>(MAR)</p>	

En resum, a partir de l'anàlisi de les respostes dels alumnes a la pregunta que plantejàvem i de les representacions que fan s'ha vist que els alumnes interpreten el canvi físic en funció de l'ordre o desordre de les partícules i de l'afebliment o trencament de les unions entre partícules. Aquest resultat estaria d'acord amb els resultats reportats per Boz, 2006, Brook, Briggs i Driver 1984, Gabel, Hunn i Samuel, 1987 i Pereira i Pestana, 1991.

Ara bé, aquesta demanda ha permès veure si els alumnes són capaços de mobilitzar totes les característiques del model científic proposat. Alguns alumnes fan la representació de la cera en estat sòlid com a formada per partícules de cera (molècules) unides entre si sense especificar com són aquestes partícules. Atribueixen el canvi d'estat de sòlid a líquid al trencament o afebliment de les unions, separació o desordre de les partícules de manera que representen la cera en estat líquid com formada per partícules de cera (molècules) sense unions o amb unions més febles entre partícules, separades o desordenades. Altres alumnes interpreten que la cera està formada en l'estat sòlid potser per una única partícula que al seu torn està formada per la unió d'alguns àtoms (18 de C, 36 d'H i 2 d'O). Atribueixen el canvi físic al trencament o afebliment de les unions, a la separació o al desordre dels àtoms. Així representen la cera en estat líquid potser com a una única molècula de cera en la qual els àtoms que la formen estan desordenats o més separats i les unions s'han afeblit o s'han trencat.

Volem destacar que encara que s'ha treballat de manera explícita en les activitats anteriors els diferents tipus de partícules (àtoms, molècules i ions) que formen les substàncies en el nivell submicroscòpic i se'ls han donat eines per distingir els tipus de partícules, els alumnes fan servir el terme partícula de manera indiferent per designar els àtoms i les molècules en les descripcions i explicacions. Només quan se'ls demana una representació explícita a escala submicroscòpica, pot quedar més o menys clar a què es refereixen els alumnes quan parlen de partícules. Tal com vam comentar en el marc teòric les representacions posen de manifest d'una manera més clara les idees dels alumnes que no pas el llenguatge verbal.

Una concepció alternativa que no hem trobat en aquesta activitat i que s'ha informat en altres recerques quan es parla de canvi de fase és l'augment de la mida de les molècules i dels àtoms (Gabel, Hunn i Samuel, 1987 i Pereira i Pestana, 1991).

4.9.2. Interpretació del canvi químic

En l'activitat 16vs1/15vs2 es plantejava als alumnes el fenomen de la combustió de la cera (parafina) a través del visionat d'un vídeo i se'ls demanava que fessin una interpretació del que passava a escala submicroscòpica. Per això se'ls sol·licitava que representessin les substàncies submicroscòpicament abans i després del canvi. En primer lloc se'ls feia observar la combustió de la cera en el vídeo, seguidament es feia una posada en comú perquè quedés clar quina era la demanda de l'activitat i per últim se'ls plantejaven un conjunt de preguntes que anaven dirigint la seva mirada des del món macroscòpic al món submicroscòpic. L'enunciat de l'activitat 16vs1/15vs2 és:

Ara us proposem que mireu un altre vídeo:

a) Anoteu el que heu observat en l'experiment:



b) Contesteu les següent preguntes que us ajudaran a explicar què ha passat.

Quants canvis observeu?

Com són aquests canvis? Iguals que en l'experiment anterior?

Què tenen de diferent?

“Les substàncies inicials són cera ($C_{18}H_{36}O_2$) i oxigen (O_2) i les substàncies finals són diòxid de carboni (CO_2), aigua (H_2O) i carboni (C_n).

4. Quines partícules formen les substàncies inicials?

5. Quines partícules formen les substàncies finals?

6. Les molècules inicials són iguals a les molècules finals?

7. Els àtoms inicials són iguals als àtoms finals?

8. Els àtoms inicials estan agrupats de la mateixa manera que els àtoms finals?

9. Quins dels següents processos a escala submicroscòpica creus que han tingut lloc?

- Trencament de les unions entre àtoms, però no entre molècules
- Trencament de les unions entre molècules
- Trencament de les unions entre àtoms

10. Inventeu una manera de representar el canvi anterior a nivell submicroscòpic tenint en compte quin tipus de partícula formen les substàncies inicials i les substàncies finals.

Representació submicroscòpica de les substàncies abans del canvi	Representació submicroscòpica de les substàncies després del canvi
--	--

S'esperava dels alumnes que representessin les substàncies com es decriu seguidament:

Abans del canvi	Després del canvi
El moviment de les partícules indicat com a ""	
la substància oxigen en estat gasós com a molècules d'oxigen (com la unió de dos àtoms d'oxigen) sense unions entre elles	la substància diòxid de carboni en estat gasós com a molècules de diòxid de carboni (unió d'un àtom de carboni i dos àtoms d'oxigen) sense unions entre elles
la substància parafina com la unió de quadradets verds amb els àtoms proposats en l'activitat 15.	la substància aigua en estat líquid com la unió feble de molècules d'aigua (formades per la unió de dos àtoms d'hidrogen i un d'oxigen) o parcialment units i desordenats
	la substància carboni en estat sòlid com la unió forta d'àtoms de carboni o com tots els àtoms units entre si i ordenats sense determinar la quantitat

A més a més de les representacions s'ha utilitzat la informació que ens proporcionaven les respostes verbals dels alumnes a les preguntes de les activitats. Els resultats que vam trobar es poden classificar en les categories que es recullen a la taula 4.9.2.

Taula 4.9.2. Categorització de les representacions del canvi químic

Categoria	Descripció	Freqüència (n=17)
Representació submicroscòpica que no correspon a un canvi químic	En les representacions falten substàncies implicades en el canvi	76%
Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a reestructuració de partícules.	Les representacions il·lustren les partícules sense identificar-les com a molècules o àtoms	6%
Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a reestructuració de molècules.	Les representacions il·lustren les molècules que formen les substàncies sense especificar els àtoms que les formen	12%
Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a reestructuració d'àtoms.	Les representacions il·lustren les molècules (amb els seus àtoms) que formen les substàncies inicials i finals però no representen els estats d'agregació de les substàncies. Aquesta representació es correspondria amb les dels llibres de text.	6%
Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a reestructuració d'àtoms de les substàncies	Les representacions il·lustren les molècules (amb els seus àtoms) que formen les substàncies inicials i es representen els estats d'agregació de les substàncies	0%

La majoria d'alumnes fan una representació que no es correspon amb la representació esperada, ja que no representen totes les substàncies que intervenen en el canvi químic: reactius (cera i oxigen) i productes (diòxid de carboni, carboni i aigua). Aquest és un resultat sorprenent, ja que quan es va seleccionar el canvi químic a estudiar es va escollir la combustió de la cera perquè en el curs anterior va ser el canvi químic treballat amb profunditat en el nivell macroscòpic (substàncies inicials, substàncies finals, conservació de la massa i intercanvi d'energia). Aquesta tria es va fer seguint les recomanacions de la literatura que diu que abans de treballar el nivell submicroscòpic de la matèria cal que els alumnes elaboren els conceptes macroscòpics (De Jong i Taber, 2014, Furió-Mas i Domínguez-Sales, 2007, Yildirim i Demirkol, 2018). Per una altra banda altres autors com Driver i col. (1994) han informat de les dificultats que tenen els alumnes per apreciar la necessitat d'oxigen en el procés de combustió cosa que queda evidenciada amb aquests resultats. La informació que ens proporcionen les respostes verbals d'aquest grup d'alumnes a les preguntes no revela informació addicional sobre el canvi químic, ja que la majoria dels alumnes (inclosos els que fan una representació correcta del canvi químic) no l'identifiquen macroscòpicament. Aquests alumnes parlen de canvis d'estat de sòlid a líquid i de líquid a gas. Només en Jan parla de canvi de substància a més a més de canvi d'estat. Resultats similars s'han trobat en altres investigacions (Yildirim i Demirkol, 2018).

Tot i el comentat anteriorment no totes les representacions que no es corresponen amb el canvi químic són iguals. Una representació que no correspon a la representació d'un canvi químic i

que està força allunyada de la representació submicroscòpica del model objectiu seria la següent:

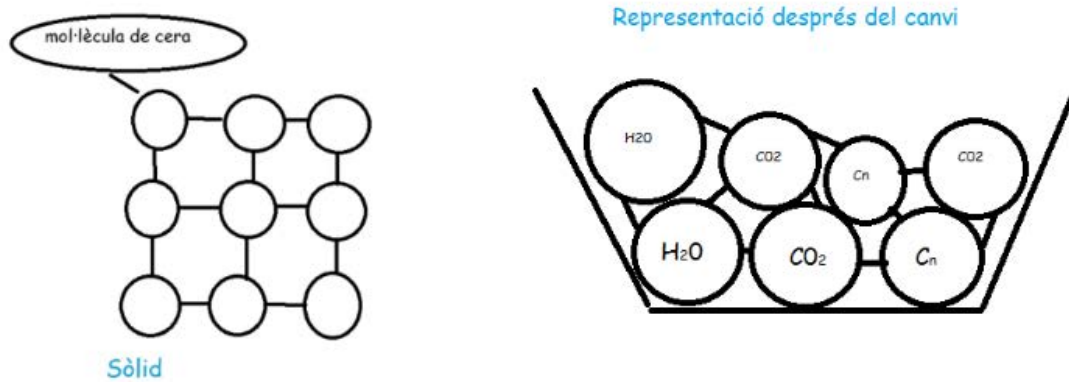


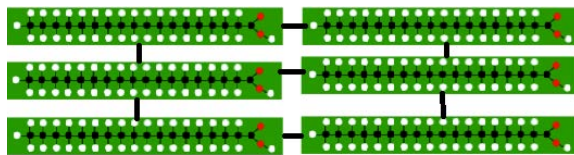
Figura 4.9.2. Representació del Nico pel canvi químic

En aquesta representació (Figura 4.9.2), a més a més de no representar-se la substància oxigen en el dibuix d'abans del canvi, podem veure que l'estudiant representa les partícules de totes les substàncies unides entre si. Per una altra banda el dibuix de després del canvi es podria interpretar en funció dels resultats obtinguts per Furió-Mas i Domínguez-Sales (2007) com una mescla en estat sòlid.

També hi ha representacions que si haguessin tingut en compte la substància oxigen com a reactiu es correspondrien amb la demanda sol·licitada. A continuació es mostra un exemple (Figura 4.9.3).

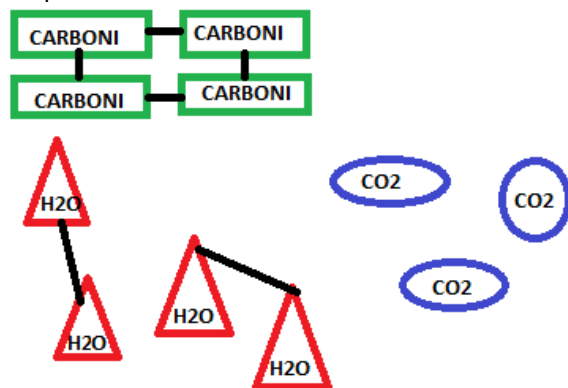
Representació submicroscòpica de les substàncies abans del canvi.

CERA ABANS DEL CANVI



Com esta en estat sòlid les molècules estan ordenades i unides.

Representació submicroscòpica de la substàncies després del canvi.



El carboni esta en estat sòlid perquè es la pols negra que es veu al cristall, el diòxid de carboni esta en estat gasós i l'aigua es el que es veu al fons en estat líquid.

Figura 4.9.3. Representació d'en Martí pel canvi químic

En aquesta representació l'estudiant dibuixa la molècula de cera amb els seus àtoms corresponents i també representa la cera com a una substància en estat sòlid (partícules unides i ordenades). La representació després del canvi dibuixa la substància sòlida carboni com la unió de totes les partícules de carboni i ordenades, la substància aigua com la unió desordenada d'algunes de les partícules d'aigua (representació que correspondria a una substància en estat líquid) i la substància diòxid de carboni com partícules de diòxid de carboni desordenades i no unides (tal com correspon a una substància en estat gasós). En la nostra SEA no s'ha treballat la distància entre les partícules en relació a l'estat i aquest alumne no ho reflexa. Tampoc apareix el moviment continu de les partícules.

Furió-Mas i Domínguez-Sales (2007) consideren que representacions d'aquest tipus correspondrien a una concepció del canvi químic en el qual la substància inicial seria una mescla formada per diferents compostos que se separen en diferents substàncies i que estarien en diferents estats d'agregació. Nosaltres tenim una visió una mica diferent en relació amb aquesta interpretació per aquest tipus de representacions: l'alumne podria considerar que no cal representar l'oxigen perquè forma part de l'aire i està disponible. De fet hi ha un estudiant que quan se'l pregunta si les molècules inicials són iguals a les finals contesta: "No, perquè al principi tenim cera i al final tenim diòxid de carboni, aigua i carboni". Tot i que després quan fa la representació diu que per a que es produeixi la combustió és necessari l'oxigen. Fins a 4 alumnes han fet una representació similar.

La figura 4.9.4 correspon a un exemple de la categoria Representació submicroscòpica d' un canvi químic com a reestructuració de partícules.



Figura 4.9.4. Representació de l'Aloma pel canvi químic

L'estudiant representa totes les substàncies en el nivell submicroscòpic ara bé la cera és representada com a unió d'àtoms d'oxigen, hidrogen i carboni sense mantenir la proporció amb que es presenta a la substància i la substància oxigen és representada per partícules d'oxigen

que bé podrien correspondre a àtoms d'oxigen i no a molècules d'oxigen. Després del canvi la substància aigua és representada com la unió de partícules d'oxigen i d'hidrogen unides entre si i desordenades per tant no correspondrien ni a àtoms ni a molècules. En els cas de la substància diòxid de carboni passaria el mateix ja que els quadradets de color vermell podrien correspondre a àtoms de carboni i els grocs a àtoms d'oxigen però estarien sense unir i no representarien a la substància diòxid de carboni perquè aquesta està formada per molècules de diòxid de carboni que al seu torn estan formades per la unió de dos àtoms d'oxigen i un de carboni. Pensem doncs que l'alumna representa les diferents substàncies formades per partícules en els diferents estats d'agregació però no representa de manera adequada les molècules i els àtoms.

La tercera categoria, que hem anomenat Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a reestructuració de molècules, correspon a les representacions dels alumnes que dibuixen les substàncies que intervenen en el canvi químic com a formades per molècules, sense especificar com són aquestes molècules. Els estats d'agregació de cadascuna de les substàncies estan ben representats. Es representa la cera formada per molècules de cera ordenades amb unions fortes en relació amb les de l'estat líquid. Es representa l'oxigen format per molècules d'oxigen sense cap unió (representació que correspon a l'estat gasós). Es representa el diòxid de carboni format per molècules de diòxid de carboni sense unir. Es representa l'aigua formada per molècules d'aigua unides entre si amb unions febles entre les molècules i desordenades. Es representa el carboni format per molècules de carboni unides entre si per unions més fortes (en relació al l'estat líquid) entre molècules (es pot considerar que el carboni està format per molècules, ja que els àtoms de carboni són no metàl·lics i estaria d'acord amb la definició operacional donada) i ordenades (representació que correspon a l'estat sòlid). Un exemple d'aquesta categoria seria el mostrat a la figura 4.9.5.

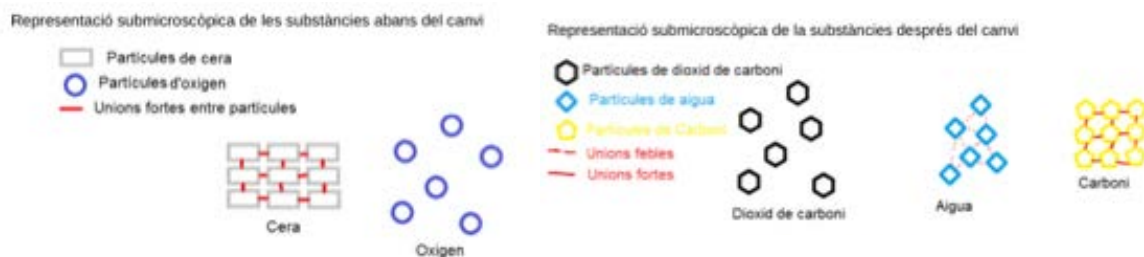


Figura 4.9.5. Representació de la Xènia pel canvi químic

La següent categoria quedaria exemplaritzada a la figura 4.9.6. Aquesta categoria correspon a la categoria que hem anomenat Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a

reestructuració d'àtoms. En aquesta categoria l'alumnat representa les substàncies en el nivell submicroscòpic com a substàncies formades per molècules que al seu torn estan compostes d'àtoms. Així es fa una representació de les molècules de cera amb els seus corresponents àtoms d'oxigen, hidrogen i carboni, les molècules d'oxigen -que constitueixen la substància oxigen- com la unió de dos àtoms d'oxigen, les molècules de diòxid de carboni com la unió de dos àtoms d'oxigen i un de carboni, les molècules d'aigua com la unió de dos àtoms d'hidrogen i un d'oxigen i el carboni com a àtoms de carboni. Ara bé, en aquesta representació, cadascuna de les substàncies excepte l'oxigen està representada per una única molècula la qual cosa no permet que l'estudiant representi l'estat d'agregació de les substàncies. Aquesta representació està força d'acord amb les representacions que fan la majoria de llibres de text pel canvi químic, els quals no fan servir diagrames multiatòmics o multimoleculars per representar els canvis químics.

Per tot el que s'ha comentat anteriorment, nosaltres considerem que el model científic proposat

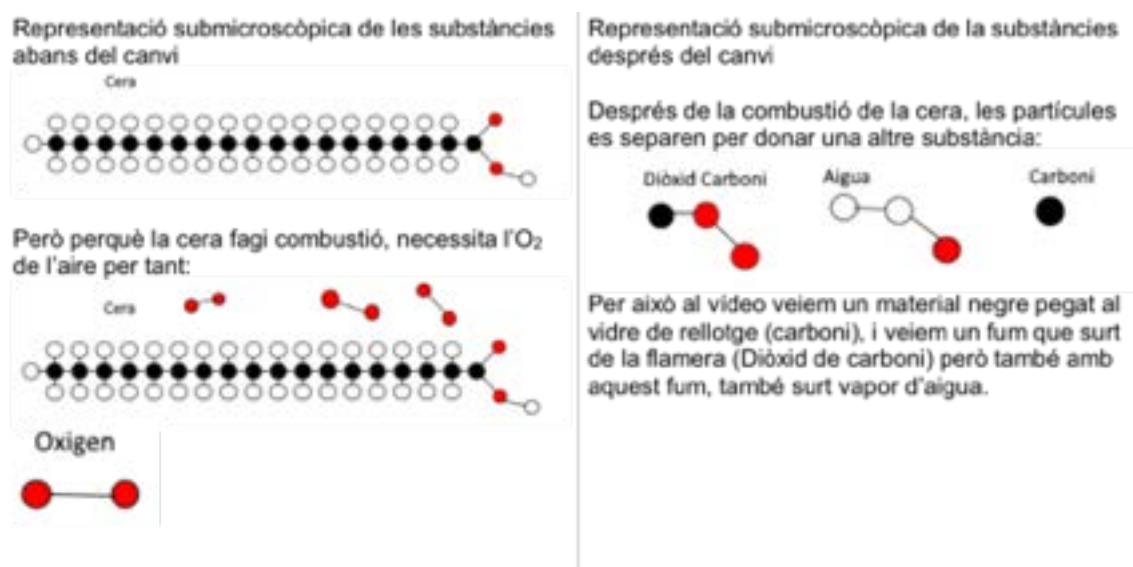


Figura 4.9.6. Representació de l'Aniol pel canvi químic

reacció molt lenta per la representació del fenomen per no parlar de la descomposició de l'aigua en la qual els dos productes de reacció són difícilment diferenciables i invisibles per a la majoria dels estudiants. correspondria a una última categoria que hem anomenat Representació submicroscòpica d'un canvi químic com a reestructuració d'àtoms de les substàncies i que correspondria a la representació del canvi químic esperada en la qual les substàncies es representen com a formades per molècules amb les interrelacions i distribucions espacials corresponents als seus estats d'agregació i que al seu torn estan formades per unions d'àtoms. No hem trobat cap representació dels estudiants que es pugui incloure en aquesta categoria.

És possible que la complexitat de la representació submicroscòpica de la cera sigui un obstacle per la representació a escala submicroscòpica del canvi químic. No obstant això, la combustió de la cera és un fenomen quotidià i molt més proper a la vida dels estudiants que molts dels canvis químics proposats en els llibres de text per l'estudi i la comprensió del canvi químic. Tanmateix és difícil trobar substàncies químiques senzilles a la vida quotidiana. A la literatura s'han trobat propostes com la combustió de la sacarosa amb un nivell de complexitat similar o l'oxidació del ferro amb una velocitat de

Les dades obtingudes al llarg de la construcció de les idees 4, 5, 6 i 7 mostren les concepcions dels alumnes amb relació a com són les partícules i com són les interaccions entre elles. Això ens ha permès completar la categorització de les concepcions dels alumnes que descriuen la relació o el lligam entre les partícules distingint aquestes relacions en funció de quines siguin les partícules. Així hem pogut completar la dimensió Interaccions.

En la dimensió Interaccions s'inclouen algunes de les categories que ja han estat descrites per altres autors (Talanquer, 2009) No obstant això, cal ampliar les propostes de la literatura, ja que algunes de les categories que emergeixen en la nostra recerca ultrapassen els resultats sobre els quals informen altres estudis, la raó és, tal com s'ha apuntat en el marc teòric, que la nostra recerca proposa la construcció d'un model de matèria més complex o sofisticat.

Les dades obtingudes al llarg de la construcció de les idees 4,5,6 i 7 també ens han permès establir la dimensió Diversitat que recull les concepcions dels alumnes de tots els tipus de partícula. Els resultats de la nostra recerca han fet necessaris la definició d'aquesta nova dimensió que descriu com conceptualitzen els alumnes els diferents tipus de partícules que formen les substàncies. Aquesta nova dimensió que hem anomenat Diversitat no l'hem trobada en altres autors.

4.10. La dimensió Interaccions

Aquesta dimensió fa referència a les concepcions dels estudiants sobre les unions o lligams entre partícules que formen substàncies. A partir de les dades analitzades, es poden establir les següents categories:

Partícules soltes (PS): les partícules no estan unides.

Aquesta categoria es pot il·lustrar amb la resposta de l'Aniol a la pregunta 5avs1/5bvs2.

A continuació, proposem una representació submicroscòpica de tres substàncies: les partícules d'aigua es representen amb quadrats, les partícules d'oli amb triangles i les partícules d'etanol amb cercles. Les partícules de cada substància estan unides entre si? Com representaries els enllaços entre elles en la imatge?

“No. Aquests lligams es produirien per què l'aigua, per exemple, està dins d'un recipient. Aquests lligams serien buit, ja que entre partícula i partícula no hi ha res”.

Aquest estudiant interpreta que el que fa que les partícules de la substància líquida estiguin unides és el recipient que les conté i no hi ha unions entre partícules, només buit. Per aquest estudiant les unions han de ser materials.

Partícules unides en algunes ocasions (PUAO): les partícules estan unides només en l'estat sòlid.

Per mostrar aquesta categoria, fem servir la resposta de Pep a la pregunta 1evs2:

Com pots imaginar les partícules (àtoms, molècules, ions) que formen l'aigua, l'aire, el sucre? Fes un dibuix usant símbols i afegint etiquetes i descripcions.

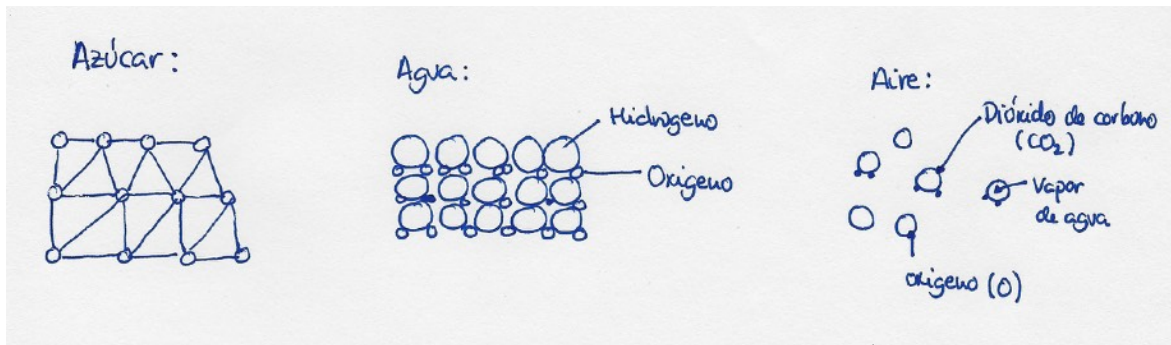


Figura 4.10.1. Exemple de la categoria PUAO (Pep)

En el dibuix d'en Pep (Figura 4.10.1) només es representen les unions entre les partícules que formen el sucre (és a dir, una substància en estat sòlid) i les partícules estan distants entre si. Per a l'aigua (és a dir, una substància en estat líquid), l'alumne representava les seves partícules molt a prop una de l'altra però sense cap vincle explícit. En el cas de l'aire (és a dir, substància en estat gasós), les seves partícules es representen molt separades entre si sense unions entre elles. Per tant, segons aquesta concepció, només les partícules de les substàncies en estat sòlid estan unides entre si.

Autors com Boz (2006) i Brook, Briggs i Driver (1984) han trobat resultats similars: inexistència de forces entre partícules en l'estat sòlid o no existència d'enllaços entre partícules en els líquids, només en els sòlids.

Partícules unides sense distingir les unions intermoleculars de les unions interatòmiques (PUSD)

Un exemple que il·lustra aquesta categoria és la representació d'Aida en respondre la pregunta 17avs1:

Fes una representació de com imagines la substància aigua en els tres estats de la matèria. Pensa en l'aigua (H_2O) quan està en estat sòlid (gel) a $-10\text{ }^\circ\text{C}$, en estat líquid (aigua) a $20\text{ }^\circ\text{C}$ o en estat gasós (vapor d'aigua) a $110\text{ }^\circ\text{C}$. Utilitza diferents símbols per representar els àtoms d'oxigen (O) i els àtoms d'hidrogen (H), i també representa les unions entre partícules d'acord amb la seva força (per exemple, més gruixudes o més primes, línies contínues o discontinúes, diferents colors, etc.). Explica tot el que consideris necessari perquè es pugui comprendre la teva representació de la substància a escala submicroscòpica.

En el dibuix de l'Aida (Figura 4.10.2), podem observar que les molècules s'identifiquen com les partícules que formen l'aigua en estat líquid. Aquestes molècules (dibuixa fins a tres) estan representades amb cercles de línies discontinúes grogues dins de les quals hi ha tres punts: un de negre, que representa àtoms d'oxigen, i dos de gris, que representen àtoms d'hidrogen i que estan units entre si amb unions febles representades amb línies discontinúes blaves. No obstant això, les unions entre les molècules no estan representades.

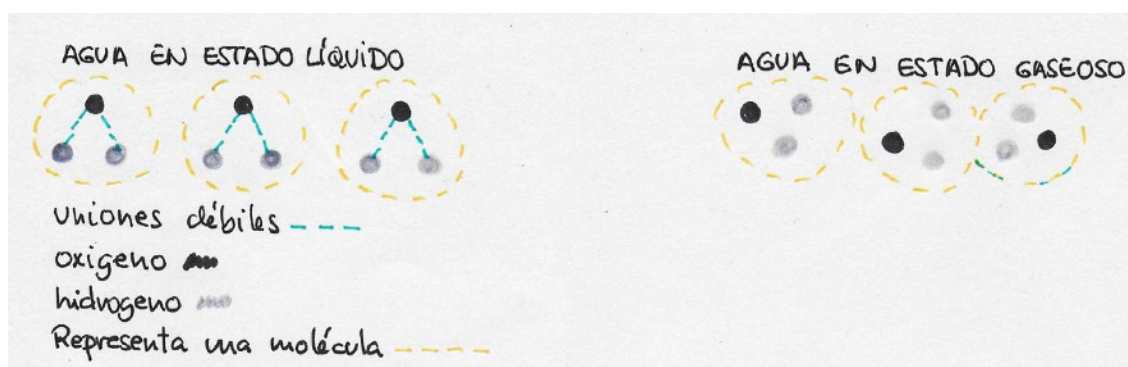


Figura 4.10.2. Exemple de la categoria PUSD (Aida)

Si comparem els seus dibuixos per a l'aigua en estat líquid i en estat gasós, podem veure com desapareixen les unions febles representades abans amb línies discontinúes blaves. Aquestes línies representen unions entre els àtoms d'oxigen i hidrogen. Per tant, podem interpretar que aquesta estudiant no distingeix les unions entre molècules (unions intermoleculars) de les unions entre àtoms (unions interatòmiques).

Pensem que només a través d'una representació d'aquest tipus es pot evidenciar d'una manera clara quina és la concepció que té l'alumnat sobre les unions que hi ha entre les molècules i entre els àtoms. Amb aquesta representació no hi ha cap dubte, especialment si ho comparem amb els dibuixos d'altres alumnes, de quines són, per aquesta alumna, les unions que hi ha

entre les molècules tant en l'estat líquid com en l'estat gasós i quines són les unions que hi ha entre els àtoms que formen les molècules en estat líquid i en estat gasós.

Amb concepcions sobre la matèria com la de l'Aida serà difícil que l'estudiant pugui diferenciar entre un canvi físic d'un canvi químic, ja que el que està confosa, en aquesta concepció, és la idea de substància.

Boz (2006) va trobar que estudiants de més edat (17-18 anys) pensaven que els enllaços entre partícules eren una cosa diferents dels enllaços intermoleculars i Othman, Treagust i Chandrasegaran (2008) van reportar que els estudiants consideraven que en els canvis d'estat es trencaven les unions intramoleculars.

Partícules unides distingint les unions intermoleculars de les unions interatòmiques (PUDU): unions més febles entre molècules (unions intermoleculars), unions més fortes entre àtoms o ions (unions interatòmiques).

Un exemple d'aquesta categoria és la representació de Zoè (Figura 4.10.3) que correspon a la seva resposta a la pregunta 15bvs1/14fvs2 que s'enuncia tot seguit:

“Fes una representació de com imagines les següents substàncies en els tres estats de la matèria i escriu el que consideris necessari per explicar com les imagines a un nivell submicroscòpic.

SOFRE: Pensa en el sofre (S_8) quan està en estat sòlid per sota de $115\text{ }^\circ\text{C}$ (punt de fusió), en estat líquid (entre $115\text{ }^\circ\text{C}$ i $444\text{ }^\circ\text{C}$) i en estat gasós per sobre de $444\text{ }^\circ\text{C}$ (punt d'ebullició).

ALUMINI: Considera l'alumini (Al) a temperatura ambient en estat sòlid i després fos a partir d'aproximadament $660\text{ }^\circ\text{C}$.

CLORUR DE POTASSI: considera el clorur de potassi (KCl) a temperatura ambient en estat sòlid, després de fondre a aproximadament $776\text{ }^\circ\text{C}$ i després de bullir a $1477\text{ }^\circ\text{C}$.”

A la figura 4.10.3 podem observar que la Zoè distingeix entre diferents unions en termes de la seva força: unions més febles entre molècules que formen el sofre com a substància, unions més fortes entre àtoms de sofre que formen molècules de sofre, unions més fortes entre àtoms metàl·lics que formen l'alumini com a substància i unions més fortes entre ions que formen el clorur de potassi com a substància. Per tant, Zoè representa la substància sofre en estat sòlid com la unió de les molècules de sofre (cercles blaus) amb línies primes vermelles que indiquen que aquestes unions són més febles que les unions entre àtoms. Cada molècula de sofre es representa com formada per la unió forta (indicada per línies gruixudes de color vermell) de vuit àtoms de sofre que estan representats per cercles negres dins dels quals hi ha la lletra S que correspon al símbol de sofre.

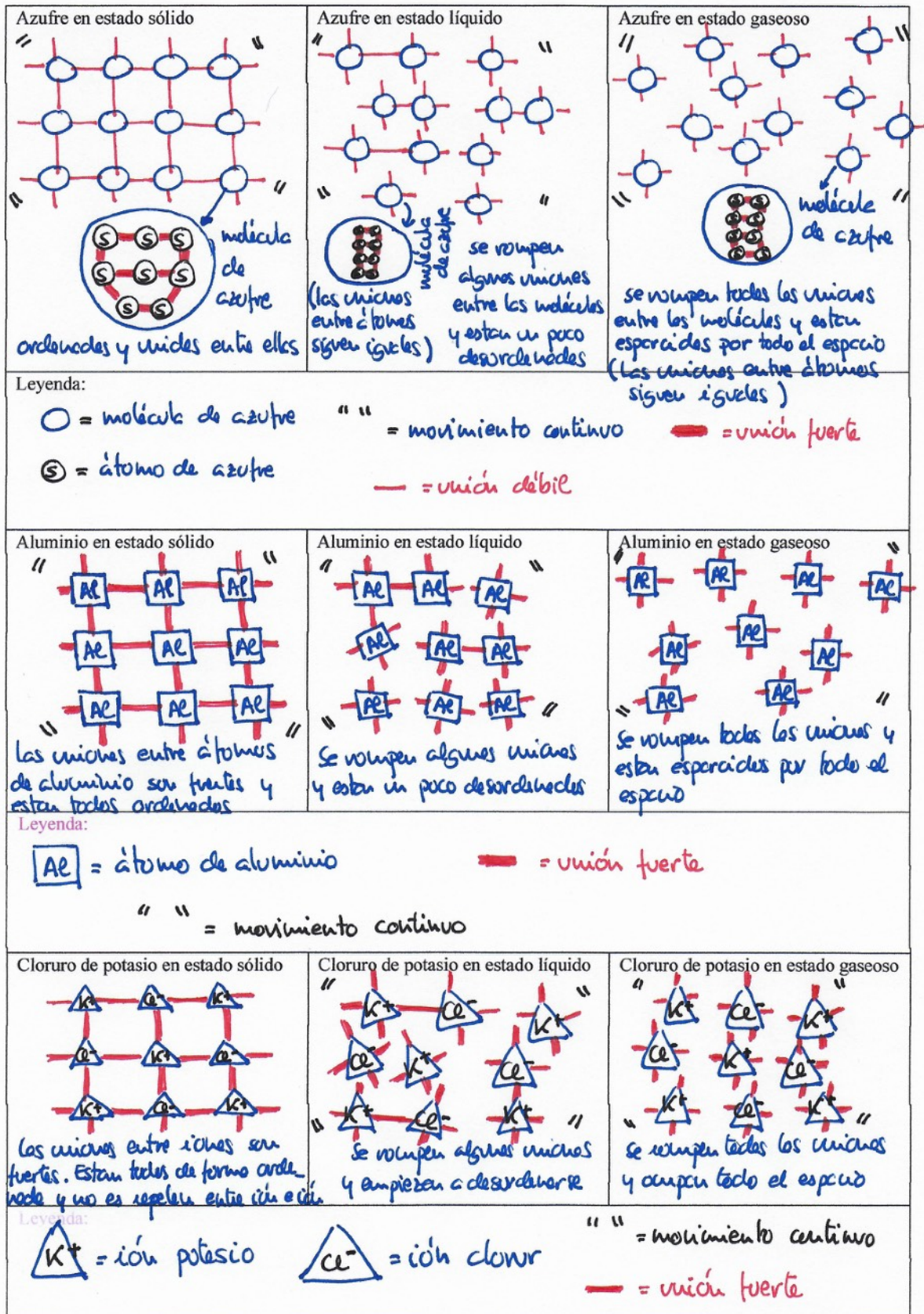


Figura 4.10.3. Exemple de la categoria PUDU (Zoè)

D'altra banda, en la representació de la substància en l'estat líquid, no totes les molècules estan unides, encara que les unions entre les molècules de sofre tenen el mateix tipus de línia que en la representació de la substància en l'estat sòlid. Això pot interpretar-se com si la intensitat de les unions entre les molècules de la substància en estat sòlid i líquid fos la mateixa. Llavors, la diferència entre la substància en estat sòlid i en estat líquid té a veure amb la quantitat de lligams entre les molècules, de manera que a l'estat sòlid totes les molècules estan unides entre si, mentre que a l'estat líquid només algunes molècules estan unides entre si. En el cas de la substància en estat gasós, cap de les molècules estaria lligada a cap altra, segons la representació de l'alumna. En relació amb la substància alumini, Zoè la va representar en estat sòlid com la unió d'àtoms d'alumini. Els àtoms d'alumini es representen amb un quadrat dins el qual hi ha el símbol Al. Els lligams entre els àtoms d'alumini es representen amb una línia gruixuda que indica que les unions són fortes. En el cas de l'estat líquid, el gruix de les línies entre els àtoms es manté, encara que no tots els àtoms estan units entre si. En el cas de l'estat gasós, cap dels àtoms està representat com unit. Finalment, la Zoè va representar la substància clorur de potassi mitjançant la unió d'ions potassi (representats per triangles dins dels quals apareix el símbol K^+) i d'ions clorur (representats per triangles dins dels quals apareix el símbol Cl^-). Les línies que uneixen els diferents triangles són més gruixudes, la qual cosa indica que els lligams entre ions són fortes. Els triangles que representen els ions potassi i els ions clorur s'alternen en files i columnes perquè cada ió clorur estigui envoltat d'ions potassi i viceversa. En el cas de l'estat líquid, no tots els ions estan units, però el gruix de les línies amb els quals estan units és el mateix que per a l'estat sòlid. En el cas de l'estat gasós, cap dels ions està unit. Podem adonar-nos-en que les representacions dels estudiants condensen detalls molt específics sobre el seu model d'unió i força entre partícules.

Una vegada més a la vista de la representació del nivell submicroscòpic de la matèria d'aquesta alumna podem concloure que les representacions permeten expressar als estudiants amb molt més detall les seves concepcions que d'altra manera seria difícil de copsar.

Aquestes representacions ens permeten conèixer el grau de detall en la seva concepció, de manera que l'estudiant mostra clarament les diferències que existeixen entre les interaccions entre les partícules en l'estat sòlid, en l'estat líquid i en l'estat gasós de cadascuna de les substàncies proposades i com aquestes interaccions van canviant. També es posa de manifest en aquesta representació que l'alumna considera les molècules com partícules amb entitat pròpia que es relacionen entre si d'una manera determinada i que tenen interaccions febles entre si. A més a més les distingeix de les partícules àtoms que constitueixen les molècules i que al seu torn es relacionen entre si d'una altra manera, en aquest cas amb interaccions fortes com la seva representació indica. Tanmateix a partir de la representació del nivell

submicroscòpic que fa la Zoè podem interpretar que en la seva concepció de la matèria no totes les partícules que constitueixen les substàncies es relacionen de la mateixa manera. Així en el cas de la substància alumini són les unions entre els àtoms les que canvien. Ella considera que les interaccions entre les partícules que formen l'alumini són fortes i són aquestes interaccions les que fan que les partícules d'alumini estiguin unides entre si per formar la substància en estat sòlid. De la mateixa manera l'alumna considera que són aquestes interaccions fortes les que uneixen les partícules d'alumini en l'estat líquid encara que no totes les partícules estan unides entre si. De manera paral·lela per la substància clorur de potassi es pot interpretar a partir de les representacions que les partícules es relacionen entre si amb interaccions fortes i que en l'estat sòlid totes les partícules estan unides entre si mentre que en l'estat líquid no totes les partícules es relacionen entre si encara que les que estan unides tenen unes interaccions fortes. Aquestes representacions a escala submicroscòpica de l'estat sòlid i de l'estat líquid són concordants amb el model escolar proposat i creiem que permetrà a l'alumna avançar en la seva construcció d'un model que permeti explicar tota mena de fenòmens sobre la matèria com per exemple l'evaporació que suposa que algunes partícules poden escapar del líquid a qualsevol temperatura o la impossibilitat de canvi d'estat de determinades substàncies perquè es descomposen abans.

4.11. La dimensió Diversitat

Com hem assenyalat anteriorment, la dimensió Diversitat descriu el conjunt de concepcions que els estudiants tenen sobre la naturalesa de les partícules individuals que formen substàncies. L'emergència de categories sota aquesta dimensió mostra que alguns estudiants presenten una concepció de la matèria consistent amb el model conceptual avançat de matèria, mentre que altres estudiants presenten el que altres autors consideren concepcions alternatives dels estudiants. És important destacar de nou aquest punt en relació amb la necessitat que els alumnes adquireixen una concepció de matèria alineada amb model conceptual avançat de matèria. Per explicar (recordem que l'explicació es produeix en el món submicroscòpic tal com ens recorda Johnstone, 1998) determinats fenòmens com ara el canvi d'estat de les substàncies no seria necessari distingir entre els diferents tipus de partícules, però per justificar les seves propietats i per explicar d'altres fenòmens com ara la conducció de l'electricitat de determinades dissolucions o els canvis químics de les substàncies sí que es necessita distingir entre els diferents tipus de partícules que formen les substàncies.

Per a la il·lustració de les diferents categories en aquesta dimensió, s'han utilitzat les representacions fetes pels estudiants per respondre a la pregunta 15bvs1/14fvs2 l'enunciat de la qual s'ha detallat a la pàgina 104:

Les categories d'aquesta dimensió es descriuen a continuació.

No diferenciació de partícules (NDP): No distinció entre molècules, ions i àtoms.

La representació de Dafne (Figura 4.11.1) en resposta a les preguntes de l'activitat 15bvs1/14fvs2 és un exemple d'aquesta categoria.

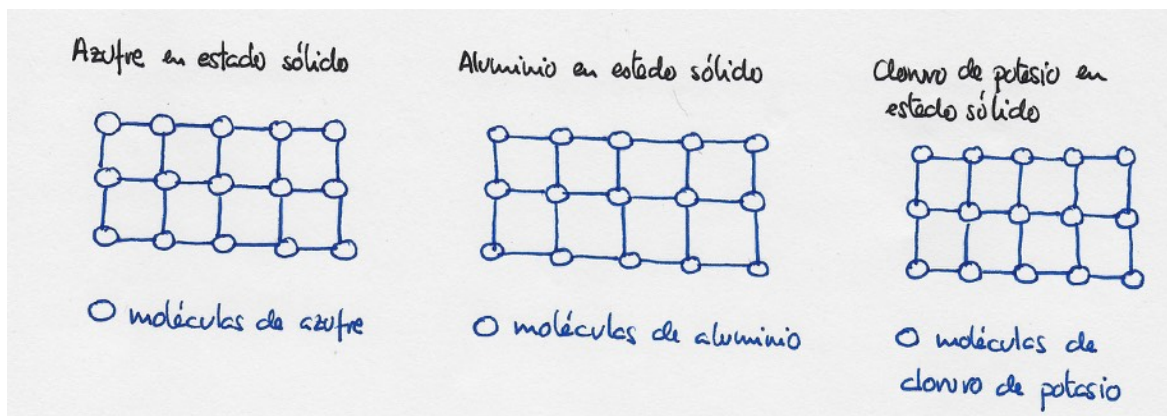


Figura 4.11.1. Exemple de la categoria NDP (Dafne)

Per aquesta estudiant, les partícules que formen les tres substàncies són totes molècules. Ella no proporciona cap informació sobre la composició de cadascuna d'aquestes «molècules» de sofre, alumini i clorur de potassi.

Diferenciació parcial de partícules (DPP): algunes de les partícules (molècules, ions o àtoms) es distingeixen, però no els tres tipus.

Aquesta categoria es pot il·lustrar amb la resposta de la Carlota (Figura 4.11.2) que contesta a les preguntes de l'activitat 15bvs1/14fvs2.

Podem observar que per al clorur de potassi, l'alumna dibuixa triangles dins dels quals s'escriuen els símbols K^+ i Cl^- , que representen ions (positiu i negatiu). En el cas del sofre, ella usa quadrats en l'interior dels quals hi ha el símbol S, que representa la molècula de sofre. No obstant això, quan representa la substància alumini, fa servir cercles dins dels quals apareix el símbol Al, la qual cosa indica que representen «molècules d'alumini» o bé quan representa els quadrats en l'interior dels quals escriu el símbol S està representant àtoms de sofre. Per tant, podem interpretar que considera que el clorur de potassi està format per ions clorur i ions potassi, mentre que el sofre i l'alumini estan formats bé per molècules bé per àtoms. És a dir, ella no distingeix entre molècules (grups d'àtoms no metàl·lics) i àtoms metàl·lics. Val la pena esmentar que durant la SEA aquesta definició operativa de molècules com grups no metàl·lics va ser introduïda i treballada al llarg de diverses tasques per permetre als estudiants interpretar si una substància està formada per molècules en identificar si els àtoms que formen part

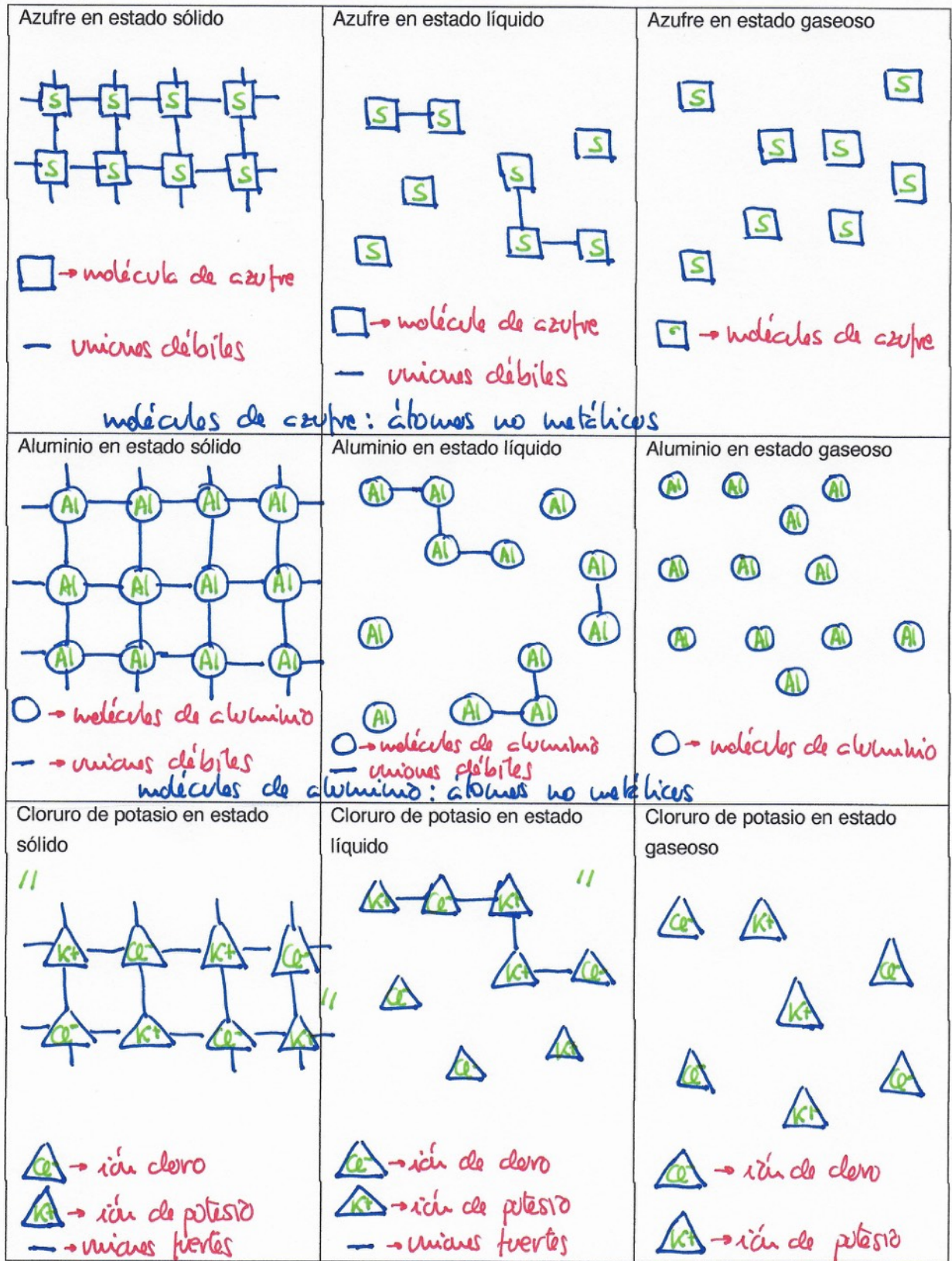


Figura 4.11.2. Exemple de la categoria DPP(Carlota)

d'aquestes molècules són no metàl·lics segons la seva posició a la taula periòdica. Aquesta alumna considera que els àtoms d'alumini són àtoms no metàl·lics i per tant formen molècules. L'alumna no sap que l'àtom d'alumini és un àtom metàl·lic i aplica de manera adequada la definició de molècula. A la vista de la resposta que dona quan parla dels ions (positius i negatius) el problema podria estar en la distinció dels àtoms entre metàl·lics i no metàl·lics.

Diferenciació total de partícules (DTP): les partícules es diferencien adequadament entre ions, molècules i àtoms metàl·lics.

Un exemple d'aquesta categoria són les representacions dibuixades per Lara (Figura 4.11.3) en resposta a les preguntes de l'activitat 15bvs1/14fvs2.

En aquesta representació, es pot observar que la Lara distingeix els tres tipus diferents de partícules que formen les tres substàncies: molècules de sofre (representades per rectangles verds) per la substància sofre, àtoms d'alumini (representats per cercles grisos) per la substància alumini i ions potassi (representats per cercles taronges) i ions clorur (representats per cercles porpres) per la substància clorur de potassi. La representació dels tres estats de la matèria per a cada substància ens permet interpretar que l'alumna té una idea de partícula que roman malgrat les transformacions que ocorren en els canvis d'estat. En la llegenda utilitzada en les diferents representacions indica la partícula que constitueix cadascuna de les substàncies: molècules per al sofre, àtoms per a l'alumini i ions per al clorur de potassi i aquestes es mantenen en tots tres estats de les substàncies la qual cosa és inherent a la idea mateixa de substància. Conseqüentment representa que les unions que es trenquen quan el sofre canvia de l'estat sòlid al líquid i de l'estat líquid al gasós són les unions entre molècules (intermoleculares) i, per tant, la partícula molècula es conserva. En el cas de la substància alumini, les unions entre els àtoms d'alumini es trenquen i es conserven els àtoms metàl·lics (alumini). De la mateixa manera, en el cas del clorur de potassi, les unions entre els ions clorur i potassi també es trenquen, però els ions (clorur i potassi) es conserven. Aquesta concepció de matèria en la qual es distingeixen les partícules que formen les substàncies és una concepció totalment consistent amb el model escolar proposat. Creiem que aquesta concepció permetrà a l'alumna explicar tota mena de fenòmens de la matèria com l'evaporació, que suposa que algunes partícules poden escapar del líquid a qualsevol temperatura, o la impossibilitat de canvi d'estat de determinades substàncies, com la sacarosa que es descompon abans de vaporitzar-se.

Potser es podria pensar que la dimensió Interaccions i la dimensió Diversitat estan relacionades i els estudiants no poden avançar en una dimensió si no ho fan en l'altra, però els resultats mostren que totes dues dimensions són independents i que hi ha alumnes que avancen més

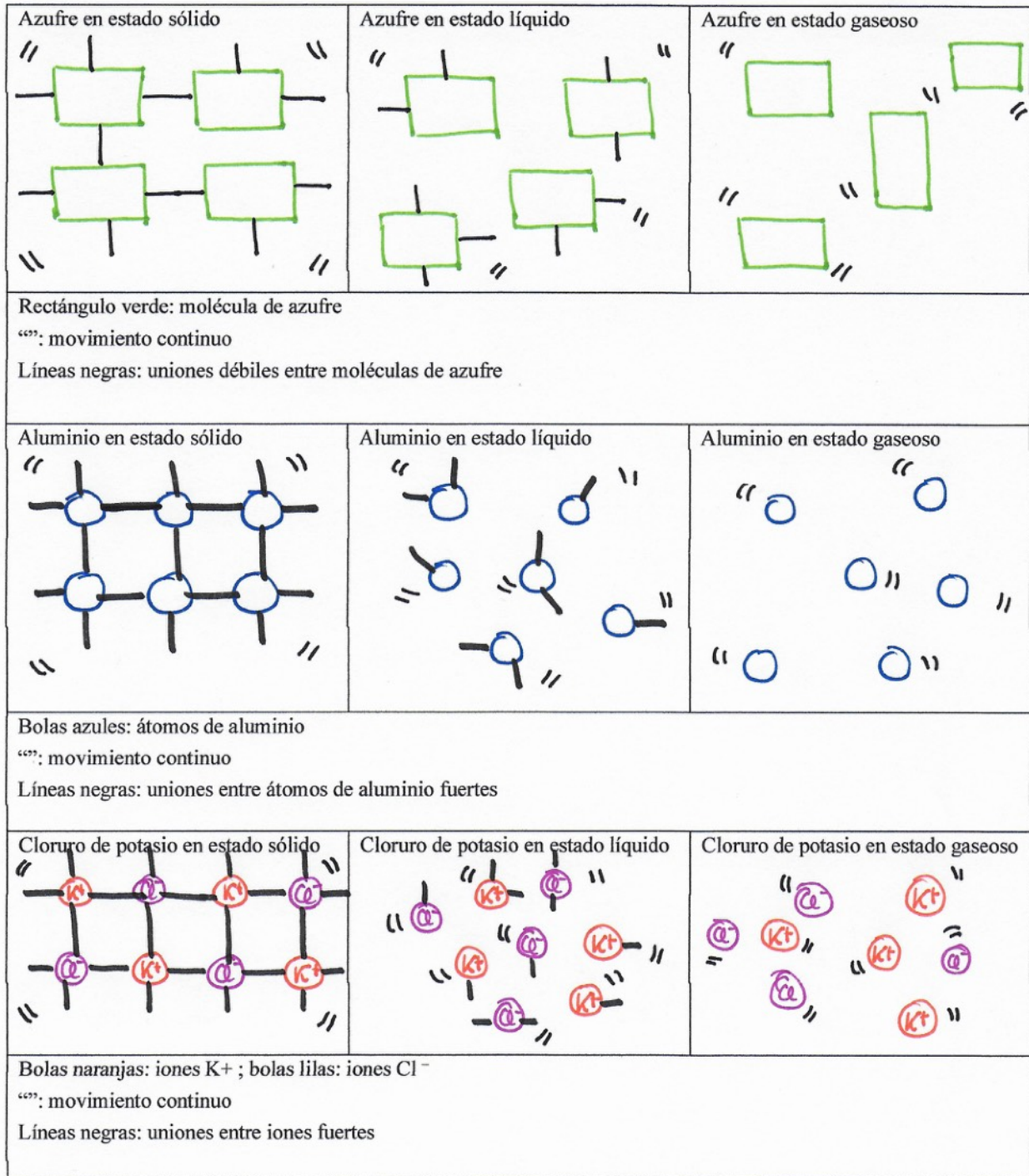


Figura 4.11.3. Exemple de la categoria DTP (Lara)

en la dimensió Interaccions que en la dimensió Diversitat i viceversa. Aquesta qüestió s'abordarà amb més detall en els apartats següents. Finalment, cal esmentar que aquesta alumna també indica que les partícules que formen aquestes substàncies estan en moviment continu utilitzant els símbols “”.

Ens ha resultat impossible contrastar els nostres resultats amb la literatura existent ja que no hi ha investigacions publicades en les revistes de recerca del camp amb un plantejament similar al nostre. La majoria d'estudis que aborden la diferenciació de les partícules com a àtoms, molècules i ions ho fa amb un altre plantejament: estudien quines són les concepcions dels estudiants dels ions, les molècules i els àtoms de manera aïllada i no en el context de components de la substància (Albanese i Vicentini, 1997, Ben-Zvi, Eylon i Silberstein, 1986, Griffiths i Preston, 1992, Harrison i Treagust, 1996).

4.12. L'instrument d'anàlisi de les concepcions dels estudiants

Hem arribat a una fita que ens havíem proposat. Com suggereix la nostra pregunta de recerca, un dels objectius d'aquest estudi (objectiu 2) és la construcció d'una eina analítica que faciliti la caracterització de les concepcions sobre la matèria dels estudiants de secundària en relació amb un model CC avançat de matèria. Amb la identificació de les diferents categories que han emergit de les respostes de l'alumnat i la seva classificació en dimensions: Conformació, Dinàmica, Interaccions i Diversitat ha quedat construït aquest instrument d'anàlisi (Taula 4.12.1). Aquestes dimensions estan relacionades o són similars a algunes de les categories del domini específic de la matèria descrit per Talanquer (2009) tal com hem presentat en el nostre marc teòric. La quarta dimensió (Diversitat) és conseqüència de l'enfocament de la nostra recerca perquè, tal com hem descrit també en el nostre marc teòric, com que ens adrecem a alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys), definim un model CC avançat de matèria en el qual cal distingir el tipus de partícula que formen les substàncies diferenciant entre molècules, ions i àtoms metàl·lics.

S'ha revisat la literatura i no s'ha trobat cap apropament a aquesta distinció entre el tipus de partícules des del model CC, ja que la majoria dels autors aborden la diferenciació de les partícules a partir de la idea d'enllaç i no des de la TCC. Aquest enfocament creiem que dificulta l'establiment de relacions entre els diferents models per part de l'alumnat, ja que una vegada introduïdes les diferents partícules i els diferents tipus d'enllaç que formen les substàncies no es fa una revisió de com són les substàncies a escala submicroscòpica. Per tant, pensem que els nostres resultats poden aportar una informació rellevant en relació amb les concepcions de matèria que tenen els estudiants en 4t de l'ESO (assignatura optativa per alumnes de 15-16 anys).

La taula 4.12.1 recull l'esmentat instrument d'anàlisi per explorar les concepcions dels estudiants en relació amb el model CC avançat de matèria. Expressa les diferents dimensions

sobre les quals s'estructura el model i, a la vegada, expressa les concepcions identificades en l'alumnat per a cada dimensió en forma de categories. L'hem anomenat CEMAM.

Taula 4.12.1. Dimensions i categories de l'instrument d'anàlisi per explorar les concepcions dels estudiants en relació al model avançat de matèria (CEMAM)

Dimensions	Nivell de complexitat de les concepcions dels alumnes entorn a a cada dimensió	Codi
Discontinuitat matèria (Conformació)	Continuïtat: la substància no està feta de partícules.	C
	Incrustada (partícules + substància) les partícules estan incrustades dintre de la substància.	I
	Granular (partícules + aire): les partícules estan separades per aire.	G
	Corpuscularitat (partícules + buit): les partícules mantenen les propietats de les substàncies.	CR
	Discontinuitat (partícules submicro + buit): les partícules que formen les substàncies tenen propietats diferents a la substància.	D
Moviment partícules (Dinamisme)	Sense moviment: les partícules estan en repòs.	SM
	Moviment: les partícules estan en moviment continu.	M
Unions/ Interaccions entre partícules que formen les substàncies (Interaccions)	Partícules soltes: les partícules no estan unides.	PS
	Partícules unides en algunes ocasions: les partícules estan unides només en l'estat sòlid.	PUAO
	Partícules unides sense distingir les unions intermoleculars de les unions interatòmiques.	PUSD
	Partícules unides distingint les unions (unions febles entre molècules i unions fortes entre àtoms o ions).	PUDU
Naturalesa de les partícules individuals que formen les substàncies (Diversitat)	No diferenciació entre les partícules.	NDP
	Diferenciació parcial.	DPP
	Diferenciació entre ions, molècules i àtoms metàl·lics.	DTP

Aquesta taula és un resultat de recerca i correspon a l'assoliment de l'objectiu 2 que ens hem plantejat: construir un instrument per analitzar les dades que permeti caracteritzar les concepcions dels alumnes sobre la matèria a partir de les seves representacions visuals i explicacions verbals. En el capítol següent analitzarem els nostres resultats en relació amb les concepcions de matèria dels nostres estudiants i la seva evolució utilitzant aquest instrument d'anàlisi.

CAPÍTOL V.
L'EVOLUCIÓ DE LES CONCEPCIONS DELS
ALUMNES

Passem en aquest capítol a l'anàlisi i discussió de la segona part dels resultats que ens permetrà respondre les subpreguntes A i B de la pregunta de recerca (apartat 1.2 del document) que es van concretar

- en l'objectiu 3 -caracteritzar les concepcions inicials dels alumnes sobre la matèria a partir de les seves representacions visuals i explicacions verbals-
- en l'objectiu 4 -estudiar l'evolució de les concepcions dels alumnes de 4t d'ESO sobre la matèria d'acord amb les evidències de les seves representacions visuals i explicacions verbals al llarg de la implementació de la SEA- i
- en l'objectiu 5 -identificar les trajectòries d'aprenentatge particulars que segueixen els alumnes des de les seves concepcions inicials de matèria en relació amb el model CC avançat de matèria.

5.1. Les concepcions dels alumnes en el moment Inicial

Considerem com a concepció inicial la concepció que tenen els alumnes abans de la instrucció i que es correspondria amb la que tenen els estudiants després de passar els tres primers cursos de l'ESO i abans de la implementació de la SEA i que hem anomenat *moment Inicial*. Des d'aquesta concepció inicial s'espera que els alumnes construeixin les idees clau que es treballen al llarg del procés d'ensenyament-aprenentatge.

Tal com s'ha descrit a la metodologia vam intentar analitzar les dades recollides a partir de l'activitat 1e vs2 de la SEA dissenyada, fent ús de l'instrument d'anàlisi CEMAM. L'enunciat de l'activitat 1e vs2 diu:

Com t'imagines les partícules (àtoms, molècules, ions) que formen l'aigua, l'aire, el sucre, l'aigua de mar? Fes una representació tot indicant què vols representar amb cadascun dels símbols que fas servir afegint etiquetes i descripcions.

Material	Representació
Aigua	
Aire	
Sucre	
Aigua de mar	

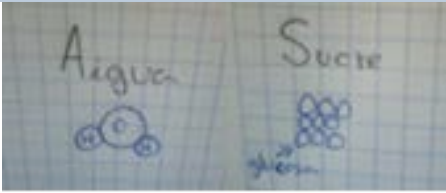
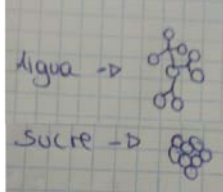
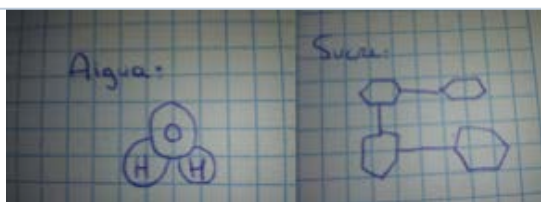
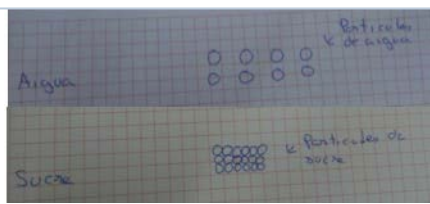
L'activitat demanava la representació de com s'imaginaven les partícules (àtoms, molècules, ions) que constitueixen alguns materials de la vida quotidiana: aigua, aire, sucre i aigua de mar. Només es van analitzar les respostes corresponents a les substàncies (aigua i sucre). A la taula

5.1.1 es fa un recull de la descripció de les concepcions inicials que hem anomenat alfa, beta, gamma i delta i la freqüència d'aquestes concepcions inicials. A la taula 5.1.2 es mostra un exemple de cadascuna d'aquestes concepcions.

Taula 5.1.1. Concepcions de partida dels alumnes

Inicial	DIMENSIONS				n=13
	Conformació	Dinamisme	Interaccions	Diversitat	
alfa	corpuscularitat	no moviment	partícules soltes	no diferenciació	38%
beta	granular	no moviment	partícules unides en algunes ocasions	no diferenciació	8%
gamma	corpuscularitat	no moviment	partícules unides en algunes ocasions	no diferenciació	8%
delta	discontinuitat	no moviment	partícules soltes	no diferenciació	46%

Taula 5.1.2. Exemples de les concepcions inicials dels alumnes

Inicial	Exemple
alfa	 <p><i>SERGI</i></p>
beta	 <p><i>MARTA</i></p>
gamma	 <p><i>JULI</i></p>
delta	 <p><i>ROGER</i></p>

Cal fer especial esment a la dificultat que suposa la classificació de les concepcions inicials dels alumnes, ja que les respostes dels alumnes a l'activitat 1evs2 no sempre es fan en forma de representació tal com es demanava. A més a més, com que són les primeres representacions que fan els estudiants, encara no estan avesats a les normes de consens en les representacions del món submicroscòpic. En certa manera caldria parlar de representacions espontànies o naif. És per aquesta raó que resulta difícil distingir si les partícules que representen els estudiants corresponen a grànuls, corpuscles o a partícules submicroscòpiques. Durant l'anàlisi, quan l'alumne representava en una de les dues substàncies analitzades (aigua o sucre) una única partícula, encara que aquesta evocés les representacions científiques de molècules, es va considerar que aquesta partícula representava un corpuscle que tenia les propietats de la matèria i aquesta concepció es va classificar com a corpuscular. Es va decidir classificar d'aquesta manera la representació d'una única partícula perquè les propietats de la matèria emergeixen del col·lectiu de partícules submicroscòpiques i no d'una sola partícula. Per una altra banda, la representació d'una substància com formada per més d'una partícula sense cap altra informació es podria classificar com a una concepció granular o com a concepció discontinua en la dimensió Conformació. Vam decidir en aquests casos considerar que l'estudiant tenia una concepció de discontinuïtat, ja que en cursos anteriors s'havia treballat el model corpuscular de matèria i era possible que alguns dels alumnes sí haguessin construït la idea de discontinuïtat. No obstant això, volem destacar el cas de la Marta perquè ens ha resultat molt difícil interpretar la seva representació pel fet que considera que les partícules en el cas de l'aigua (en estat líquid) estan unides entre si tot i que en el cas del sucre (en estat sòlid) no les representa unides entre si. No podem interpretar què representen els cercles i per aquesta raó vam decidir classificar les seves representacions com a grànuls perquè en cap cas podien representar partícules submicroscòpiques.

Observem que les concepcions de partida dels alumnes estan per sota del model conceptual objectiu que proposa el currículum pels alumnes de 3r de l'ESO (14-15 anys). S'esperava que les concepcions inicials dels alumnes fossin concordants amb el model conceptual bàsic de matèria (Johnson, 1998) i que correspon a les següents categories de cadascuna de les dimensions: discontinuïtat (D), moviment (M), partícules unides sense distingir (PUSD). Es considera que aquest hauria de ser el model inicial perquè els alumnes quan arriben a 4t de l'ESO ja han cursat dos cursos de ciències experimentals (física i química) en els quals s'han introduït els conceptes corresponents a l'estructura de la matèria. Així a 2n de l'ESO (13-14 anys) s'han estudiat les mescles i les substàncies pures, la teoria cineticocorpuscular de la matèria, els estats de la matèria i els canvis d'estat. En 3r de l'ESO (14-15 anys) s'han estudiat alguns canvis químics. Per tant, s'esperava que els alumnes tinguessin una concepció de la

matèria discontinua formada per partícules submicroscòpiques en moviment continu. Aquestes partícules en l'estat sòlid estarien unides entre si i tindrien un moviment de vibració únicament, en l'estat líquid les unions entre partícules serien parcials i podrien moure's amb més llibertat i en l'estat gas no estarien unides i es mourien amb total llibertat.

5.2. Les concepcions dels alumnes en el moment Substància

Una vegada hem descrit les concepcions de partida que tenen els estudiants es volen analitzar les concepcions que han construït els alumnes al llarg de l'ensenyament (implementació de la primera part de la SEA vs2). Aquestes concepcions es correspondrien amb les concepcions dels estudiants després de la realització de les activitats que es fan servir per a la introducció de les 6 primeres idees clau del model conceptual (de les 7 que s'han definit). Hem anomenat a les concepcions dels alumnes en aquest moment de la instrucció les concepcions dels alumnes en el *moment Substància*. En aquest punt s'han introduït les idees clau (1-6) del model (veure taula 3.3.1) que permeten als estudiants construir una concepció de matèria com a substància que seria concordant amb el model científic, però que no tindria en compte els canvis en la matèria. Tal com hem exposat en el marc teòric hem abordat la idea de matèria des de les substàncies i, per tant, ens referim a aquestes concepcions com a concepcions en el moment Substància. Les dades es van obtenir amb l'instrument de recollida de dades a partir de l'activitat 13bvs2, l'enunciat de la qual exposa tot seguit.

b) Feu una representació de les següents substàncies en estat sòlid. Indiqueu en les vostres representacions què significa cada símbol que feu servir. Recordeu representar la fortalesa de les unions entre partícules (et recomanem que facis servir línies de diferent gruix o de diferent color).

Substància	Fórmula	Representació del sòlid	Partícules que formen el sòlid
Diòxid de carboni	CO ₂		
Alumini	Al _n		
Clorur de potassi	KCl		
Llegenda:			
Pel diòxid de carboni:			
Per l'alumini:			
Pel clorur de potassi:			

Els resultats que s'han obtingut es mostren a la figura 5.2.1. S'han identificat 9 concepcions diferents⁹ que s'han ordenat en funció de la llunyania amb el model conceptual objectiu. Aquesta ordenació, tal com s'ha explicat en la metodologia, s'ha portat a terme mitjançant una quantificació de les categories, és a dir, se les ha donat un valor per poder construir un gràfic que permetés saber quina era l'àrea de la representació. En els apartats següents es desenvoluparà aquesta qüestió.

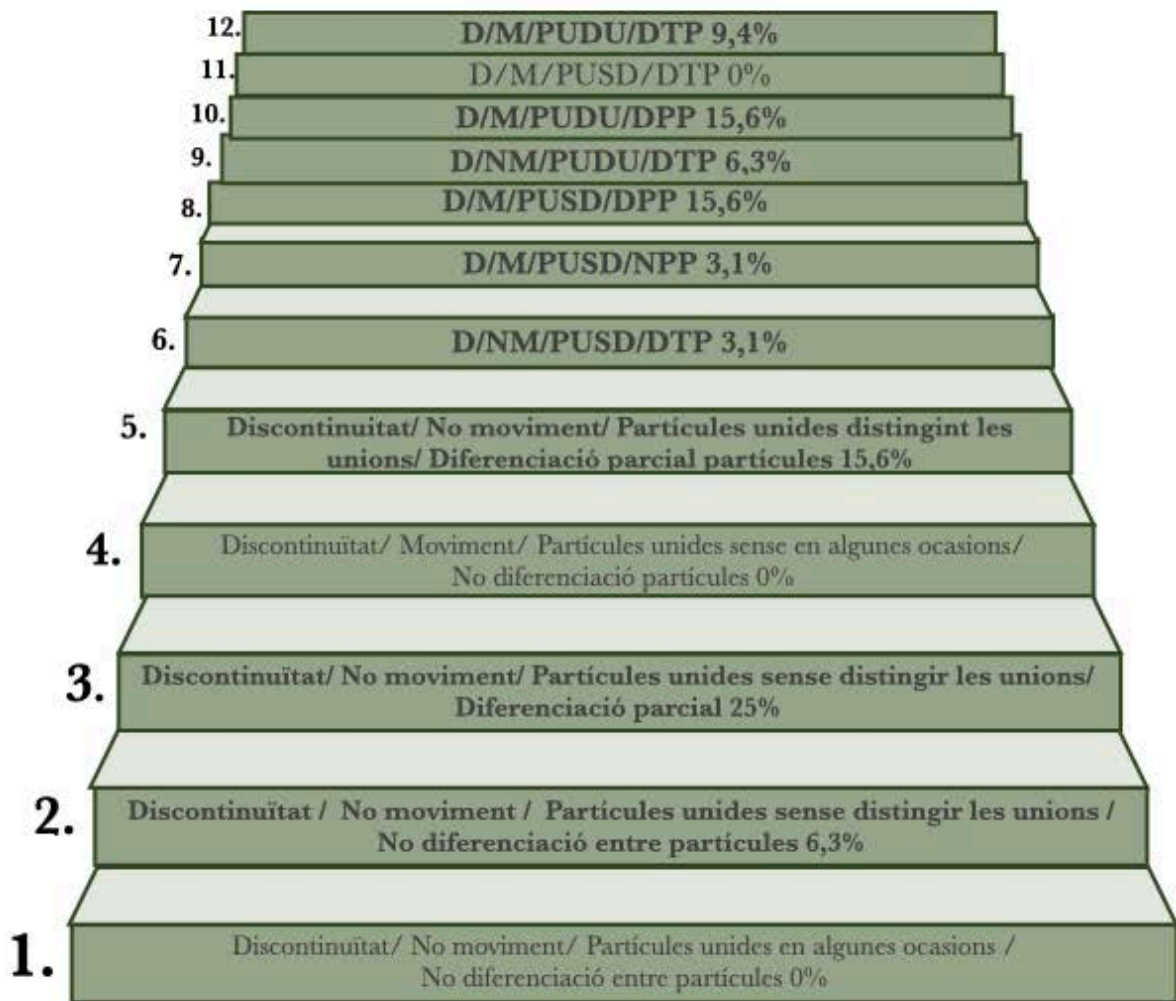


Figura 5.2.1. Concepcions dels estudiants en el moment Substància i la seva freqüència (n=32)

⁹ S'ha preferit posar totes les concepcions trobades al llarg de tot l'estudi encara que en aquest punt de l'estudi la freqüència fos 0 per mantenir la coherència i la claredat de les concepcions, ja que d'altra manera es produirien salts en l'enumeració de les concepcions que ens podrien distreu en el seguiment de la recerca.

Com es pot llegir a la figura 5.2.1 de les 12 concepcions trobades al llarg de la nostra anàlisi, tal com és esperable, hi ha algunes concepcions que s'han determinat en altres moments de la SEA i que no apareixen en aquest moment anomenat moment Substància (després de la introducció de les idees clau 1-6). Veiem que en aquest punt de la SEA, quan s'han introduït les idees clau que permeten construir la concepció de substància lligada a les 6 primeres idees clau, les concepcions de tots els alumnes es corresponen amb la idea de discontinuïtat respecte de la dimensió Conformació. Per tant, podem dir que la introducció de les idees clau 1-6 ha permès a tots els alumnes construir o consolidar la idea que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques. Altrament, una mica menys de la meitat dels estudiants (43,7%) ha incorporat a la seva concepció la idea de moviment continu de les partícules. Per una altra banda, tot l'alumnat ha inclòs la idea que les partícules estan unides entre elles, encara que només una part dels estudiants (46,9%) distingeix el tipus d'unió entre partícules. Per últim, la gran majoria dels estudiants (90,6%) poden distingir el tipus de partícula submicroscòpica que forma una substància determinada encara que d'una manera parcial.

Podem dir que els resultats apunten al fet que la instrucció permet als estudiants progressar en la construcció d'una concepció de matèria alineada amb el model conceptual avançat.

Tal com s'ha indicat anteriorment, per finalitzar la construcció del model cal que els estudiants construeixin les idees relacionades amb els canvis en la matèria (idea clau 7 del model conceptual). La construcció d'aquesta idea per part de l'alumnat ha de permetre copsar la robustesa d'aquest model mental. Parlem de robustesa en el sentit proposat per Gutiérrez en Gutiérrez (1996), és a dir, "quan pot ser utilitzat en situacions noves, o no previstes, en construir el model".

Vam analitzar com els alumnes l'aplicaven en moments de canvi i així tal com s'ha indicat amb anterioritat se'ls va demanar que apliquessin les seves concepcions a situacions de canvi.

5.3. L'aplicació del model

A partir de les respostes a les activitats 14f i 15c de la SEAvs2 en les quals es feia una demanda als estudiants que els obligava a mobilitzar les seves concepcions sobre la matèria per poder explicar els dos canvis que se'ls proposava (un canvi físic i un canvi químic) vam estudiar quines eren aquestes concepcions. Aquesta aplicació del model a situacions de canvi es correspon amb la idea clau 7, la qual és necessària per arribar a construir un model mental alineat amb el model CC de matèria avançat (model escolar objectiu).

5.3.1. Les concepcions dels estudiants en el moment Canvi físic

L'enunciat de l'activitat 14fvs2 tenia tres parts i feia demandes per tres substàncies: sofre, alumini i clorur de potassi:

f) Apliquem allò que hem estudiat a altres substàncies!

Feu una representació de com us imagineu les següents substàncies per dintre i escriu el que consideris necessari perquè s'entengui com us les imagineu en el nivell submicroscòpic.

SOFRE

Per facilitar-vos una mica més la feina penseu en el sofre (S_8) quan està en estat sòlid per sota de 115°C (punt de fusió), en estat líquid (entre 115°C i 444°C) i en estat gasós per sobre de 444°C (punt d'ebullició). Feu una representació de com creieu que és per dintre. Expliqueu en el requadre tot el que considereu necessari perquè s'entengui la vostra representació.

Sofre en estat sòlid	Sofre en estat líquid	Sofre en estat gasós
1. Com és possible que el sofre pugui passar fàcilment de sòlid a líquid i de líquid a gas?		

ALUMINI

Penseu que l'alumini (Al) a temperatura ambient està en estat sòlid i que fon a una temperatura de 660°C i bull a 2519°C . Feu una representació de com creieu que és per dintre. Expliqueu en el requadre tots el que considereu necessari perquè s'entengui la vostra representació.

Alumini en estat sòlid	Alumini en estat líquid	Alumini en estat gasós
1. Com és possible que l'alumini no s'evapori fàcilment?		

CLORUR DE POTASSI

Penseu que el clorur de potassi (KCl) a temperatura ambient està en estat sòlid i que fon a una temperatura de 776°C i bull a 1477°C . Indiqueu quina serà la llegenda que fareu servir en la representació.

Clorur de potassi en estat sòlid	Clorur de potassi en estat líquid	Clorur de potassi en estat gasós
1. Per què el clorur de potassi en estat líquid condueix l'electricitat?		

La distribució de les concepcions dels alumnes pel canvi físic es recull a la figura 5.3.1.

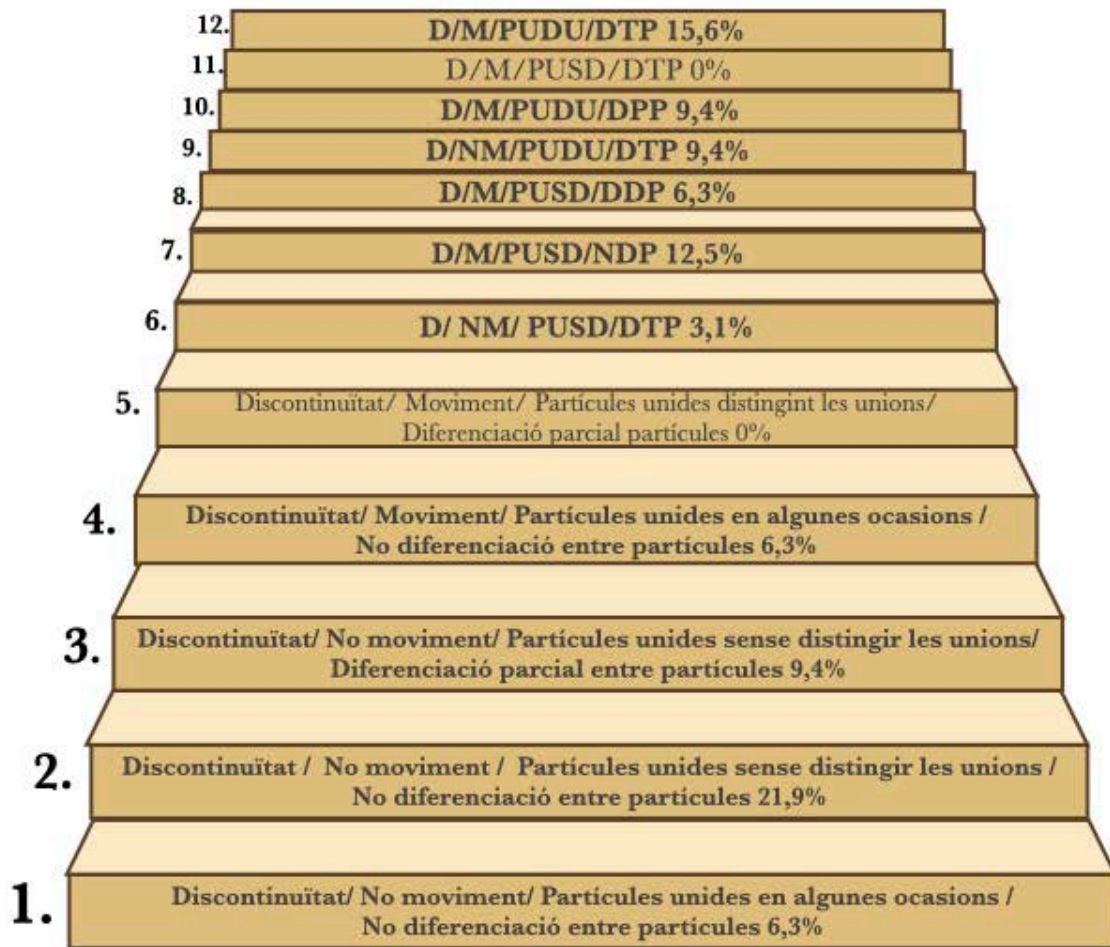


Figura 5.3.1. Concepcions dels estudiants en el moment Canvi físic i la seva freqüència (n=32)

Veiem que per resoldre aquesta demanda, la interpretació d'un canvi físic, en conjunt, les concepcions dels estudiants no són exactament les mateixes que en finalitzar l'etapa d'introducció de les idees 1-6 del model. (Figura 5.2.1). En aquest moment (moment Canvi físic) apareixen les concepcions 1 i 4 que no s'havien trobat en el moment anterior (Figura 5.2.1) i desapareix la concepció 5. En aquest moment de la SEA ha augmentat la proporció dels alumnes que consideren que les partícules tenen un moviment continu (46,9%), a més a més, la majoria dels alumnes (84,4%) pensa que les partícules submicroscòpiques estan unides i, tot i que una quantitat inferior al moment anterior (34,4%) distingeix els diferents tipus d'unió entre partícules, la meitat (50,0%) distingeix parcialment o totalment el tipus de partícula. L'aparició de noves concepcions i la desaparició d'altres pot ser motivada perquè la demanda no està formulada de la mateixa manera. Tal com ens informen Bar i Travis (1991), Bar i Galili (1994), Boz (2006), Driver i Oldham (1986) i Pintó (1991) no és possible resoldre aquesta qüestió sobre la consistència en les concepcions dels alumnes i només es poden mostrar les inconsistències

i intentar imaginar quines són les raons subjacents (Pintó,1991). En l'apartat 5.4. Trajectòries dels alumnes detallarem amb més profunditat aquests resultats i tractarem d'interpretar quines són les raons subjacents. En tots cas, ja identifiquem millores en les concepcions dels alumnes.

5.3.2. Les concepcions dels estudiants en el moment Canvi químic

L'enunciat de l'activitat 15cvs2 deia:

c) L'òxid de mercuri és una substància que a temperatura ambient és una pols de color taronja i té la fórmula química (HgO). Quan apliquem calor durant una estona apareix un líquid de color platejat (Hg) que té bombolles que corresponen a l'oxigen (O₂). Representeu el canvi que es produeix tenint en compte la informació anterior. Indiqueu quina serà la llegenda que fareu servir en la representació.

Inicial	Final	
Llegenda:		
1. Com és possible que cadascuna de les substàncies estigui en un estat diferent si totes tres estan a la mateixa temperatura?		

A la figura 5.3.2 es recullen les concepcions dels estudiants pel canvi químic.

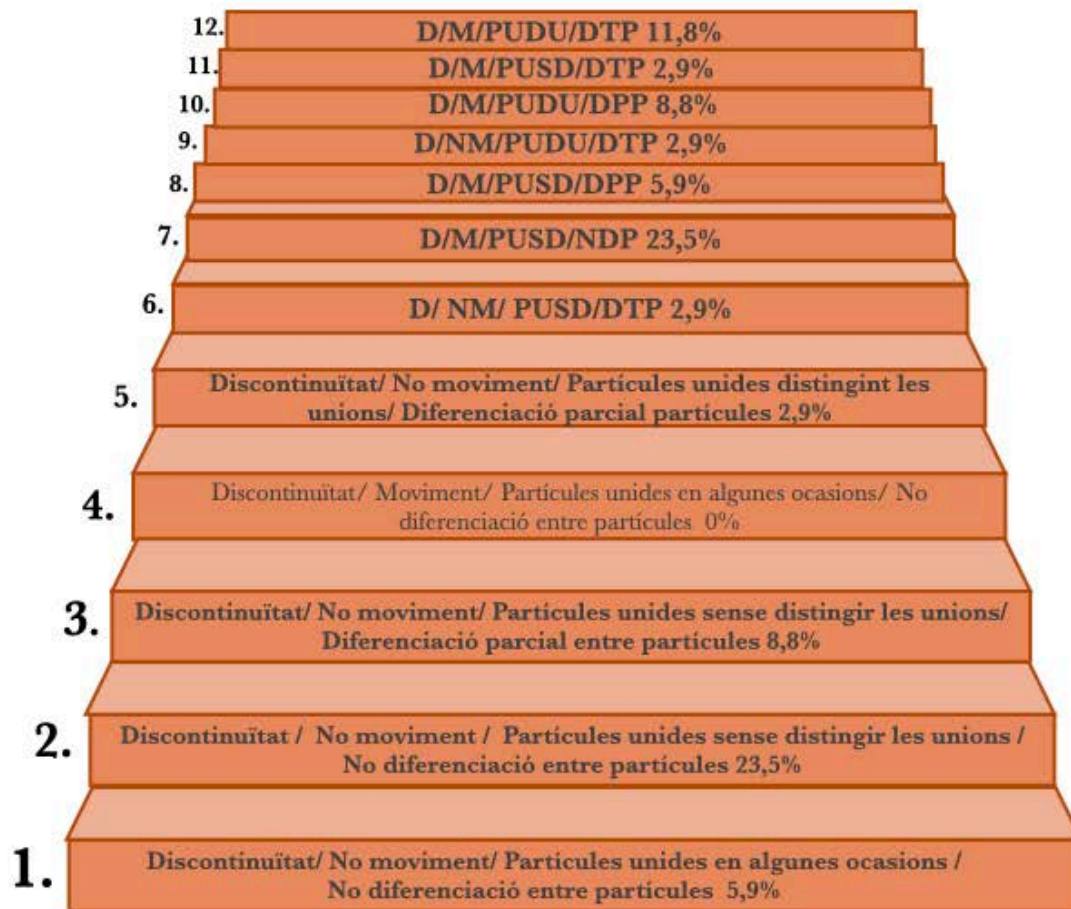


Figura 5.3.2. Concepcions dels estudiants en el moment Canvi químic i la seva freqüència (n=34)

En aquesta figura es pot llegir que ha desaparegut la concepció 4. Pel que fa a les categories alineades amb el model objectiu podem dir que augmenta la proporció i el nombre d'estudiants que consideren que les partícules tenen un moviment continu (52,9%), també hi ha més estudiants que pensen que les partícules estan unides (94,1%) tot i que ha disminuït la proporció de l'alumnat que distingeix els diferents tipus d'unions i els que distingeixen de manera parcial o total el tipus de partícules (47,1%). Per tant, com passava en l'aplicació del model al canvi físic, aquest resultat ens dona informació sobre el progrés en la construcció del model que els alumnes han construït així com sobre la seva inconsistència. Tal com ja s'ha indicat en l'apartat següent s'intentaran esbrinar les raons subjacents que hi ha darrere d'aquests resultats.

5.4. Les trajectòries dels estudiants

En aquest apartat descriurem quines són les trajectòries individuals de cadascun dels alumnes al llarg de la SEA.

Per poder analitzar les trajectòries dels estudiants s'han agrupat les diferents concepcions de l'alumnat abans descrites per nivells. Aquests nivells suposen un augment en la complexitat de la concepció de manera que el nivell A seria el menys complex i el nivell D seria el més complex i el que estaria alineat amb el model CC de matèria avançat (model conceptual/model escolar).

Així, les concepcions que pertanyen al primer nivell que s'ha anomenat A són aquelles concepcions que corresponen a la categoria més sofisticada en només una de les 4 dimensions. El nivell B es correspondria amb aquelles concepcions dels estudiants que corresponen a la categoria més sofisticada en dues de les 4 dimensions, el nivell C correspon a la categoria més sofisticada en tres de les 4 dimensions i el nivell D amb aquelles concepcions que corresponen a la categoria més sofisticada en les 4 dimensions del model científic escolar. En els cas que un alumne estigui en una categoria corresponent a la màxima complexitat, és a dir, en el cas que un alumne hagi construït una concepció completament alineada amb el model CC avançat de matèria en certa dimensió, escriurem a la taula el nom de tal dimensió. A la taula 5.4.1 es recullen aquestes agrupacions.

Taula 5.4.1. Nivells de les concepcions dels alumnes

Nivell	Concepció	Concepció alineada amb les dimensions del model CC avançat
A	1	Conformació
	2	Conformació
	3	Conformació
B	4	Conformació i Dinamisme
	5	Conformació i Interaccions
	6	Conformació i Diversitat
	7	Conformació i Dinamisme
	8	Conformació i Dinamisme
C	9	Conformació, Interaccions i Diversitat
	10	Conformació, Dinamisme i Interaccions
	11	Conformació, Dinamisme i Diversitat
D	12	Conformació, Dinamisme, Interaccions i Diversitat

Per poder comparar quant a prop estan les concepcions dels alumnes del model conceptual s'han representat cadascuna de les concepcions en un diagrama radial i s'han comparat amb el model conceptual (Figures 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3) seguint les pautes que s'han descrit en l'apartat 3 (Disseny de la recerca).

Tots els alumnes que tenen una concepció en el nivell A (concepcions 1-3) han construït la idea que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques. Aquest nivell correspondria al de l'assoliment de les idees clau relacionades amb la conformació de la matèria, és a dir, els alumnes que han assolit aquest nivell A pensen que la matèria és discontinua (D).

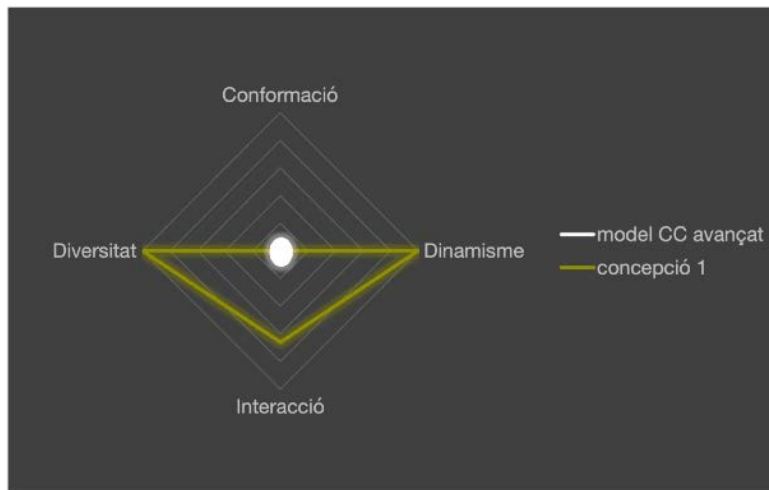


Figura 5.4.1. Concepció 1 vs model conceptual

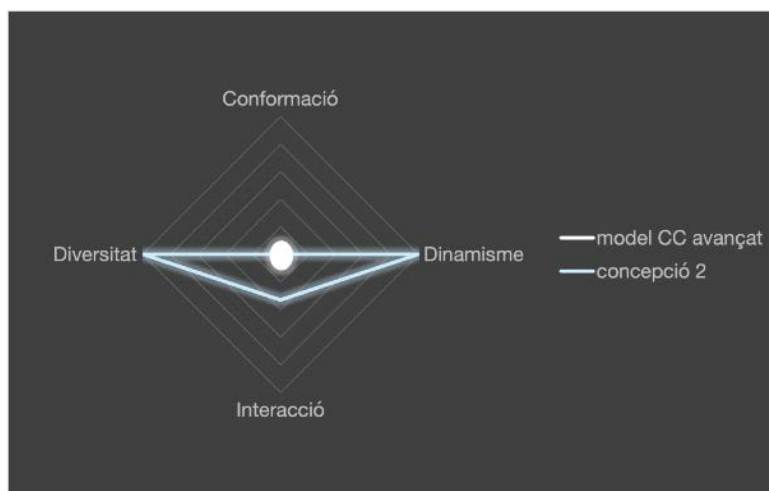


Figura 5.4.2. Concepció 2 vs model conceptual

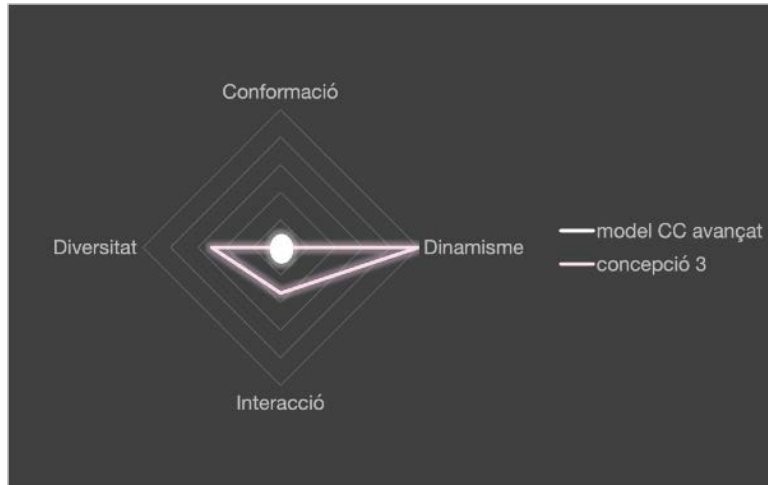


Figura 5.4.3. Concepció 3 vs model conceptual

Al nivell B s'inclouen les concepcions 4-8 (figures 4.5.4, 4.5.5, 4.5.6, 4.5.7 i 4.5.8) en les quals els alumnes mostren un nivell que correspon a les categories de major complexitat de les idees incloses en dues de les dimensions del model objectiu. Pot ser que a més de dominar els conceptes inclosos en la dimensió Conformació també estiguin al màxim nivell en la dimensió Dinamisme, Interacció o Diversitat. Tanmateix els alumnes, a més a més de concebre la matèria com a discontinua i formada per partícules submicroscòpiques (D), incorporen alguna característica més al seu model:

- bé incorporen que les partícules estan en moviment continu (M),
- bé consideren que les partícules submicroscòpiques són diferents en funció del tipus de substància que sigui (DTP),
- o bé consideren que la relació entre les partícules pot ser més o més intensa en funció de quines partícules uneixen (PUDU).

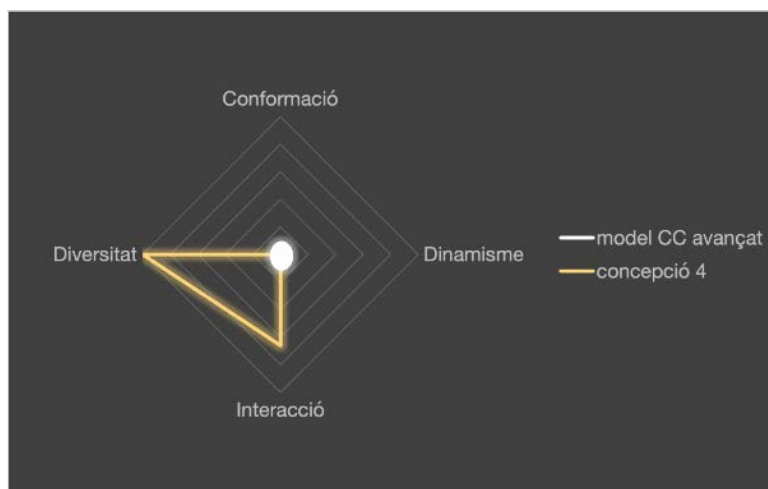


Figura 4.5.4. Concepció 4 vs model conceptual

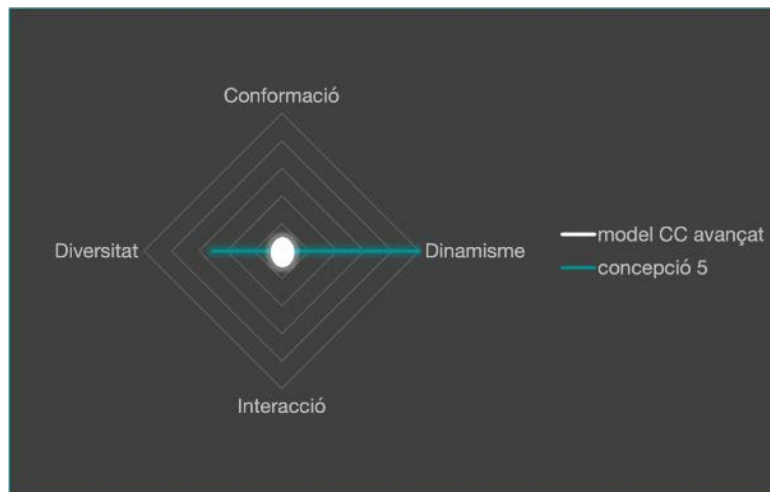


Figura 4.5.5. Concepció 5 vs model conceptual

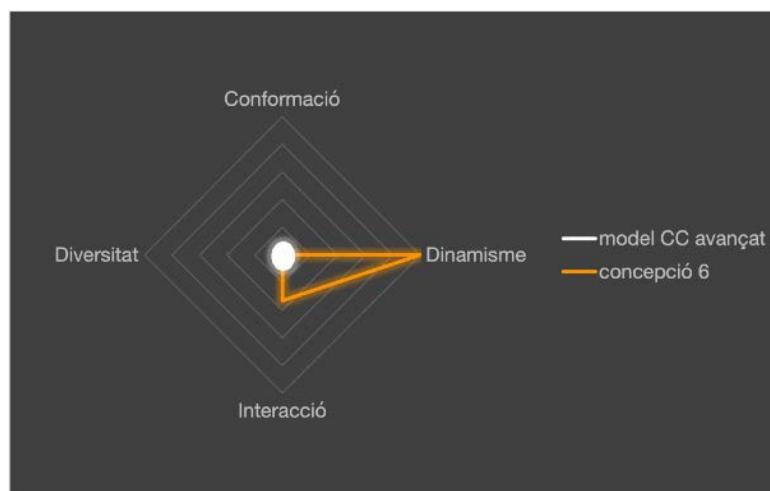


Figura 4.5.6. Concepció 6 vs model conceptual

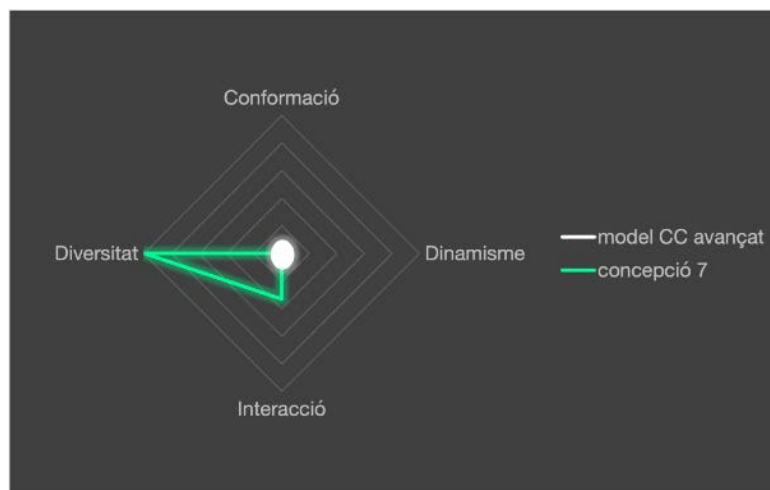


Figura 4.5.7. Concepció 7 vs model conceptual

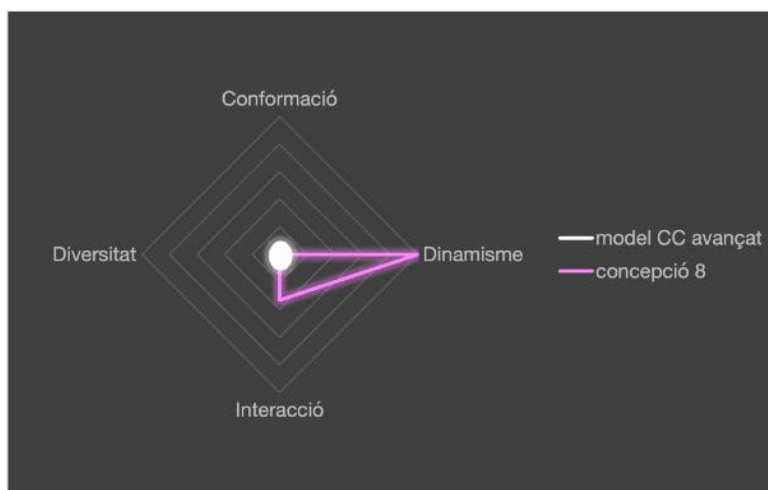


Figura 4.5.8. Concepció 8 vs model conceptual

En el nivell C, en el qual estan incloses les concepcions 9-11 (figures 4.5.9, 4.5.10 i 4.5.11), els alumnes s'aproximen al model objectiu en tres de les dimensions. En aquest nivell hi ha alumnes que conceben la matèria com a discontinua (D) i formada per partícules submicroscòpiques:

- que es mouen contínuament (M) i que aquestes partícules són diferents en funció de quin sigui el tipus de substància (DTP),
- que es mouen contínuament (M) i que les unions són més o menys febles en funció de quines siguin les partícules que uneixen (PUDU),
- que són diferents en funció de quin sigui el tipus de substància (DTP) i que aquestes partícules estan unides entre si de manera que aquestes unions són més o més febles en funció de quines siguin les partícules (PUDU).

La classificació de les concepcions dels alumnes en els nivells B i C ens donaria informació sobre la manera que tenen els alumnes de construir el model, ja que no hi ha una única trajectòria que segueixi la progressió teòrica de les idees clau proposada per la SEA. Tenim alumnes que han incorporat la idea clau que descriu la intensitat de les interaccions en funció del tipus de partícula, però que no han incorporat la idea clau que descriu els diferents tipus de partícules o la idea que aquestes partícules estan en moviment continu.

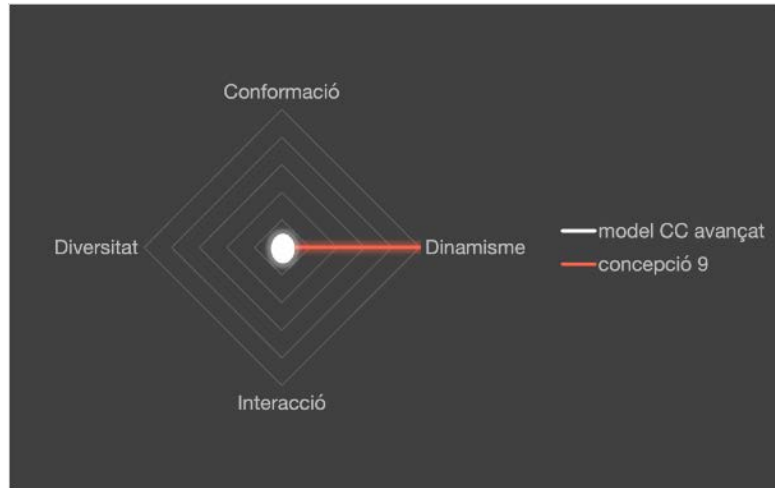


Figura 4.5.9. Concepció 9 vs model conceptual

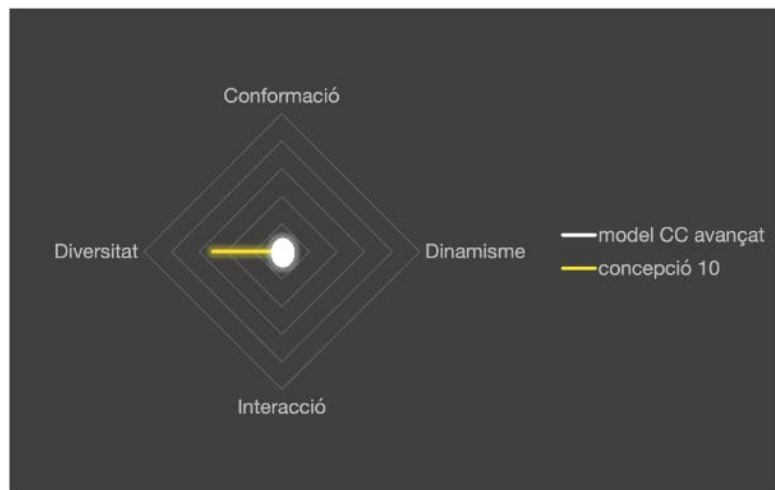


Figura 4.5.10 Concepció 10 vs model conceptual

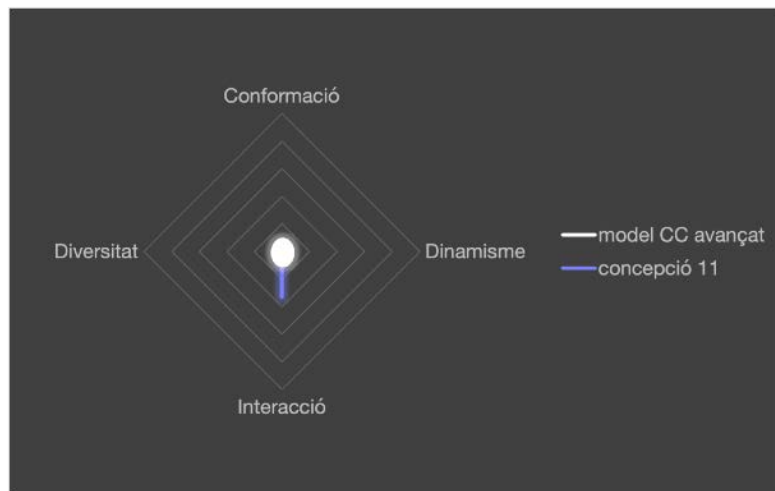


Figura 4.5.11. Concepció 11 vs model conceptual

Finalment, el nivell D, que correspon a la concepció 12 (figura 4.5.12), implica que els alumnes que tenen aquesta concepció han construït les idees més sofisticades del model objectiu per a cadascuna de les 4 dimensions i, per tant, aquesta concepció coincideix amb el model objectiu. Així doncs els alumnes que tenen aquesta concepció haurien incorporat totes les idees clau del model objectiu.

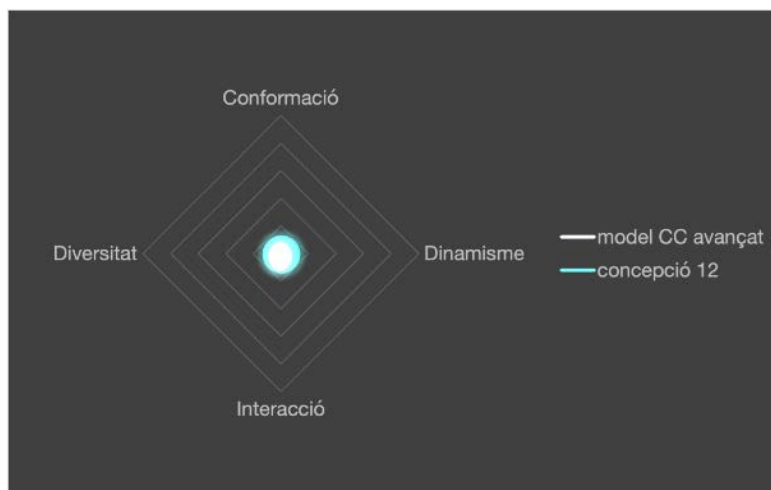


Figura 4.5.12. Concepció 12 vs model conceptual

5.4.1. Les trajectòries individuals dels estudiants

Tal com s'ha descrit al capítol Disseny de la recerca, les trajectòries que es descriuran corresponen a les trajectòries dels alumnes dels quals tenim totes les dades¹⁰ de manera que podem establir les seves concepcions en els diferents moments de la SEA. Són 13 estudiants.

Abans de tot, per tenir una visió de conjunt de les trajectòries a la taula 5.4.2 es recullen les concepcions dels alumnes en els diferents moments de la SEA que hem anomenat Inicial, Substància, Canvi físic i Canvi químic. Els números que apareixen a la taula corresponen als 12 tipus de concepcions que emergeixen de les dades, que ens indiquen el grau d'assoliment de les concepcions en relació amb el model CC de matèria i que hem descrit a la taula 5.4.1. Els colors representen el nivell assignat a cada concepció, una vegada les hem agrupat en 4 nivells.

¹⁰ Hi ha alumnes que no han assistit a alguna de les classes per malaltia o per alguna altre raó i per tant les seves dades serien incompletes.

Taula 5.4.2. Trajectòries individuals dels alumnes

Alumne	Moment de la SEA				
	Concepció	Inicial	Substància	Canvi físic	Canvi químic
Dafne		alfa	3	2	2
Sergi		alfa	9	3	3
Roc		alfa	10	4	7
Mateu		alfa	8	10	8
Grau		alfa	3	1	7
Marta		beta	5	2	2
Juli		gamma	8	7	7
Zoè		delta	10	12	12
Martina		delta	12	12	12
Roger		delta	3	3	1
Lia		delta	5	9	5
Fiona		delta	5	2	3
Iris		delta	2	2	2

Llegenda: nivell A ■ nivell B ■ nivell C ■ nivell D ■

A la figura 5.4.13 es representen les concepcions dels alumnes en forma de gràfica. Els diferents colors representen els diferents moments de la SEA i l'altura de la columna el nivell en el qual s'ha classificat la concepció de l'alumne: a, b, g i d (corresponen a les concepcions inicials alfa, beta, gamma i delta) i A, B, C i D als nivells en els quals s'han classificat les diferents concepcions. Aquesta forma de representació permet observar si les concepcions dels alumnes són més o menys sofisticades, en funció de l'altura de la barra, al llarg de la implementació de la SEA.

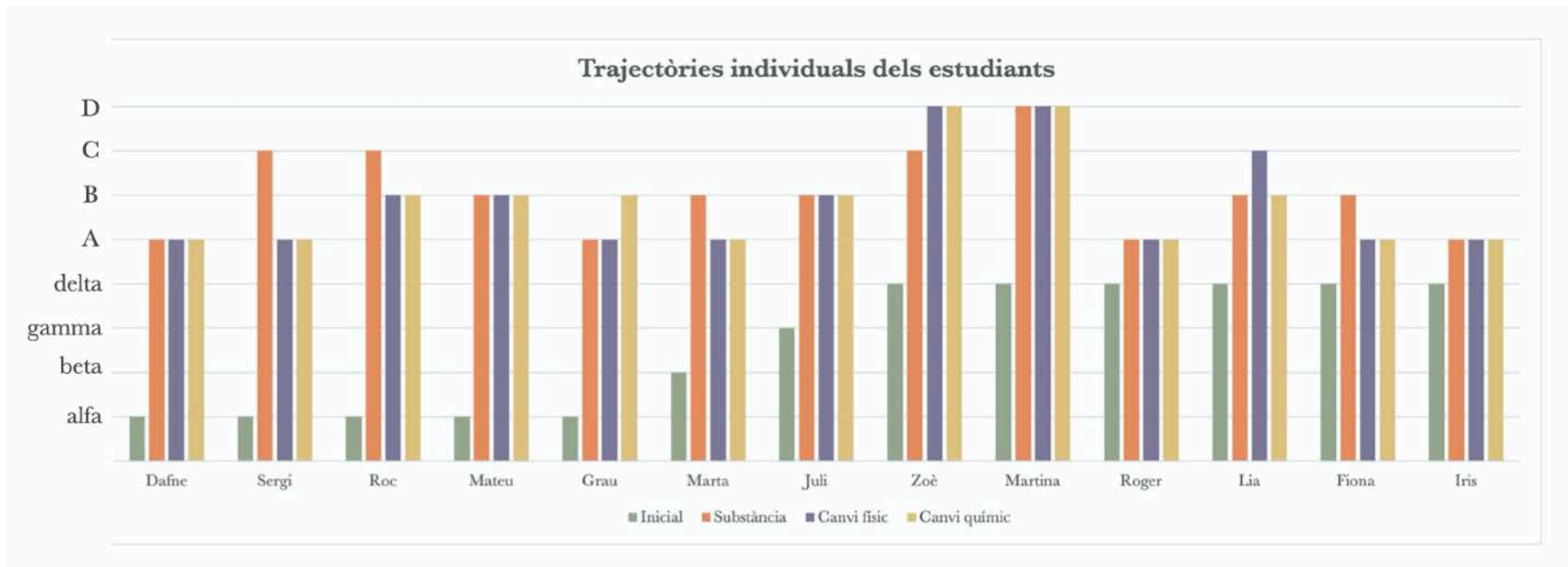


Figura 5.4.13. Trajectòries individuals dels estudiants

A la vista dels resultats que apareixen a la figura 5.4.13 podem afirmar que tots els alumnes milloren d'alguna manera la seva concepció de matèria amb la SEA perquè tots els alumnes parteixen d'una concepció inicial que és molt menys elaborada o sofisticada que la final.

Per poder aprofundir en l'estudi de l'evolució que han fet aquests estudiants ens fixarem en com ha estat aquesta evolució en cada dimensió de manera que podrem identificar quina és la dimensió més difícil d'assumir. En aquest cas, per fer la representació, s'han mantingut els valors inicials donats a cada categoria per la qual cosa la concepció més sofisticada correspondrà a un valor més baix en el gràfic, és a dir, les representacions gràfiques serà inverses a la gràfica de la figura 5.4.13.

A la figura 5.4.14 es mostra l'evolució que fa la concepció de cada alumne al llarg de la SEA en relació amb la dimensió Conformació. En l'eix d'ordenades s'han posat les categories d'aquesta dimensió: Continuitat, Incrustada, Granular, Corpuscularitat i Discontinuitat.

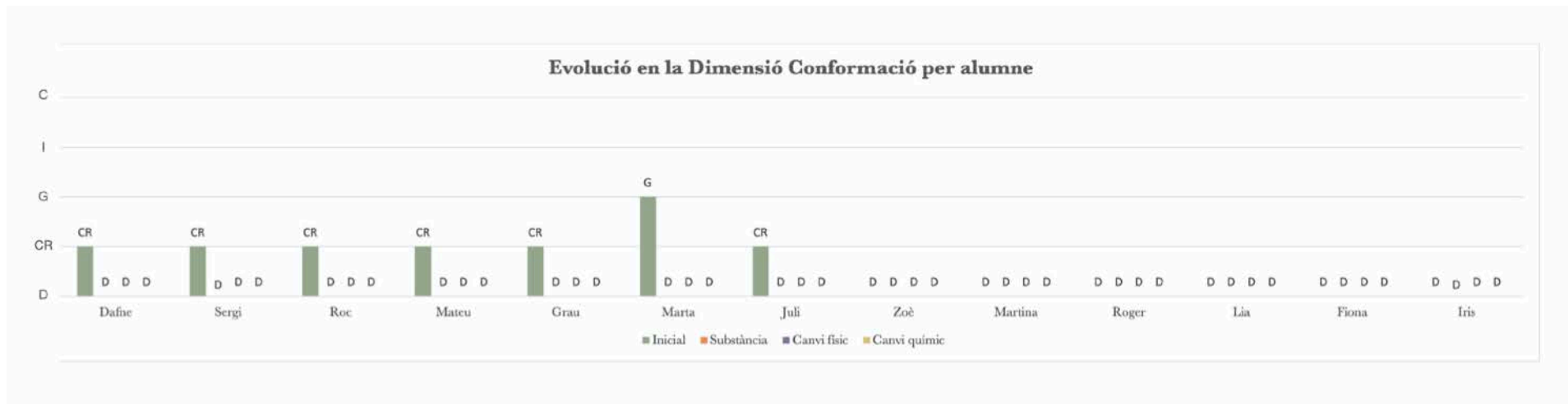


Figura 5.4.14. Evolució en la dimensió Conformació per alumne

A partir de la gràfica es pot veure que la categoria de la dimensió Conformació que tots els alumnes mostren en la seva concepció després de la introducció de les 6 primeres idees clau (moment Substància) és la de Discontinuitat. Podem afirmar que les activitats d'introducció han permès als estudiants elaborar o construir la idea de discontinuïtat de la matèria concordant amb la del model escolar objectiu. Tots els alumnes han incorporat aquesta idea en les seves concepcions després de la introducció de les idees i aquesta no s'ha modificat en cap altre moment de la SEA, és a dir, s'ha mantingut al llarg de la SEA.

A la figura 5.4.15 es mostra la gràfica d'evolució de les concepcions dels estudiants en la dimensió Dinamisme. En l'eix d'ordenades s'han posat les categories d'aquesta dimensió: Sense Moviment, Moviment.

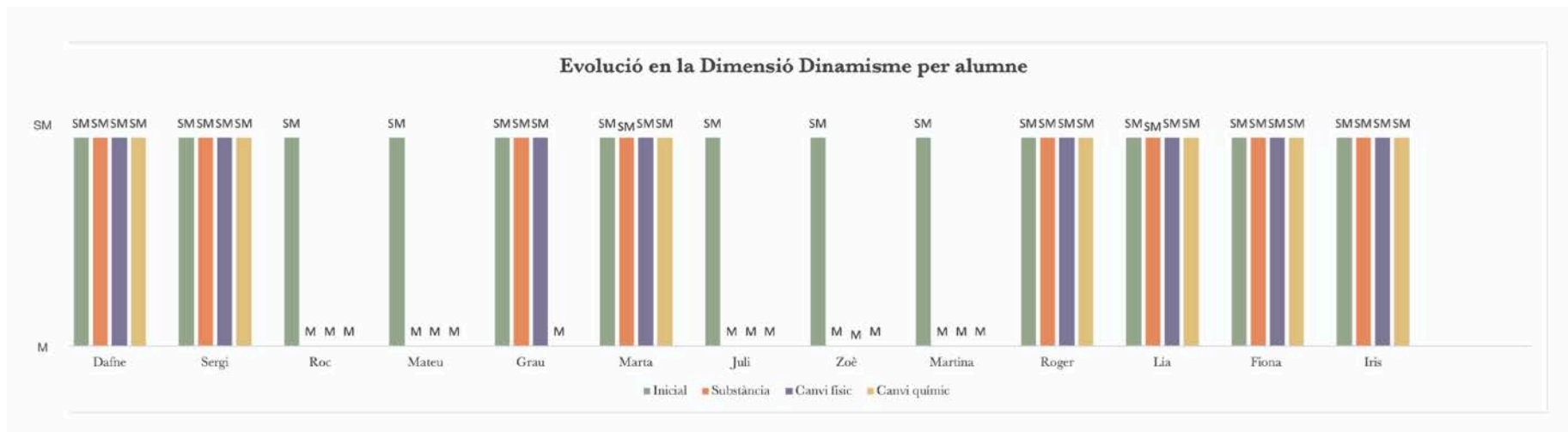


Figura 5.4.15. Evolució en la dimensió Dinamisme per alumne

Els resultats que vam obtenir ens van sorprendre per l'alt nombre d'alumnes que no mostraven en les seves concepcions inicials la idea de moviment continu i que no han incorporat a la seva concepció al llarg de SEA. Una possible explicació és que per la resolució de la demanda els alumnes no consideressin necessari la idea de moviment de les partícules. Per poder tenir més informació sobre aquesta qüestió pensem que hauríem de plantejar en futures investigacions demandes que promoguessis en els estudiants l'ús de mecanismes de moviment de les partícules. No obstant això es pot observar que tots els alumnes tenien inicialment una concepció de No Moviment en la dimensió Dinamisme, però després de la introducció de les 6 primeres idees clau alguns dels alumnes han canviat la seva concepció a la classificada en la categoria Moviment. Els alumnes que han modificat la seva concepció de la dimensió Dinamisme l'han mantingut al llarg de tota la SEA. Podem dir doncs que les activitats d'introducció han permès incorporar, construir o elaborar a una part dels alumnes aquesta idea tot i la dificultat que representa per molt d'ells la idea d'un moviment inherent de les partícules. Hi ha un estudiant, en Grau, que incorpora aquesta idea al final de la SEA, és a dir, no mostra en la concepció construïda després de la introducció de les 6 primeres idees clau (moment Substància), ni en l'aplicació al canvi físic (moment Canvi físic) el moviment de les partícules, però sí ho fa en la concepció que fa servir per a la representació del nivell submicroscòpic del canvi químic (moment Canvi químic). Constatem doncs novament que, com ja sabem, el temps d'aprenentatge pot no ser el mateix que el temps de l'ensenyament.

Per la dimensió Interaccions també s'ha elaborat la gràfica que recull l'evolució de les concepcions dels estudiants en aquesta dimensió. Així a la figura 5.4.16 podem veure aquesta evolució. En l'eix d'ordenades s'han posat les categories d'aquesta dimensió: Partícules Soltes, Partícules Unides en Algunes Ocasions, Partícules Unides Sense Distingir les unions intermoleculares de les unions interatòmiques, Partícules Unides Distingint les Unions (unions febles entre molècules i unions fortes entre àtoms i ions).

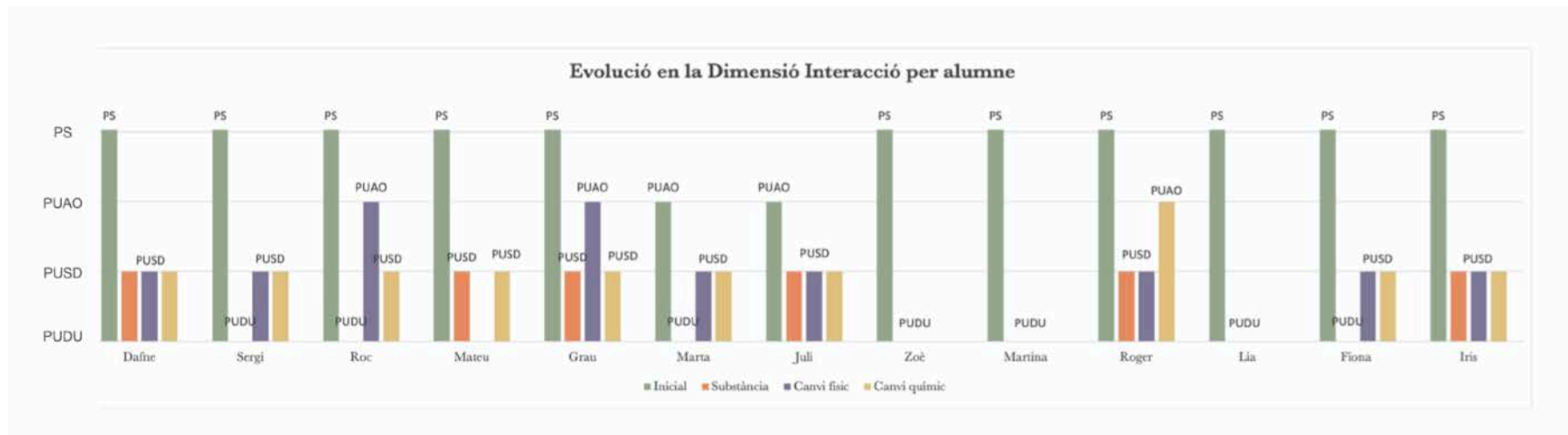


Figura 5.4.16. Evolució en la dimensió Interacció per alumne

Si ens fixem en la figura 5.4.16, en el moment Inicial observem que els alumnes es poden agrupar al voltant de només dues categories de la dimensió Interaccions: la categoria partícules soltes (PS) i la categoria partícules unides en algunes ocasions (PUAO), és a dir, els alumnes comencen amb una concepció de la matèria en relació amb la dimensió Interaccions que considera que bé les partícules que formen la matèria estan soltes o bé estan unides en algunes ocasions. Després de la introducció de les idees clau 1-6 (moment Substància) trobem que hi ha alumnes que han millorat la seva concepció de la matèria en relació amb aquesta dimensió, ja que les seves concepcions es poden classificar com PUSD o PUDU. Així podríem dir que les activitats d'introducció d'aquestes idees clau 1-6 han permès a alguns alumnes construir o elaborar en part aquestes idees alineades amb el model escolar objectiu.

No obstant això, podem observar que per la majoria d'aquests estudiants la seva concepció en relació amb la dimensió Interaccions no és estable al llarg de tota la SEA i que no la mantenen en l'aplicació al canvi físic (moment Canvi físic) i al canvi químic (moment Canvi químic). Tant és així que fins i tot hi ha alumnes que en moments posteriors de la SEA tomen a una concepció en relació amb aquesta dimensió que correspon a la categoria PUAO. Tot seguit passem a il·lustrar aquestes situacions.

En la representació que en Roc fa en el moment Canvi físic (Figura 5.4.17) dibuixa les partícules submicroscòpiques de les diferents substàncies unides en l'estat sòlid i soltes tant en l'estat líquid com en l'estat gasós. I diu:

“el sofre per dins en estat sòlid té les partícules unides [...] el sofre per dins en estat líquid te les partícules separades [...]

El mateix amb l'alumini en estat sòlid estan juntes amb connexions [...] En líquid juntes sense connexions [...] En estat gasós, molt separades, sense connexions, [...]

el clorur de potassi en estat sòlid [...] amb connexions [...]. En estat líquid molt juntes sense connexions... En estat gasós molt separades, sense connexions....”

És interessant constatar que tot i que moltes vegades s'interpreta que junt significa unit, per aquest estudiant junt no significa unit. Per aquest estudiant les partícules poden estar juntes però no unides.

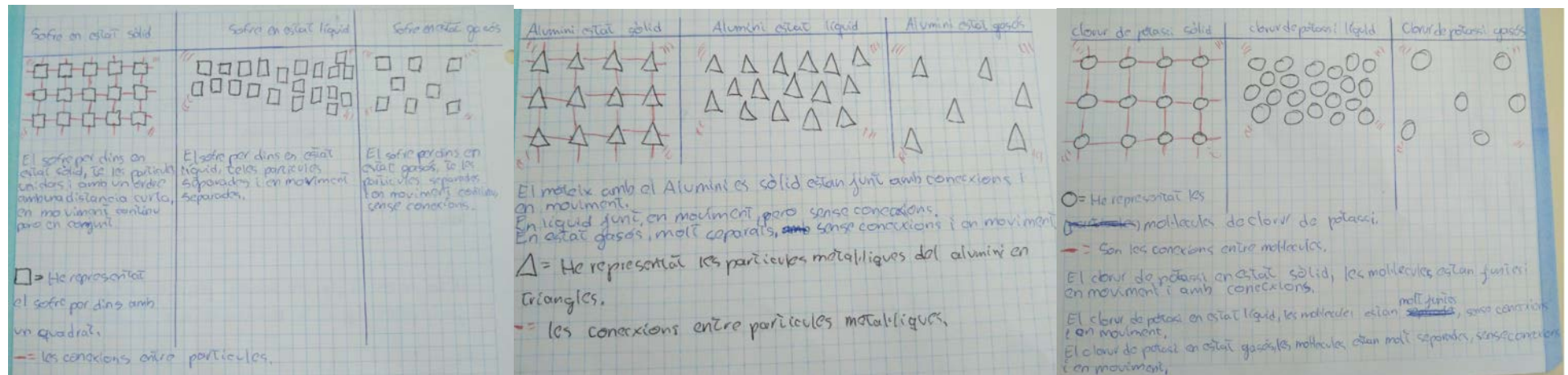


Figura 5.4.17. Representació d'en Roc en el moment Canvi físic

En els dibuixos d'en Grau en el moment Carvi físic (Figura 5.4.18) i que corresponen a les representacions de les tres substàncies (sofre, alumini i clorur de potassi) en els diferents estats d'agregació (sòlid, líquid i gas) veiem que les tres substàncies en l'estat sòlid tenen totes les partícules unides entre si. En l'estat líquid les partícules de sofre no estan unides tot i que sí que dibuixa els lligams; en l'alumini líquid les partícules estan unides entre si i en el clorur de potassi en estat líquid dibuixa els lligams, però no uneix les partícules entre si. Per l'estat gasós les partícules que formen la substància sofre no estan unides entre si i no hi ha lligams, les partícules que formen la substància alumini no estan unides entre si, però si hi ha lligams i les partícules que formen la substància clorur de potassi no estan unides entre si, però si hi ha lligams. Per tant, per cadascuna de les substàncies sofre, alumini i clorur de potassi representa de manera diferent les relacions entre partícules en els estats líquid i gasós. Aquestes relacions estan lluny de la idea que hi ha interaccions entre les partícules. Potser introduint la naturalesa elèctrica de les unions hauria copsat millor les unions, però no semblava adient per 4t d'ESO i vam defugir deliberadament en l'aprofundiment de la naturalesa d'aquestes unions (idea d'enllaç químic).

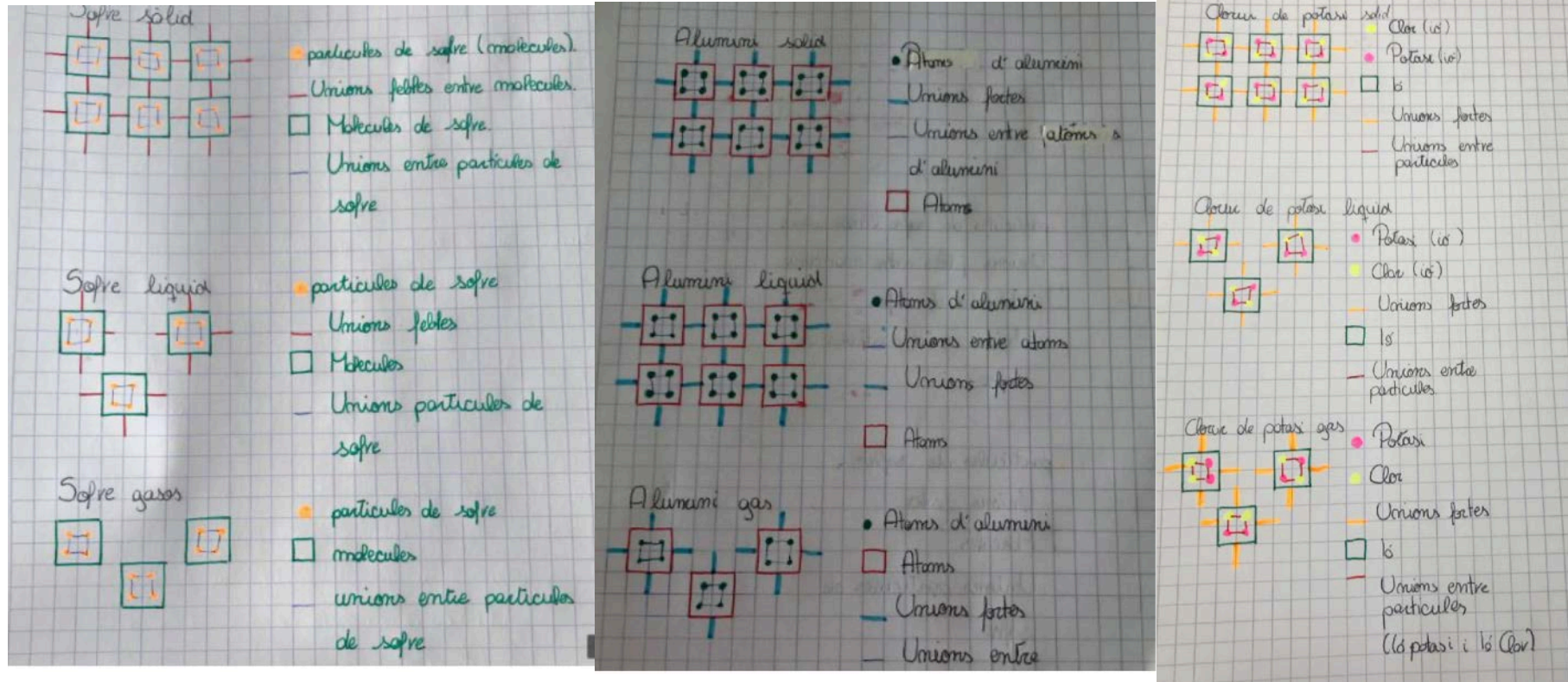


Figura 5.4.18. Representació d'en Grau en el moment Canvi físic

A la figura 5.4.19 veiem que en Roger representa la substància òxid mercuri en estat sòlid en el nivell submicroscòpic sense unió entre les partícules que formen la substància encara que sí representa les unions interatòmiques entre l'àtom de mercuri i l'àtom d'oxigen. Ara bé, quan representa la substància mercuri, que està en estat líquid, dibuixa tots els àtoms de mercuri units entre si.

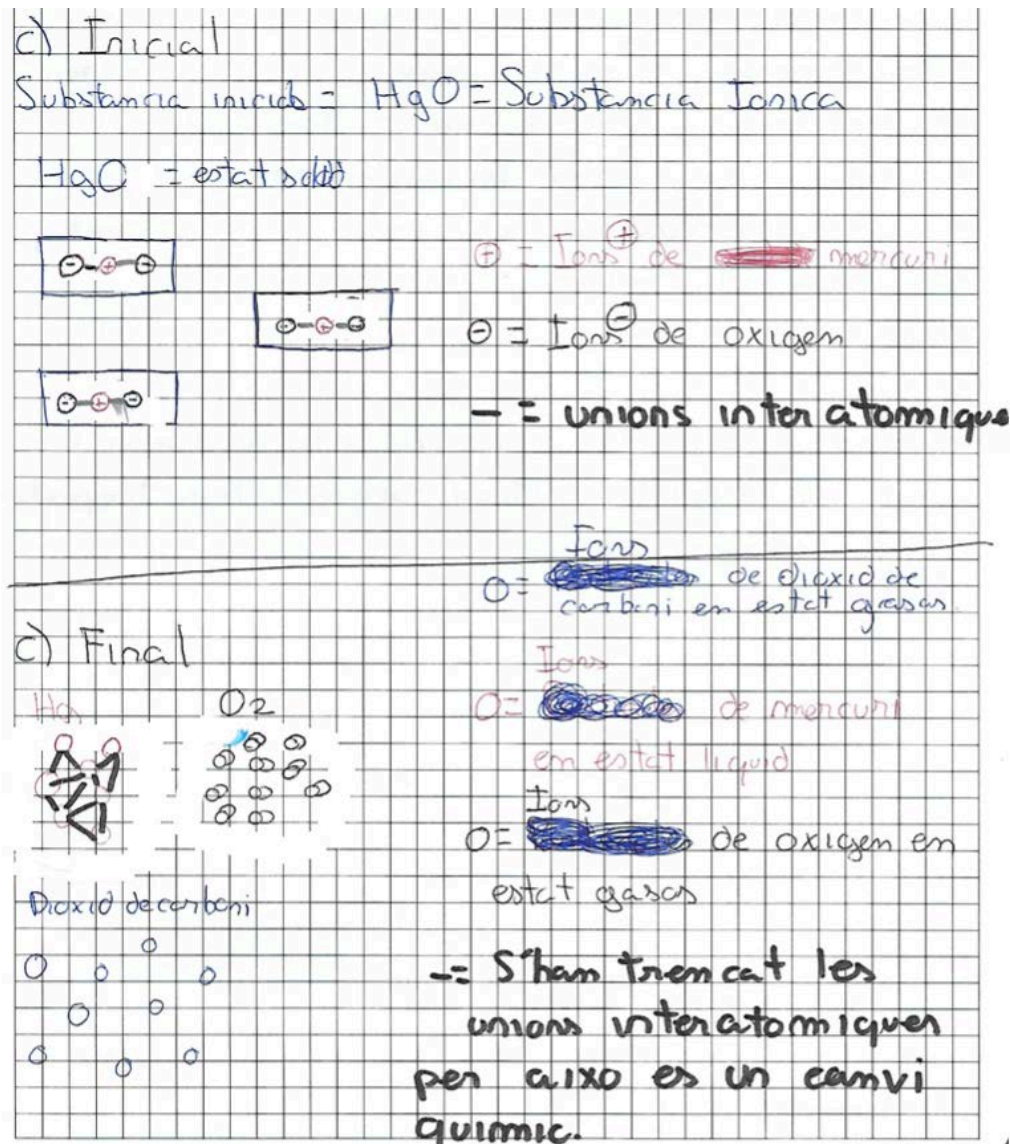


Figura 5.4.19. Representació d'en Roger en el moment Canvi químic

Per tant, tot i que sembla que les activitats d'introducció de les idees clau 1-6 ajuden a la construcció d'aquesta dimensió de la concepció de la matèria, la dimensió Interaccions sembla molt depenent del context al qual s'apliqui.

En qualsevol cas, sí que hem vist que la majoria dels alumnes consideren que les interaccions entre les partícules molècules són febles i les interaccions entre les partícules en les substàncies formades per àtoms metàl·lics o “molècules” que tenen àtoms metàl·lics són fortes i les interaccions entre partícules que tenen ions són fortes. Un exemple d'aquest resultat es pot veure a la figura 5.4.20 en la qual la Marta mostra aquesta consideració.

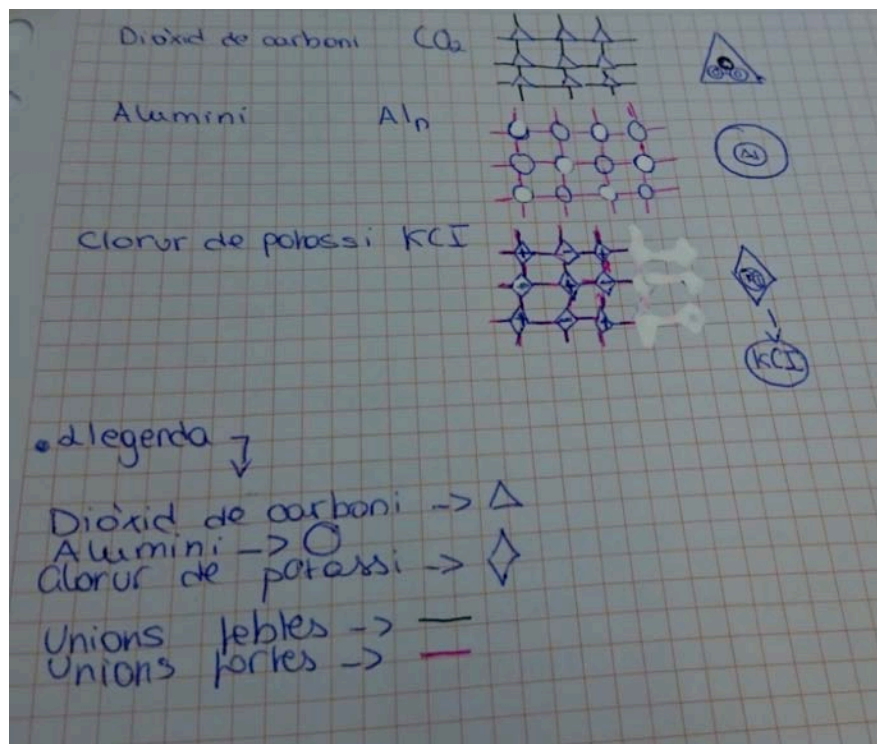


Figura 5.4.20. Representació de la Marta en el moment Substància

Un altre resultat en relació amb la dimensió Interaccions que volem exposar és que un gran nombre d'estudiants considera que les unions entre partícules, deixant de banda si són més fortes o febles, s'afebleixen quan la substància passa d'un estat sòlid a un estat líquid. Tot seguit podem veure l'exemple d'en Roger (Figura 5.4.21).

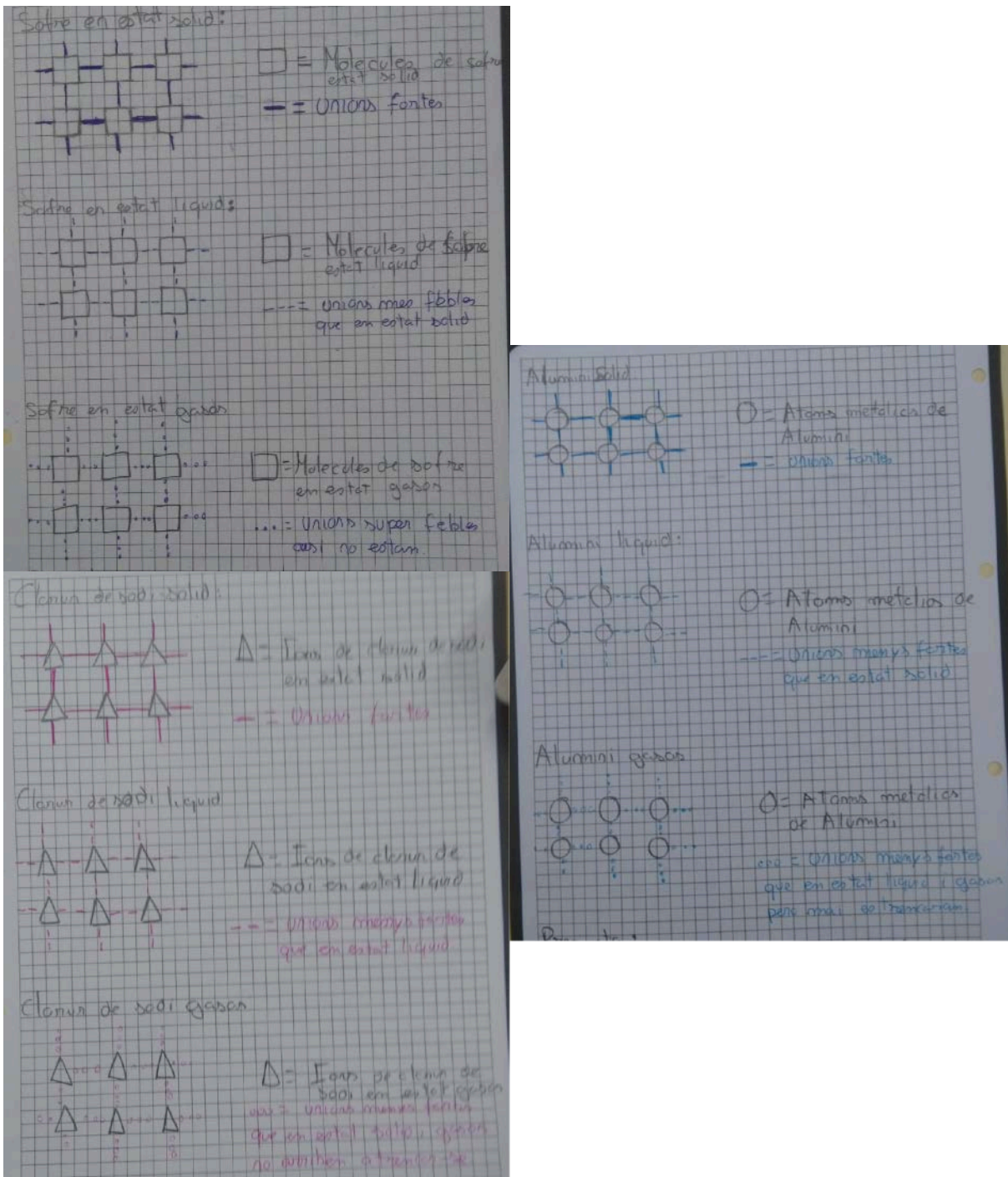


Figura 5.4.21. Representació d'en Roger en el moment Canvi físic

En Roger indica en la seva representació que pel cas del sofre en estat sòlid les unions són fortes, però en l'estat líquid són menys fortes que en l'estat líquid i en l'estat gasós són super febles, casi no estan [unides]. Per la substància alumini en estat sòlid "les unions són fortes" i en estat líquid "les unions menys fortes que en l'estat sòlid" i en l'estat gasós "unions menys fortes que en estat líquid i gasós [creiem que vol dir sòlid], però mai es trenquen". Per la substància clorur de potassi en estat sòlid "unions fortes" i en estat líquid "unions menys fortes que en

l'estat líquid" i en l'estat gasós "unions menys fortes que en estat sòlid, gasós [creiem que vol dir líquid] no arriben a trencar-se".

Per tot el que s'ha exposat anteriorment i a la vista de la figura 5.4.8 podem afirmar que tots els alumnes han millorat la seva concepció en la dimensió Interaccions perquè cap dels alumnes que tenien una concepció en què les partícules no estaven unides la manté, encara que hi ha un estudiant que al final de la SEA manté una concepció per aquesta dimensió que es correspon amb la categoria PUAO (partícules unides en algunes ocasions).

Per la dimensió Diversitat també s'han recollit els resultats en forma de gràfic i a la figura 5.4.22 podem veure quines són les concepcions d'aquest grup d'alumnes en aquesta dimensió al llarg de la SEA. En l'eix d'ordenades s'han mostrat les categories d'aquesta dimensió: No Diferenciació entre Partícules, Diferenciació Parcial de Partícules, Diferenciació Total Partícules.

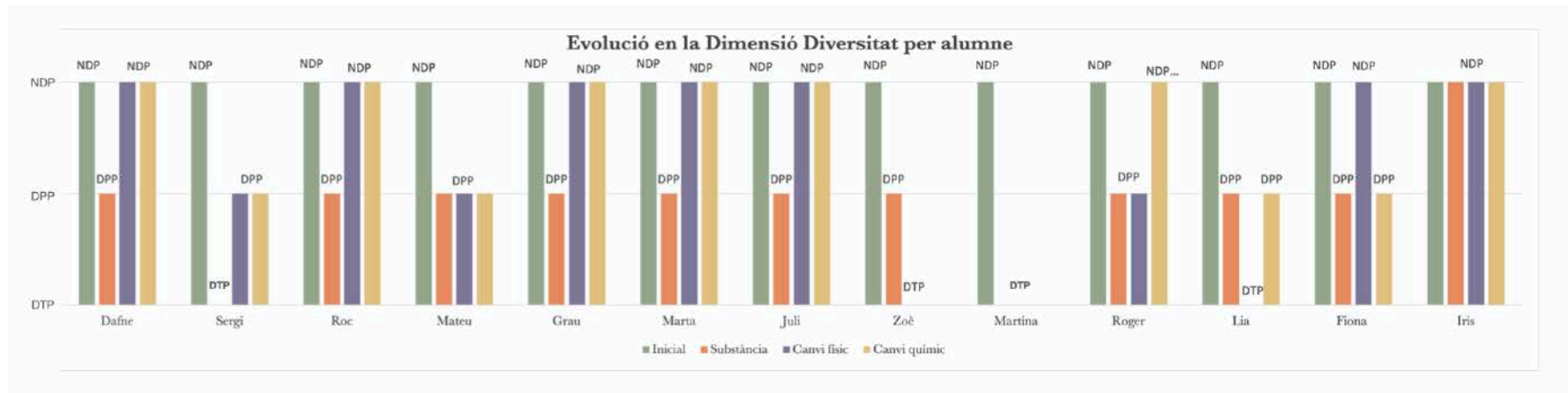


Figura 5.4.22. Evolució de la dimensió Diversitat per alumne

Troblem que la categoria que correspon a la concepció de matèria inicial en aquesta dimensió és, per a tots els alumnes, la no diferenciació entre partícules (NDP), ja que fins aquest moment no s'ha treballat aquesta idea en el currículum i per tant, no és esperable que els alumnes hagin construït aquesta idea. Ara bé, una vegada acabada la introducció de les idees clau 1-6 (moment Substància) observem que pràcticament tots els alumnes d'aquest grup tenen una concepció de matèria en aquesta dimensió que els permet distingir parcialment els diferents tipus de partícules. Podem dir doncs que les activitats d'introducció de les idees 1-6 ajuden a la majoria d'alumnes a construir aquesta idea. A més a més, tots els alumnes, en algun moment al llarg de la SEA, tenen una concepció en aquesta dimensió que es pot classificar com a mínim en la categoria DPP, és a dir, que distingeixen els tipus de partícula parcialment. A conseqüència de la falta d'estabilització en la concepció al llarg de la SEA podem dir que aquesta dimensió està fortament influenciada pel context al qual s'ha d'aplicar la concepció. A més a més de que tal com hem dit abans aquesta dimensió és la més recent o nova pels alumnes.

En resum, tots els estudiants han construït la idea que la matèria és discontinua i està formada per partícules submicroscòpiques. Els alumnes que han construït la idea que les partícules submicroscòpiques estan en moviment continu la mantenen al llarg del temps. Tot l'alumnat ha construït la idea de que les partícules estan unides entre si i que la fortalesa d'aquestes unions depèn del tipus de partícules submicroscòpiques que conformen la matèria. A més a més els estudiants han construït la idea que la modificació d'aquestes interaccions fa que l'estat de la matèria canviï. Tot i això, la construcció de les subidees que permeten la distinció d'aquestes interaccions és inestable i la seva aplicació està fortament influenciada pel context. Finalment, pràcticament tots els alumnes han construït la idea que hi ha diferents tipus de partícules submicroscòpiques que formen la matèria ara bé només una minoria dels nostres estudiants distingeixen els diferents tipus de partícula i aquesta distinció està fortament influenciada pel context.

A la vista dels resultats anteriors podem afirmar que les idees i subidees que resulten més difícils de construir pels nostres alumnes són les relacionades amb les dimensions Interaccions i Diversitat i la seva utilització està fortament influenciada pel context. Aquests resultats eren esperables i les dades confirmen les nostres intuïcions.

5.4.2. Alguns exemples de trajectòries individuals

La trajectòria de l'Iris (o la construcció d'un model alternatiu)

L'Iris tenia una concepció inicial delta (Figura 5.4.23), és a dir, considerava que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques unides en algunes ocasions, aquestes partícules no tenien moviment i no distingia el tipus de partícula. Tot i que no ha dibuixat cap unió entre les partícules hem interpretat que les partícules en l'estat sòlid estaven unides perquè les ha dibuixades juntes a diferència de les partícules (els cercles negres) d'aigua (en estat líquid) que les ha dibuixades separades.

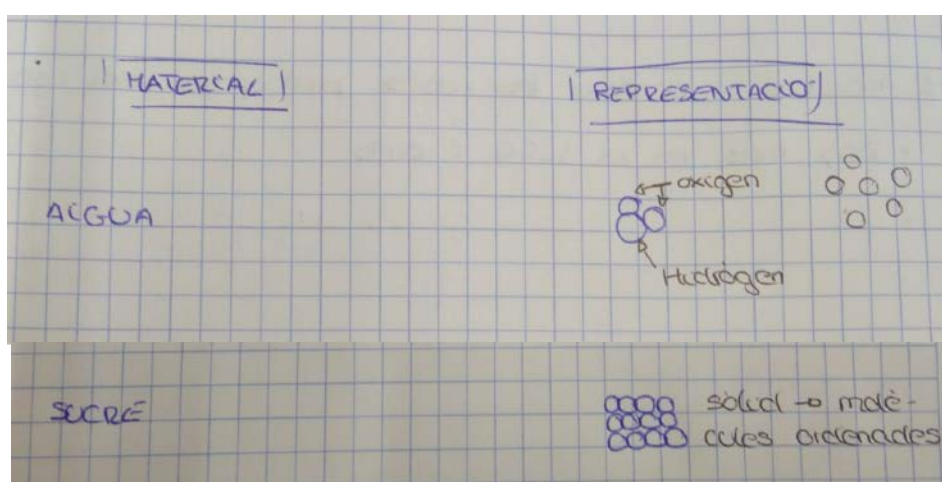


Figura 5.4.23. Representació de la Iris en el moment Inicial

Després de la instrucció de les idees 1-6 (moment Substància) l'Iris presenta una concepció 2 (nivell A) (Figura 5.4.24) en la qual considera que totes tres substàncies en estat sòlid són iguals: formades per partícules unides entre si per unions fortes que ella considera que són pròpies de l'estat sòlid. Aquestes representacions estarien força alineades amb el model bàsic de matèria per representar l'estat sòlid (a falta de la representació del moviment constant de les partícules). Ara bé, aquests estudiants s'han involucrat en unes activitats d'ensenyament-aprenentatge dissenyades amb el propòsit de modificar les seves idees amb el fi de que desenvolupin la seva concepció cap a una concepció més alineada amb un model avançat de matèria. L'alumna dona més detalls en la seva representació. Aquestes partícules representades per triangles (per la substància diòxid de carboni), quadrats (per la substància alumini) o circumferències (per la substància clorur de potassi) estan formades per altres partícules unides entre si. Cal especificar que en el cas de la substància diòxid de carboni no indica com s'anomena la partícula, però està formada per una partícula de C i dos d'O. No dona cap informació sobre com són les unions entre C i O. També indica que les unions

intermoleculars són febles i les identifica amb una línia de color vermell que no apareix en la representació. Per tant, no es pot saber a què es refereix amb les unions intermoleculars en aquest cas. Per la substància alumini anomena a la partícula Al, que al seu torn està formada per ions positius i negatius units entre si per línies vermelles que indica que són unions intermoleculars i que considera que són febles. En la substància clorur de potassi indica la partícula amb una circumferència blava en l'interior de la qual hi ha altres partícules unides entre si. Una de les partícules està representada per una circumferència blava petita i diu que és Cl i una altra que està representada per un cercle blau petit i que diu que és K. Aquestes dues partícules estan unides per una línia vermella. De nou indica que les unions intermoleculars són febles i les representa amb una línia de color vermell, és a dir, considera les unions entre Cl i K com unions intermoleculars. Per tant, la classificació de la concepció que té aquesta estudiant després de la instrucció de les idees clau 1-6 (moment Substància) correspon a una concepció en la qual la matèria està formada per partícules submicroscòpiques, sense distingir el tipus de partícules, que no es mouen, unides entre si sense distingir les unions.

SUBSTÀNCIA	FÒRMULA	REPRE. SÒLID	PARTÍCULES
DIOXID DE CARBONI	CO ₂		
ALUMINI	Al		
CLORUR DE POTASSI	KCl		

LEGENDA	
DIOXID DE CARBONI	unions fortes en estat sòlid - unions febles en les unions intermoleculars - o → C / • → O
ALUMINI	unions fortes en estat sòlid - unions febles en les unions intermoleculars - o → Al / • → ions positius • → ions negatius
CLORUR DE POTASSI	unions fortes en estat sòlid - unions febles en les unions intermoleculars - • → K o → Cl

Figura 5.4.24. Representació de la Iris moment Substància

A la figura 5.4.25 veiem la seva representació en el moment Canvi físic.

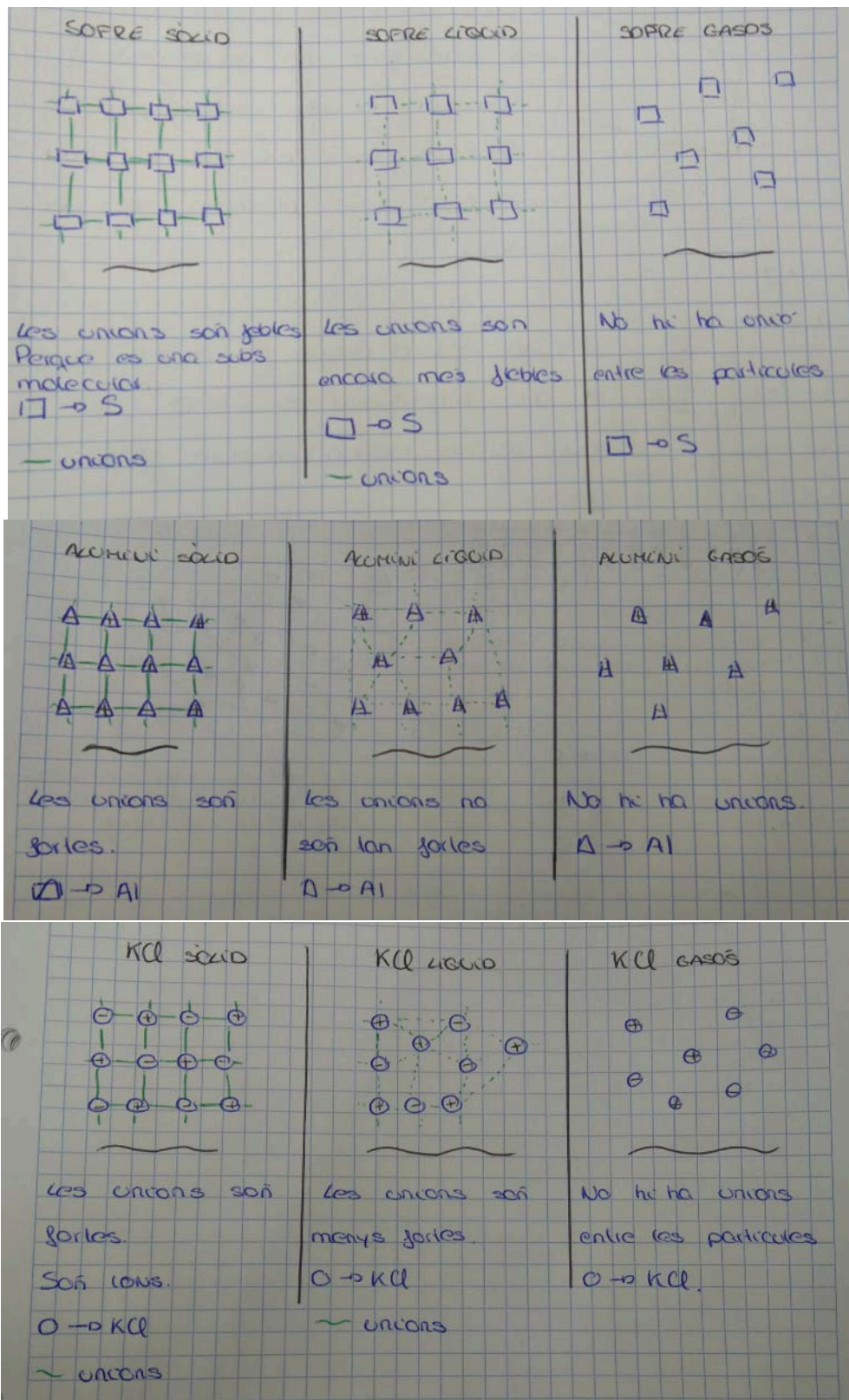


Figura 5.4.25. Representació de la Iris en el moment Canvi físic

Troblem que la concepció que aplica és la reflectida en el moment Substància i que està força alineada amb un model de matèria bàsic, ja que considera que les unions entre les partícules en l'estat sòlid són més fortes que en l'estat líquid i que en l'estat gasós. És el que Talanquer (2009) classificaria com Interaccions contingent-interactives. Podria semblar que aquesta estudiant ha sofisticat la seva concepció respecte del moment anterior. Indica en la representació del sofre que les unions entre les partícules en la substància molecular són febles tot i que no queda clar si les unions a les quals es refereix són interatòmiques o intermoleculars. Quan descriu la partícula que representa amb un quadrat només posa el símbol S sense indicar si es refereix a àtoms de S o a molècules de S_8 . Per una altra banda, veiem que en la representació que fa de la substància alumini considera que està formada per ions positius i negatius i que corresponen a Al. Interpretem que per l'alumna els àtoms d'alumini en la substància alumini poden formar ions positius i negatius d'alumini que estan units entre si amb unions fortes.

A partir de les dades que ens ofereix aquesta representació, tal com hem anunciat en l'inici de la descripció, interpretem que la concepció de la matèria que té l'alumna en el moment Canvi físic correspon a una concepció en què la matèria està formada per partícules submicroscòpiques (D) que no es mouen (NM), no es distingeixen els diferents tipus de partícula que formen les substàncies (NDP), ni es diferencia la fortalesa de les unions entre partícules (PUSD).

Per últim, en la representació de la Iris pel canvi químic (Figura 5.4.26) veiem que dibuixa la substància òxid de mercuri amb quadrats, aquests quadrats poden ser positius o negatius, a la llegenda diu que són ions + i ions - ja que és metàl·lica sense cap altre aclariment. També indica a la llegenda que les unions són fortes perquè el HgO està en estat sòlid. Ha representat el nivell submicroscòpic de la substància mercuri com la unió de partícules de mercuri representades per cercles ratllats, indica que cada cercle ratllat és Hg. A la llegenda indica que com està en estat líquid les unions són fortes entre les partícules però més febles que en estat sòlid. Representa les partícules d'oxigen amb circumferències blaves i indica que són O i a la llegenda diu que no tenen unions. Veiem doncs que l'alumna manté la mateixa concepció de matèria mostrada en el moment Canvi físic i que es correspon a la matèria formada per partícules submicroscòpiques sense moviment, unides entre si sense distingir les unions i sense diferenciar el tipus de partícula. Ara bé, podem afirmar que tot i que segons els criteris que hem establert per l'anàlisi de les dades aquesta evolució no es reflecteix, l'estudiant va incorporant "a la seva manera" algunes de les idees que s'han introduït durant la instrucció de forma que construeix una concepció "més sofisticada alternativa" no alineada amb el model escolar objectiu.

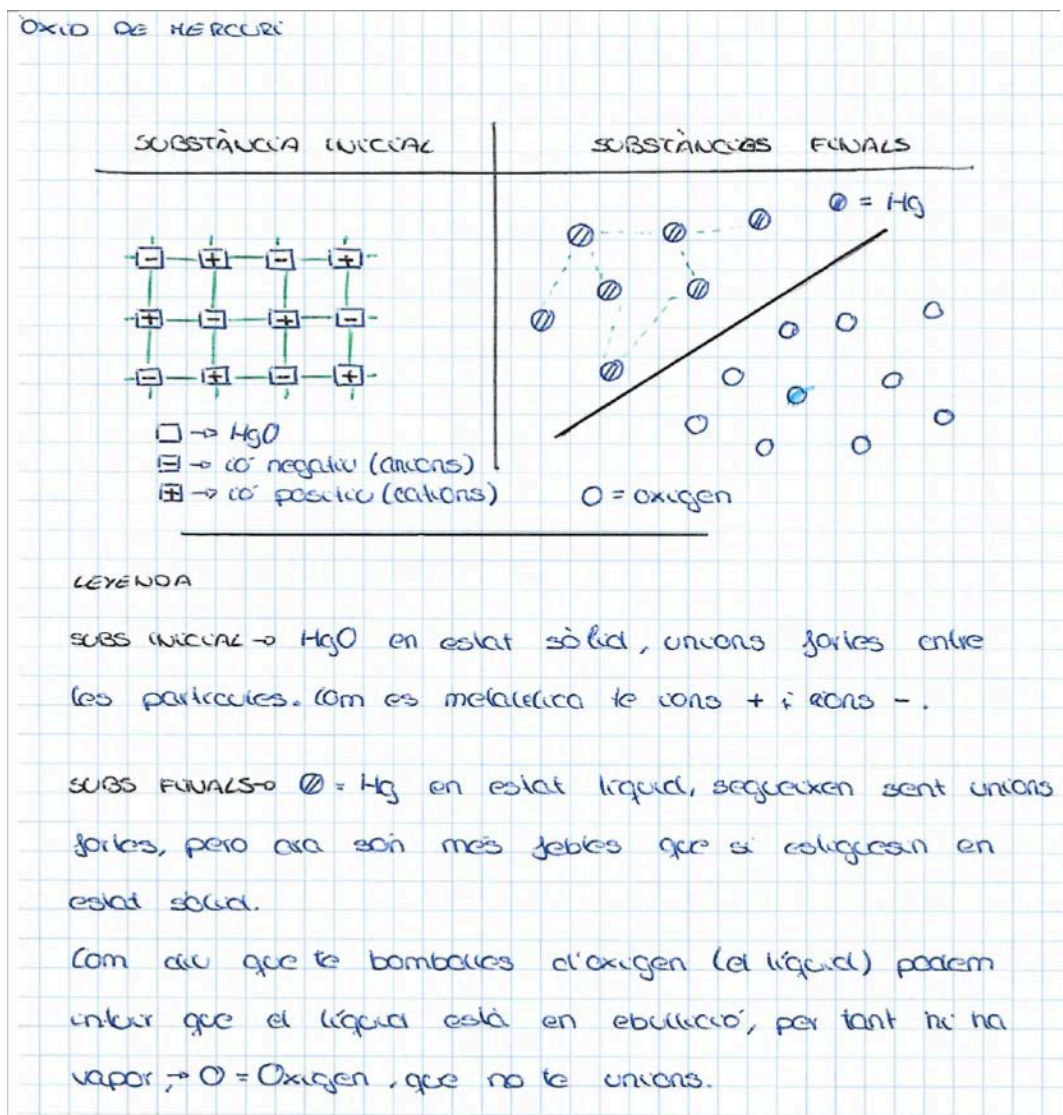


Figura 5.4.26. Representació de la Iris en el moment Canvi químic

El que sí que podem afirmar és que, tot i la construcció d'una concepció alternativa, la concepció que té aquesta alumna sobre la matèria ha evolucionat des de la seva concepció inicial de matèria en la qual aquesta estava formada per partícules submicroscòpiques unides en algunes ocasions a una concepció de la matèria com a formada per partícules submicroscòpiques unides entre si. Tant mateix cal destacar la important evolució en les seves representacions, com aquestes s'han enriquit: les diferents maneres de distingir les partícules, les unions entre partícules, la disposició de les partícules... des de l'inici al final de la SEA.

La trajectòria de Sergi (o la dificultat de mantenir un nou model)

En Sergi parteix d'una concepció alfa abans de la instrucció: corpuscularitat, no moviment, partícules soltes i no diferenciació (Figura 5.4.27).

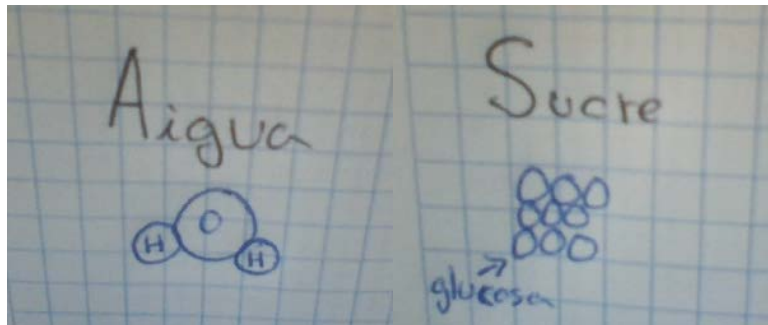
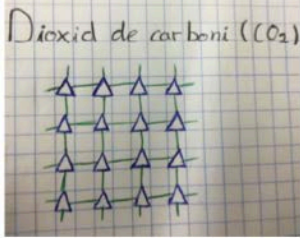
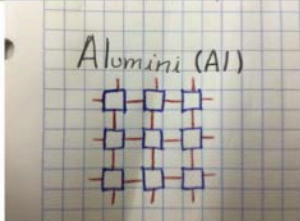
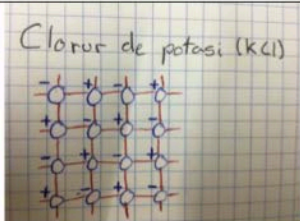


Figura 5.4.27. Representació d'en Sergi en el moment Inicial

Arriba fins a una concepció 9 (nivell C) després de la introducció de les idees clau 1-6 (moment Substància), en la qual considera que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques que són de diferents tipus en funció del tipus de substàncies: molècules en el cas del diòxid de carboni, àtoms en el cas de l'alumini i ions clorur i ions potassi en el cas del clorur de potassi. A més a més en l'estat sòlid les unions entre molècules són febles i les unions entre àtoms i entre ions són fortes. No obstant això, la seva concepció en el moment Substància no reflecteix el moviment de les partícules (Figura 5.4.28). Cal recordar que en les representacions s'hauria d'haver indicat d'alguna manera que les partícules estan en moviment continu, ja que se'ls va proposar que ho fessin sempre.

Substància	Fórmula	Representació del sòlid	Partícules
Diòxid de carboni	CO ₂		Molècules
Alumini	Al _n		Àtoms metàl·lics
Clorur de potassi	KCl		Ions

Unions febles	Δ molècula de diòxid de carboni
Unions fortes	□ àtom d'alumini
Unions fortes	○ ions + carrega del ió - carrega del ió

Figura 5.4.28. Representació d'en Sergi en el moment Substància

Per tant, es podria interpretar que aquest alumne ha construït la majoria de les idees clau del model conceptual escolar a falta de la idea del moviment continu cosa que ens fa pensar que la instrucció ha sigut força efectiva.

Ara bé, quan se li demana a l'estudiant que apliqui el model que ha construït a situacions de canvi trobem que les seves representacions reflecteixen una concepció de nivell A (concepció 3) que correspon a una conceptualització en la qual la matèria està formada per partícules submicroscòpiques que poden ser diferents: molècules, àtoms i "partícula de clorur de potassi" tot i que no distingeix les unions entre aquestes partícules (Figura 5.4.29).

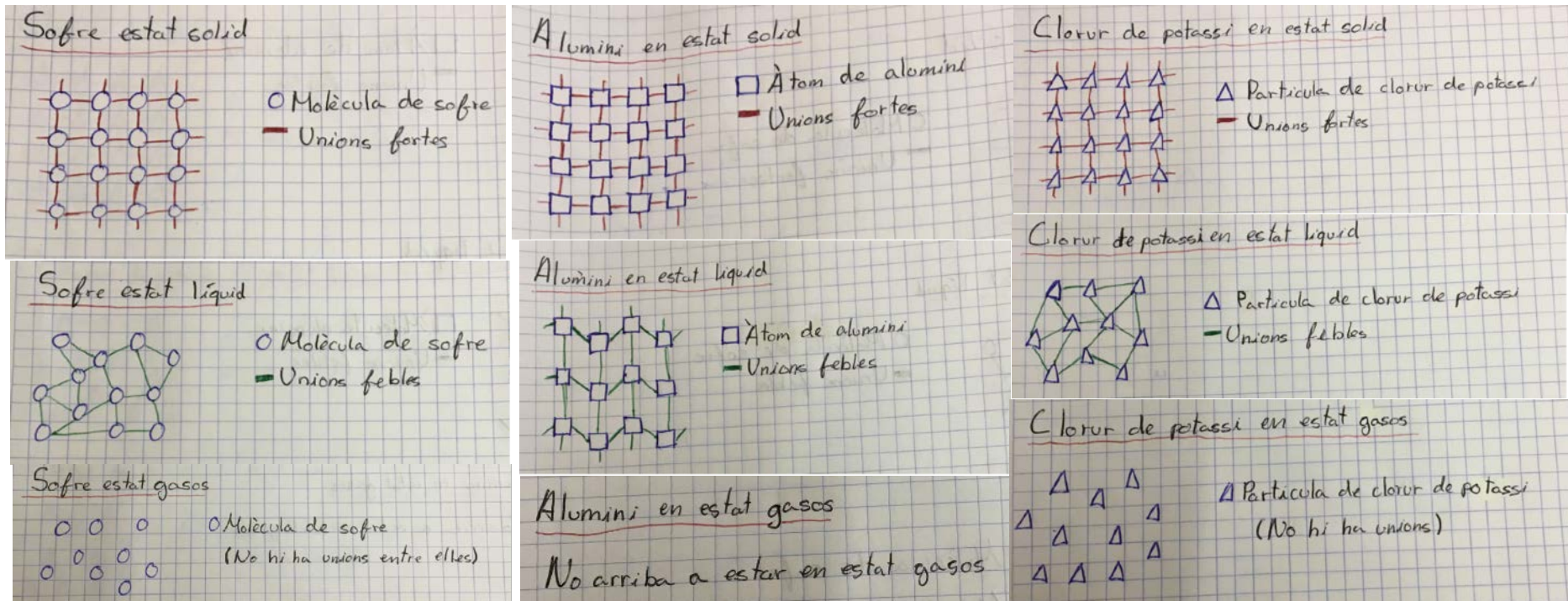


Figura 5.4.29. Representació d'en Sergi en el moment Canvi físic

Pensem que tot i la riquesa i la precisió de les representacions de l'estudiant cal destacar que l'estudiant aplica només de manera parcial les idees del model que ha construït o fins i tot podríem dir que aplica un model bàsic de matèria construït amb anterioritat. L'alumne considera que les unions entre partícules es van afeblint en els diferents estats de la matèria de manera que aquestes són més febles en l'estat líquid i no existeixen en l'estat gasós. No considera que les partícules siguin diferents en totes tres substàncies i que les interaccions entre les partícules siguin diferents. En Sergi aplica el seu model bàsic de matèria (a falta de la idea de moviment continu) al canvi d'estat: tracta totes les substàncies (moleculares, metàl·liques i iòniques) de la mateixa manera. És important destacar que fins i tot ho fa en el cas de la substància iònica, que és la mateixa que es va utilitzar per a la construcció del model i que l'alumne havia conceptualitzat alineada amb el model conceptual. Mostrem amb les representacions d'aquest alumne un exemple clar de les dificultats de l'aplicació de la conceptualització de la matèria a una situació de canvi i de la dificultat de connectar i utilitzar totes les idees del model de manera simultània a una situació de canvi. Són molt diverses les idees que s'han de tenir presents per una representació que expressi el model i no les té totes en compte en molts moments.

En molts processos d'ensenyament-aprenentatge o instrucció pel canvi d'estat se'ls proposa als alumnes un model de partícules bàsic en el qual els alumnes només han de tenir en compte que en els canvis d'estat es trenquen les unions entre partícules sense tenir en compte quins tipus de partícules són. Més endavant, al llarg del seu procés d'aprenentatge en cursos posteriors, es treballa el tipus de substàncies que existeixen en la naturalesa: substàncies moleculares, substàncies metàl·liques i substàncies iòniques, però en cap moment es treballa què passa quan aquestes substàncies canvien d'estat. Tenim aquí una evidència de la dificultat que suposa pels alumnes conceptualitzar els canvis d'estat en tot tipus de substàncies, ja que un alumne que semblava que tenia força clar com eren els diferents tipus de substàncies (formades per diferents tipus de partícules submicroscòpiques que es relacionaven entre elles d'una manera determinada), és a dir, de les quals coneixia la seva composició i estructura i les havia representades d'una manera alineada amb el model conceptual, quan se l'enfronta a una situació de canvi d'estat només considera determinades parts del seu model per explicar el canvi. Un altre resultat que hem trobat en aquest estudiant és que no concep una substància de tipus metàl·lic en estat gasós i per aquesta raó no la representa. No hem trobat a la literatura menció d'un resultat com aquest.

Seguim descrivint i analitzant les concepcions d'en Sergi en relació amb el canvi químic (Figura 5.4.30). Trobem uns resultats contradictoris amb els resultats anteriors. L'estudiant representa la substància òxid de mercuri (II) en estat sòlid com formada per ions mercuri (provinent d'un àtom metàl·lic) i ions oxigen (provinent d'un àtom no-metàl·lic) sense indicar cap càrrega, la qual cosa es pot interpretar observant el dibuix que l'alumne considera que l'òxid de mercuri (II) és una substància iònica i que les seves partícules (ions) estan unides per unions fortes. La descomposició de la substància inicial en la substància mercuri (en estat líquid) i la substància oxigen (en estat gasós) són representades pel Sergi tal com es mostren en la figura 5.4.30.

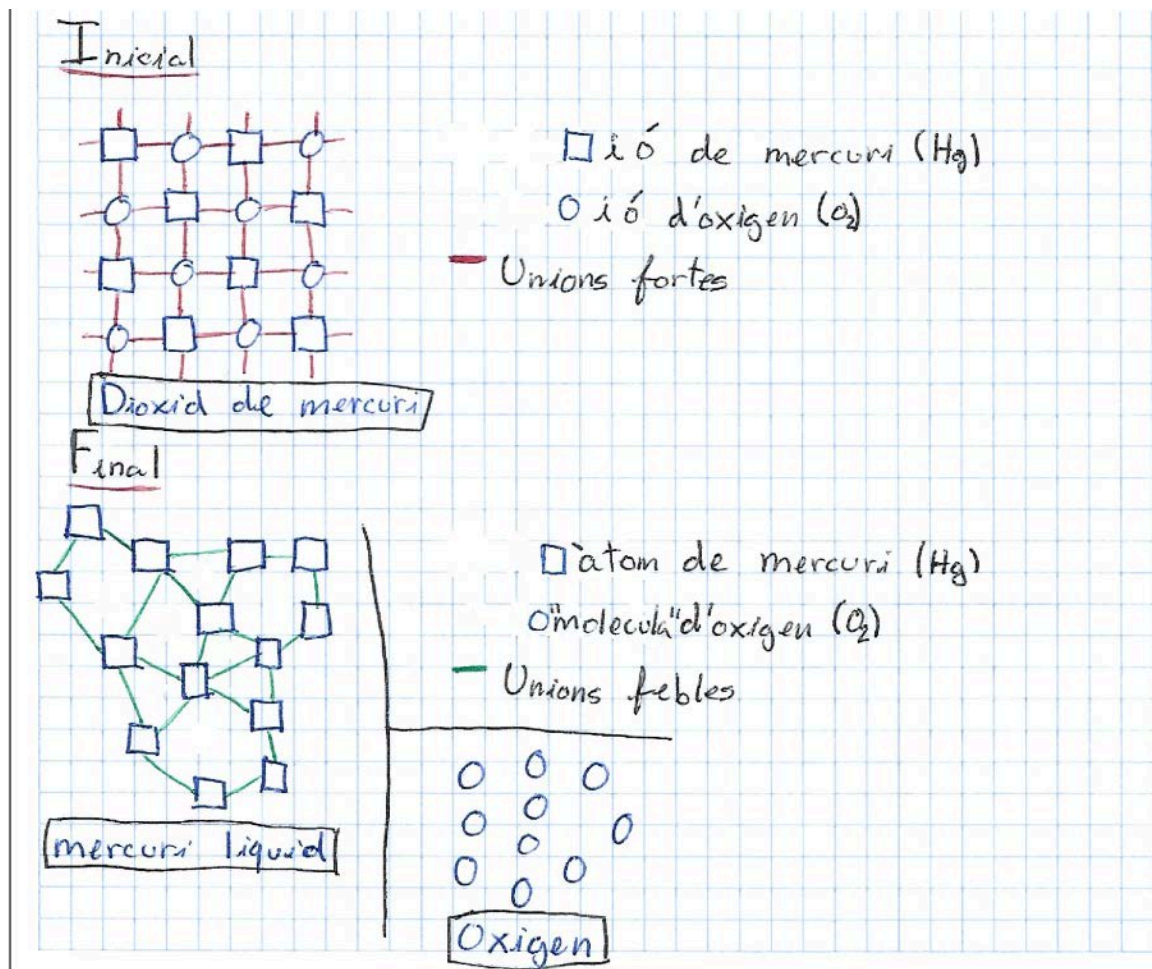


Figura 5.4.30. Representació d'en Sergi en el moment Canvi químic

Considera doncs que la substància mercuri està formada per la unió d'àtoms de mercuri i com que està en estat sòlid, seguint el mateix raonament que fa pel canvi físic, indica que les unions entre aquests àtoms de mercuri són febles. Per tant, aquesta representació apunta a que les unions entre àtoms metàl·lics són fortes encara que es van afeblint en els diferents estats d'agregació. Per una altra banda representa la substància oxigen en estat gasós com a "molècules" d'oxigen (O₂). No sabem per què fa servir les cometes i no dona més informació

sobre com estan units els àtoms d'oxigen que formen les "molècules" d'oxigen. A la vista de la representació en conjunt i tenint en compte la representació que ha fet l'alumne pel canvi físic es pot interpretar que l'alumne podria considerar que les unions entre ions siguin fortes perquè la substància està en estat sòlid i no perquè les unions entre ions són fortes. Amb aquesta interpretació la classificació de la concepció de l'estudiant es correspondria amb una concepció 3 (nivell A): la matèria està formada per partícules submicroscòpiques que poden ser diferents, que no estan en moviment i que estan unides entre si sense distingir les unions.

Veiem doncs que el cas d'en Sergi es podria considerar un cas de regressió i ens indica que malgrat que s'ha utilitzat una instrucció específica per ajudar a la construcció d'una concepció alineada amb el model conceptual resulta molt difícil aconseguir-ho. Semblava que la instrucció havia contribuït a la construcció d'aquesta concepció, però s'ha vist que aquesta és molt dependent del context i que l'alumne torna a concepcions de matèria més bàsiques que sembla que té consolidades encara que inicialment (moment Inicial) no havia mostrat. No obstant això, podem parlar d'èxit perquè en Sergi ha mostrat a través de les seves representacions al llarg de la instrucció una important evolució de les seves representacions i a través d'elles quina és la seva concepció de matèria, que és més sofisticada que la que va mostrar inicialment. Podríem dir que la instrucció ajuda als estudiants a comunicar d'una manera organitzada i amb detall quines són les seves concepcions.

La trajectòria de Lia (o la inconsistència en el model construït)

Tot seguit exposarem un exemple de la forta influència que té el context d'aplicació en la concepció dels estudiants: és el cas de la Lia.

Aquesta alumna té una concepció inicial de tipus delta (figura 5.4.31), és a dir, abans de la instrucció considera que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques que no tenen un moviment continu i que estan soltes.

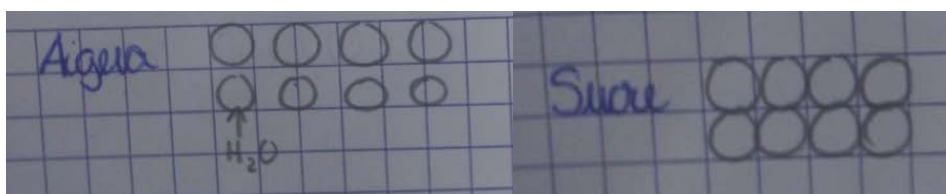


Figura 5.4.31. Representació de la Lia en el moment Inicial

A la figura 5.4.32 es mostra la representació de l'alumna que fa després de la introducció de les idees 1-6 (moment Substància).

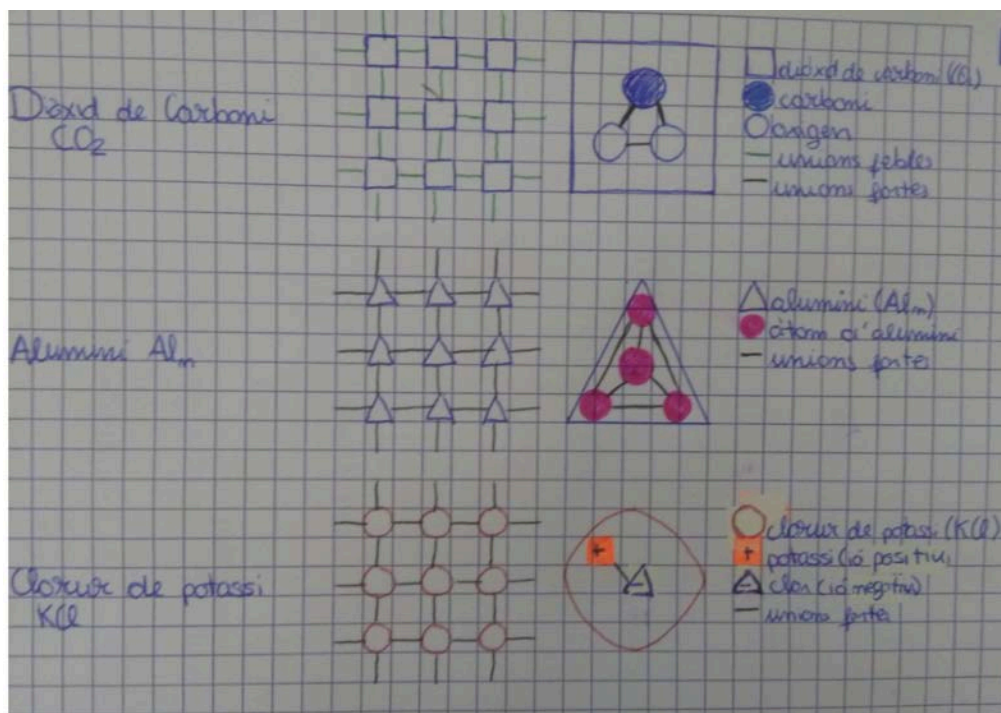


Figura 5.4.32. Representació de la Lia en el moment Substància

En ella es pot veure que la substància diòxid de carboni està formada per partícules submicroscòpiques (representades per quadrats blaus) en l'interior dels quals s'han dibuixat uns cercles blaus i unes circumferències blaves, i en la llegenda indica que el cercle blau representa carboni i la circumferència blava representa oxigen en les proporcions (2:1). Suposem que es refereix a àtoms de carboni i àtoms d'oxigen perquè no indica que siguin àtoms. Tot seguit representa la substància alumini amb triangles en l'interior dels quals hi ha 4 cercles de color porpra que indica que són àtoms d'alumini. No dona raó sobre per què en dibuixa 4 i no altra quantitat. Per representar la substància clorur de potassi fa servir unes circumferències que anomena amb el nom clorur de potassi en l'interior de les quals hi ha un quadrat amb un signe + que anomena potassi i que indica és un ió positiu i un triangle taronja amb un signe - que anomena clor i que indica és un ió negatiu. Es pot interpretar que aquesta alumna considera que cadascuna de les substàncies en l'estat sòlid estan formades bé per unes partícules de diòxid de carboni, bé per partícules d'alumini o bé per partícules de clorur de potassi. Aquestes partícules (de diòxid de carboni, d'alumini i de clorur de potassi) al seu torn tenen composicions diferents. A més a més, segons sigui la partícula que forma les diferents substàncies, les unions entre aquestes partícules poden ser febles, com en el cas de diòxid de carboni, o fortes com en el cas de l'alumini i del clorur de potassi. De manera paral·lela indica que les unions entre les

partícules que formen les partícules de diòxid de carboni, d'alumini o de clorur de potassi són fortes. En cap dels tres casos indica el nom de les partícules que componen la substància, ara bé sí que indica, en el cas de les partícules que formen la partícula d'alumini que aquesta està formada per àtoms d'alumini; i en el cas de la partícula de clorur de potassi, aquesta està formada per un ió clor (negatiu) i un ió potassi (positiu). Hem classificat aquesta concepció com a concepció 5 (nivell B). Podríem considerar que aquesta alumna té una concepció de matèria que es correspon amb un model avançat alternatiu que consistiria en un enriquiment del model bàsic de matèria al qual ha incorporat en gran manera algunes de les idees que s'han introduït en la instrucció. Ha enriquit la forma de les partícules que en el model bàsic de matèria no s'especificava desenvolupant una concepció en la qual totes les substàncies estan formades per partícules unides entre si amb diferents forteses en les unions (febles o fortes) així com que totes aquestes partícules estan formades per altres partícules que poden ser diferents (àtoms o ions) unides entre si amb unions fortes.

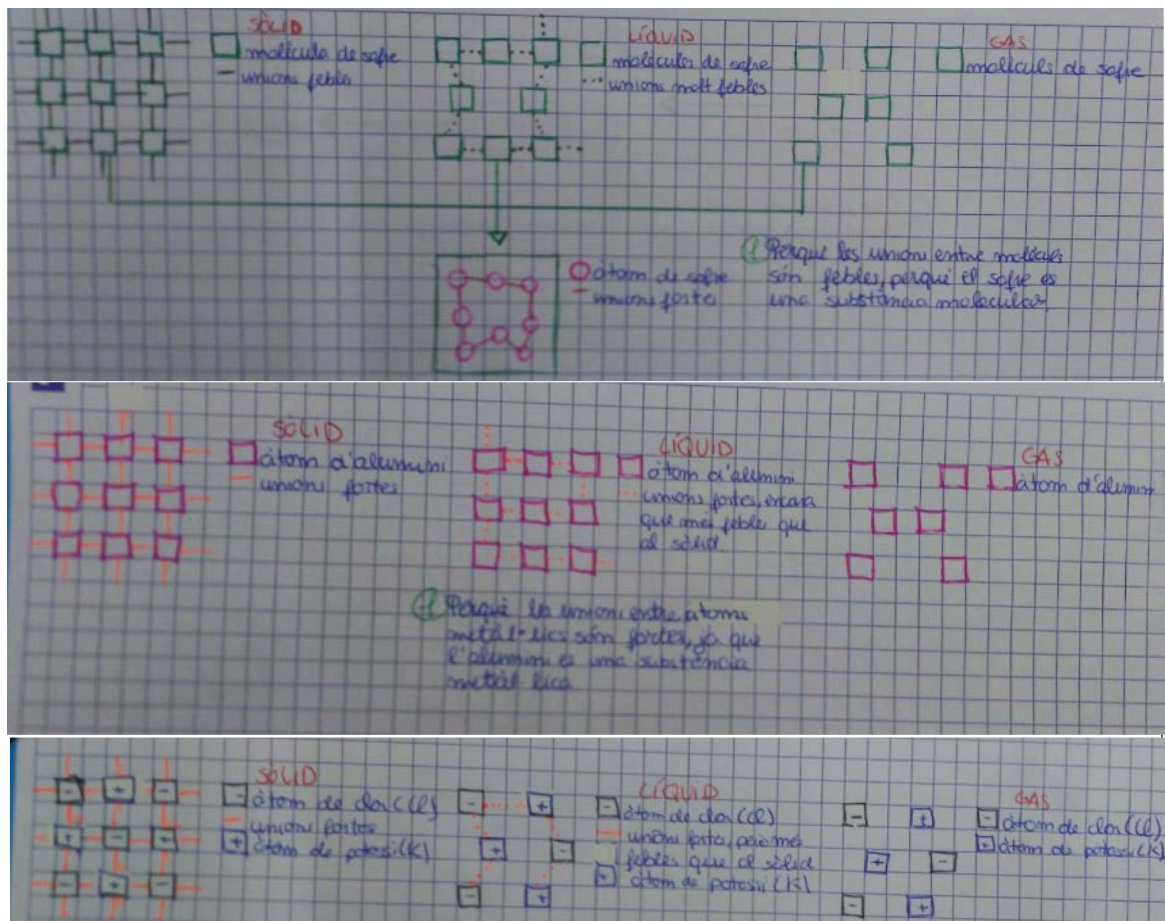


Figura 5.4.33. Representació de la Lia en el moment Canvi físic

Quan la Lia representa el canvi físic en el nivell submicroscòpic (Figura 5.4.33) el que trobem és que en el dibuix les partícules que formen la substància sofre ara són identificades com a

molècules que estan unides entre si per unions febles que es van afeblint en els diferents estats (sòlid i líquid) fins a desaparèixer (gas). Aquestes molècules estan formades al seu torn per àtoms de sofre units entre si per unions fortes. En la representació de la substància alumini la Lia, en aquest moment, ha identificat cada quadrat amb un àtom d'alumini units entre si per unions fortes que es van afeblint en els diferents estats (sòlid i líquid) fins a desaparèixer (gas). Quan ha representat el clorur de potassi l'ha fet com a format per àtoms negatius de clor (tal com anomena en el dibuix) i d'àtoms positius de potassi (tal com anomena en el dibuix) units entre si per unions fortes que es van afeblint en els diferents estats (sòlid i líquid) fins a desaparèixer (gas). Per tant, podem dir que en aquest moment la concepció de l'estudiant ha evolucionat: distingeix les partícules totalment i les unions entre partícules. Hem classificat aquesta concepció com una concepció 9 les categories de la qual serien coincidents amb el model avançat de matèria en tres de les dimensions (Conformació, Interaccions i Diversitat) i no reflectiria la idea del moviment continu de les partícules. Veiem en aquest cas com l'aplicació del model a una situació de canvi permet incorporar idees que no s'havien desenvolupat en la primera part de la instrucció.

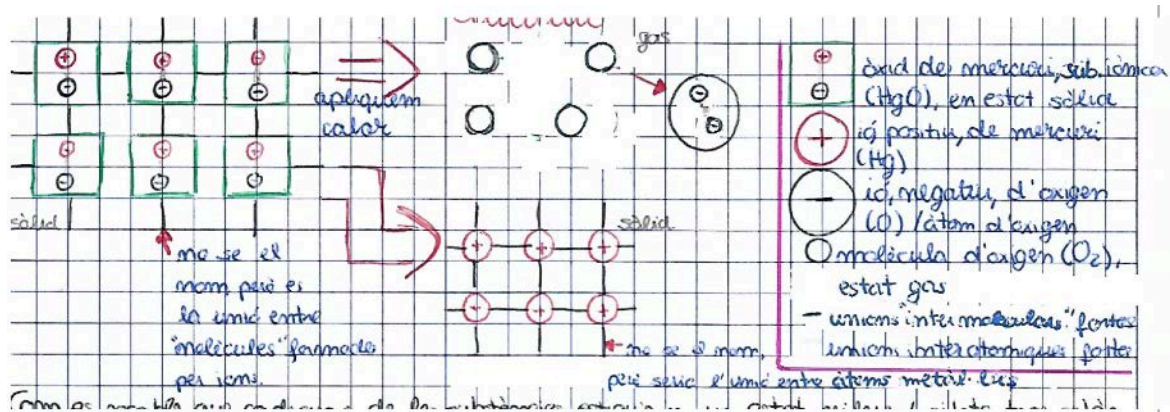


Figura 5.4.34. Representació de la Lia en el moment Canvi químic

En la representació de la Lia del canvi químic (Figura 5.4.34) es pot veure que dibuixa la substància òxid de mercuri com a una substància formada per partícules a les quals anomena "molècules" perquè no sap el seu nom, que estan formades per la unió d'un ió positiu i d'un ió negatiu entre els quals no dibuixa cap unió. Aquestes "molècules" estan unides entre si per unions fortes. D'altra banda, la representació de les partícules que formen la substància oxigen consisteix en cercles sense cap unió entre ells i que diu que són molècules d'oxigen (O_2) que ha dibuixat com a formades per dos ions negatius d'oxigen. La substància mercuri està representada com la unió forta de partícules amb càrrega positiva, l'estudiant indica que no sap com anomenar a la unió entre àtoms metàl·lics. També parla a la llegenda d'unes unions

interatòmiques fortes, però no les representa. La classificació que hem fet de la concepció que hi ha darrere d'aquesta representació és 5 (nivell B) que correspondria a una concepció de matèria formada per partícules submicroscòpiques que poden ser diferents, que no tenen un moviment continu i que estan unides entre si per diferents tipus d'unió. La classificació de la concepció que hi ha darrere d'aquesta representació seria la mateixa que la concepció que té l'alumna en el moment Substància. Interpretem que aquesta concepció en el moment Canvi químic correspondria de nou a un model alternatiu avançat en què l'alumna ha incorporat la idea que hi ha diferents tipus de substàncies formades per diferents tipus de partícules i aquestes partícules s'uneixen entre si amb diferents tipus d'unions que poden ser fortes o febles segons siguin les partícules que uneixen. Ara bé, en aquest moment, a diferència del que passava en el moment Substància, l'estudiant descriu totes les partícules que formen les substàncies com formades per ions. Tanmateix, en aquest moment, l'alumna mostra la necessitat d'anomenar les partícules formades per ions per analogia amb les partícules molècules. Una altra característica que mostra la representació de la concepció en el moment Canvi químic, a diferència de la representació en el moment Substància, és l'omnipresència dels ions, ja que totes les partícules (molècules, "molècules" i àtoms metàl·lics) estan formades per ions. Les dades anteriors ens fan pensar que, tot i que els resultats mostrats en el moment Canvi físic-que ens feien pensar que l'estudiant tenia una concepció força alineada amb el model escolar objectiu (model avançat de matèria)- la diferenciació de les partícules no està consolidada. Per aquest motiu pensem que el context al qual s'aplica la concepció té una gran influència en la identificació de les partícules. Podem conjecturar que el fet d'haver-hi pensat la substància òxid de mercuri com a formada per partícules amb càrrega podria haver modificat la manera de representar les substàncies i per tant, entenem que també la concepció de la molècula d'oxigen, concretament ara apareixen càrregues en la constitució de la molècula. La mateixa interpretació es pot fer per la substància mercuri que també és representada com a formada per ions positius. Sembla que hi hagi una mena de necessitat de sistematització per part de l'alumna en la interpretació de les substàncies, les partícules que les formen i la conservació d'aquest tipus de partícula. Posteriors estudis permetrien confirmar-ho o desmentir-ho.

La trajectòria de Martina (la construcció del model objectiu)

La trajectòria de la Martina comença amb una concepció gamma (moment Inicial) i segueix després de la instrucció de les idees clau 1-6 (moment Substància) amb una concepció 13 (nivell D) que manté al llarg de tota la SEA (moment Canvi físic i moment Canvi químic).

Inicialment la Martina considera que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques soltes (Figura 5.4.35).

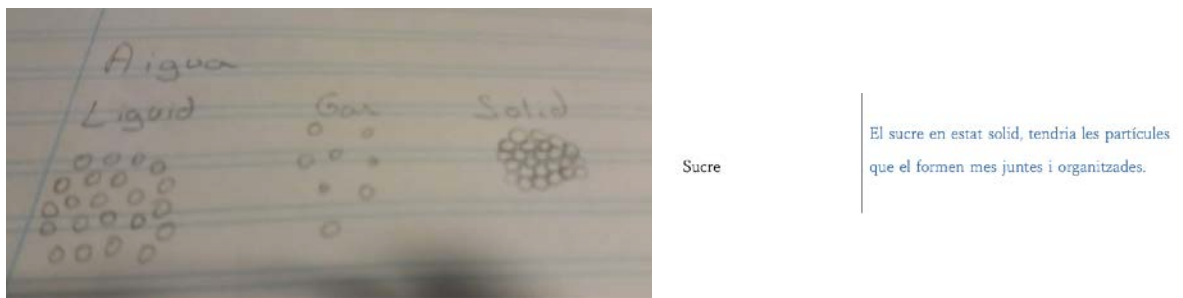


Figura 5.4.35. Representació de la Martina en el moment Inicial

Veiem que la Martina representa les partícules que formen la substància en l'estat sòlid (sucre) juntes, però no unides, en l'estat líquid (aigua) més separades i en l'estat gas molt més separades i pel sucre comenta que les partícules estan més juntes i organitzades sense fer cap referència a les unions.

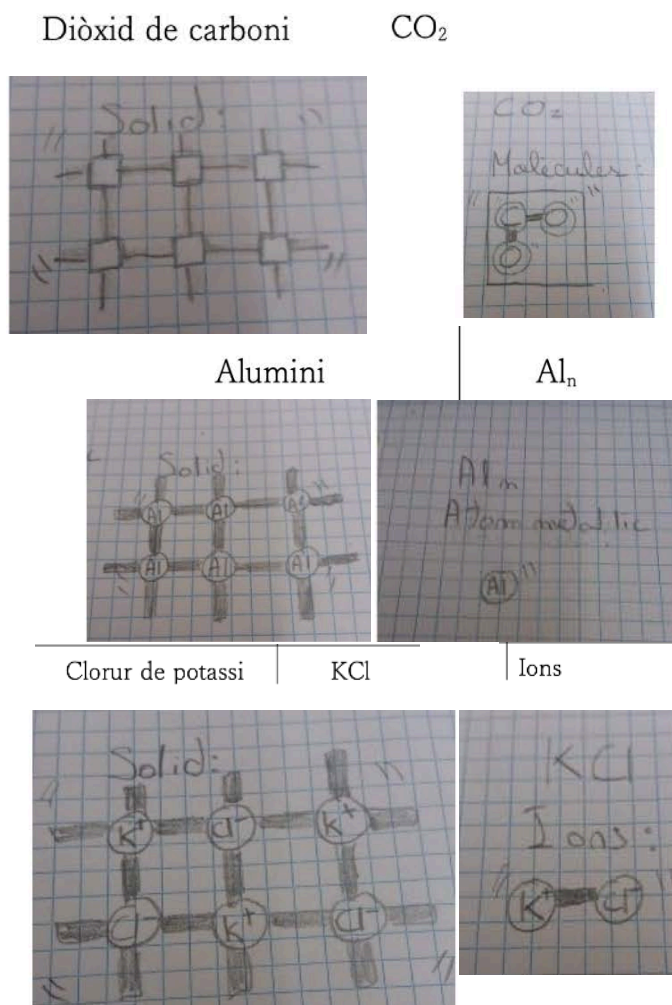


Figura 5.4.36. Representació de la Martina en el moment Substància

En el moment Substància la representació mostra que la seva concepció de matèria és coincident en totes les dimensions amb el model avançat de matèria (Figura 5.4.36).

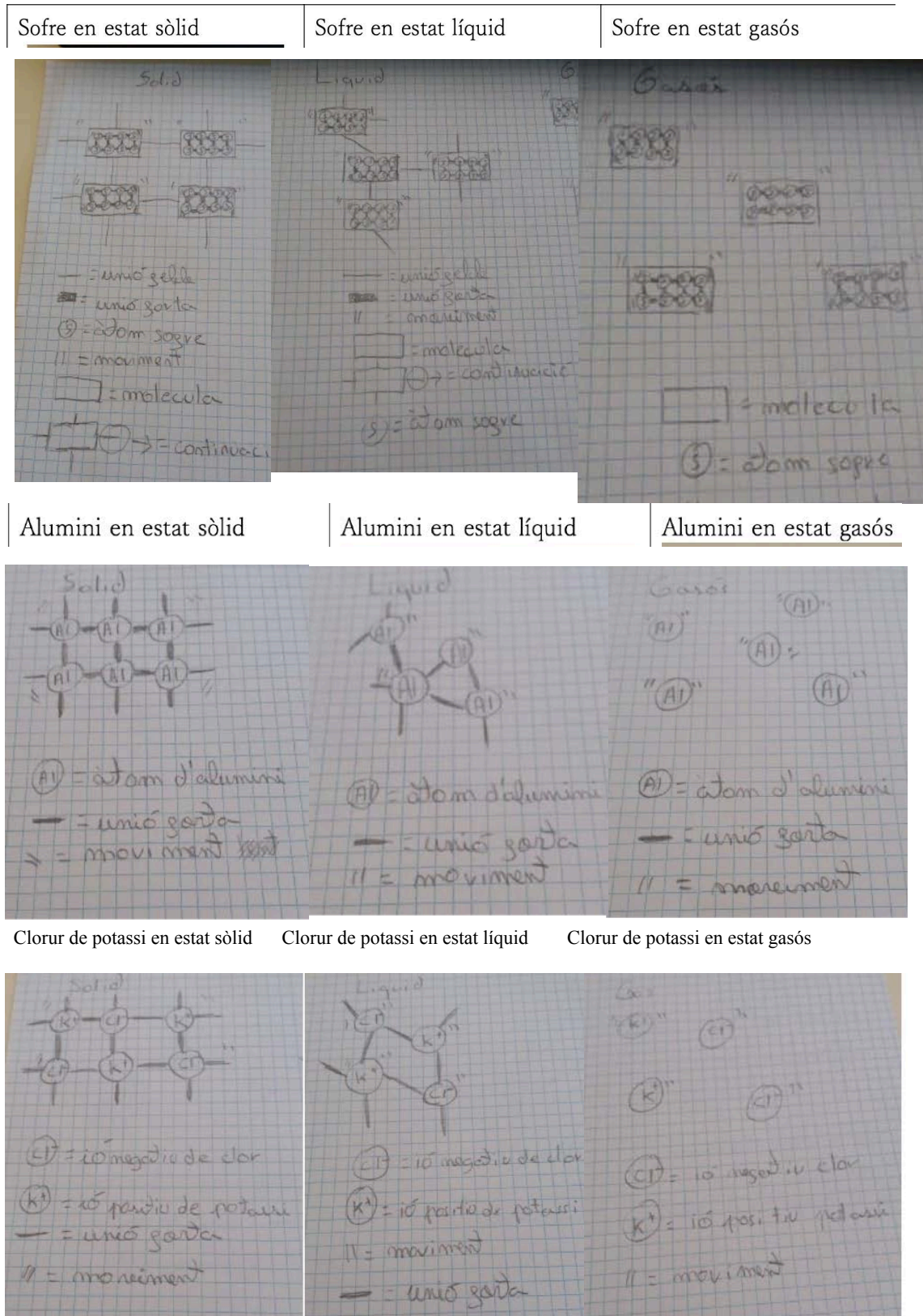


Figura 5.4.37. Representació de la Martina en el moment Canvi físic

Aquesta concepció es manté al llarg de la SEA i en la representació del moment Canvi físic (figura 5.4.37) la Martina identifica clarament quines són les unions que es trenquen durant el canvi d'estat i la seva fortalesa i quines són les partícules que es modifiquen i quines les que es conserven i també representa el moviment continu de les partícules.

La seva representació mostra que la seva concepció té en compte totes les característiques del model avançat de matèria i li permet representar el canvi físic de manera alineada tenint en compte totes les idees clau.

A la figura 5.4.38 es mostra la representació que fa la Martina en el moment Canvi químic.

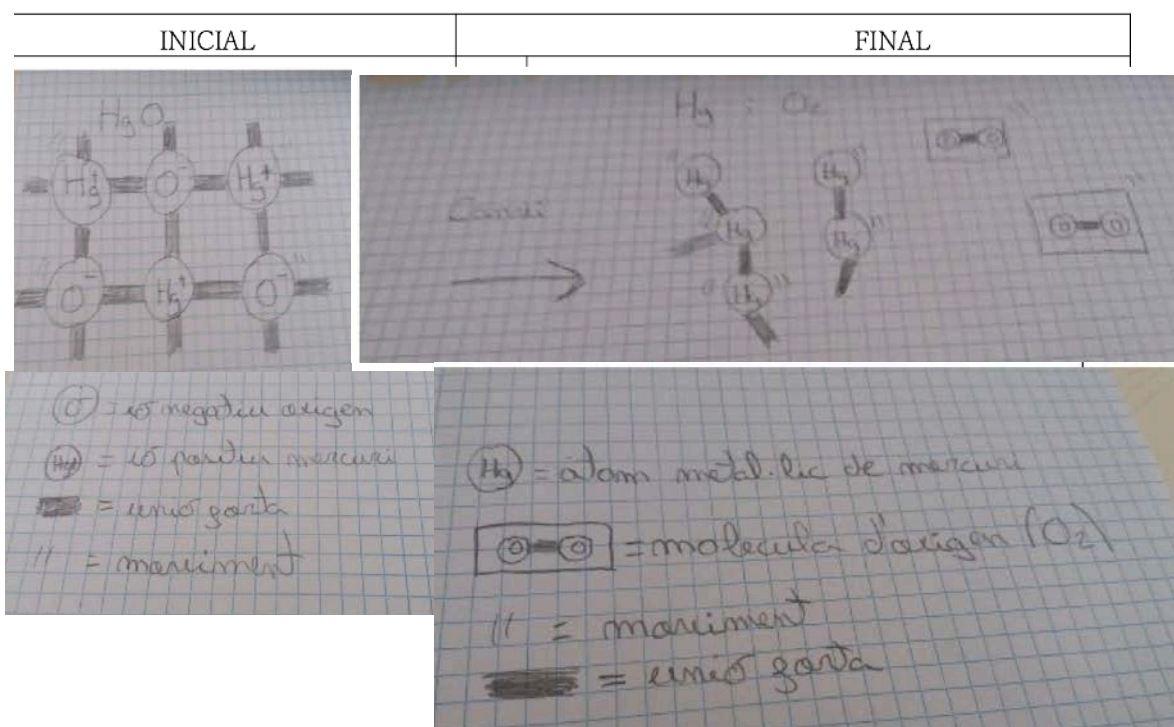


Figura 5.4.38. Representació de la Martina en el moment Canvi químic

Veiem de nou que la seva representació és una representació que mostra les característiques de la seva concepció coincident en totes les dimensions amb el model avançat de matèria.

El cas de la Martina és una mostra que la instrucció utilitzada permet als estudiants explicar els canvis de la matèria amb un únic model de manera que poden explicar un canvi físic i un canvi químic amb aquest model sempre que l'estudiant hagi construït una concepció alineada amb el model objectiu (model avançat de matèria).

En resum, hem mostrat 4 trajectòries individuals que ens semblen significatives perquè revelen característiques de com sembla que els alumnes van incorporant les idees clau per construir les seves concepcions i quines dificultats presenten en la construcció d'aquestes concepcions.

Així hem presentat el cas de l'Iris en el qual al final de la SEA mostra la construcció d'un model alternatiu més evolucionat que el seu model inicial en el qual ha incorporat algunes característiques del model escolar objectiu. Tot seguit hem descrit la trajectòria del Sergi en la qual semblava que havia incorporat les idees proposades en la instrucció, però quan les havia d'aplicar a situacions de canvi feia servir un model bàsic que en el moment Inicial no s'havia exposat. En tercer lloc hem descrit la trajectòria de la Lia que revelava les inconsistències en l'aplicació de les idees construïdes en funció de quin era el context. Finalment, hem exposat i analitzat el cas de la Martina que mostra la construcció d'una concepció de matèria coincident amb el model escolar objectiu (model avançat de matèria) i que permet la representació tant d'un canvi físic com d'un canvi químic. Pensem que amb aquests exemples hem documentat la dificultat que suposa per alguns alumnes les demandes de l'ensenyament-aprenentatge així com la persistència de models més bàsics. També hem documentat la construcció de models alternatius tot i fer servir una instrucció dissenyada específicament per superar algunes de les idees alternatives descrites a la literatura.

CAPÍTOL VI. CONCLUSIONS

Tot seguit passen a detallar les conclusions que es deriven d'aquest treball de recerca destinat a respondre a la qüestió:

Com evolucionen les concepcions dels estudiants sobre la matèria en relació amb el model CC avançat de matèria al llarg de la implementació d'una seqüència d'ensenyament-aprenentatge dissenyada per alumnes de 4t d'ESO (15-16 anys)?

Tenint en compte les fites proposades, destacarem els resultats obtinguts i les aportacions que fan a la Didàctica de la Química.

Per cloure aquesta exposició parlarem també de les limitacions i de les implicacions d'aquest treball per futures recerques, per la pràctica docent i pel disseny curricular.

La consideració del doble marc teòric: el del domini de la Química i el de la Didàctica de les Ciències ha possibilitat fonamentar i justificar les decisions preses en quant als continguts científics objecte d'estudi i en quant a la metodologia a utilitzar pel disseny i posada en pràctica de la recerca. La metodologia que s'ha utilitzat ha estat fructífera per l'obtenció d'uns resultats concloents en relació amb els objectius plantejats i ha permès la resposta a la pregunta de recerca.

6.1. Idees clau del model CC escolar i la seva justificació

El marc teòric de la teoria cineticocorpuscular de la matèria (TCC) va permetre definir un model cineticocorpuscular (CC) de matèria pels alumnes de secundària de 4t d'ESO (15-16 any) com a transposició didàctica dels enunciats "universals" identificats a la literatura del domini. Aquest model CC és l'objecte de la instrucció i anàlisi del procés d'ensenyament-aprenentatge al llarg de la recerca. Els seus enunciats van quedar recollits a la taula 2.3.2 d'aquest document.

El model CC avançat de matèria que vàrem definir implica la distinció dels diferents tipus de partícules (àtoms, molècules i ions), la distinció de la força de les unions segons la naturalesa de les partícules i permet donar compte dels canvis de la matèria: els canvis físics i els canvis químics.

El model CC avançat es va concretar en 7 idees clau:

1. La matèria està formada per partícules i entre les partícules hi ha buit.
2. El moviment i la unió entre partícules ens expliquen el comportament de la matèria.
3. L'estructura bàsica de la matèria està formada per àtoms que és un tipus de partícula submicroscòpica.

4. Els àtoms poden guanyar o perdre electrons per convertir-se en ions que són un altre tipus de partícula submicroscòpica.
5. Les molècules són partícules submicroscòpiques formades per agrupacions d'àtoms no metàl·lics.
6. La unió entre partícules pot tenir diferent intensitat segons sigui el tipus de partícula.
7. Qualsevol classe de canvi físic o químic de la matèria es pot explicar a través de la interacció entre els diferents tipus de partícula (àtoms, ions i molècules).

Les idees clau i subidees del model estan recollides a la taula 3.3.1.

En la seqüenciació de les idees clau es van tenir en compte les recomanacions proposades per diferents investigadors en el camp de la Didàctica de la Química així com l'experiència docent de la investigadora. El nombre de recerques entorn a la Constitució, Estructura i Composició de la matèria és considerable encara que moltes d'elles estan orientades per alumnes de nivells inferiors als 15-16 anys.

Per la instrucció d'aquest model es va dissenyar i implementar una seqüència d'ensenyament-aprenentatge (SEA) que va ser refinada a través de 2 cicles d'implementació i que és també un resultat d'aquesta recerca. Ens vam situar en el paradigma de la investigació basada en el disseny (The Design-Based Research Collective, 2003) pel disseny i el refinament de la SEA implementada,

Els resultats obtinguts en la primera implementació ens van permetre la introducció de canvis per la millora d'aquests materials d'instrucció. De la mateixa manera el doble rol de professora i investigadora va facilitar obtenir una informació addicional no formal per la millora d'aquests materials. No és objectiu d'aquesta tesi l'estudi del procés de disseny i refinament de SEAs però l'evolució de les concepcions dels estudiants a conseqüència de la instrucció dissenyada per aquest objectiu a través de la SEAvs2 fa que puguem dir ara que la versió final d'aquesta SEAvs2 és un producte de recerca. Es pot veure la versió 2 en l'apartat annexos d'aquest document.

En relació amb la utilitat d'aquest model CC avançat de matèria cal dir que els resultats de la recerca aportats per les trajectòries empíriques dels estudiants mostren que els alumnes que han construït aquest model són capaços d'interpretar tant els canvis físics com els canvis químics la qual cosa era un dels motius que ens van portar a plantejar aquesta tesi. Queda doncs justificat aquest model CC avançat de matèria pels estudiants de 15-16 anys.

6.2. L'instrument per analitzar les dades

Donada l'especificitat del model escolar objectiu, la construcció d'un instrument d'anàlisi de les dades va ser plantejada com a segona fita de la recerca. L'anàlisi de les dades recollides abocaven a categories noves en relació amb les obtingudes en altres recerques sobre les concepcions de matèria dels estudiants i recollien concepcions alternatives dels estudiants. Algunes de les categories relacionades amb les interaccions entre partícules i les categories relacionades amb la diversitat de partícules que formen la matèria no s'havien documentat i, per tant, calia construir un instrument que recollís totes les categories que emergien de les dades. Es van definir quatre dimensions (Conformació, Dinamisme, Interaccions i Diversitat) i les seves categories corresponents per a l'elaboració d'aquest instrument. Les dimensions Conformació i Dinamisme estaven ben descrites en la literatura del camp i les categories incloses en cadascuna de les dimensions es corresponien a les publicades en altres treballs com el de Talanquer (2009). La informació aportada pels dibuixos va permetre classificar-los en les categories descrites. Destacables aportacions del nostre treball consisteixen en la definició de dues noves dimensions: Interaccions i Diversitat. Vam definir la dimensió Interaccions ja apuntada per Talanquer (2009) però que presenta diferències significatives. La dimensió Interaccions considera la fortalesa de les unions en funció de la naturalesa de les partícules i la dimensió Diversitat considera les categories que diferencien el tipus de partícula. L'instrument d'anàlisi CEMAM per mostrar les concepcions dels estudiants en relació amb el model CC avançat de matèria ha quedat recollit a la taula 4.12.1 d'aquest document i és també un producte resultant de la recerca.

6.3. La caracterització de les concepcions inicials dels alumnes de 4t d'ESO sobre la matèria

Amb l'ajuda de l'instrument d'anàlisi construït es van analitzar les dades obtingudes en la segona i tercera implementació (SEAvs2). Les dades van ser recollides a través dels documents dels estudiants i van consistir en representacions visuals o explicacions verbals.

Les representacions que van dibuixar els alumnes presentaven una gran riquesa en els detalls i van aportar una informació que no està present en altre tipus de llenguatge utilitzat en altre tipus d'investigacions.

L'ús de representacions ha permès conèixer d'una manera força detallada què pensaven els estudiants quan parlaven d'àtoms, de molècules o d'ions, ja que el significat que donen els estudiants als àtoms, els ions o les molècules moltes vegades no coincideix amb el terme

científic. D'altra banda, també han quedat perfectament establertes quines són les interaccions que els estudiants consideren que estan implicades en els canvis físics i químics.

Així doncs tal com hem exposat en el marc teòric, promoure expressions del model mental (com a model expressat) a través del llenguatge verbal i gràfic pot permetre conèixer en més profunditat i detall aquestes concepcions dels estudiants.

En aquest estudi s'ha constatat que la representació dels diferents tipus de substàncies en els diferents estats de la matèria no és una tasca evident pels estudiants i suposa una gran dificultat encara que al llarg de la instrucció s'hagin treballat específicament aquestes destreses i que els alumnes hagin desenvolupat una gran competència en el dibuix de les representacions. Tots els alumnes mostren en els seus dibuixos una gran riquesa de detalls: fan servir línies de diferents colors o de diferents gruixos per indicar la fortalesa de les unions entre partícules, utilitzen símbols diferents per representar les diferents molècules, ions o àtoms metàl·lics en les substàncies i representen el moviment de les partícules amb diferents simbologies com per exemple les “”, amb independència de les seves concepcions de matèria.

L'anàlisi de les dades recollides ha permès caracteritzar les concepcions inicials dels nostres estudiants de 4t d'ESO, ja sigui a través de les representacions visuals o sigui a través de les explicacions verbals. Es van obtenir 4 concepcions inicials: alfa, beta, gamma i delta. Aquestes concepcions de partida i la seva caracterització queden recollides a la taula 5.1.1. Aquestes concepcions inicials estan per sota del que s'esperava pel seu nivell d'instrucció, ja que en els dos cursos anteriors els alumnes havien estat instruïts en el model bàsic de matèria.

Pensem que els resultats obtinguts expressen unes concepcions dels estudiants naïf que podrien no correspondre a les que realment tenen. El fet que els estudiants no estaven avesats en fer representacions submicroscòpiques de substàncies a l'inici de la recollida de dades (que nosaltres hem anomenat moment Inicial per distingir-ho d'altres moments de recollida de dades al llarg de la SEA) ha fet que els dibuixos no mostressin gaires detalls o els detalls mostrats eren de difícil interpretació per falta de coherència.

6.4. L'evolució de les concepcions dels nostres alumnes de 4t d'ESO sobre la matèria al llarg de la implementació de la SEA i les trajectòries individuals dels estudiants

En aquest treball es pretenia estudiar l'evolució de les concepcions dels nostres alumnes de 4t de l'ESO sobre la matèria al llarg de la implementació de la SEA. Aquesta evolució queda reflectida en la figura 5.4.13 que mostra que tots els alumnes han millorat les seves

concepcions de partida encara que la SEA no hagi sigut igual d'útil per tots ells. Tanmateix, els resultats mostren que el desenvolupament de les concepcions no és lineal.

La introducció de les idees clau 1-6 ha permès a tots els alumnes construir o consolidar la idea que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques. Altrament, aproximadament la meitat dels estudiants (46,9%) ha incorporat la idea de que les partícules tenen un moviment continu. Per una altra banda, tot l'alumnat ha inclòs la idea que les partícules estan unides entre elles, encara que només una part dels estudiants (46,9%) distingeix el tipus d'unió entre partícules. En qualsevol cas, sí que hem vist que la majoria dels alumnes consideren que les interaccions entre les partícules molècules són febles i les interaccions entre les partícules en les substàncies formades per àtoms metàl·lics o "molècules" que tenen àtoms metàl·lics són fortes i les interaccions entre partícules que són ions són fortes. Per últim, la gran majoria dels estudiants (90,6%) poden distingir el tipus de partícula submicroscòpica que forma una substància determinada encara que d'una manera parcial.

Tots els estudiants han construït la idea que la matèria és discontinua i està formada per partícules submicroscòpiques. Els alumnes que han construït la idea que les partícules submicroscòpiques estan en moviment continu la mantenen al llarg del temps.

Assumir la diversitat de partícules resulta més complexa. La construcció de les idees sobre què són els àtoms, els ions i les molècules que corresponen als tres tipus de partícules que formen les substàncies semblava que no presentava dificultats pels estudiants. No obstant això, quan aquestes idees s'han de posar en joc junt amb la idea 6 (que parla de la fortalesa de les unions entre partícules en funció de la seva naturalesa) constatem dificultats subjacents.

Els estudiants presenten dificultats per concebre la matèria com a resultat de la unió entre partícules, unió que pot tenir diferents intensitats segons sigui la naturalesa d'aquestes partícules, siguin iguals o diferents. La conclusió que traiem és que com el model proposat és complex i han estat poc exposats a les seves idees, molts estudiants poden no haver construït completament aquest model degut a les moltes dimensions que cal considerar al mateix temps.

Aquesta manera de construir el model per part dels alumnes ja va ser apuntada per Liu i Lesniak (2005) que parlaven d'onades de desenvolupament. Cadascuna de les onades considerava els diferents aspectes de la matèria: l'estructura i composició, les propietats físiques i el canvi, les propietats químiques i el canvi i la conservació. Tots aquests aspectes han estat considerats en el desenvolupament de les concepcions dels estudiants al llarg de la instrucció.

Altra conclusió que s'extreu d'aquesta tesi és que els estudiants construeixen models híbrids que es poden considerar com a un model bàsic que incorpora parts de les idees desenvolupades durant la instrucció.

Per una altra banda constatem, tal com s'ha apuntat amb anterioritat, que l'expressió d'aquest model CC bàsic de matèria en el moment Inicial no havia estat possible. La instrucció ha permès a tots els estudiants expressar el seu model a través de representacions i les ha utilitzat mostrant quina és la seva concepció en cada moment sobre les partícules, sobre les unions entre les partícules, o sobre la fortalesa d'aquestes unions. També ha permès als estudiants desenvolupar concepcions de matèria més sofisticades i alineades com a mínim amb el model CC bàsic de matèria.

Podem concloure també que les idees que presenten més dificultats en la construcció del model són, tal i com esperàvem, les relacionades amb la diferenciació dels tipus de partícula i la fortalesa de les unions entre partícules. La dificultat en la distinció de la fortalesa de les unions entre àtoms (unions fortes) que formen les molècules i de les unions entre molècules (unions febles) en les substàncies moleculars ja ha estat apuntada per altres autors.

Tanmateix, la seqüenciació suggerida a la literatura en la presentació dels diferents tipus de partícula submicroscòpica no evita la concepció alternativa de les "molècules iòniques" i altres tipus de "molècules". Taber (2013) suggeria la introducció dels ions i les substàncies iòniques abans de les molècules i les substàncies moleculars amb el fi d'evitar que els estudiants parlessin de "molècules iòniques". En el nostre estudi hem evidenciat aquestes concepcions alternatives de "molècules iòniques" malgrat la seqüenciació suggerida.

A la vista dels resultats pensem que la dificultat no rau en l'ordre de presentació dels diferents tipus de partícules. Les trajectòries individuals dels estudiants insinuen alguna mena de necessitat de sistematització en el tipus de partícula però no podem aventurar cap justificació. Creiem que aquests resultats suggereixen l'apertura d'una nova via de recerca. Caldria realitzar més estudis sobre la influència de la seqüenciació de la introducció d'aquestes idees clau en el desenvolupament de les concepcions de l'alumnat per poder treure conclusions més sòlides.

Al llarg del treball s'han pogut identificar les trajectòries d'aprenentatge particulars que segueixen els alumnes des de les seves concepcions inicials de matèria fins a les concepcions finals en relació amb el model CC avançat de matèria. Hem mostrat quatre trajectòries particulars de 4 alumnes que es podrien considerar representatives: la construcció d'un model alternatiu, la dificultat de mantenir un nou model, la inconsistència en el model construït i la construcció del model objectiu. Les trajectòries d'aprenentatge individuals que segueixen aquests 4 alumnes

mostren com es van incorporant les idees clau i com es desenvolupen per tant les seves concepcions.

Aquestes trajectòries indiquen doncs com és l'evolució de les seves concepcions en relació amb el model CC avançat de matèria.

A la vista de les trajectòries particulars discutides podem concloure que tots els estudiants presenten al final de la instrucció una concepció de matèria força alineada amb el model bàsic de matèria. Alguns alumnes han incorporat a aquest model CC bàsic de matèria algunes de les idees del model CC avançat de matèria de manera que han desenvolupat models híbrids. També hem pogut documentar la construcció de models alternatius, tot i implementar una instrucció dissenyada específicament per superar algunes de les idees alternatives descrites a la literatura. Hem trobat un estudiant que no concep una substància de tipus metàl·lic en estat gasós i per aquesta raó no la representa. No hem trobat a la literatura menció d'un resultat com aquest.

També podem concloure que les concepcions dels estudiants estan fortament influenciades pel context i que segons sigui aquest els estudiants presentaran una concepció més o menys alineada amb el model CC bàsic o amb el model CC avançat de matèria.

Una aportació d'aquest treball és que la utilització d'aquesta instrucció permet als estudiants desenvolupar una concepció de matèria alineada amb el model CC avançat de matèria, que fa que puguin interpretar amb un únic model tant els canvis físics com els canvis químics. Podem afirmar a partir dels nostres resultats que el model escolar proposat en el marc teòric (model CC avançat de matèria) pot actuar com a pont entre el model CC bàsic de matèria i els models més complexos que cal desenvolupar en estudis posteriors.

6.5. Limitacions i implicacions

Les limitacions i les implicacions que presenta aquest estudi són vàries i de diversa naturalesa. Tot seguit passarem a enumerar-les.

Hem trobat a faltar en diversos moments la utilització d'un altre instrument de recollida de dades com les entrevistes semiestructurades, ja que això hauria eliminat la falta d'habilitat dels estudiants amb les representacions. Ara bé, teníem els nostres dubtes sobre la seva eficàcia de l'ús d'entrevistes semiestructurades per part de la professora-investigadora. Creiem que no és adequat que l'instructor entrevistés els estudiants per la relació d'autoritat que s'estableix entre els participants. En aquests casos caldria un investigador extern com a suport.

Hem detectat també la necessitat de dedicar temps a la instrucció de la representació dels diferents tipus de substàncies en els diferents estats de la matèria per ajudar a la construcció

d'una concepció de matèria alineada amb el model escolar. No es pot obviar aquest pas i pensar que els estudiants poden connectar els diferents models escolars sense una instrucció específica.

A més a més, tot i que no és habitual parlar de l'*sketching* com a pràctica científica, alguns autors reconeixen l'*sketching* com a una pràctica científica genuïna que ajuda al raonament científic basat en models. Pensem que els nostres resultats evidencien la potencialitat d'aquesta manera de treballar per la construcció dels models.

Una recollida de dades tan llarga en el temps fa que la mostra resultant de l'estudi sigui petita, ja que només es poden validar les trajectòries dels participants en totes les activitats de la SEA i és molt freqüent l'absència d'algun alumne en alguna sessió. Una mostra tan petita no permet la generalització dels resultats i creiem que fins i tot es podria considerar un estudi de cas. Per tant, per poder generalitzar els resultats, caldria implementar aquesta SEA en grups d'estudiants més nombrosos.

Encara que la instrucció es va centrar en la SEA, la intervenció del professorat en el desenvolupament de les concepcions dels estudiants és fonamental tal com indica la literatura. Per tant, considerem que per a donar més validesa als resultats obtinguts caldria també realitzar estudis similars en els quals intervinguin diferents docents per veure la seva influència i caracteritzar-la.

S'ha obtingut com a producte d'aquesta recerca una SEAvs2 dissenyada tenint en compte el paradigma de RBD. Tanmateix amb la informació obtinguda de les trajectòries individuals, les futures versions de la SEA haurien d'incloure activitats alternatives que permetessin ajudar a aquells alumnes que no han pogut construir les idees clau del model. Això a més permetria un temps d'exposició més llarg a les noves idees del model.

Considerem que la definició del model CC avançat de matèria és vàlid pel nivell d'instrucció plantejat. Encara que es planteja un ancoratge inferior de partida, la nostra proposta inclou totes les idees clau del model inclús aquelles que pel nivell d'instrucció plantejat es donaven per adquirides. Pensem que la inclusió de totes les idees del model pot "repestar" a tots els estudiants.

Volem fer una reflexió sobre la importància i influència que té la seqüenciació dels continguts en el procés d'aprenentatge i volem fer una crida a la reflexió profunda abans del disseny dels materials per les moltes repercussions que té.

A la vista de tot el que s'ha presentat en aquest treball pensem que podria ser adequat valorar la conveniència de la inclusió d'aquest model CC avançat de matèria en el currículum de l'ensenyament secundari obligatori en el nivell de 4t d'ESO.

CAPÍTOL VII. BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques

- Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31 (6) 757–786.
- Adúriz-Bravo, Agustín & Izquierdo Aymerich, M. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science and Education* 12 (1) 27-43.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333 (6046), 1096–1097.
- Ault, C. R., Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Constructing Vee maps for clinical interviews on Molecule Concepts. *Science Education*, 68 (4), 441–462.
- Bar, V., & Galli, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education* 16(2): 157–174.
- Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching* 28(4): 363–382.
- Benarroch, A. (2000). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. *Alambique*, 23.
- Bevevino, M., Dengel, J. & Adams, K. (1999). Constructivist Theory in the Classroom Internalizing: Concepts through Inquiry Learning. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 72 (5), 275-278.
- Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203–213.
- Brook, A., Briggs, H., & Driver, R. (1984). Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds: University of Leeds.
- Caamaño, A. (2015). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique* 78 , 7-20.
- Caamaño, A. (2020). Formas y niveles de representación de las reacciones químicas. En A. Caamaño (coord.) *Enseñar química* (pp. 170-180). Editorial Graó. Barcelona.
- Cardoso Mendonça P. C. & Justi R. (2013) The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education*, 35, (14), 2407–2434.
- Cardoso Mendonça P. C. & Justi R. (2014). An Instrument for Analyzing Arguments Produced in Modeling-Based Chemistry Lessons. *Journal of Research in Science Teaching* 51, (2), 192–218.
- Catalunya. Decret 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria. *Diari oficial de la Generalitat*, 28 d'agost 2015, núm. 6945, pp. 135.
- Cheng, M. M. W. (2018). Students' visualisation of chemical reactions-insights into the particle model and the atomic model. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 227–239.

- Cheng, M. M. W., & Gilbert, J. K. (2014). Students' Visualization of Metallic Bonding and the Malleability of Metals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1373–1407.
- Cheng, M. W., & Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1173–1193.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041–1053.
- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry Education Research - From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. *Chemical Reviews*, 118(12), 6053–6087.
- Cooper, M. M., Corley, L. M., & Underwood, S. M. (2013). An investigation of college chemistry students' understanding of structure-property relationships. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 699–721.
- Cooper, M.M. Stieff, M. & DeSutter, D. (2017). Sketching the Invisible to Predict the Visible: From Drawing to Modeling in Chemistry. *Topics in Cognitive Science*, 1–19.
- Couso, D., & Garrido-Espeja, A. (2017). Model and Modelling in Pre-service Teacher Education: Why We Need Both. En K. Juuti, A. Uitto, K. Hahl, J. Lampiselkä, & J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (pp. 245–278). Springer Nature.
- Cuadros, J. (2011). Cuestiones didácticas en torno al concepto de sustancia química. En J.M. Fernández Novell, R. Fusté, & M. Paraira (Eds.), *Actas de las IV jornadas sobre la Enseñanza de la Química. Difusión e impacto de la química en nuestra sociedad* (pp. 99–107). Barcelona: Col·legi de químiques de Catalunya.
- De Jong, O., & Taber, K. S. (2014). The many faces of high school chemistry. En *Handbook of Research on Science Education Volume II* (pp. 457–480).
- de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 657–664.
- Di Giacomo, M. A., Baumgartner, E. C., Landau, L. M., & Torres, N. M. (2010). Interpretación submicroscópica de una propiedad física : ¿ un problema resuelto ? *Educación Química*, 21(1), 40–46.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education* 13, 105–122.
- Driver, R., Squire, A, Rushworth, P. & Wood-Robison, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. London and New York: Routledge.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions-developments and trends. En *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* 3, 111-115. Misconceptions Trust: Ithaca, NY.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, K., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. En Dossris Jorde & Justin Dillon (Eds.), *Science Educations Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective*. Sense Publisher.

- Duncan, R. G., & Rivet, A. E. (2013). Science learning progressions. *Science Education*, 339, 396–397.
- Duschl, R. A., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
- Furió-Más, C., Solbes, J. & Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos. Tres décadas de investigación. *Alambique*, 48.
- Furió-Más, Carles & Domínguez-Sales, Consuelo (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia compuesto químico. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 25(2), 241-258–258.
- Gabel, D.L., Hunn, D. & Samuel, K. V. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal Chemical Education*, 64(8), 695–697.
- Gensler, W. (1970). Physical versus chemical change. *Journal of Chemical Education*. 47 (2), 155-156.
- Giere, R. N. (2004). How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742–752.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611–628.
- Hadenfeldt, J. C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181–208.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352–381.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. En J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J.H. Van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 189–212). Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Hernández, M.I. (2012). Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre Propietats Acústiques dels Materials (Tesi doctoral). Univesitat Autònoma de Barcelona.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Santmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias, Edición ex*, 79–91.
- Johnson, P. (2005). The development of children's concept of a substance: A longitudinal study of interaction between curriculum and learning. *Research in Science Education*, 35, 41–61.
- Johnson, P. (2013). How Students' Understanding of Particle Theory Develops: A Learning Progression. En G. Tsapalis & H. Sevan (Eds.), *Concepts of matter in science education* (Vol. 19, pp. 47–67). Springer Dordrecht.

Johnson, P., & Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introduction of particle theory: a substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130–150.

Johnson, P., & Tymms, P. (2011). The emergence of a learning progression in middle school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 849–877.

Johnstone (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 75-83.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75–83.

Jorbà, J. & Santmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar, un proceso de regulación continua: propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas. Madrid: CIDE-MEC.

Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173–184.

Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169–175.

King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51–87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.655037>.

Liu, X. (2001). Synthesizing research on student conceptions in science. *International Journal of Science Education*, 23(1), 55–81.

Liu, X. (2007). Elementary to High School Students' Growth over an Academic Year in Understanding the Concept of Matter. *Journal of Chemical Education*, 84(11), 1853–1856.

Liu, X. (2013). Difficulties of items related to energy and matter: Implications for learning progression in high school chemistry. *Educación Química*, 24(4), 416–422.

Liu, X., & Lesniak, K. (2005). Students' progression of understanding of the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89, 433-450.

Liu, X., & Lesniak, K. (2006). Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 320–347.

Merritt, J., & Krajcik, J. S. (2013). Learning Progression Developed to Support Students in Building a Particle Model of Matter. En G. Tsapalis & H. Sevan (Eds.), *Concepts of Matter in Science Education* (pp. 11–45).

Moltó, M.A. (2014). *L'ús del triplet de la química en la construcció del concepte dissolució a primer de batxillerat* (Treball de Fi de Màster). Universitat Autònoma de Barcelona, Catalunya.

National Research Council, (2000). *How people learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. Washinton, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9853>.

Nersessian, N. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. En P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The Cognitive Basis of Science* (pp. 133-153). Cambridge: Cambridge University Press.

- 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.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46–55.
- Pereira, M. P., & Pestana, M. E. M. (1991). Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, 13(3), 313–319.
- Pintó, R. Algunos conceptos implícitos en la 1ª y la 2ª leyes de la Termodinámica: una aportación al estudio de las dificultades de su aprendizaje (Tesi doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona
- Prieto Ruz, T., Blanco López, Á. & Brero Peinado, V.-B. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 3–14.
- Renström, L., Andersson B., & Marton, F. (1990). Students' Conceptions of Matter. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 555–569.
- Santmartí, N. & Izquierdo, M. (1995). The substantialisations of properties in pupils' thinking and in the history of science. *Science and Education*, 4, 349-369.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Schwartz, Y. Hug, B. & Krajcik J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. S. (2006). Implications of Research on Children's Learning for Standards and Assessment: A Proposed Learning Progression for Matter and the Atomic-Molecular Theory. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 4(1–2), 1–98.
- Stern, L., & Ahlgren, A. (2002). Analysis of students' assessments in middle school curriculum materials: Aiming precisely at benchmarks and standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 889–910.
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2010). Developing a hypothetical multi-dimensional learning progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687–715.
- Stevens, S. Y., Shin, N., & Peek-Brown, D. (2013). Learning progressions as a guide for developing meaningful science learning : A new framework for old ideas. *Educación Química*, 24(4), 381–390.
- Taber, K. S. (2002). Concepts in chemistry. En C. Osborne & M. Pack (Eds.), *Chemical Misconceptions - Prevention, Diagnosis and Cure* (Vol. 1, pp. 11–30). London: Royal Society of Chemistry.
- Taber, K. S. (2003). The Atom in the Chemistry Curriculum: Fundamental Concept, Teaching Model or Epistemological Obstacle? *Foundations of Chemistry*, 5(1), 43–84 <https://doi.org/10.1023/A:1021995612705>

- Taber, K. S. (2016). Enlace químico. *Alambique*, 86, 19–27.
- Talanquer, V. (2009). On Cognitive Constraints and Learning Progressions: The case of “structure of matter.” *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123–2136.
- Talanquer, V. (2011). Macro,submicro and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet.” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial / Learning Progressions: Promise and Potential. *Educación Química*, 24(4), 362–364.
- Talanquer, V. (2020). La progresión de los aprendizajes sobre la composición, estructura y transformación química de la materia. *Educación Química*, 27 4-11
- Wiser, M., Frazier, K.E. & Fox, V. (2013). At the beginning was amount of material: a learning progressions for matter for early elementary grades. En G. Tsapalis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of matter in science education* (pp. 95–122). Dordrecht.
- Wiser, M., & Smith, C. L. (2008). Learning and Teaching about Matter in Grades K-8: When Should the Atomic-Molecular Theory be Introduced? En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on conceptual change* (pp. 205–239). Routledge, New York and London.
- Yildirim H.E. & Demirkol, H. (2018). Identifying Mental Models of Students for Physical and Chemical Change. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 986-1004.

CAPÍTOL VIII, ANNEXOS

8.1. Annex I: Dossier SEA vs 1



La matèria per dintre

Preparat per: Àngels Moltó

Curs 2017-2018

Versió: 2.00

Temporització: 21 sessions (7 setmanes: octubre, novembre i desembre)

UNITAT DIDÀCTICA

Activitat inicial:

Quan ha començat el curs la professora de física i química s'ha adonat que les 4 garrafes on es recullen els residus de les pràctiques eren plenes. En aquestes 4 garrafes hi ha:



- 15 litres d'un líquid format per dissolucions àcides que contenen aigua, àcids i sals àcides
- 18 litres d'un líquid format per dissolucions alcalines que contenen aigua, bases i sals bàsiques
- 10 litres d'un líquid que conté dissolucions de metalls pesats que contenen sals de metalls pesats i aigua
- 55 litres d'un líquid que conté dissolvents orgànics que contenen substàncies orgàniques.

Com el pressupost que té el departament de ciències naturals aquest curs és més baix que el del curs passat la professora vol trobar un sistema per estalviar diners ja que la destrucció dels residus es paga segons el volum del residu i no de la perillositat.

Ha pensat en neutralitzar el líquid del contenidor dels àcids amb el líquid del contenidor de les bases i, si cal, acabar de neutralitzar-ho amb la qual cosa finalment tindria 33 litres de dissolució formada per aigua i sals minerals, 10

litres de dissolucions formades per sals de metalls pesants i aigua i 45 litres de dissolvents orgànics.

Alguns alumnes s'han animat a ajudar-la i li han proposat que evapori els residus en la terrassa de l'institut i així reduirà el volum.

Contesta les següents preguntes:

a) Creieu que és possible evaporar totalment el contingut de cadascuna de les garrafes? Per què?

b) Es podria aquest procediment per totes les garrafes? Quins problemes ens podrien trobar? Per què?

Justifica les teves respostes tenint en compte el que has après al llarg d'aquests anys a les classes de ciències com per exemple quins tipus de substàncies hi ha en les garrafes, quines propietats tenen, com són les partícules que les formen i les forces entre elles...

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Us proposem treballar la següent unitat didàctica per ajudar-vos a contestar les preguntes plantejades.

Alguna vegada us heu preguntat com són els materials que veiem habitualment o de què estan fets? Serà igual per dintre l'aire que respirem i que no veiem, l'aigua que bevem, l'or d'un anell que brilla tant o l'alumini de les llaunes de refresc ? Potser no t'has fet mai aquesta pregunta però ara que te la plantejem estàs pensat que la resposta és molt fàcil perquè...

Us proposem que anoteu en el següent requadre quines són les respostes a les preguntes anteriors i us repletem a descobrir-ho.

Per això us plantejem tot un seguit d'activitats que us ajudaran a trobar les respostes de l'activitat inicial. Per a que sigui més divertit hem convidat a un personatge de ficció perquè ens acompanyi, l'home formiga que com és molt petit potser ens podrà explicar com és el món que no podem veure.



Us hi apunteu?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Activitat 1 : De què està feta la matèria?

Abans de començar hauríem de tenir clar que és la matèria i que entenen per matèria els científics.

a) Anoteu què es per vosaltres la matèria





Podem dir que la matèria és tot allò que té massa. Cada tipus de matèria en particular s'anomena substància tot i que la matèria majoritàriament està formada per mescles de substàncies

b) Identifiqueu de les següents exemples quins són matèria i quins no són matèria i digueu perquè heu fet aquesta classificació:

fusta, aigua de mar, calor, energia, electricitat, aire, ferro, vi, telèfon mòbil, cubata, gelat, maionesa, sal de cuina, sucre, terra, benzina, llet, oli, fil de coure, detergent.

Matèria	No matèria
Matèria perquè...	No matèria perquè...

c) Dels exemples que heu classificat com a matèria podríeu dir quines són mescles i quines són substàncies pures a partir del que has après en cursos anteriors? Digueu perquè heu fet aquesta classificació.

Mescla	Substància pura
Mescla perquè ...	Substància pura perquè ...

Agafeu una casa de *Legó* i observeu les peces de les quals està feta.


d) Respongueu les següents preguntes:

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

d1. Quines són les unitats constituents de la casa? Són totes iguals? En que es diferencien?



d2. Imagineu ara un làmina de coure, com penseu que és aquesta làmina? Com està feta? Quines són les unitats constituents de la lamina de coure? Són totes iguals? En què es diferencien? Per expressar les vostres idees podeu fer un dibuix i escriure les explicacions que necessiteu per a que quedi ben clar el que voleu dir.

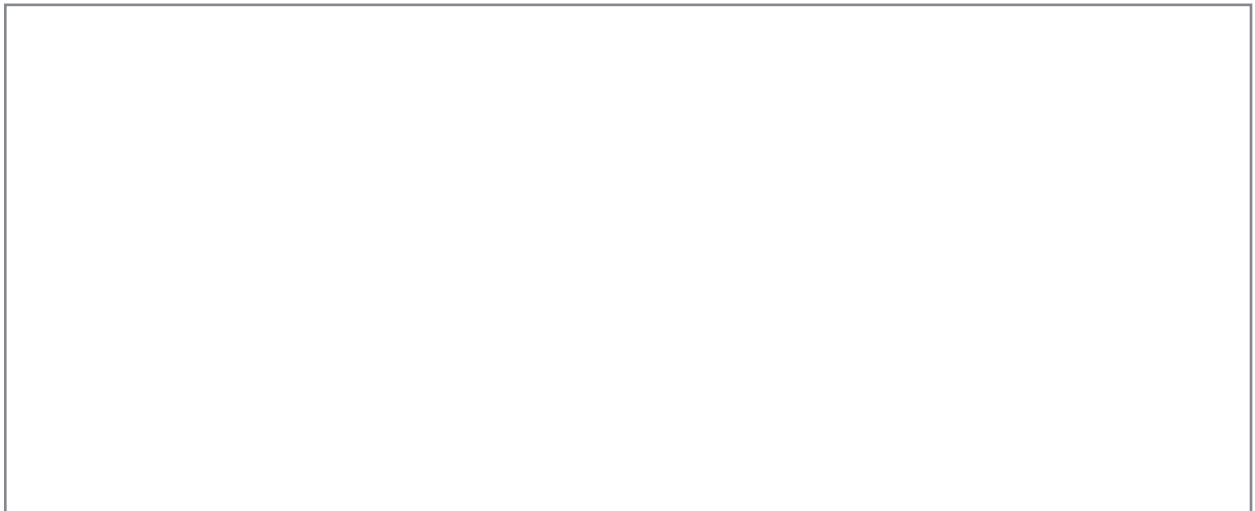


UNITAT DIDÀCTICA vs 2

d3. Imagineu ara un tros de gel, com penseu que és per dintre? Com està fet? Quines són les unitats constituents del tros de gel? Són totes iguals? Per expressar les vostres idees podeu fer un dibuix i escriure les explicacions que necessiteu per a que quedi ben clar el que voleu dir.



d4. Què hi ha d'igual en les unitats constituents de la casa, de la làmina de coure i del tros de gel? Què hi ha de diferent?





La matèria està feta de partícules

e) Com t'imagines les partícules (àtoms, molècules, ions) que formen l'aigua, l'aire, el sucre, l'aigua de mar? Fes una representació tot indicant què vols representar amb cadascun dels símbols que fas servir afegint etiquetes i descripcions.

Material	Representació
Aigua	
Aire	
Sucre	
Aigua de mar	

Activitat 2: Què hi ha entre les partícules?

Fixeu-vos en aquestes dues fotografies:



a) Què hi ha entre cigró i cigró?

b) Què hi ha entre gra de sorra i gra de sorra?

c) Volem saber si hi ha espai entre els cigrons i entre els grans de la sorra i intentar saber-ne en quin n'hi ha més per això els posarem aigua. Feu una previsió de en quin cas hi pot cabre més aigua i diguéu perquè ho creus.

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

d) Feu l'experiment següent:

Material (Què tinc?)

Procediment (Què faig?)

Material
2 vasos de precipitats de 500 mL
1 proveta de 100 mL
flascó rentador amb aigua
sorra de platja
cigrons

Procediment
1. Ompliu un vas amb cigrons fins a la senyal de 100 mL (vas A)
2. Ompliu un vas amb sorra fins a la senyal de 100 mL (vas B)
3. Ompliu la proveta amb 100 mL d'aigua
4. Poc a poc afegiu aigua al vas A -sense remoure- fins arribar a la superfície dels cigrons- al voltant de la senyal de 100 mL. **Llegiu a la proveta** quanta aigua queda. Anoteu la quantitat.
5. Ompliu novament la proveta fins els 100 mL.
6. Afegiu a poc a poc aigua al vas B -sense remoure- fins arribar a la superfície de la sorra- al voltant dels 100 mL. **Llegiu a la proveta** quanta aigua queda i anoteu el resultat.

Resultats (Què passa?)

e) Anoteu els resultats:

	Volum inicial proveta (mL)	Volum final proveta (mL)	Volum addicionat (mL)
Vas A (cigrons)			
Vas B (sorra)			

Interpretació dels resultats (Per què passa?)

f) En quin vas heu pogut afegir més aigua? Com ho interpreteu?

UNITAT DIDÀCTICA

g) Feu una representació de l'experiment pels gots A i B en el qual quedi clar on ha anat a parar l'aigua que heu afegit

Vas A

Volum en l'interior (mL)=

Vas B

Volum en l'interior (mL)=

h) Conclusió:

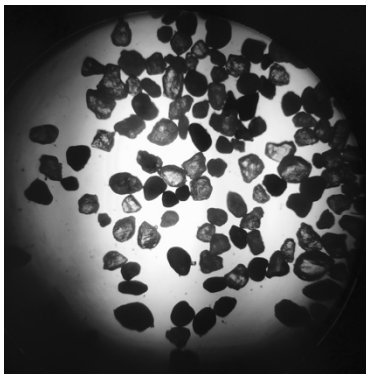
En el vas A perquè ...

En el vas B ... perquè ...

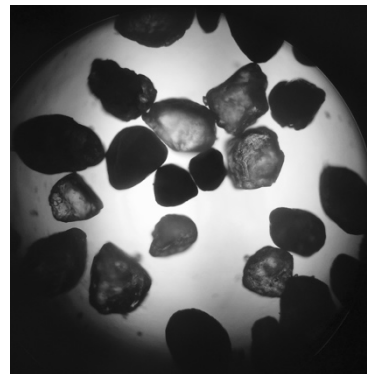


i) Intentarem veure de més a prop els grans de sorra i una bossa de plàstic (polipropilè). Per això hem fet unes quantes fotografies a través d'un microscopi amb diferents augments i hem trobat això:

grans de sorra



Augments: 10 x 4

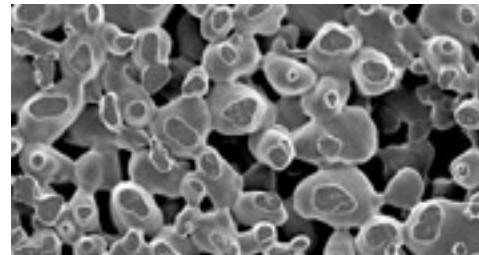


10 x 10

polipropilè (plàstic)



ull nu



vista microscopi electrònic

j) Quan observeu les fotografies obtingudes amb el microscopi dels grans de sorra i de la bossa de plàstic, quina informació addicional heu obtingut, és a dir, es veuen igual que a simple vista? Quina interpretació li dones a aquest fet, és a dir, què aporta el fet d'observar amb el microscopi?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

k) En el cas de la bossa de plàstic a simple vista no hi havia discontinuïtats però què succeeix quan s'observa amb el microscopi?

l) Imagineu ara que teniu un microscopi molt potent de manera que pugueu arribar a veure les partícules que formen el gra de sorra o la bossa de plàstic. Quin aspecte creieu que tindrien? Feu un dibuix que representi el que penseu, és a dir, feu un dibuix de com creieu que és un gra de sorra i una bossa de plàstic per dintre.

m) Entre les partícules que formen un gra de sorra i les partícules que formen el plàstic de la bossa hi ha espai? Aquest espai que hi ha entre les partícules del gra de sorra i del plàstic és igual o diferent de l'espai que hi ha entre els grans de sorra? Justifica la teva resposta.



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

n) Quan algú parla de buit, a què es refereix? És el no res o sempre hi ha alguna cosa?
Per vosaltres, què és el buit? Intenteu explicar-lo.



Entendre que és el buit no és gens fàcil. La idea del buit no va ser acceptada per la comunitat científica fins a mitjan el segle XVII. Veiem quina va ser l'evolució

El buit: una idea absurda?

Aristòtil filòsof grec (384-322 a. C.) va dir que el buit no podia existir a la naturalesa perquè contravenia la realitat. Com la filosofia d'Aristòtil va tenir molts seguidors al llarg de la història molts dels seus seguidors en el segle XIII van reafirmar que era impossible produir un buit en la naturalesa amb forces "naturals".

En el desenvolupament de les idees de la Física, alguns autors medievals van elaborar la teoria de la repugnància de la naturalesa al buit: un horror constitucional de la natura buida que la feia adaptar-se de qualsevol manera per evitar la producció de buit.

La teoria de l'aversion al buit s'utilitza per interpretar diversos fenòmens naturals que es poden explicar actualment per la existència de la pressió atmosfèrica.

La teoria aristotèlica del buit i els elements es va començar a discutir i qüestionar a mitjan del segle XVI. El renaixement de l'atomisme va adquirir una importància creixent en aquest procés. L'atomisme va reafirmar l'existència del buit com a element central i essencial. Alhora, el desenvolupament de l'experimentació va ajudar a la qüestió de la massa de l'aire en el centre del debat.

Al principi del segle XVII diferents estudiosos de l'època van oferir idees innovadores sobre el buit com Jean Rey i Isaac Beckmann. Per una altra banda Descartes un gran i influent filòsof va negar absolutament el buit. Llavors a mitjans del segle XVII, al cor de la revolució científica, el debat sobre el buit i la pressió atmosfèrica representa un dels punts clau de la discussió de la constitució de la matèria

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

i de la naturalesa de l'univers. Van parlar sobre aquesta qüestió Galileo, Gassendi, Hobbes, Pascal i Newton.

L'experiment de Torricelli al 1644 va aconseguir uns resultats que marquen una època, i el descobriment del buit creà un trauma profund en els àmbits científics filosòfics i cosmològics. Els més grans filòsofs científics i teòlegs a tot Europa es van dedicar a un intens període de reflexió i experimentació per confirmar o qüestionar l'existència del buit i de la pressió atmosfèrica.

El procés que va portar al descobriment de la pressió atmosfèrica i les seves moltes conseqüències va ser una aventura fascinant que va tenir lloc en el lapse de temps de poques dècades i en el qual algunes de les figures més extraordinàries de la revolució científica van entrar en lluita per demostrar que l'aire tenia pes i que existia el buit.

o) Escriviu una frase o més que resumeixen les vostres conclusions d'aquesta activitat . Potser us ajudarà fer servir paraules com aquestes: sòlid, gra de sorra, espai, discontinu, matèria, partícules submicroscòpiques, buit.





La matèria està formada per partícules submicroscòpiques que no es poden veure i entre les partícules submicroscòpiques no hi ha res.



Tot i que sabem que la matèria està formada per partícules submicroscòpiques per simplificar parlarem de partícules a partir d'ara però interpretarem partícules submicroscòpiques.

El fet de que existeixi espai buit entre les partícules ens porta a fer-nos la següent pregunta: L'espai que hi ha entre les partícules és igual en tots els materials independentment de si estan en estat sòlid, líquid o gas? Explorem-lo.

Activitat 3: Per què els gasos es comprimeixen fàcilment?

a) A continuació feu servir les xeringues que us donem: una conté un metall, la segona conté aigua i la tercera conté aire. Totes tres estan segellades i per tant quan les comprimim no pot sortir la substància que contenen. Descriviu el que passa quan pressioneu l'èmbol en cadascuna d'elles:

Xeringa amb metall

Xeringa amb aigua

Xeringa amb aire

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

b) Com podeu explicar el comportament del contingut de les tres xeringues des del punt de vista submicroscòpic, és a dir, fent referència a les partícules que formen les diferents substàncies?



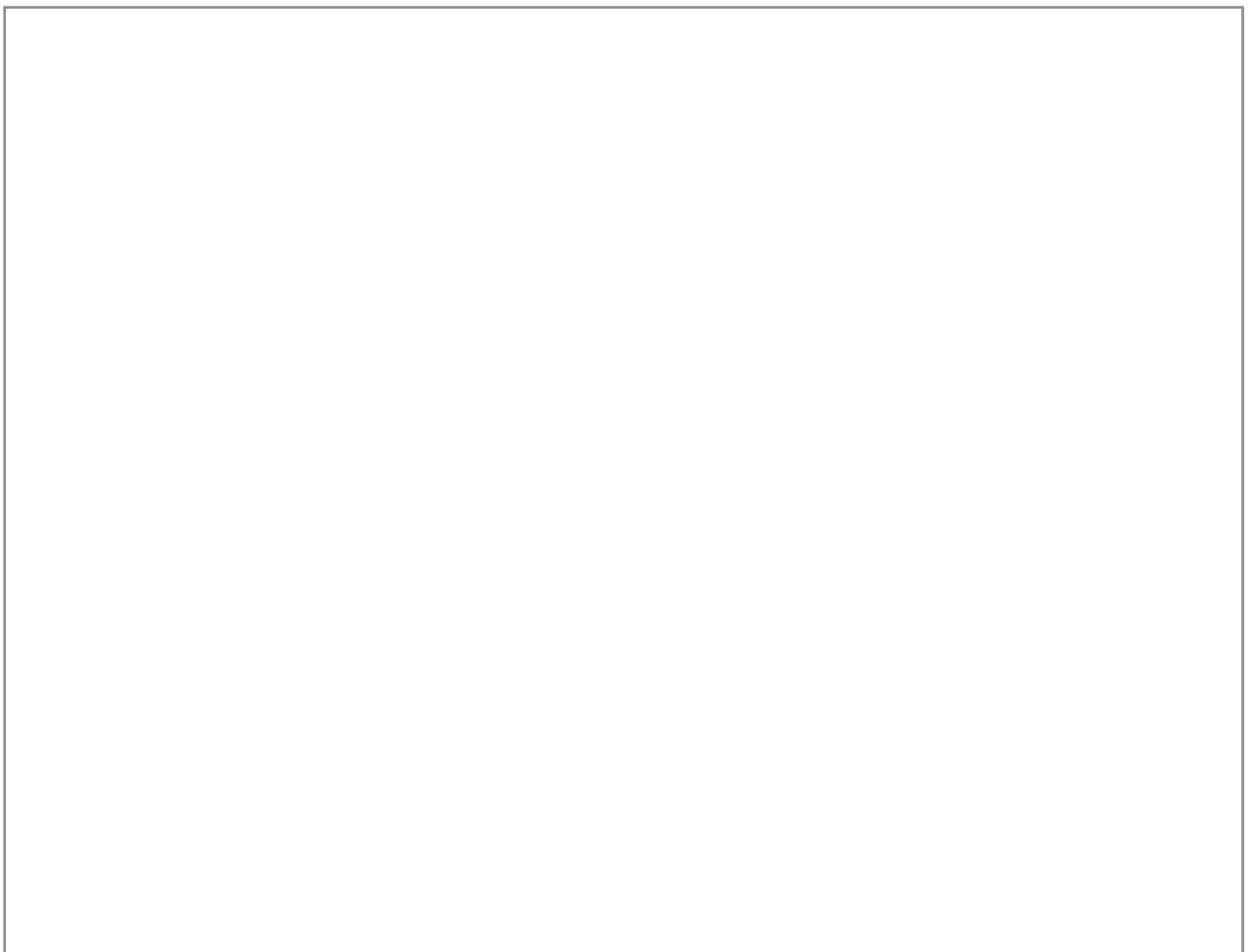
UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Hem vist que les partícules estan més o menys separades segons sigui l'estat de la substància (sòlid, líquid o gasós). Com us imagineu que poden estar: fixes en una posició o movent-se? Per explorar aquesta pregunta estudiarem un fenomen que coneixes molt bé de la teva vida quotidiana.

Activitat 4: Les partícules submicroscòpiques estan en moviment o en repòs?

Quan alguna persona que s'ha posat colònia entra a l'habitació on esteu, noteu de seguida el seu olor? Quan esteu a casa estudiant i els pares bullen coliflor noteu el seu olor? Com es possible si esteu allunyats? Quina explicació li doneu? Aquest fenomen es coneix com a **difusió de la matèria** i es produeix perquè una substància passa d'una zona en la que està en gran concentració cap a una altra zona de menys concentració.

a) Abans de començar l'experiment feu una previsió del que creieu que passarà i de per què passarà quan encenguem una vareta d'encens.



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

b) Feu l'experiment seguint el següent procediment:

Material (Què tinc?)

Procediment (Què faig?)

Material cronòmetre vareta d'encens	Procediment
	<ol style="list-style-type: none">1. Un dels components del grup agafa la vareta d'encens i el posa a l'altura de la seva cintura (subjecte A)2. Un altra component del grup pren el cronòmetre i s'allunya del subjecte A tres passos (subjecte B)3. El subjecte B prepara el cronòmetre per mesurar el temps.4. La resta de components del grup es situen a diferents distàncies del subjecte A.5. El subjecte A encén la vareta al mateix temps que el subjecte B activa el cronòmetre.6. Totes els components del grup s'han de mantenir en el seu lloc durant l'experiment.7. Quan algú ensumi l'olor de de la vareta aixeca el braç i el subjecte B llegeix el temps transcorregut.8. El segon component del grup que noti l'olor ha d'aixecar la ma i el subjecte B llegirà el temps transcorregut i l'apuntarà i així fins que acabem l'experiment.

Resultats (Què passa?)

c) Feu un esquema de l'experiment intentant reflectir clarament les posicions de tots els participants de l'experiment i de l'ambientador.

d) Anoteu els temps en la taula

Temps transcorregut (minuts: segons)	
subjecte A	
subjecte B	
subjecte C	
subjecte D	

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Interpretació dels resultats (Per què passa?)

Per ajudar-vos a interpretar com arriba l'olor d'un ambientador fins on esteu situats us proposem que aneu al següent enllaç:

<https://lab.concord.org/embeddable.html#interactives/sam/diffusion/diffusion-sandbox.json>

El rectangle representa un espai delimitat. El punts blaus representen les partícules que formen el perfum i els punts verds i blancs les partícules que formen l'oxigen i el nitrogen de l'aire.

1. Si cliqueu el botó *Add* podeu afegir més partícules de perfum, de nitrogen o d'oxigen.
2. Si cliqueu el botó *Remove* traureu partícules de perfum, oxigen o nitrogen respectivament.
3. Si cliqueu el botó ► (que està a la part de baix de la pantalla) es posarà en marxa la simulació.
4. Podeu augmentar o disminuir la temperatura de l'aire desplaçant el cursor cap a la banda *cold* o *hot* respectivament.
5. Observeu com evoluciona la simulació durant un parell de minuts i fixeu-vos en com estan inicialment les partícules i com estan al final. Si no ho veieu clar podeu anar contestant les preguntes de l'exercici e). En cas contrari passeu directament a l'apartat f).

e) Respongueu les següents preguntes sobre la simulació fent servir dibuixos o esquemes que us facilitin la resposta:

Abans d'afegir el perfum descriu el comportament de les partícules d'oxigen -blanques- i de nitrogen -verdes-.

Us sembla que hi ha una distribució uniforme de partícules d'aire (blanques i verdes) en l'espai?

Penseu que haurà alguna causa que modifiqui aquest moviment caòtic i de distribució uniforme?

Una vegada que s'alliberen les partícules de perfum, què passa amb elles? Descriu el seu comportament.

Descriu la distribució de les partícules de perfum i les partícules que formen l'aire. Estan segregades? Estan agrupades? Quina distribució tenen entre elles?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Com s'ha arribat a la distribució final de partícules que heu observat? A quin atribut (color, mida, moviment) de les partícules podem atribuir-la? Per què?

f) Després d'analitzar el dibuix del resultat de l'experiment i haver observat la simulació s'ha complert la hipòtesi que heu proposat en l'apartat a? Quina explicació donaríeu ara? Escriviu-la.

g) Per entendre una mica més el que hem vist fins ara feu clic en aquest enllaç: https://11567.stem.org.uk/b1_2.html i visiteu la pantalla B.1.2, B.1.3 i B.1.4.





La matèria està formada per partícules submicroscòpiques que no es poden veure i que **ESTAN EN MOVIMENT CONTINU**. Entre les partícules no hi ha res.

h) En el següent vídeo podeu veure un got d'aigua en el qual s'ha posat una gota de colorat. Observeu què passa. Podríeu explicar perquè es produeix aquest fet? Com explicariéu què passa a nivell submicroscòpic perquè es produeixi aquest fet?



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

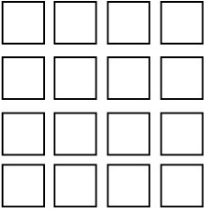
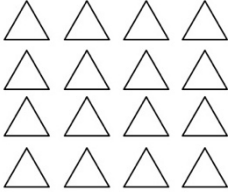
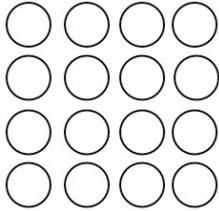
Ara sabem que les partícules estan separades i es mouen però com es mantenen agrupades formant substàncies? Tot seguit reflexionarem sobre aquest fet i intentarem treure alguna conclusió.

Activitat 5: Les partícules submicroscòpiques estan unides o soltes?

a) A continuació us proposem una representació a nivell submicroscòpic de tres substàncies: aigua, oli i etanol.

Les partícules d'aigua es representen amb \square , les partícules d'oli amb \triangle i les partícules d'etanol amb \circ .

Les partícules estan unides entre sí? Com representaries aquests lligams entre les partícules en cas de que existeixen en el dibuix? Inventeu-ne una.

 <p>aigua</p>	 <p>Oli</p>	 <p>Etanol</p>
--	--	---



Els científics han pogut analitzar molt fenòmens diferents i per poder-los explicar ha assumit que:



La matèria està formada per partícules submicroscòpiques que **NO** es poden veure i que estan en moviment continu i **UNIDES ENTRE SI**. Entre les partícules no hi ha res.

b) Penseu en la següent situació de la vida quotidiana: Us tireu de planxa en una piscina i us feu mal. Expliqueu aquesta situació amb la idea anterior.

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Comencem a saber moltes coses sobre les partícules: que no es poden veure, que es mouen constantment, que estan unides entre sí i que entre elles no hi ha res. Però com són aquestes partícules? N'hi ha de diferents menes? Anem ara a parlar d'un tipus de partícula que segur que coneixes una mica: l'àtom.

Activitat 6: Com és l'àtom?

a) Escriuiu les característiques que conegueu dels àtoms



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

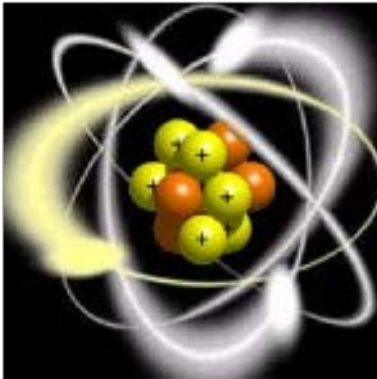
L'àtom és un tipus de partícula submicroscòpica. Després de molt experiments per intentar esbrinar com són els àtoms els científics han consensuat que cada àtom està format per un nucli amb càrrega positiva (no expliquem ara com és que s'aguanten unides!) al voltant del qual hi ha un núvol de partícules subatòmiques amb càrrega negativa, anomenades electrons. Alguns dels electrons es poden intercanviar entre diferents àtoms.

En el nucli també n'hi ha un altre tipus de partícula anomenada neutró i que és la responsable de la massa de l'àtom. El nucli, doncs, està constituït per dos tipus de partícules subatòmiques: els *protons* i els *neutrons*. Els protons tenen càrrega positiva, els neutrons estan sense càrrega. Els electrons tenen càrrega negativa i estan situats en la part més externa de l'àtom i per això es poden escapar.

La càrrega d'un protó té un valor igual a la d'un electró, però de signe contrari.

Com que l'àtom és elèctricament neutre, hi ha d'haver el mateix nombre de protons que d'electrons.

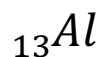
El nombre de protons en el nucli d'un àtom l'anomenem *nombre atòmic*, i el representem amb el símbol Z i és el que identifica el tipus d'àtom. Així cada àtom es pot identificar amb el nombre de protons o nombre atòmic.



El dibuix mostra el model d'àtom que descriu el text: un nucli amb protons (les partícules marcades amb +) i amb neutrons. Els electrons es mouen ràpidament entorn del nucli.

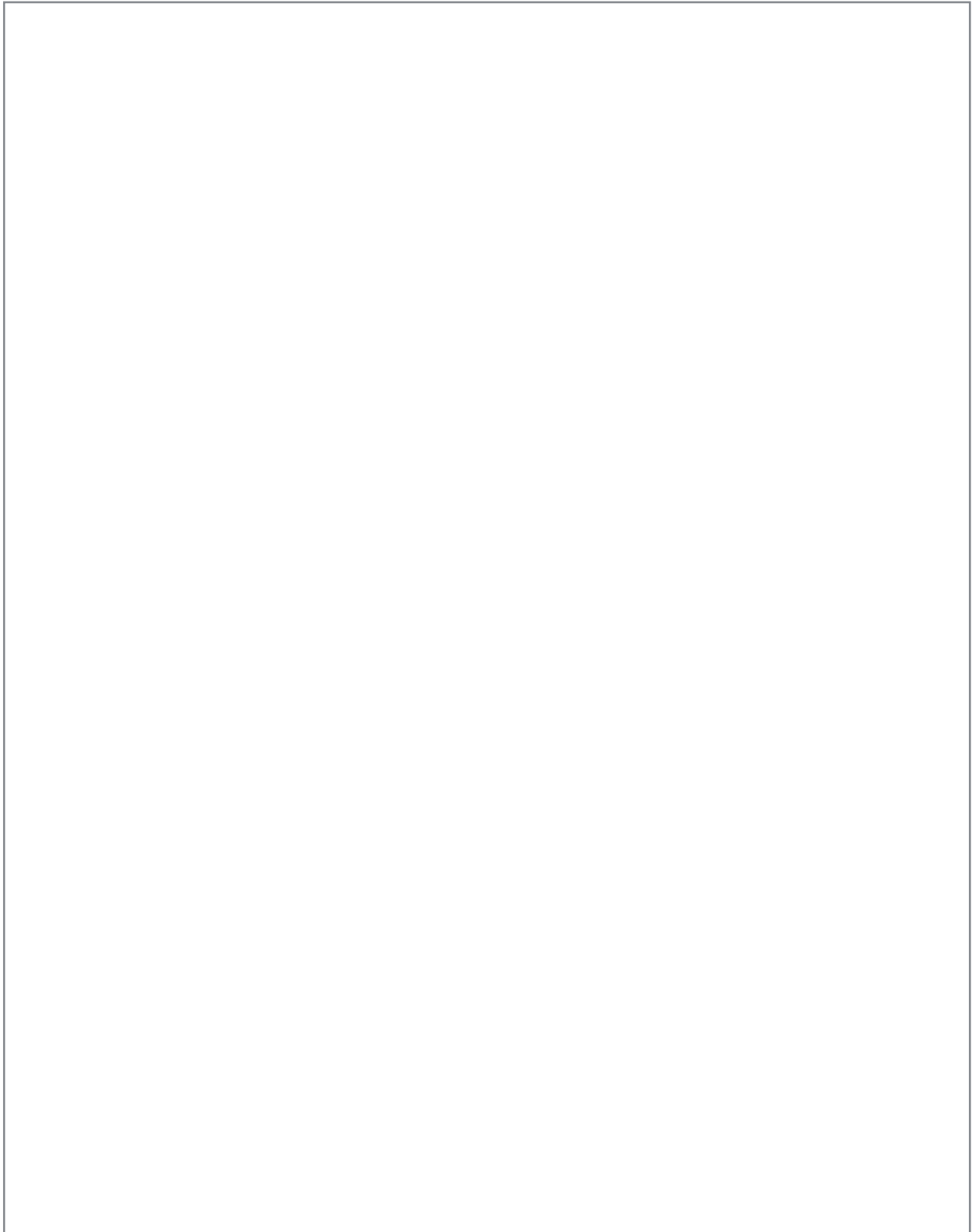
Naturalment, ni els colors ni les mides no són reals. Però és un model útil perquè ens permet explicar força propietats dels materials i dels fenòmens elèctrics.

Els àtoms es poden identificar també pel seu nom. Així un àtom amb 13 protons és un àtom d'alumini.



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

b) Aneu a l'enllaç <http://www.educaplus.org/game/particulas-de-los-atomos-e-iones> i construïu al menys 10 àtoms. Feu una captura dels resultats i adjunteu-los.



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

b) Completeu la taula següent:

Notació 1	àtom	nombre atòmic (Z)	nombre de protons	nombre d'electrons
${}_{27}\text{Co}$	cobalt			
${}_{19}\text{K}$	potassi			
${}_{14}\text{Si}$	silici			
${}_{36}\text{Kr}$	criptó			
${}_{47}\text{Ag}$	argent			

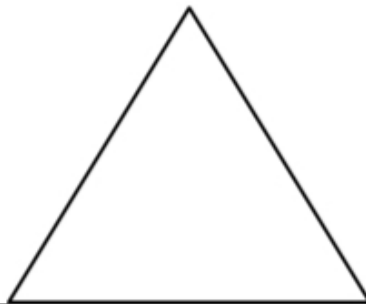
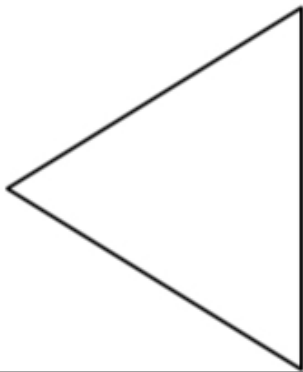
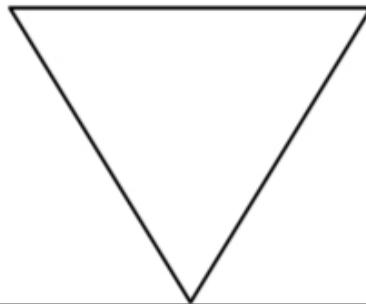
Hem vist que els àtoms són un tipus de partícula submicroscòpica però per què són tan importants i tothom parla d'ells? Perquè totes les substàncies que hi ha a l'Univers estan fetes d'àtoms. Per arribar a aquesta idea els científics han necessitat molt de temps, moltes hores d'estudi i de recerca i molts experiments que nosaltres no podem fer ara.



Tota la matèria està formada per un tipus de partícula submicroscòpica anomenada àtom.

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

c) De les següents configuracions digues quina és la més estable i per què?

A	B	C
		

A continuació tenim la distribució del electrons més externs dels 20 primers àtoms de la taula periòdica:

PERIODIC TABLE ELEMENTS 1-20							
HIDROGEN 1 H ·							HELI 2 He ·
LITI 3 Li ·	BERIL·LI 4 Be ·	BOR 5 B ·	CARBONI 6 C ·	NITROGEN 7 N ·	OXIGEN 8 O ·	FLUOR 9 F ·	NEÓ 10 Ne ·
SODI 11 Na ·	MAGNESI 12 Mg ·	ALUMINI 13 Al ·	SILICI 14 Si ·	FÒSFOR 15 P ·	SOFRE 16 S ·	CLOR 17 Cl ·	ARGÓ 18 Ar ·
POTASSI 19 K ·	CALCI 20 Ca ·						

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

d) A partir de la taula anterior podríeu indicar quins àtoms et sembla que són més estables i quins menys estables?

e) Per què creus que són més estables?



Tota la matèria està feta d'àtoms. Hi ha diferents àtoms que poden classificar-se en metàl·lics i no metàl·lics segons sigui la tendència a perdre o guanyar electrons respectivament.

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Hem vist que les substàncies estan formades per àtoms però totes les substàncies estan formades pel mateix tipus d'àtoms? Anem a esbrinar-ho.

Activitat 7: Quins àtoms componen aquestes substàncies?

A continuació podeu veure un conjunt de substàncies identificats pel seu nom i la fórmula química:

Aigua (H_2O) 	Sofre (S_8) 	Diòxid de nitrogen (NO_2) 	Plom (Pb) 
Òxid de magnesi (MgO) 	Clorur de sodi ($NaCl$) 	Etanol (C_2H_6O) 	Fluorur de calci (CaF_2) 
Fòsfor (P_4) 	Benzè (C_6H_6) 	Butà (C_4H_{10}) 	Brom (Br_2) 
Carbonat de calci ($CaCO_3$) 	Cadmi (Cd) 	Òxid d'alumini (Al_2O_3) 	Sulfur de calci (CaS) 
Iode (I_2) 	Bromur de potassi (KBr) 		

En les fotografies les substàncies apareixen en l'estat el qual es troben a temperatura ambient ($25^{\circ}C$, $298 K$)

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

a) Identifiqueu els àtoms que componen les substàncies de la taula a partir de les seves fórmules químiques donades i indiqueu si són àtoms metàl·lics o no metàl·lics fent servir la taula periòdica anterior i ompliu la taula:

Substància	Fórmula	Àtoms que la formen	Hi ha àtoms metàl·lics? Indica'ls	Hi ha àtoms no metàl·lics? Indica'ls
Aigua	H ₂ O			
Sofre	S ₈			
Diòxid de nitrogen	NO ₂			
Plom	Pb _n			
Òxid de magnesi	MgO			
Clorur de sodi	NaCl			
Etanol	C ₂ H ₅ O			
Fluorur de calci	CaF ₂			
Fòsfor	P ₄			
Benzè	C ₆ H ₆			
Butà	C ₄ H ₁₀			
Brom	Br ₂			
Carbonat de calci	CaCO ₃			
Cadmi	Cd _n			
Òxid d'alumini	Al ₂ O ₃			
Sulfur de calci	CaS			
Iode	I ₂			
Bromur de potassi	KBr			

b) Després d'estudiar quins tipus d'àtoms componen les substàncies de la taula anterior, resumeix en una frase que pots dir dels tipus d'àtoms que formen les substàncies de les llista anterior:

Hi ha substàncies que estan formades per només àtoms ... n'hi ha d'altres que estan formades per àtoms ... i n'hi ha d'altres formades per àtoms...



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Activitat 8: Què passarà si un àtom guanya o perd electrons?

En l'activitat 6 hem vist que hi àtoms que tenen tendència a guanyar electrons (àtoms no metàl·lics) o a perdre electrons (àtoms metàl·lics) i per tant les partícules de la matèria pot quedar carregades positivament o negativament.



Un ió positiu és un àtom que ha perdut un electró o més hi ha quedat carregat positivament. Un ió negatiu és un àtom que ha guanyat un electró o més hi ha quedat carregat negativament

- a) Indica que passarà en els següents casos (parelles de cercles) si els cercles + representen una partícula carregada positivament i els cercles - representen una partícula carregada negativament:

A	⊕ ⊕	
B	⊕ ⊖	
C	⊖ ⊖	
D	⊖ ⊕	

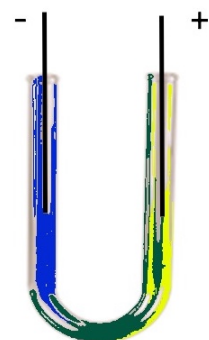




Podem saber si una partícula està carregada elèctricament pel seu comportament davant d'una altra partícula o objecte carregat elèctricament

b) Si els àtoms estan carregats què creieu que podrem observar quan els hi apropem una partícula o objecte carregats positivament o negativament?

c) Per comprovar les vostres prediccions us proposem que mireu el següent vídeo que correspon al moviment d'ions que constitueixen la substància anomenada cromat de coure quan està dissolta en aigua i es connecta a una font elèctrica mitjançant uns elèctrodes: un dels elèctrodes té càrrega positiva i l'altre càrrega negativa:




UNITAT DIDÀCTICA vs 2

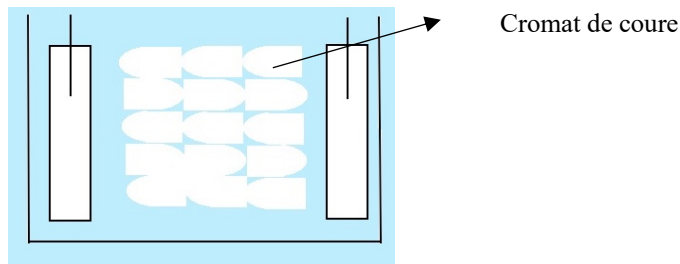
Anoteu el que heu observat:

Aquests canvis que heu observat els podríeu interpretar si teniu present que el cromat de coure es dissolt quan es posa en contacte amb l'aigua i forma ions.

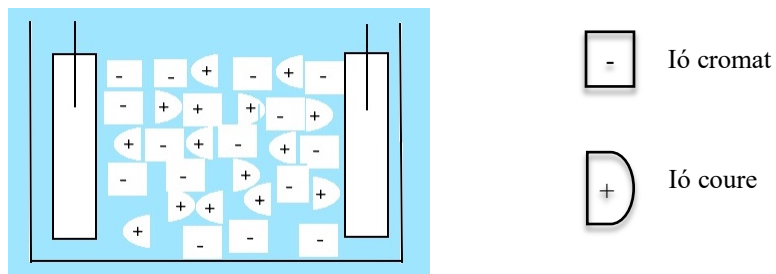
Interpretació dels resultats (Per què passa?)

d) A continuació us presentem un esquema del que passa a l'interior, a nivell submicroscòpic, de la dissolució de cromat de coure (en aquest esquema no s'ha representat l'aigua) i el cromat de coure s'ha representat amb el símbol 

1. Quan acabem de posar la substància en l'aigua i encara no s'ha dissolt :



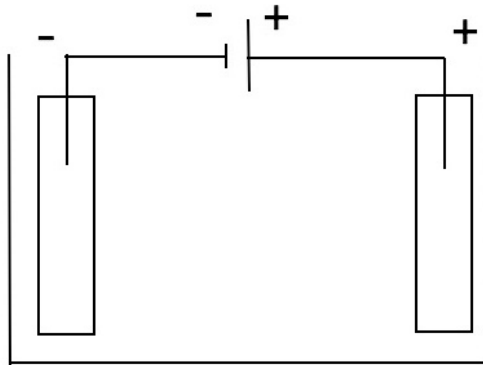
2. Quan la substància es dissol i encara no s'ha connectat el corrent:



(En aquesta imatge hem representat separats els ions coure dels ions cromat. Recorda que els àtoms de coure formen ions positius ja que és un àtom metàl·lic).

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

3. Connectem el corrent elèctric. Completeu l'esquema posant les partícules que apareixen en la banda del tub de color groc i en l'altra banda les partícules que apareixen en el tub de color blau:



e) Expliqueu en termes de partícules (ions) què ha passat en l'esquema anterior al voltant del elèctrodes quan s'ha connectat el corrent elèctric.



Quan el nombre de protons i electrons que té un àtom no és el mateix s'ha format un ió que és un tipus de partícula submicroscòpic. Els ions poden ser positius, és a dir, tenen més protons que electrons o poden ser negatius, és a dir, tenen menys protons que electrons. Els ions positius es mouen cap al pol negatiu i els ions negatius es mouen cap al pol positiu de la font elèctrica

f) Completeu la taula següent:

Notació	Àtom del que procedeixen	nombre de protons	nombre d'electrons	Redacta una frase del tipus: Ha guanyat _ electrons/Ha perdut _ electrons
$^{35}\text{Br}^-$	Br	35	36	
$^{19}\text{K}^+$				
$^{38}\text{Sr}^{2+}$				
$^{34}\text{Se}^{2-}$				
$^{11}\text{Na}^+$				
$^{17}\text{Cl}^-$				
$^{16}\text{S}^{2-}$				
$^8\text{O}^{2-}$				

g) Si us fixeu en l'apartat anterior i feu servir la taula periòdica podreu respondre aquesta pregunta: on estan situats en la taula periòdica els àtoms que guanyen electrons. On estan situats els àtoms que perden electrons? Classifica'ls en metàl·lics i no metàl·lics.

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

h) Completeu les frases següents encerclant la resposta correcta:

Els àtoms

metàl·lics
no metàl·lics

 poden formar

ions positius
ions negatius

Els àtoms

metàl·lics
no metàl·lics

 poden formar

ions positius
ions negatius



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

i) A continuació teniu un llistat d'àtoms. Indiqueu quins formaran ions positius i quins ions negatius tenint en compte quina és la seva posició en la taula periòdica. Indiqueu quina càrrega tindran i cap a quina banda (pol positiu o pol negatiu) d'una font elèctrica es mourien.

àtom	ió	càrrega	Es mou cap al pol
Na			
Cl			
K			
Br			
Mg			
O			
Ca			
S			



Els ions positius (que venen d'àtoms metàl·lics) i els ions negatius (que venen d'àtoms no metàl·lics) es poden unir per formar substàncies anomenades substàncies iòniques. A temperatura ambient aquestes substàncies iòniques són sòlides

j) Un exemple d'aquest tipus de substàncies és la sal comú (clorur de sodi) que està formada per l'ió clorur (Cl^-) i per l'ió sodi (Na^+). Imagineu-vos com pot ser aquesta substància per dintre i representeu-la dibuixant les partícules submicroscòpiques que la formen. Recordeu que un sòlid està format per moltes partícules i per tant convé que reflectiu aquesta col·lectivitat.

Substància	Indiqueu els símbols dels ions que formen la substància clorur de sodi	Representeu el sòlid iònic
Clorur de sodi		
Indiqueu què representa cadascun dels símbols que heu fet servir		



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

k) Poden ser les imatges de l'esquerra representacions del sòlid iònic bromur de potassi? Per què?

	Representació	Si/No	Per què?
1			
2			
3	<p>Bromur de Potassi</p>		

Fins ara hem estudiat que hi ha substàncies iòniques que estan formades per l'agrupació d'ions que provenen d'àtoms metàl·lics i d'àtoms no metàl·lics.

Però els àtoms no metàl·lics poden també agrupar-se entre sí? I els àtoms metàl·lics? Anem a estudiar quins tipus de substàncies estan formades per agrupacions d'àtoms no metàl·lics.

Activitat 9: Què són les molècules?



Els àtoms no metàl·lics es poden agrupar entre sí i formen unes partícules submicroscòpiques anomenades **MOLÈCULES**

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

a) D'acord amb la definició anterior i fent servir la taula periòdica per saber si els àtoms són metàl·lics o no metàl·lics digueu quines d'aquestes substàncies estarien formades per molècules. Justifiqueu les vostres respostes.

	Substància	Fórmula	Formades per molècules?	Per què?
1	Aigua	H ₂ O		
2	Sofre	S ₈		
3	Diòxid de nitrogen	NO ₂		
4	Òxid de magnesi	MgO		
5	Clorur de sodi	NaCl		
6	Etanol	C ₂ H ₅ O		
7	Fluorur de calci	CaF ₂		
8	Fòsfor	P ₄		
9	Benzè	C ₆ H ₆		
10	Butà	C ₄ H ₁₀		
11	Brom	Br ₂		
12	Carbonat de calci	CaCO ₃		
13	Cadmi	Cd _n		
14	Òxid d'alumini	Al ₂ O ₃		
15	Sulfur de calci	CaS		
16	Iode	I ₂		
17	Bromur de potassi	KBr		

b) Escriviu les substàncies de la llista anterior que estan formades per molècules? Heu contemplat les substàncies formades per àtoms iguals? Escriviu-les.

c) Completeu la frase següent: Estan formades per molècules perquè

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Tal i com hem parlat a l'activitat 5 les partícules s'uneixen entre si però...

Activitat 10: Com d'intenses són les unions entre les molècules?

A continuació us proposem que mireu els següents vídeos.

En el primer hi ha una petita quantitat d'etanol en estat líquid dintre d'un globus. Quan el posem en un cassó amb aigua calenta es produeix el canvi d'estat de l'etanol que passa de líquid a gas.

En el segon vídeo s'ha posat una quantitat de ferro sòlid i s'ha escalfat de manera que es produeix el canvi d'estat del ferro que passa de sòlid a líquid.



b) Anoteu el que heu observat:



b) Per ajudar-vos a interpretar el què passa heu de contestar les preguntes següents:

1. Després d'aquestes observacions en quin dels processos anteriors penseu que ha calgut més energia per produir el canvi?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

2. Que ens diuen aquestes observacions de com eren de fortes o febles les unions entre partícules d'etanol i entre les partícules de ferro recordant la quantitat d'energia que s'ha fet servir per produir el canvi?

c) Si s'ha de donar poca energia perquè una substància canviï d'estat significa que s'ha de donar

poca
molta

partícules seran

energia perquè es trenquin les unions entre partícules i per tant les unions entre les

fortes
febles

com en el cas de _____.

Si s'ha de donar molta energia perquè una substància canviï d'estat significa que s'ha de donar

poca
molta

energia perquè es trenquin les unions entre partícules i per tant les unions entre partícules

seran

fortes
febles

com en el cas de _____.





Si les unions entre les partícules són febles la temperatura de fusió i d'ebullició de la substància són baixes.

Si les unions entre les partícules són fortes la temperatura de fusió i d'ebullició de la substància són altes.

El fet de que hi hagi substàncies que tinguin punts de punts de fusió i d'ebullició alts i que hi hagi d'altres que tinguin els punts de fusió i d'ebullició baixos ens permet preguntar-nos si aquestes propietats estan relacionades amb el tipus de partícules que formen les substàncies i així ens podem fer la següent pregunta:

Activitat 11: Podem distingir les substàncies formades per molècules de la resta de substàncies?

a) A continuació teniu una relació de substàncies amb les temperatures de fusió i d'ebullició (recordeu que la fusió és el canvi d'estat de l'estat sòlid a l'estat líquid i l'ebullició de l'estat líquid a l'estat gas)

	Substància	Fórmula	Temperatura de fusió (K)	Temperatura d'ebullició (K)
1	Aigua	H ₂ O	273	373
2	Sofre	S ₈	388	717
3	Diòxid de nitrogen	NO ₂	262	294
4	Plom	Pb _n	600	2022
5	Òxid de magnesi	MgO	3125	3873
6	Clorur de sodi	NaCl	1074	1686
7	Etanol	C ₂ H ₅ O	159	351
8	Fluorur de calci	CaF ₂	2728	
9	Fòsfor	P ₄	317	553
10	Benzè	C ₆ H ₆	278	353
11	Butà	C ₄ H ₁₀	133	272
12	Brom	Br ₂	265	332
13	Carbonat de calci	CaCO ₃	1172	1612
14	Cadmi	Cd _n	594	1074
15	Òxid d'alumini	Al ₂ O ₃	2345	3250
16	Sulfur de calci	CaS	2798	
17	Iode	I ₂	386	457
18	Bromur de potassi	KBr	1007	1708

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

b) Ordeneu les substàncies segons la temperatura de fusió (indiqueu la fórmula i la temperatura de fusió)

--

c) Ordeneu ara les substàncies segons la temperatura d'ebullició (indiqueu la fórmula i la temperatura de d'ebullició)

--

d) Indiqueu quines substàncies tenen una temperatura de fusió per sota de la temperatura ambient:

Substàncies amb temperatures de fusió per sota de la temperatura ambient (25°C/298 K)	Substàncies amb temperatures de fusió per sobre de la temperatura ambient (25°C/ 298 K)

e) Indiqueu quines substàncies tenen una temperatura d'ebullició per sobre de la temperatura ambient:

Substàncies amb temperatures d'ebullició per sota de la temperatura ambient (25°C/298 K)	Substàncies amb temperatures d'ebullició per sobre de la temperatura ambient (25°C/298 K)

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

f) A partir de la classificació que heu fet en els apartats d) i e) indiqueu en quin estat es troben les substàncies a temperatura ambient:

	Substància	Fórmula	Temperatura de fusió (K)	Temperatura d'ebullició (K)	Estat a temperatura ambient (298 K)
1	Aigua	H ₂ O	273	373	líquid
2	Sofre	S ₈	388	717	
3	Diòxid de nitrogen	NO ₂	262	294	
4	Plom	Pb _n	600	2022	
5	Òxid de magnesi	MgO	3125	3873	
6	Clorur de sodi	NaCl	1074	1686	
7	Etanol	C ₂ H ₅ O	159	351	
8	Fluorur de calci	CaF ₂	2728		
9	Fòsfor	P ₄	317	553	
10	Benzè	C ₆ H ₆	278	353	
11	Butà	C ₄ H ₁₀	133	272	
12	Brom	Br ₂	265	332	
13	Carbonat de calci	CaCO ₃	1172	1612	
14	Cadmi	Cd _n	594	1074	
15	Òxid d'alumini	Al ₂ O ₃	2345	3250	
16	Sulfur de calci	CaS	2798		
17	Iode	I ₂	386	457	
18	Bromur de potassi	KBr	1007	1708	

g) Agrupeu les substàncies segons siguin les temperatures de fusió. Considerarem una temperatura de fusió baixa quan sigui similar a la de l'aigua (indiqueu la fórmula i la temperatura de fusió)

Substàncies amb temperatures de fusió altes	Substàncies amb temperatures de fusió baixes

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

h) Agrupeu les substàncies segons siguin les temperatures d'ebullició. Considerarem una temperatura d'ebullició baixa quan sigui similar a la de l'aigua (indiqueu la fórmula i la temperatura d'ebullició)

Substàncies amb temperatures d'ebullició altes	Substàncies amb temperatures d'ebullició baixes

i) Utilitzeu els resultats de l'activitat 9b) i relacioneu-los amb les agrupacions que heu fet en els apartats anteriors per contestar les següent preguntes:

Per quin tipus de partícula estan formades les substàncies que amb temperatures de fusió baixes?
Per quin tipus de partícula estan formen les substàncies amb temperatures d'ebullició baixes?
Per quin tipus de partícules estan formades les substàncies que a temperatura ambient estan en estat gasós?
Per quin tipus de partícules estan formades les substàncies que a temperatura ambient estan en estat líquid?
Passa el mateix amb les substàncies sòlides?
Escriviu una frase que resumeixi les respostes anteriors



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Per tant el criteri utilitzat per diferenciar les substàncies formades per molècules de les substàncies formades per altres partícules (ions) és la temperatura de fusió i d'ebullició.



Les substàncies que tenen una temperatura de fusió i ebullició baixes estan formades per molècules.

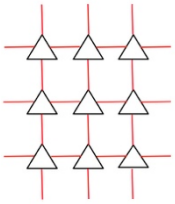


j) A continuació us donem un llistat de substàncies i el seu estat d'agregació a temperatura ambient. Indiqueu si poden estar formades per molècules. Raoneu la vostra resposta.

Substància	Estat d'agregació a Tambient	Justificació
Aigua	líquid	
Sacarosa	sòlid	
Diòxid de nitrogen	gas	
Nitrogen	gas	
Hidrogen	gas	
Propanol	líquid	

k) Quina informació addicional necessitaríeu per completar la vostra resposta?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

De la mateixa manera que heu representat les substàncies iòniques en estat sòlid en l'activitat anterior es poden representar les substàncies formades per molècules en estat sòlid. Recordeu que una substància a nivell submicroscòpic no es pot representar amb una sola molècula ja que estan formades per moltes d'elles. Aquí en teniu un exemple:

Substància	Fórmula	Representació en estat sòlid	Representació de la molècula	Àtoms que formen la molècula
Aigua	H ₂ O			

Les unions entre molècules s'han representat en vermell i indiquen les **unions intermoleculares**. Sabem que són **febles**.
 Les unions entre àtoms s'han representat en negre i indiquen les **unions interatòmiques**. Sabem que són **fortes**.

l) Ara representeu la resta de sòlids moleculars que us proposem. Per fer la representació trieu un símbol (□, △, ►, ❁, ...) per la molècula, poseu els àtoms que formen la molècula a dintre i representeu la substància sòlida.

Substància	Fórmula	Representació en estat sòlid	Representació de la molècula	Àtoms que formen la molècula
Fòsfor	P ₄			
Iode	I ₂			
Benzè	C ₆ H ₆			



Les molècules es poden unir per formar substàncies anomenades substàncies moleculars.
A temperatura ambient aquestes substàncies moleculars poden ser sòlides líquides o gasoses

Activitat 12: Totes les substàncies són substàncies iòniques o moleculars o poden haver-n'hi d'altres?

En activitats anteriors hem relacionat la temperatura de fusió i d'ebullició amb la intensitat de les unions entre partícules i hem vist que podríem distingir les substàncies formades per molècules coneixent quina és la temperatura de fusió de les que estan formades per altres tipus de partícules. Per diferenciar entre les substàncies formades per altres partícules que no són molècules no poden fer servir la temperatura de fusió ja que tal i com hem vist en aquests casos les substàncies tenen temperatures de fusió i d'ebullició altes. Llavors com podem distingir-les? Per contestar aquesta pregunta us proposem fer un experiment que ens permetrà estudiar el comportament de substàncies diferents en determinades condicions.

Material (Què tinc?)

Material

font de corrent continua
4 cables
porta llums i bombeta
pinça de cocodrill
cristall de clorur de sodi
tros de ferro
tros de quars
àcid esteàric
3 vasos de precipitat
vareta de vidre
espàtula

Procediment (Què faig?)

Procediment

1. Farem el muntatge del circuit de manera inclourem les substàncies per veure si són conductores del corrent elèctric
2. Anotarem els resultats en la taula
3. En un vas de precipitat posem una parell de cullerades del sòlid i observem si es dissol.
4. Anotem el resultat
5. Integrem cadascuna de les dissolucions en el circuit per veure si condueixen el corrent elèctric.
6. Anotem els resultats.

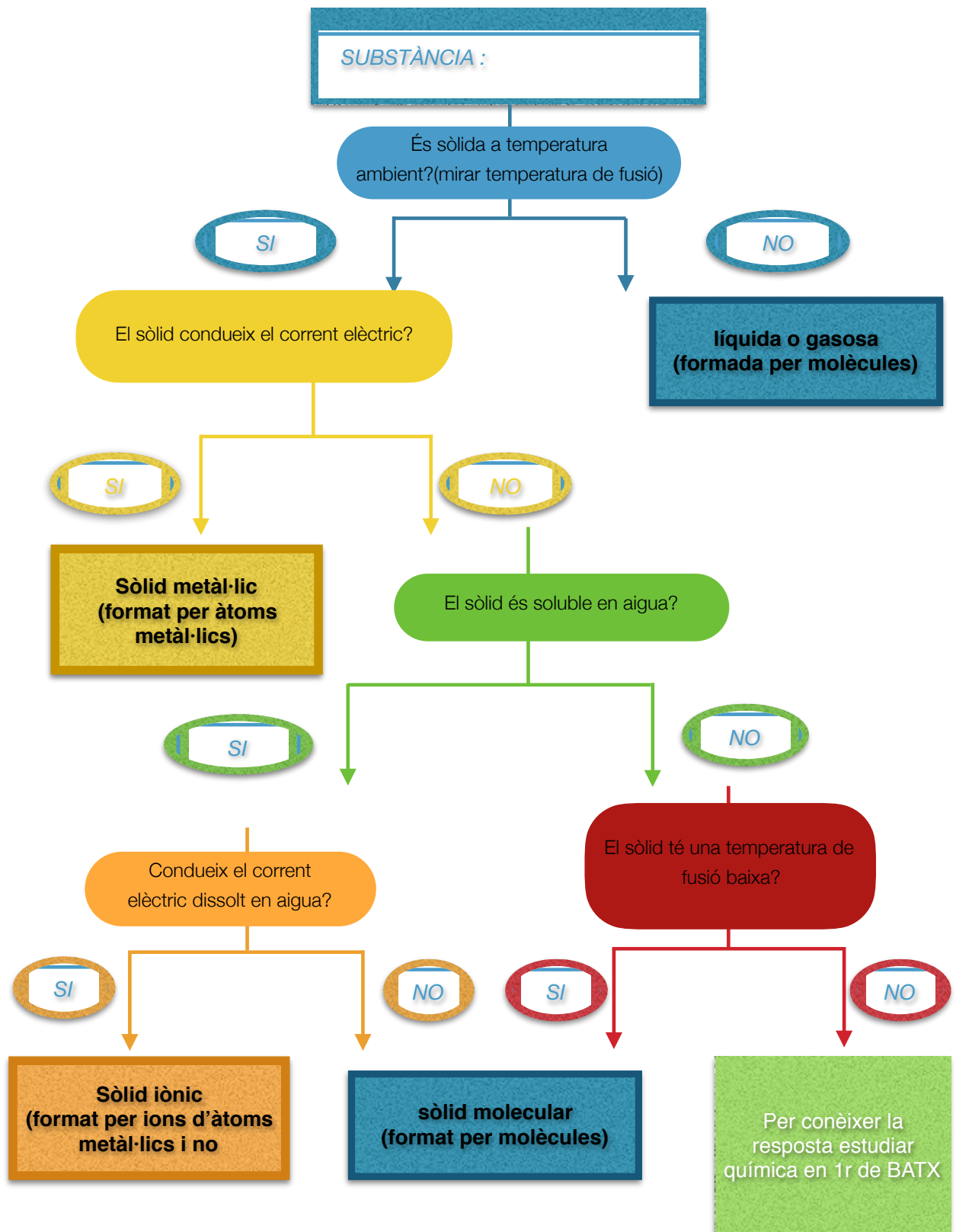
Resultats (Què passa?)

a) Anoteu els resultats experimentals en la taula:

Substància	Temperatura de fusió	Temperatura d'ebullició	Conductora del corrent elèctric en estat sòlid?	Soluble en aigua?	Conductora del corrent elèctric en aigua?
ferro					
clorur de sodi					
quars					
àcid esteàric					



Com podeu veure el comportament de totes les substàncies no és igual. Per poder ordenar els resultats que hem obtingut us proposem la següent clau dicotòmica que us permetrà saber quin tipus de partícules formen les substàncies estudiant les seves propietats:



UNITAT DIDÀCTICA 2

b) Llegiu la clau dicotòmica que us proposem i indiqueu si apareix algun tipus de substància que no hem estudiat fins ara i quin tipus de partícula la forma:





Les substàncies metàl·liques estan formades per la unió d'àtoms metàl·lics. A temperatura ambient aquestes substàncies metàl·liques, també conegudes com a metalls, són sòlides excepte el mercuri.

c) Us proposem que feu una representació de la substància metàl·lica plom en estat sòlid. Podeu indicar els àtoms que la formen fent servir el símbol Pb. Recordeu que una substància està formada per moltes partícules.



UNITAT DIDÀCTICA vs 2

d) Apliqueu la clau dicotòmica per les següents substàncies i indiqueu quin tipus de partícules formen les següents substàncies. Potser necessiteu buscar algunes de les dades a la Wikipedia per aplicar la clau dicotòmica.

	Substància	Fórmula	Tipus de partícula que forma la substància
1	Aigua	H ₂ O	
2	Sofre	S ₈	
3	Diòxid de nitrogen	NO ₂	
4	Plom	Pb _n	
5	Òxid de magnesi	MgO	
6	Clorur de sodi	NaCl	
7	Etanol	C ₂ H ₅ O	
8	Fluorur de calci	CaF ₂	
9	Fòsfor	P ₄	
10	Benzè	C ₆ H ₆	
11	Butà	C ₄ H ₁₀	
12	Brom	Br ₂	
13	Carbonat de calci	CaCO ₃	
14	Cadmi	Cd _n	
15	Òxid d'alumini	Al ₂ O ₃	
16	Sulfur de calci	CaS	
17	Iode	I ₂	
18	Bromur de potassi	KBr	



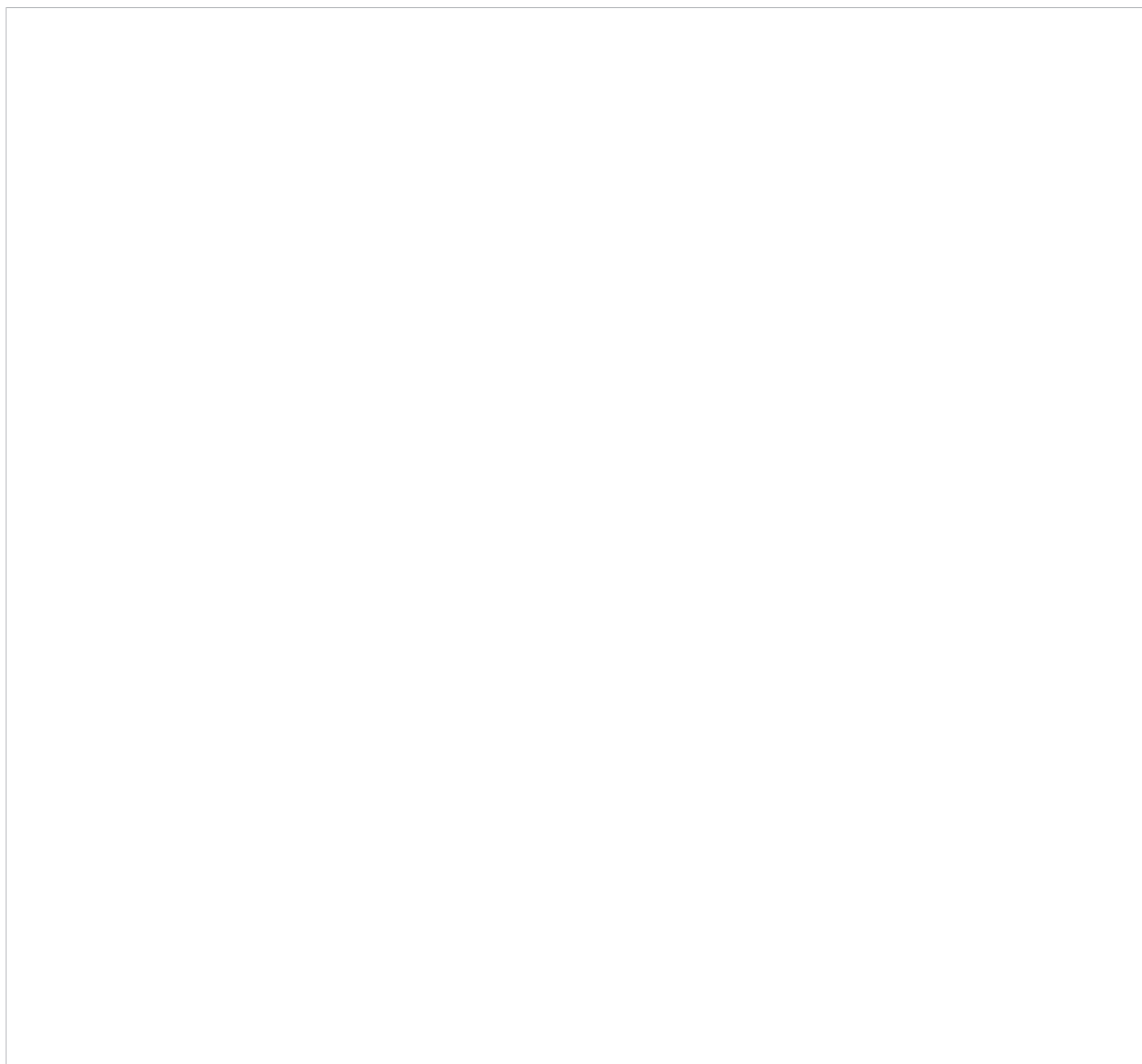
UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Activitat 13: Com organitzaríeu el que heu après?

a) Elaboreu un mapa conceptual que contingui els següents mots (pots ser us fan falta alguns més).

Matèria, partícules, àtoms, molècules, ions positius (cations), ions negatius (anions), forces entre les partícules, febles, fortes, propietats, temperatura de fusió, temperatura d'ebullició, conductors, solubles en aigua, líquids, gasos, sòlids, moleculars, iònics, metàl·lics.

Per elaborar aquest mapa primer penseu en les propietats que podríeu observar i després en les explicacions d'aquests propietats a nivell submicroscòpic.





Les substàncies poden estar formades per diferents tipus de partícules submicroscòpiques i que segons com són aquestes partícules els sòlids poden ser de diferents tipus:

Sòlids	Partícules	Unions entre partícules	Propietats
moleculars	molècules	febles	temperatura de fusió i d'ebullició baixes, no conductors en estat sòlid
iònics	ions positius i negatius	fortes	temperatura de fusió alta, no conductors en estat sòlid, solubles en aigua, conductors en dissolució aquosa
metàl·lics	àtoms metàl·lics	fortes	temperatura de fusió i d'ebullició molt diferents, bons conductors en estat sòlid i líquid
covalents	àtoms no metàl·lics	fortes	temperatura de fusió alta, no conductors en estat sòlid

Ara ja hem vist quin es el model que proposa la ciència sobre com són les substàncies a nivell submicroscòpic (model de matèria) i que justifica les seves propietats depenen del tipus de partícula que les formen i de la fortalesa de les unions entre elles us proposem que contesteu el següent apartat per veure si sabeu aplicar el que heu après.

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

b) Feu una representació de les següents substàncies en estat sòlid. Indiqueu en les vostres representacions què significa cada símbol que feu servir. Recordeu representar la força de les unions entre partícules (et recomanem que facis servir línies de diferent gruix o de diferent color).

Substància	Fórmula	Representació del sòlid	Partícules
Diòxid de carboni	CO ₂		
Alumini	Al _n		
Clorur de potassi	KCl		

Llegenda:
Pel diòxid de carboni
Per l'alumini
Pel clorur de potassi

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

Ara que ja sabem quin és el model que proposa la ciència per l'estructura de la matèria a nivell submicroscòpic anem a aplicar-lo quan es produeix un canvi en una substància.

Activitat 14: Quins tipus d'unió es trenquen en un canvi d'estat?

La cera és una substància formada per àtoms de carboni i hidrogen que s'uneixen entre si i formen molècules., A temperatura ambient la cera es troba en forma d'un sòlid blanc i tou que es fon a una temperatura de 45° C (318 K).

Us proposem que mireu el vídeo:



Resultats (Què passa?)

a) Anoteu el que heu observat en l'experiment que apareix en el vídeo:



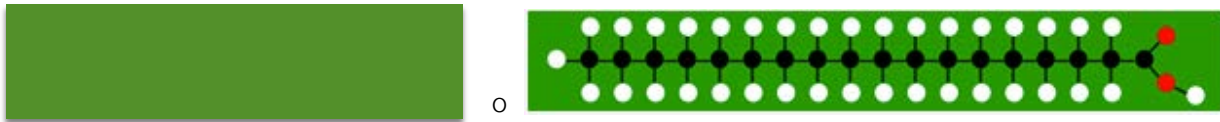
Interpretació dels resultats (Per què passa?)

b) Contesteu les següents preguntes per ajudar-vos a explicar què ha passat

1. Quina és la substància inicial?
2. Quina és la substància final?
3. Quin canvi ha tingut lloc?
4. Quins canvis creus que s'han produït a nivell submicroscòpic?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

c) Inventeu alguna manera de representar el canvi anterior a nivell submicroscòpic tenint en compte quin tipus de partícula forma la cera. La fórmula química de la cera és $C_{18}H_{36}O_2$ i les partícules que formen la cera es poden representar com:



1. Representació submicroscòpica de la substància abans del canvi (estat sòlid)

2. Representació submicroscòpica de la substància després del canvi (estat líquid)

d) Quin tipus de partícula forma la substància cera?

e) Quins tipus d'unions s'han trencat durant el canvi?





En els canvis físics les substàncies inicials i finals són les mateixes. En els canvis físics les unions entre molècules es trenquen però les unions entre àtoms no es trenquen.

f) Apliquem allò que hem estudiat a altres substàncies!

Feu una representació de com us imagineu les següents substàncies per dintre i escriu el que consideris necessari per a que s'entengui com us les imagineu en el nivell submicroscòpic.

SOFRE

Per facilitar-vos una mica més la feina penseu en el sofre (S_8) quan està en estat sòlid per sota de 115°C (punt de fusió) , en estat líquid (entre 115°C i 444°C) i en estat gasós per sobre de 444°C (punt d'ebullició). Feu una representació de com creieu que és per dintre. Expliqueu en el requadre tots el que considereu necessari perquè s'entengui la vostra representació.

Sofre en estat sòlid	Sofre en estat líquid	Sofre en estat gasós
1. Com és possible que el sofre pugui passar fàcilment de sòlid a líquid i de líquid a gas?		

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

ALUMINI

Penseu que l'alumini (Al) a temperatura ambient està en estat sòlid i que fon a una temperatura de 660°C i bull a 2519°C . Feu una representació de com creieu que és per dintre. Expliqueu en el requadre tots el que considereu necessari perquè s'entengui la vostra representació.

Alumini en estat sòlid	Alumini en estat líquid	Alumini en estat gasós
1. Com és possible que l'alumini no s'evapori fàcilment?		

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

CLOUR DE POTASSI

Penseu que el clorur de potassi (KCl) a temperatura ambient està en estat sòlid i que fon a una temperatura de 776°C i bull a 1477°C . Indiqueu quina serà la llegenda que fareu servir en la representació.

Clorur de potassi en estat sòlid	Clorur de potassi en estat líquid	Clorur de potassi en estat gasós
1. Per què el clorur de potassi en estat líquid condueix l'electricitat?		

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

En l'activitat anterior hem vist què els passa a les substàncies (a nivell submicroscòpic) quan es produeix un canvi físic. En l'activitat següent volem estudiar que els hi passa a les substàncies quan es produeix un altre tipus de canvi. Ens hi acompanyeu?

Activitat 15: Quin tipus d'unió es trenquen en quan es crema una substància?

Ara us proposem que mireu un altre vídeo:



a) Anoteu el que heu observat en l'experiment:



b) Contesteu les següents preguntes que us ajudaran a explicar què ha passat

1. Quants canvis observeu?

2. Com són aquests canvis? Iguals que en l'experiment anterior?

3. Què tenen de diferent?

UNITAT DIDÀCTICA vs 2

4. Les substàncies inicials són cera ($C_{18}H_{36}O_2$) i oxigen (O_2) i les substàncies finals són diòxid de carboni (CO_2), aigua (H_2O) i carboni (C_n).	
5. Quines partícules formen les substàncies inicials?	
6. Quines partícules formen les substàncies finals?	
7. Les molècules inicials són iguals a les molècules finals?	
8. Els àtoms inicials són iguals als àtoms finals?	
9. Els àtoms inicials estan agrupats de la mateixa manera que els àtoms finals?	
10. Quins dels següents processos a nivell submicroscòpic creus que han tingut lloc? <input type="checkbox"/> Trencament de les unions entre àtoms però no entre molècules <input type="checkbox"/> Trencament de les unions entre molècules <input type="checkbox"/> Trencament de les unions entre àtoms	
11. Inventeu una manera de representar el canvi anterior a nivell submicroscòpic tenint en compte quin tipus de partícula formen les substàncies inicials i les substàncies finals.	
Representació submicroscòpica de les substàncies abans del canvi	Representació submicroscòpica de la substàncies després del canvi
Llegenda:	





En els canvis químics les substàncies inicials i finals són diferents. En els canvis químics les unions entre àtoms es trenquen i es poden formar noves molècules.

De nou us proposem que apliqueu el que heu après per una nova substància!

c) L'òxid de mercuri és una substància que a temperatura ambient és una pols de color taronja i té la fórmula química (HgO). Quan apliquem calor durant una estona apareix un líquid de color platejat (Hg) que té bombolles que corresponen a l'oxigen (O₂). Representeu el canvi que es produeix tenint en compte la informació anterior. Indiqueu quina serà la llegenda que fareu servir en la representació.

INICIAL	FINAL	

Llegenda:

1. Com és possible que cadascuna de les substàncies estigui en un estat diferent si totes tres estan a la mateixa temperatura?

UNITAT DIDÀCTICA

Activitat final:

Quan ha començat el curs la professora de física i química s'ha adonat que les 4 garrafes on es recullen els residus de les pràctiques eren plenes. En aquestes 4 garrafes hi ha:



- 15 litres d'un líquid format per dissolucions àcides que contenen aigua, àcids i sals àcides
- 18 litres d'un líquid format per dissolucions alcalines que contenen aigua, bases i sals bàsiques
- 10 litres d'un líquid que conté dissolucions de metalls pesats que contenen sals de metalls pesats i aigua
- 55 litres d'un líquid que conté dissolvents orgànics que contenen substàncies orgàniques.

Com el pressupost que té el departament de ciències naturals aquest curs és més baix que el del curs passat la professora vol trobar un sistema per estalviar diners ja que la destrucció dels residus es paga segons el volum del residu i no de la perillositat.

Ha pensat en neutralitzar el líquid del contenidor dels àcids amb el líquid del contenidor de les bases i, si cal, acabar de neutralitzar-ho amb la qual cosa finalment tindria 33 litres de dissolució formada per aigua i sals minerals, 10

litres de dissolucions formades per sals de metalls pesants i aigua i 45 litres de dissolvents orgànics.

Alguns alumnes s'han animat a ajudar-la i li han proposat que evapori els residus en la terrassa de l'institut i així reduirà el volum.

Contesta les següents preguntes:

- a) Creieu que és possible evaporar totalment el contingut de cadascuna de les garrafes? Per què?
- b) Es podria aquest procediment per totes les garrafes? Quins problemes ens podrien trobar? Per què?

Justifica les teves respostes tenint en compte el que has après al llarg d'aquesta unitat: el tipus de partícules que formen cadascuna de les substàncies, com són les forces entre les partícules, el tipus de substàncies que poden haver en les garrafes,...