

Índex

Índex.....	1
Pròleg.....	3
1. Introducció.....	6
1.1 Llenguatge verbal i no verbal.....	11
1.2. El discurs argumentatiu.....	15
1.3 Antecedents del tema.....	17
1.3.1 El model d'Ogborn.....	20
1.4 Objectius del treball.....	23
1.5 Marc referencial.....	25
1.6 El tractat de l'argumentació de Perelman i Olbrechts-Tyteca.....	28
1.6.1 Les característiques de l'argumentació.....	30
1.6.2 Adaptació a l'auditori.....	33
1.6.3 Les premisses.....	35
1.6.4 L'adaptació de les dades i la seva presència en l'argumentació.....	39
1.6.5 Les tècniques argumentatives.....	42
1.6.6 La força dels arguments.....	48
2. Treball dut a terme.....	50
2.1 Disseny del pla de treball.....	50
2.2 Metodologia emprada.....	52
2.3 Transcripcions i anàlisis.....	53
2.3.1. <i>Estructura de l'àtom</i>	53
2.3.2. <i>Estudi de la llum</i>	83
2.3.3. <i>El canvi químic</i>	107
3. Conclusions.....	113
3.1 El discurs didàctic.....	115
4. Bibliografia.....	119

“Anomenem real a tot allò del que estem convençuts”

Aristoteles (Metafísica)

Pròleg

El treball que s'ha plantejat en aquest projecte s'emmarca dintre de la investigació, dirigida per la Dra. Marina Castells, que es duu a terme al Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica de la Universitat de Barcelona i es realitza en col·laboració amb grups d'investigació de dues Universitats de Brasil i de la Universitat Autònoma de Barcelona. La recerca d'aquests grups forma part d'una línia d'investigació didàctica actual, que encara es pot considerar poc treballada i amb un important creixement a les Facultats de Ciències de l'Educació d'arreu del món.

A més de la justificació i transcendència que tota línia d'investigació té per ella mateixa i per les persones que hi treballen, l'estudi dels recursos comunicatius utilitzats en l'ensenyament és important per les seves conseqüències sobre l'alumnat i el professorat.

L'art de parlar bé, bellament, i amb capacitat persuasiva que es denomina retòrica, molt valorada a les institucions acadèmiques de l'antiguitat i en la formació humanística durant molts segles, va deixar pas a la llengua escrita com a eina bàsica de l'escola: la capacitat de llegir i escriure va passar a ser, en les societats tradicionals, la qualitat que classificava les persones en cultes o incultes, i així adquirí importància la gramàtica. Parlar i escriure correctament és l'objectiu de la gramàtica, fer-ho amb capacitat persuasiva i/o convincent és el de la retòrica.

Fins a principis del segle XX, retòrica designava les normes o preceptes per "parlar bé i amb eloqüència". Actualment, quan es parla de retòrica, per una part es fa referència a una disciplina o ciència del discurs, és a dir el conjunt de doctrines i teories que descriuen i regeixen el bon funcionament d'aquest, i per altra part fa referència a una pràctica i tècnica comunicativa i a la manera d'expressar-se. El terme retòrica també arrossega un significat negatiu: "el càncer" del llenguatge, sinònim d'insinceritat, de decadència, d'artifici i pompositat buida, fredor, ostentació i pedanteria, preocupació per la forma i no pel fons (Mortara, 1988). Durant la segona meitat del segle XX la situació ha canviat i la retòrica s'ha convertit en una disciplina major, la vigència de la qual es reivindica des de la lingüística, la semiòtica i la poètica (Medina, 2000).

Sense deixar de ser cert que la cultura actual, tot i la creixent importància dels mitjans audiovisuals, es basa en gran part en l'escriptura i que aquesta és qui permet la seva conservació, organització i difusió, des de fa unes dècades es revaloritza constantment la llengua parlada, o comunicació verbal, i la comunicació no verbal, com a base de les relacions humanes. Cada vegada més, es considera que les habilitats comunicatives són eines que cal saber utilitzar per gaudir de la vida quotidiana o per tenir èxit en el món laboral.

Les habilitats comunicatives són una competència bàsica que ha d'adquirir l'alumnat durant l'etapa de l'ensenyament obligatori. Aquesta adquisició la podrà fer si té com a model un professorat que conegui els recursos comunicatius i els utilitzi adequadament, per tant és important investigar aquests recursos indispensables a l'aula.

Concretament, entre els Objectius Generals de l'ESO (Decret 96/1992) s'indica que les alumnes i els alumnes en acabar l'etapa han de :

- a) *“Comprendre i produir missatges orals i escrits amb propietat, autonomia i creativitat, fent-los servir per comunicar-se i organitzar els propis pensaments, i reflexionar sobre els processos implicats en l’ús del llenguatge”*
- b) *“Interpretar i produir missatges amb propietat, autonomia i creativitat, utilitzant codis artístics, científics i tècnics, articulant-los a fi d’enriquir les pròpies possibilitats de comunicació i reflexionar sobre els processos implicats en el seu ús”*
- c) *“Obtenir, seleccionar , tractar i comunicar informació utilitzant les fonts.. i les metodologies...”*

Més concretament, entre els objectius de les Ciències de la Naturalesa s’explicita que l’alumnat haurà de:

“Demostrar que ha adquirit el coneixement de la terminologia científica i la simbologia bàsica necessària per comprendre textos científics adequats a la seva edat i per descriure o explicar els coneixements o les opinions sobre temes relacionats amb la Ciència”

Les interaccions humanes van associades, quasi inevitablement , a la comunicació verbal, acompanyada freqüentment, o també quasi inevitablement, de la no verbal; l’ensenyament també comença parlant , i necessita completar-se amb l’acció. Tots els espais d’un centre educatiu són escenaris comunicatius en els que tenen lloc episodis comunicatius . El llenguatge transmet informació i també models culturals i estructures cognoscitives.

L’aprenentatge de l’habilitat d’argumentar, més difícil que la de narrar, no és sols l’ampliació de les habilitats comunicatives, sinó també de les formes de representació mental; l’argumentació és un instrument necessari per funcions comunicatives i cognoscitives, i el seu aprenentatge necessita un entorn favorable. Es pot afirmar que l’ensenyament-aprenentatge de la retòrica forma part del “currículum amagat” que sempre acompanya al que és explícit.

El coneixement es construeix a partir de l’interès, la dedicació i l’esforç de l’alumne i del guiatge del docent per mitjà del discurs. Aquest ha de facilitar o permetre el pas del saber quotidià, que és previ a la Ciència i pot ser oposat a aquesta, fins el saber científic i en primer lloc haurà de despertar l’interès de l’alumnat i motivar-lo per a l’indispensable esforç que haurà de realitzar. Tenint en compte que per una part el docent necessita parlar i , a més de la pròpia matèria, ensenya a parlar parlant (Sutton, 2003), i que, per altra part, actualment es considera que la comprensió és el resultat d’un procés comunicatiu, en gran part a l’aula i que aquesta és l’espai privilegiat per a la comunicació, es justifica dedicar esforços a l’anàlisi del discurs docent, entendre com es genera i flueix i com es vertebren els arguments que el fan consistent; així s’han obert molts camins a la recerca didàctica i han evolucionat les concepcions del procés educatiu.

La base del sistema educatiu ha estat i segueix sent la interacció “parlant-oïent” i la “escriptor-lector”. Si bé sembla clar que les denominades noves tecnologies poden reduir la importància d’aquestes interaccions , a mitjà termini no és previsible que les substituïnxin totalment ni que les facin insignificants. El domini de les habilitats comunicatives és fonamental en tota relació social i a l’aula aquesta relació té unes característiques específiques que cal analitzar i comprendre per millorar l’acció docent. La professora o el professor han de gestionar la comunicació a l’aula. Un objectiu important de l’educació ha de ser transmetre o desenvolupar les habilitats comunicatives de l’alumnat, i sols es poden transmetre si es dominen, ja que són

necessàries per : saber parlar i escoltar, fer preguntes i donar respostes i opinions, resistir o tolerar hostilitats i atacs verbals o no verbals i resoldre conflictes, etc. El tractament de la diversitat i la resolució de conflictes són dos problemes que el professorat ha de tractar habitualment i requereixen un gran esforç comunicatiu.

D'acord amb SERRANO, S. (1993) : *“Probablement, el tret més característic de la vida humana és l’omnipresència del llenguatge. L’univers lingüístic ens envolta ... I no podem ni observar aquest fet des de fora perquè el més enllà del llenguatge és impensable. Tot allò pensable i comunicable ho és des del llenguatge, i el llenguatge és l’element constitutiu de la intersubjectivitat i de la vida social. Que tota l’activitat artística, científica, quotidiana, és essencialment lingüística és una experiència que els artistes, els científics, les persones que reflexionen sobre el coneixement, descobreixen cada moment”*.

Acceptant que la comunicació humana en general, i a l’aula en particular, és complexa, ens podem plantejar moltes qüestions en relació a les pautes de comunicació i intentar descriure-les i trobar-hi regularitats, tenint present que pot succeir que sols vegem allò que volem veure o que ens fixem sols en els aspectes que ens semblen adequats o rellevants.

El discurs és un acte que, com tot acte, pot ser objecte d’estudi i de reflexió. El discurs docent o didàctic o educatiu, l’explicació, que cal entendre com el conjunt d’interaccions verbals i no verbals entre docents i discents, de la que el professor o la professora en són protagonistes, és una activitat fonamental a les classes que, en l’ensenyament de les ciències, ha estat poc estudiada des d’una òptica centrada en el professorat. La comprensió dels recursos comunicatius posats en joc a l’aula o al laboratori ha de servir per perfeccionar la formació inicial i permanent del professorat i per tant incidir en la millora de la pràctica docent.

Per acabar aquesta presentació, no puc deixar d’expressar el meu agraïment a la Dra Marina Castells que ara fa dos anys acceptà assessorar la realització d’aquest treball i durant el curs que ha durat la llicència ha dedicat, generosament, temps i esforç per orientar-me i ajudar-me en la tasca plantejada. També he d’agrair als professors Josep M^a Cerveró i Modesto Cabellos, professors del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals de la Universitat de Barcelona, el seu suport i col·laboració al llarg d’aquest curs; gràcies a ells m’ha resultat més planer iniciar-me i començar a conèixer les línies de recerca entorn de la comunicació humana en general i de la comunicació a l’aula en particular.

1. Introducció

L'ensenyament de les ciències naturals, i de qualsevol altra matèria, requereix que a l'aula s'estableixi comunicació entre el professor o la professora i l'alumnat. Aquesta comunicació es produeix de moltes maneres i utilitzant diferents recursos: la veu, els gestos o posicions i moviments corporals, els dibuixos o esquemes, els medis audiovisuals i informàtics, i els estris i objectes variats per a dur a terme experiències i/o demostracions, i ha de contribuir a fer que la tasca docent, d'ensenyament-aprenentatge, sigui satisfactòria i gratificant.

L'ensenyament es basa en l'activitat discursiva, en gran part un monòleg o en diàlegs dirigits, del docent. Per monòleg entenem tota intervenció comunicativa, breu o extensa, que no requereix la resposta de l'auditori. A les classes de ciències cal fer una descripció i sistematització de fets, fenòmens i processos científics i en molts casos els monòlegs són el camí més eficaç i l'únic possible a causa de les limitacions del temps disponible i/o la complexitat del tema, si bé el discurs dialògic és més atractiu per l'auditori i freqüentment indispensable per assolir els objectius proposats. Per parlar del discurs a l'aula, algunes vegades s'empra la metàfora de l'orquestra: el docent és el director, o moltes vegades és també el solista, i els alumnes són els membres que interpreten una obra, el tema a treballar o tasca a fer, amb diferents instruments (cognitius, afectius, psicomotrius).

La consciència de que ensenyar Ciència no és gens fàcil, i de fet sembla cada vegada més difícil i/o que desperta menys interès entre l'alumnat, ha posat de relleu que no és suficient posseir coneixements, bona voluntat i experiència. Aquest fet ha contribuït a dirigir part de la recerca didàctica cap el camp de la comunicació que es produeix a l'aula.

Quan el docent parla intenta construir una representació o una imatge d'un cert aspecte del món, i exposa unes idees i uns fets que vol compartir amb l'alumnat i que aquest consideri que el conjunt és acceptable i raonable; és a dir, per mitjà del discurs el professor projecta la seva visió del món i orienta la que tindrà l'alumne i a més regula la relació amb aquest. A més de transmetre coneixements científics, i també valors i actituds, el discurs docent ha de valorar-los i justificar-los, és a dir el discurs ha de ser argumentatiu.

L'argumentació a l'aula té sentit ja que:

- a) hi ha una diferència de coneixements, opinions i conviccions entre el docent i l'alumnat
- b) es vol provocar un canvi en les concepcions de l'alumnat
- c) s'accepta que l'auditori-alumnat té capacitat de raonar i assimilar el canvi proposat.

Com posen de manifest Duschl i Osborne (2002), durant la segona meitat del segle XX han sorgit i evolucionat moltes teories relatives a l'ensenyament i a l'aprenentatge, però la pràctica docent ha canviat poc: mai s'ha posat en dubte que el llenguatge juga un paper fonamental en l'ensenyament-aprenentatge; és la professora o el professor qui segueix ocupant el centre del procés educatiu-acadèmic i és qui inicia i dona continuïtat al discurs i qui autoritza o valida les conclusions. L'ensenyament-aprenentatge és, en gran part, un procés retòric. La comprensió per l'alumne, i l'apropiació formal per assimilació i/o imitació, del discurs acadèmic-docent és un procés lent i difícil per a la major part de l'alumnat; aquesta realitat justifica que

el professorat reflexioni sobre el seu propi discurs, que és el model immediat per a l'alumnat.

El professorat de ciències constata sovint les grans dificultats de la majoria d'estudiants per expressar o comunicar, sigui de forma oral o per escrit, idees o teories des d'un punt de vista científic, amb rigor, precisió, de manera estructurada i coherent. Moltes vegades és difícil precisar si les dificultats es deuen a una mala comprensió dels conceptes o a un no-domini del gènere lingüístic adequat. La comunicació científica a l'aula, a més de referir-se a fets i fenòmens del món natural, ha de transmetre un mètode de treball i una manera d'afrontar els problemes que permeti transformar o reelaborar la informació i els coneixements que es posseeixen per obtenir-ne altres de nous o més amplis; l'alumne adquirirà habilitat i seguretat en la comunicació si disposa d'un model i la possibilitat de practicar-lo. L'estudi dels fenòmens comunicatius a l'aula amb l'ajut de les teories de la informació o de la comunicació, pot aportar dades novedoses i significatives per a la comprensió i millora d'aquests processos.

Podem entendre l'aula i el laboratori com uns escenaris en el que tenen lloc episodis comunicatius, aïllats o encadenats, que constitueixen les sessions de classe, el desenvolupament de cada tema i el del currículum. A l'aula es construeix coneixement científic a partir del discurs docent en una situació d'interacció entre moltes persones, en un procés asimètric o desigual i complex que evoluciona cap a l'establiment i fixació de significats compartits (Edwards i Mercer, 1987), però també cap a altres de complementaris, alternatius o no previstos i poden aparèixer incomprendiments, malentesos i construccions paral·leles (Candela, 1999).

L'estudi dels episodis comunicatius o de la comunicació a l'aula ha de tenir en compte tots els signes, unitats bàsiques d'un sistema de comunicació, és a dir : icons, indicis i símbols i requereix valorar:

- a) *Situació* : localització en l'espai físic concret i en el temps de l'episodi. Distribució del temps entre els interlocutors i la seva distribució a l'aula.
- b) *Participants* : actors que intervenen en l'episodi, les seves característiques , les relacions entre ells i el paper que interpreten.
- c) *Finalitat*: objectius que es pretenen aconseguir. A l'aula es pot dir, en general, que la finalitat es ensenyar i aprendre, però cada episodi concret té els seus objectius.
- d) *Mitjans* : tots els recursos verbals i no verbals i materials o instrumentals.
- e) *Estructura* : organització o seqüència d'actes que sumats constitueixen l'episodi. Qualsevol tema es pot plantejar i desenvolupar de maneres diferents.
- f) *Formalitat* : el to de la comunicació té un grau de formalitat que és funció del tema, dels objectius i de la relació entre els interlocutors
- g) *Normes* : regles i marcs de referència que regulen l'activitat. Una norma o característica del discurs acadèmic, que no és vàlida per a la vida quotidiana, és que un interlocutor, el docent, pregunta el que ja sap, i l'altre interlocutor, l'alumne, ha de respondre "com si" el primer ignorés la resposta.
- h) *Gènere* : tipus d'interacció comunicativa (classe magistral, treball en grup, conversa informal...)

Una perspectiva de l'estudi de la comunicació pot ser valorar les funcions del llenguatge a l'aula: expressiva (manifesta sentiment o intenció), conativa (intenta convèncer), referencial (informa), fàtica (sols vol mantenir el canal comunicatiu obert), metalingüística (parla o defineix aspectes del propi llenguatge), poètica.

D'acord amb diversos treballs, en el discurs docent es poden diferenciar cinc dimensions:

- a) *instructiva*: és la que correspon al professor-ensenyant
- b) *afectiva*: el docent fa tasques de tutor/pare
- c) *motivadora*: fa referència a l'aspecte de presentador/animador que el docent ha d'exercir.

- d) *socialitzadora*: és la que correspon al professor-polític i
- e) *ètica*: fa referència a la transmissió de valors per part del discurs.

A classe ens trobem en una situació comunicativa formal, jerarquizada i ritualitzada, i és necessari que el discurs, verbal i no verbal, sigui coherent, expressi amb precisió i claredat el que es vol dir i que l'alumnat, l'auditori, ho entengui de la mateixa manera; això requereix que el discurs estigui adaptat a l'auditori. En aquest aspecte es fonamenta l'èxit del discurs docent, si bé pot no ser molt clar el significat "d'èxit", o tenir interpretacions diferents segons les situacions o contextos en que es produeixi el discurs o les persones que l'analitzin.

Quan el docent, o qualsevol orador, parla, a més de tractar d'algun tema concret centrat en una matèria específica i amb pretensions de ser objectiu i neutral, també manifesta idees, creences, preocupacions i sentiments que són missatges subjectius d'innegable influència en els oients. L'alumne, al mateix temps que escolta, té la percepció per altres sentits, especialment la vista, de tot el que fa el docent i ho capta de manera conscient o no. Conèixer el funcionament dels recursos retòrics o comunicatius que es posen en joc, voluntàriament o involuntària, i condicionen l'emissió/recepció dels missatges ha d'ajudar a millorar la tasca discursiva.

En aquesta tasca, el docent ha de ser competent no sols en la matèria que imparteix sinó comunicativament; el discent ha d'aprendre la matèria concreta i la capacitat de comunicar-ho de manera correcta (és freqüent que digui : ho sé però no ho sé explicar), normalment per imitació o assimilació del model emprat per la professora o el professor.

L'estudi dels recursos comunicatius ha de tenir en compte que:

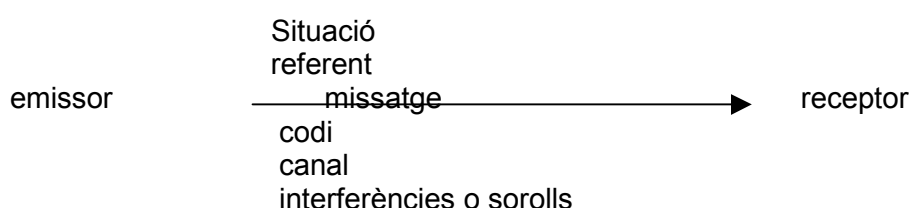
- a) el llenguatge i l'escriptura són fenòmens culturals
- b) cada llengua té les seves convencions discursives o retòriques
- c) les convencions retòriques de la primera llengua d'una persona interfereixen amb les de la segona.

I ha d'incidir en la millora de la "competència comunicativa" que requereix :

- a) coneixements lingüístics, per utilitzar el llenguatge de forma gramaticalment correcta.
- b) coneixement i adaptació al context o l'entorn
- c) capacitat d'estructurar ordenadament el discurs
- d) dominar el llenguatge corporal

Aquesta millora de la competència comunicativa ha de servir per facilitar les bones relacions entre tots els membres de la comunitat educativa i augmentar l'eficàcia del procés d'ensenyament-aprenentatge.

La comunicació a l'aula es produeix d'acord amb l'esquema clàssic:



Tenint en compte que el receptor intervé o pot intervenir en el missatge i el condiciona, en alguns casos podria ser més adequat el terme “coemissor” enlloc de receptor. Cal que l'emissor i receptor comparteixin el mateix codi, conjunt de signes lingüístics i regles sintàctiques que regeixen la construcció de missatges; això no sempre es dona a l'aula de ciències.

La correcta interpretació del missatge necessita tenir en compte :

- a) els coneixements compartits entre emissor i receptor
- b) la intenció de l'acte comunicatiu i l'actitud de l'emissor i del receptor en relació al discurs.
- c) la distància o relació social entre els interlocutors.

La consideració de la comprensió com l'efecte d'un procés comunicatiu, en gran part a l'aula, i a aquesta com l'espai privilegiat per a la comunicació, és un dels aspectes que en les últimes dècades ha fet evolucionar moltes idees sobre l'ensenyament i ha obert molts camins a la investigació didàctica.

Per a les classes de ciències no és suficient l'aprenentatge dels diferents gèneres lingüístics que es treballen a les classes de llengua. Les idees de la ciència s'aprenen i es construeixen tot expressant-les i conèixer i comprendre les formes de parlar de la Ciència és condició necessària per poder-les assimilar. La Ciència estudia quelcom que va més enllà de la realitat quotidiana, per tant el seu llenguatge s'allunya, cada vegada més, del comú o quotidià; per tant el llenguatge científic que emprava el docent no és el natural o habitual de l'alumne, té unes característiques específiques que l'alumne ha d'anar assimilant i aprenent d'una manera que es pot comparar a l'aprenentatge d'una llengua estrangera. També cal tenir present que mentre l'orador-docent argumenta, l'oient-alumne també ho fa en relació al que sent i/o entén i elabora arguments espontanis que quasi mai explicita. Aquests arguments no afecten a la conclusió general que proposa l'orador pel discurs, però sí a la comprensió d'aquest per cada alumne en particular.

Mentre un professor explica un tema, amb el seu discurs comunica o transmet uns continguts explícits, però també imparteix lliçons implícites de diferents tipus : de vocabulari, de gramàtica, de formes de pensar i d'ordenar idees i pensaments, de racionalitat, i del conjunt de processos lògics, lingüístics i retòrics que emprava i l'alumne aprèn.

En relació al discurs del professorat es poden plantejar les preguntes:

hi ha un model de discurs didàctic? Aquest, té un estil propi?

I més concretament, hi ha un model i un estil de “discurs didàctic de les ciències”?

Si hi és, quines són les seves característiques ? i els seus recursos retòrics?

Quins tipus d'argumentació se segueixen?

L'estadi següent seria: quin discurs és més eficaç? Com es pot millorar?

El fet és que el professorat elabora els seus discursos i utilitza recursos retòrics amb un determinat estil. Entenent per estil la manera singular que cada persona té per expressar-se, sembla que el del discurs docent ha de ser planer, concís i nítid i excloent ornamentacions. Com que als docents ningú els hi ha ensenyat tècniques discursives, ni han tingut temps per reflexionar-hi, el camí més natural o fàcil que poden seguir per elaborar els seus discursos és reproduir el que han viscut com alumnes, o bé es fruit de l'espontaneïtat o de la inspiració personal.

El treball plantejat participa de la perspectiva que considera que l'alumne aprendrà les competències comunicatives bàsiques en ciències a través de la interacció que estableix amb els seus professors. La recerca didàctica ha posat de manifest que l'aprenentatge científic de l'alumne es produeix de manera molt significativa per mimetisme del que diu o fa, comunica, el professor a la classe o al laboratori i per negociació, a través del diàleg, d'uns significats, raonaments i arguments que l'alumne va construint, i els fa seus, fent-los servir a les classes de ciències. A aquesta constatació es deu la importància creixent de la recerca didàctica en el camp del discurs docent, ja que sembla un bon camí per entendre i millorar el procés educatiu.

No es disposa d'un model o models ampliament acceptats d'anàlisi de la comunicació en general i encara menys del discurs docent en l'ensenyament de les ciències. En aquest treball s'intenten trobar o delimitar interaccions comunicatives significatives pel procés d'ensenyament. S'han revisat diferents enfocaments de l'estudi del discurs en general i del discurs a l'aula en particular i si bé inicialment s'havia pensat basar el treball en el model d'Ogborn (1997), després de l'estudi bibliogràfic es considerarà oportú intentar aplicar el model desenvolupat per Perelman (1989).

L'estudi en profunditat de les interaccions discursives a l'aula requeriria un coneixement exhaustiu dels treballs dels analistes del discurs que no posseeix l'autor d'aquest projecte, ja que la seva formació acadèmica és en el camp de la Química. Les dades a analitzar són les transcripcions de gravacions de classes reals, impartides sense alterar l'horari normal ni la programació de la matèria i amb la mínima pertorbació necessària en el seu desenvolupament per efectuar la gravació.

1.1 Llenguatge verbal i no verbal

Els canals de comunicació bàsics a l'aula són l'auditiu i el visual, si bé en algunes ocasions a l'aula de ciències es podran emprar els canals tàctil, olfactiu i gustatiu. Aquests "canals naturals" van deixant espai al "canal artificial" associat a les noves tecnologies.

La naturalesa del discurs docent és preferentment verbal, però amb constants interaccions i connexions amb el llenguatge no verbal i paraverbal. El docent ha de tenir present que sempre, des del primer moment, emet missatges no verbals que l'alumnat capta, fins hi tot de forma no conscient, i utilitza per formar-se una idea, inicial i que perdura, del docent. Valora el llenguatge corporal d'aquest: aspecte, mirada, qualitats de la veu, gesticulació...; els alumnes poden no escoltar però veuen i observen l'actuació del professor, i en treuen conclusions.

El llenguatge oral és la forma més eficient de comunicació humana i a l'aula ha de complir les funcions que li són pròpies: informar, expressar, orientar, raonar.. hi ho fa acompanyat, constantment i habitual i quasi inevitable, del llenguatge no verbal. Aquest pot reforçar o contradir el primer. La bondat de la comunicació depen del bon funcionament de tots els components que la constitueixen.

El terme "llenguatge o comunicació no verbal" apareix per primera vegada l'any 1956 en revistes de psiquiatria. Aquesta forma de comunicació no és gens fàcil d'estudiar ja que no es disposa d'una escriptura que la pugui transcriure adequadament; encara és més difícil quantificar la part d'informació que es transmet de manera no verbal, però nombrosos estudis consideren que aquesta sempre és superior a la verbal (Serrano, 2003).

En relació a la veu alguns estudis consideren que les seves característiques transmeten de l'ordre d'un terç de la informació que rep l'oïent. Alguns oradors de l'antiga Grècia li atribuien la major part de l'èxit d'un discurs. Els tractats clàssics de retòrica aconsellen (Medina, 2000):

- a) Pronunciar de manera clara i pura, totes les paraules i síl·labes han de ser senceres.
- b) No pronunciar el discurs amb rapidesa o precipitació. Cal recrear la veu en la respiració i deixar algun moment a l'auditori per pensar. El ritme és una característica no verbal important que ressalta la importància que l'orador dóna al que diu i posa de manifest les seves emocions.
- c) Variar el to i la intensitat de la veu, i també els moviments del cos, d'acord amb els arguments: sembla correcte començar amb to i intensitat baixos, com tímids, i anar pujant en funció del discurs; en l'argumentació la veu ha de ser viva i fins i tot excitada en la conclusió; no s'ha de caure en la cantarella ni en un to cridaner.
- d) Que el to de la veu no sigui molt profund, ja que no té força, ni massa agud perquè ofendrà les oïdes.

El canal visual és molt important en la comunicació; la gesticulació, la distribució de l'espai, l'aspecte físic... es transmeten pel canal visual. Les imatges gràfiques acostumen a anar associades al discurs verbal o escrit que suporta, i són indispensables en l'estructura argumentativa, però també es poden llegir de manera autònoma i independent; es poden verbalitzar, mentre que el llenguatge verbal moltes vegades no es pot convertir en visual. Les imatges per una part tenen un caràcter informatiu i poden servir per anclar i/o focalitzar el discurs verbal, i per altra poden ser

l'única manera de fer visibles i/o quasi-tangibles molts conceptes i entitats de les que parla la Ciència.

El discurs visual transmet molta informació, i d'una manera que pot ser molt clara i precisa, en un temps mínim: la vista capta moltes característiques en la fracció de temps que l'oïda sols capta una sil·laba; és encertada la dita popular: una imatge val més que mil paraules. Es destaca la "potència" de les imatges ja que poden subministrar molta més informació per unitat de temps, o d'espai en un text, que el llenguatge verbal; així el discurs global, a més de ser més atractiu i entenedor, pot quedar molt simplificat o reduït.

La comunicació vol crear "imatges", i concretament la comunicació a l'aula de ciències vol crear "imatges del món físic o de la realitat"; els llibres de divulgació de la ciència i els llibres de text, sempre han estat il·lustrats per considerar que és el millor camí per conèixer la realitat: la qualitat i quantitat de les il·lustracions és una mesura de la bondat de l'obra. En alguns casos es pot parlar d'un sistema icònic quasi lingüístic: esquemes de forces o de dispositius electrònics. Molts conceptes de química són entitats abstractes que els docents intenten fer assequibles i comprensibles donant definicions, explicant teories i establint analogies però també fent experiències i dibuixos o representacions simbòliques.

Les imatges poden tenir sols la missió de seduir i/o persuadir, però també informen de fets, situacions, conceptes, teories, processos i productes. Les imatges tenen una funció utilitària: augmentar l'eficàcia del discurs, ja que la percepció de quelcom pels sentits es considera molt més fiable que una explicació. Aquestes realitats han donat lloc als estudis de "retòrica de la imatge" en els que es volen aplicar els models retòrics de la comunicació verbal a la comunicació per imatges. Les imatges i dibuixos utilitzats en l'ensenyament de les ciències presenten una realitat transformada o adaptada i això és retòrica (Moles, 1991).

Tota imatge és polisèmica, entorn d'ella hi ha un missatge lingüístic, té un contingut retòric i cada "lector" pot trobar-hi missatges diferents. La retòrica funciona més fàcilment en un enunciat lingüístic, amb signes fortament codificats, que amb imatges que tenen un codi dèbil.

Al "Tratado del signo visual" (Grupo μ , 1993; pàg 63) es llegeix : *".. de fet la idea de que el llenguatge és el codi per excel·lència i de que tot transita per ell a causa d'una inevitable verbalització, és falsa. Les obres de física, química, matemàtiques i tecnologia estàn plenes de dibuixos i esquemes. És possible un tractat de zoologia sense dibuixos?. Podem fins i tot dubtar que sigui possible comprendre exclusivament pel discurs l'estructura química del DDT o la doble hèlix de l'ADN."*

Si bé apareix aquesta referència a la ciència, els tractats i treballs de semiòtica i retòrica visual s'ocupen bàsicament de l'art i de la publicitat i són molt escasses les línies dedicades a l'ensenyament de les ciències que no es poden entendre sense el llenguatge visual o icònic : esquemes, gràfics, dibuixos, fotografies i pel·lícules...

En les classes de ciències les il·lustracions més adequades no són, en general, les fotografies que recullen tots els detalls de la realitat, sinó que són les imatges que sols mostren els trets fonamentals i/o que es volen ressaltar.

Les imatges i dibuixos o esquemes serveixen bàsicament per comunicar i en l'ensenyament de les ciències poden ocupar el centre del discurs docent i resultar indispensables : informen, orienten, donen suport i complementen, i/o substitueixen, el discurs verbal i el fan més atractiu, senzill i entenedor. També serveixen per adaptar el discurs a l'auditori, qüestió molt important des del punt de vista de la teoria de

l'argumentació, establint analogies entre elles i la realitat i el discurs, aconseguint així que aquest sigui més eficaç/persuasiu.

Com tota activitat acadèmica, la "lectura" de les imatges o experiències no és lliure per part de l'alumne/a sinó que està dirigida i orientada pel docent. "Ensenyar ciència" en relació al llenguatge verbal vol dir ensenyar a "parlar ciència" i en relació a les imatges ha d'implicar ensenyar a "mirar-les, interpretar-les i produir-les" com ho fa la ciència, d'acord amb els seus patrons i convencions (Scott, Jewitt, 2003).

La "retòrica de la imatge en l'ensenyament de les ciències" i/o les relacions entre aquesta i la retòrica verbal és un camp que seria interessant explorar i que en el treball present sols es tracta molt superficialment.

La importància de les imatges i fotografies o dibuixos i esquemes és que :

- a) són com textos iconogràfics.
- b) guien l'intercanvi comunicatiu.
- c) contenen instruccions organitzades.
- d) fixen el context de la comunicació.
- e) utilitzen símbols precisos i convencionals.
- f) s'estructuren segons normes concretes.

L'experimentació escolar també podria merèixer atenció des del punt de vista de la retòrica de la imatge, ja que no deixa de ser, en gran part, un missatge visual i un conjunt d'imatges, generalment tridimensionals, que han de ser interpretades des del punt de vista de la ciència. La major part d'experiències no es poden entendre si no s'associen a imatges, i és habitual demanar que el treball de l'alumnat tingui esquemes i/o dibuixos.

L'associació del discurs verbal i visual que té lloc en l'experimentació proporciona més informació, més àmplia i més precisa i de manera més atractiva que la que podria oferir un discurs exclusivament verbal.

El llenguatge no verbal, que utilitza preferentment el canal visual, és més primari que el verbal i l'acompanya fins i tot en contra de la voluntat de qui parla. És difícil establir límits precisos entre un i altre llenguatge :

el to de veu, el seu ritme, els silencis i la seva durada, sons provocats amb les mans (cops, aplaudir) o amb la boca . . . , utilitzen el canal acústic però és poden considerar llenguatge no verbal.

El llenguatge clarament no verbal a l'aula i al laboratori està constituït per :

1. expressions facials i mirades
2. postures i posicions del cos
3. accions i gestos
4. característiques vocals : intensitat, to , timbre, ritme..
5. utilització de l'espai : distribució de les taules, distància física docent-alumne i entre alumnes.
6. utilització del temps: temps assignat a cada qüestió que es tracta, temps d'espera per obtenir respostes de l'alumnat o per formular preguntes i reflexions...
7. estris i aparells necessaris per al treball experimental
8. imatges, dibuixos, esquemes...impresos, projectats en pantalles o representats a la pissarra.

La mirada i la gesticulació de l'orador també han estat objecte d'estudis que poden aplicar-se al discurs docent. En relació a la mirada, algunes característiques s'interpreten de manera senzilla:

- a) *mirada fixa*: indica desafiament si dura més de pocs segons, si bé a classe, en el cas d'un alumne que mira al professor, pot indicar ganes d'intervenir o que es coneix la resposta a la qüestió plantejada.
- b) *desviar la mirada avall* : indica acceptació, interès o que s'ignora la resposta a una pregunta
- c) *desviar la mirada amunt* : indica desinterès.

En relació a la gesticulació se n'han diferenciat alguns tipus:

- a) *Emblemes*: actes no verbals que admeten una transcripció verbal directa de poques paraules (tapar-se el nas o les orelles, fer el gest de tallar el coll, o el dir polze cap avall...). Són molt deliberats
- b) *Il·lustradors*: gestos que il·lustren el que es diu o assenyalen objectes i /o persones. Descriuen una relació espacial o un ritme i són molt improvisats.
- c) *Mostres d'afecte*.
- d) *Reguladors* : indiquen si cal o no seguir parlant o fent una certa tasca, si cal repetir quelcom o mantenen els torns de paraula.
- e) *Adaptadors* : moviments destinats a adaptar el cos per satisfer necessitats, dominar emocions o donar satisfacció o manipular objectes.

I s'aconsella que no siguin fluixos, ni massa exquisits o elegants ni afectats o artificiosos, ni durs o grollers. Pel cos s'aconsella una posició dreta, sense rigidesa ni amb agitació.

Conèixer les característiques del llenguatge no verbal a l'aula hauria de servir per :

- i) rebre millor els missatges de l'alumnat, que moltes vegades no vol o es incapaç de verbalitzar
- ii) poder enviar missatges positius que reforcin l'interès per l'aprenentatge i evitin interferències negatives.
- ii) Fer de l'aula un espai facilitador de la comunicació.

1.2. El discurs argumentatiu.

El discurs docent o didàctic de ciències ha de donar dades i raons a favor del que es diu, però aquestes dades o raons normalment no són inqüestionables per a l'auditori-alumnat, per tant posa en joc procediments de persuasió per obtenir l'adhesió de l'alumnat ; aquesta adhesió és una mesura de l'eficàcia del discurs. En certs aspectes es pot dir que s'assembla a un discurs polític o publicitari. El discurs docent és un discurs raonat, argumentatiu-persuasiu o retòric i habitualment no és un discurs demostratiu.

Per argumentació hem d'entendre el conjunt d'estratègies i tots els mitjans, verbals i no verbals, que utilitza l'emissor per donar suport a la seva exposició o conclusió, amb el propòsit de persuadir o convèncer o reduir diferències d'opinió amb l'audiència en relació a una tesi o conclusió. L'argumentació s'identifica amb un enunciat que admet discrepàncies i és una alternativa a la imposició; vol posar de manifest la validesa o certesa d'una tesi. L'argumentació està condicionada per les característiques psíquiques i socials dels interlocutors, mentre que la demostració no ho està ja que el que afirma no admet discrepàncies. D'acord amb Perelman *"la demostració en la seva forma més perfecta no pot recusar-se, mentre que l'argumentació deixa en la disjuntiva o el dubte. L'argumentació proposa solucions racionals, però no obliguen. Un enunciat es pot considerar veritat si l'auditori l'accepta"*.

Tota argumentació implica:

- a) *L'establiment o fixació de les premisses*: presentació de fets, testimonis, teories, veritats i presumpcions.
- b) *La proposició d'hipòtesis*: elaboració o invenció de raonaments o idees per explicar, interpretar o justificar els fets.
- c) *Conclusió*.

El discurs argumentatiu es dirigeix a un auditori concret amb el que hi ha d'haver, a més d'un codi lingüístic compartit, un context de consens mínim: interessos compartits, curiositat pel tema i coneixements previs. L'emissor ha de suposar que el receptor adopta una posició activa que permet que entre ambdós s'estableixi una relació dialèctica real o virtual. Això obliga a l'emissor a adoptar estratègies que motivin l'auditori a partir del coneixement de les característiques i interessos d'aquest.

Així doncs es poden enunciar cinc característiques del discurs argumentatiu:

- a) l'existència d'una qüestió o d'un tema, la veritat, certesa o validesa del qual no és evident o és discutible per a l'auditori
- b) l'existència d'un consens mínim entre interlocutors
- c) una concepció de la situació comunicativa en la que l'emissor adopta una posició en relació a la qüestió que es tracta i vol influir, persuadir o convèncer l'auditori
- d) el desplegament d'un conjunt d'estratègies per aconseguir l'objectiu
- e) una organització concreta del conjunt de raonaments que convergeixen cap a la conclusió predeterminada.

La retòrica clàssica divideix el discurs en quatre parts:

- a) Exordí o presentació
- b) Narració-exposició
- c) Argumentació i/o demostració i/o refutació
- d) Epíleg o conclusió.

L'exordi és la presentació del tema del discurs i el seu objectiu principal es guanyar la simpatia de l'auditori, despertar el seu interès i la seva curiositat. La narració, d'acord amb els tractats de retòrica clàssica, ha de proporcionar tota la informació necessària, ha d'instruir i ha de delectar i ha de tenir tres qualitats: claredat, brevetat i versemblança. Aquesta primera part del discurs serveix per establir les premisses i inclou la presentació de fets, teories, testimonis, etc., i també, freqüentment, l'enunciat de la conclusió com a procediment per centrar l'interès de l'auditori. Un discurs argumentatiu és coherent quan els fets que exposa tenen una relació clara amb la conclusió encara que, aparentment, no la tinguin entre ells.

L'argumentació és el centre del discurs persuasiu, es basa en fets i proves presentades en la narració i proposa hipòtesis i teories que condueixen a la conclusió.

L'argumentació didàctica, en general, dedica molt poc temps o esforç a valorar o refutar les tesis que no s'han consolidat com a científiques o que, després d'un temps de vigència, s'han considerat errònies o poc encertades; tesis que tenen importància dins de la història de la Ciència i que, probablement, la seva presentació donaria una visió més real de l'evolució de la Ciència i ajudaria a entendre i a assimilar millor les tesis finals

En tot discurs argumentatiu es posen de manifest dos tipus d'estratègies: una dirigida a transmetre coneixements o defensar idees de manera adaptada a les característiques de l'auditori i una altra destinada a despertar l'interès d'aquest.

Ch. Perelman i L. Olbrechts-Tyteca es poden considerar els pares de la denominada Nova Retòrica, gràcies al seu treball publicat a principis de la segona meitat del segle XX; en la seva obra la retòrica, teoria general de l'argumentació, s'entén com l'art de persuadir i convèncer per mitjà del discurs argumentatiu; aquest té l'objectiu de procurar l'adhesió de l'auditori. Perelman reconeix, com ja fa fer Aristoteles, la necessitat d'adaptar el discurs a l'auditori per aconseguir que sigui persuasiu, és a dir eficaç.

L'obra de Perelman, dirigida al món judicial i polític, i que rehabilita la retòrica clàssica, pot servir de base per estudiar el discurs docent, ja que aquest ha de contribuir a construir coneixements a partir d'acords docent-alumnat i la "construcció d'acords", que és una forma de guanyar adhesions, és una de les formes de la retòrica.

1.3 Antecedents del tema

Les dues tradicions que més han orientat en els darrers vint anys els treballs en la didàctica de les ciències - la basada en l'aprenentatge científic a través de les activitats pràctiques i la constructivista que destaca el paper actiu dels estudiants en la construcció del coneixement- han centrat la seva atenció bàsicament en l'alumnat.

Les investigacions en Didàctica de les Ciències, fins fa pocs anys, es dirigien fonamentalment al pensament dels estudiants (concepcions i maneres de raonar) amb l'objectiu de poder contribuir a una millora del disseny curricular. Haver posat la màxima atenció de la investigació didàctica en l'alumnat ens permet, avui, gaudir d'una informació que, sens dubte, està influïnt positivament en l'ensenyament.

Les investigacions sobre les idees de l'alumnat en Ciències, designades amb termes diferents : preconceptes, idees prèvies, creences, idees alternatives, de "sentit comú", etc., així com treballs per valorar l'impacte de les classes sobre aquestes idees o creences prèvies, ha estat un dels camps d'investigació didàctica més fructífer dels últims vint anys , de manera que es pot afirmar que ha estat la línia d'investigació més important en el camp de la didàctica de les ciències. El resultat és que, a l'hora de plantejar-se la tasca docent, es disposa de força informació del coneixement de l'alumnat, com recollir-lo i valorar-lo, i de propostes didàctiques que intenten millorar l'eficàcia en la tasca docent del professorat de ciències.

Un altre camp d'investigació important, centrat també en l'alumnat, és el que pren un enfocament sociocultural. Són treballs que tracten de relacionar l'aprenentatge científic amb les influències socials de la comunitat on viuen els estudiants i de la informació i instrucció informal que poden rebre (les cultures occidentals tenen moltes formes d'aprenentatge informal : televisió, revistes i diaris, visites a museus, granges-escola, a més de les converses amb altres més o menys "experts"). Les idees científiques de l'alumnat es poden considerar fruit del bombardeig d'informació procedent de tota mena de fonts, i el que sembla més sensacional o agradable sobreviu a expenses de perdre precisió; això fa que aquest coneixement originat socialment sigui encara més persistent. De fet es pot comprovar, freqüentment , que per a un sector important de l'alumnat les idees científiques que es treballen a l'aula no es consideren vàlides per a la vida quotidiana.

En relació al professorat, la investigació didàctica ha trobat nombrosos centres d'interès:

teories i creences explícites o implícites en relació a la matèria que imparteixen o a la naturalesa de la ciència , en relació a l'ensenyament-aprenentatge i la seva influència en l'alumnat o a les característiques d'aquest; metodologies de planificació d'activitats docents; els diferents aspectes d'activitats pròpies d'una classe de ciències (resolució de problemes, treball experimental, etc) i procediments d'avaluació.

Les investigacions i els treballs de fonamentació teòrica han anat creant un sobreentès del paper del docent a la classe, que s'ha desplaçat des de "transmissor de coneixements" cap a "dissenyador" de situacions d'aprenentatge que siguin productives. En aquesta línia hi ha treballs que orienten al professorat sobre els tipus d'activitats que poden ajudar l'alumnat a canviar les seves concepcions, i s'han elaborat projectes orientats cap a aconseguir l'anomenat canvi conceptual (Taber,2003)

Però, per molt orientat que sigui un projecte i per moltes directrius curriculars que hi pugui haver, és clar que l'acció de la professora o del professor a l'aula no és neutra. En aquest sentit, algunes investigacions han mostrat que, moltes vegades, aquesta acció pot afavorir concepcions errònies en l'alumnat, bé perquè les comparteix l'ensenyant o perquè presenta els continguts d'una forma que les poden afavorir (dins d'aquesta mateixa línia també s'han estudiat llibres de text).

Des de fa uns quants anys van sorgint nous interessos i camps d'investigació en la Didàctica de les Ciències que, en gran part, s'orienten cap a les interaccions discursives (Mortimer, 1998) que es produeixen en el transcurs d'una classe.

La importància adquirida pels estudis del discurs a l'aula es deu a que s'ha pres consciència que la major part de la intervenció educativa del docent i la major part de les formes que emprava l'alumnat per manifestar-se a l'aula són llenguatge oral i/o escrit (Candela, 2001).

Actualment s'està d'acord que, en la construcció del coneixement científic, és important el procés de negociació que s'estableix entre els membres de la comunitat educativa quan es comuniquen models i teories amb la finalitat de validar representacions sobre el món (Sutton, 1997; Sanmartí, Izquierdo i García, 1999).

Es pot afirmar que el discurs de les ciències es va elaborant entre el racionalisme i la retòrica de l'argumentació, en un procés que cal entendre com a continuat.

Estudis sobre la comunicació i el llenguatge a les classes de ciències, en les que el docent ocupa el lloc principal, són una línia d'investigació important i actual. En alguns d'aquests treballs l'educació científica es tracta com un procés de comunicació i diàleg en el que el docent descriu les diferents contribucions, ofereix resums i recapitulacions i condueix el discurs en la direcció acceptada com a correcta. En el cas de les classes de ciències es considera que aprendre "ciència" vol dir aprendre a "parlar ciència": és a dir, aprendre a comunicar-se en el llenguatge de la ciència i a actuar com un membre de la gent que fa ciència. El llenguatge científic no és el natural, quotidià o col·loquial, però no s'ha de plantejar com oposat a aquest, sinó com a complementari i enriquidor. L'èmfasi en el llenguatge ve donat perquè no és només vocabulari i gramàtica: el llenguatge és un sistema de recursos per a construir significats i establir similituds i diferències entre aquests (Lemke, J.L., 1997; Edwards D., Mercer, N., 1984). Una característica central d'aquests estudis és que tots s'orienten a l'anàlisi del discurs i construcció de significats en una classe sencera.

L'explicació o el discurs a les classes de ciències serveix per compartir i transmetre coneixements, teories i informacions relatives al món material i per ajudar a construir coneixements significatius; al mateix temps condiciona a l'alumnat a parlar i actuar d'unes determinades maneres que influeixen sobre el discurs.

La Ciència escolar sovint s'ha ensenyat com un simple estudi directe de la naturalesa i dels fenòmens que hi tenen lloc; en molts casos seria més adequat presentar-la com un estudi del que pensen o diuen moltes persones sobre la Naturalesa, i com aquestes idees van canviant gràcies a que els científics tenen en compte i valoren el que proposen, diuen o pensen altres persones.

Un punt de vista compartit per diferents persones que provenen del camp de la filosofia de la ciència, de la investigació i de la educació és que les teories científiques són com històries protagonitzades per unes entitats (materials o abstractes) que serveixen per explicar-nos els fenòmens naturals. Així, Einstein i Infeld (1938) a l'obra "Evolució de la Física" (Ed 62, Barcelona, 1968), presenten l'evolució de la Física com una gran novel·la farcida de misteris que s'expliquen a mesura que hom troba una

manera d'interpretar la naturalesa. El repte per al professorat és guiar la presentació de la "història" científica de tal manera que sigui accessible i coherent per a tots els estudiants. Aquest mateix punt de vista de l'explicació científica com a una història es compartit per Ogborn (1997) en relació a l'activitat d'explicació que té lloc a la classe. Ogborn presenta un model descriptiu de la comunicació a les classes de ciències i ofereix una manera d'entendre l'explicació, que inclou com es transforma el coneixement i els estils del discurs.

1.3.1 El model d'Ogborn.

El model d'Ogborn (1977) planteja que les classes de ciències o les explicacions científiques, a més de poder presentar-se en estils diversos, són com històries en les que es poden distingir diferents aspectes :

- *creació de diferències*
- *construcció d'entitats*
- *transformació del coneixement*
- *donar significats a la matèria*

Les "històries" que s'expliquen a les classes de ciències tenen uns protagonistes moltes vegades desconeguts i sorprenents per a l'alumnat (electró, reacció química, taula periòdica, ones electromagnètiques...), que van canviant i adquirint noves i inesperades qualitats.

Per assimilar un discurs nou, o construir coneixement, l'oïent es basa en les seves creences i coneixements previs, i fàcilment els manté encara que no coincideixin amb els que està sentint. La comunicació entre dues persones s'estableix si hi ha una "diferència" que tendeix a disminuir gràcies a la comunicació. Si hi ha diferències es creen expectatives, es fa necessària l'explicació i per tant es facilita la comunicació, si no n'hi ha, aquesta es fa innecessària.

El discurs ha d'evidenciar les diferències o incoherències entre el que es diu i el que se sap o creu saber. Moltes vegades l'alumne no aprecia aquestes diferències o les atribueix a que els fets o fenòmens considerats i les corresponents explicacions pertanyen a móns diferents: l'escolar o acadèmic i el quotidià.

Les diferències són més o menys significatives depenent de la situació o gènere de la comunicació; no és el mateix una conversa de sobretaula, on hi ha una relació d'igualtat entre els qui parlen, que una classe on hi ha una persona que té la responsabilitat d'explicar i unes altres que són allí per aprendre. Una part del discurs docent ha d'estar orientada a deixar constància de les diferències que existeixen, l'altra part important del discurs ha de dirigir-se a "reduir diferències".

A les classes de ciències es pot constatar que entre els protagonistes de la comunicació hi ha diferències de coneixement (quotidià i científic), d'interessos (ensenyar i aprendre) i de poder, a més de les d'edat. Però també hi ha el món físic que s'ha d'explicar i que té un paper fonamental en l'orientació de les explicacions. Se suposa que la professora o el professor tenen la preparació necessària per reduir les diferències de coneixement i d'interessos, i que l'alumnat té capacitat i voluntat de col·laboració. El model que es comenta destaca que una tasca important del professorat és crear en l'alumnat la necessitat de l'explicació: "crear diferències" entre el saber quotidià i el saber científic pot ser el camí que desperti l'interès de l'alumnat, el motiu, i el posi en situació d'esperar una explicació que, lògicament, ha de reduir la diferència.

En un context de classe, el concepte de diferència s'ha de veure des de la seva doble vessant dialèctica: és indispensable per crear la necessitat d'explicació, però aquesta l'ha de poder reduir, i per això la diferència ha de tenir per a l'alumne un cert grau de significativitat. És obvi que no totes les diferències faciliten la comunicació, poden ser descoratjadores i impedir-la. És tasca del professor o de la professora posar en primer pla les diferències que tinguin sentit i puguin ser assumides per l'alumnat.

A la classe, al llarg d'una explicació, es "*construeixen entitats*" que van evolucionant al mateix ritme que els seus significats. El concepte d'entitat és molt ampli i inclou tant objectes o partícules materials com processos, teories i models explicatius.

Una característica remarcable de les entitats és la seva capacitat explicativa. El model que es comenta, destaca que a les classes de ciències el professorat passa la major part del temps parlant d'entitats que tindran la seva justificació més endavant, quan s'utilitzin per explicar una altra cosa. En aquest sentit, les entitats comencen sent quelcom en el que cal pensar i es van convertint en eines amb les que pensar.

Una altra característica de les entitats és que es van construir a mida que adquireixen significats i per tant estan en contínua reelaboració o transformació. Conèixer una entitat és saber com és, què és capaç de fer, en quin context es pot utilitzar, per a què serveix, i això representa un procés d' "*adquisició de significats*". En aquest punt els conceptes d'elaboració d'entitats i de transformació del coneixement es troben.

El model considera que hi ha dues formes principals de transformació de coneixement: la de l'alumne i la que, seguint una tradició de la literatura didàctica, es pot anomenar com "*transposició didàctica*".

Freqüentment, el coneixement científic no és apte per ser portat a classe tal com el veu la comunitat científica, cal adaptar-lo al context escolar amagant uns significats i mostrant-n'hi uns altres. La transposició didàctica és la transformació que la professora o el professor fan del coneixement científic per adequar-lo a una determinada situació d'ensenyament. El coneixement científic "adaptat" és portat a classe en forma d'explicació que té lloc en el pla del coneixement social on l'alumne troba allò que li permet treballar interiorment per transformar el seu coneixement. Per facilitar aquesta transformació, el model destaca que el professorat utilitza diverses estratègies: l'ús d'històries, paràboles, comparacions i metàfores.

"*Posar o donar significats a la matèria*", és un dels aspectes del model d'Ogborn que resulta més interessant com a descriptor del que s'esdevé en una classe de ciències, ja que fa referència al paper que juga el món físic en relació a la tasca de construir significats científics. El model destaca que el que distingeix l'ensenyament de les ciències del de qualsevol altra matèria és que tracta d'explicar el món físic. Hi ha també el procés de fer actuar la matèria mitjançant experiències o pràctiques per donar sentit a la teoria científica, és a dir per mostrar que les coses són com el coneixement científic diu que són i no com estem acostumats a veure-les. Ogborn considera que les experiències a més de ser reals poden ser imaginades o recordades i que no importa que surtin més o menys bé, perquè el discurs docent ha de contemplar la possibilitat de que surtin malament sense que es perdi l'objectiu de mostrar el món com es pretenia.

La consideració conjunta dels descriptors de l'actuació del professorat pot permetre trobar "*estils d'explicació*".

Els estils d'explicació no s'han de considerar com propis d'un professor concret, sinó que la mateixa persona pot utilitzar diferents estils al llarg d'una mateixa classe. Les claus que el model cita com a determinants d'un estil són: la manera com s'uneixen les coses, en què es fa èmfasi i el conjunt d'estratègies que s'utilitzen.

El model que es comenta proposa quatre estils diferenciats:

- “*pensem-ho junts*”,
- “*el narrador de contes*”
- “*digues-ho a la meva manera*”
- “*mira-ho a la meva manera*”

“*Pensem-ho junts*” és l’estil que remarca l’aspecte de construcció social del coneixement científic en un ambient de comunicació i objectiu comú; “*el narrador de contes*” és la visió de l’explicació científica com una història; “*digues-ho a la meva manera*” i “*mira-ho a la meva manera*” posen l’atenció en l’aspecte essencial de l’ensenyament de les ciències: el món el pots veure i en pots parlar de manera diferent, tal com ho fan les ciències.

Aquest model no és avaluatiu de les explicacions, no diu quines són bones i quines són dolentes. És un model descriptiu que ofereix una manera d’entendre què és una explicació de ciències, quan i perquè és necessària, que inclou la construcció d’una explicació, com les explicacions transformen el coneixement i quins diferents estils d’explicació es poden trobar a les classes de ciències.

1.4 Objectius del treball

El treball s'inicià amb el propòsit d'estudiar els processos comunicatius entre docent i discent que es produeixen a les classes de ciències, preferentment de física i de química, a l'ensenyament secundari, des d'una òptica multimodal i focalitzada en el discurs (retòrica i argumentació) o explicació del docent, ja que l'explicació és bàsica a les classes de ciències. El punt de partida és que de fet, en qualsevol nivell d'ensenyament, l'alumnat espera que li expliquin coses i desitja que l'explicació sigui clara. Malgrat l'acord tàcit sobre la presència de l'explicació a les classes, ni als tractats de didàctica de les ciències, ni als cursos de formació del professorat, quasi mai es tracta d'ella.

Com ja s'ha indicat, el treball s'ha dut a terme dins del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica de la Universitat de Barcelona, i pretén ajudar a assolir l'objectiu general de la investigació iniciada fa uns anys dins d'aquest Departament:

contribuir a la millora de la formació inicial i permanent del professorat de Ciències en relació al discurs o explicació que fa a l'aula, que és una part molt important de la seva actuació.

A la classe la comunicació és multimodal. Aquesta és una característica assenyalada en els treballs d'investigació que estudien el que passa a l'aula (Lemke, J.L., 1997). La classe és una realitat singular i complexa, on tenen lloc un conjunt de relacions que provoquen la interacció entre els seus agents i la matèria que es treballa. Les interaccions i negociacions entre docent i alumnes permeten la circulació del coneixement en el marc de contextes personals i institucionals canviants. El caràcter singular, asimètric i intencional del treball a l'aula, pot dificultar o impedir la identificació de tipus o patrons generals de la comunicació didàctica (De Longhi, A.L., 2000).

Durant la classe, una part de les intervencions semiòtiques, o comunicatives, van només dirigides al pla de les relacions interpsicològiques (per exemple, amb l'objectiu de mantenir el control o de facilitar la comunicació interpersonal) i no pretenen comunicar significats explícits relatius al coneixement científic; aquestes intervencions no s'han considerat en el present treball ja que es centra en l'estudi de les intervencions dirigides a comunicar coneixement científic i en tres aspectes:

- a) El llenguatge científic específic que es pretén comunicar al mateix temps que es van construir els significats científics.
- b) La retòrica i argumentació que formen part de l'activitat pròpia del treball científic.
- c) La formalització científica a través de diversos modes de comunicació, que és fonamental en la construcció i transformació del coneixement científic.

Les competències bàsiques de l'alumnat inclouen les habilitats comunicatives i aquestes les aprenen del professorat. L'estudi dels recursos i habilitats comunicatives del professorat és el camí que ha de permetre la seva millora i per tant incidir directament en la millora de les de l'alumnat.

Un objectiu general d'aquest treball i que hauria de tenir present la investigació universitària, especialment la que es realitza en el camp de la Didàctica, és l'aproximació d'aquesta investigació al docent de secundària, tant pel que fa a la temàtica, com a la metodologia i a la interpretació i aplicació de resultats. Aquesta

aproximació potenciaria les activitats de recerca i podria renovar l'entusiasme, cada dia més minvat, per la tasca docent, percebuda més difícil cada dia.

Inicialment es plantejà aquest estudi amb l'objectiu de contribuir a concretar, difondre i validar el llenguatge descriptiu del model d'Ogborn, que s'ha descrit breument en l'apartat 1.3.1 i que ja s'ha aplicat a l'anàlisi del discurs docent a diferents països, però una vegada iniciat el treball es considerarà que podria ser més interessant dur-lo a terme des de la perspectiva de la Teoria de l'Argumentació de Perelman, de la que fins ara no es tenen referències d'aplicacions a l'anàlisi de les classes de ciències.

En resum, l'objectiu d'aquest treball és reflexionar entorn del discurs docent, descriure algunes situacions comunicatives o retòriques que es produeixen a l'aula i proporcionar algunes idees que puguin orientar el professorat en la seva actuació.

La reflexió proposada pot servir per :

- a) adquirir coneixements generals de la tècnica retòrica.
- b) considerar la classe com una activitat retòrica (l'aula i el laboratori: espais retòrics).
- c) aprendre a utilitzar les tècniques retòriques en la preparació i desenvolupament de les classes.
- d) valorar l'activitat docent des del punt de vista de l'eficàcia retòrica.
- e) contribuir a construir, a partir de l'obra de Perelman, un mètode d'anàlisi que permeti identificar els arguments, classificar-los i comprendre la seva articulació; es pot intentar, posteriorment, trobar un mètode per mesurar l'eficàcia persuasiva dels arguments.

La importància que en la investigació didàctica es dona als estudis de la parla es deu a la consciència clara de que el llenguatge oral és indispensable en l'ensenyament, i a que es considera que la millora de la comunicació a l'aula ha d'incidir positivament en l'eficàcia del discurs docent.

1.5 Marc referencial

Els docents a l'aula actuen, es comuniquen, de determinades maneres que són observables, i els resultats d'aquesta comunicació multimodal també ho són. Aquest fet ha donat lloc, en els últims anys, a una important línia d'investigació didàctica centrada en l'anàlisi de l'estructura i dinàmica de la comunicació a l'aula.

Una idea àmpliament acceptada és que l'educació científica correcta hauria de presentar la Ciència com a un coneixement construït socialment en el que la retòrica i l'argumentació són una característica central de la seva evolució, però aquestes característiques han estat oblidades freqüentment en l'ensenyament de les ciències. És comú presentar la Ciència escolar des d'una perspectiva positivista: matèria que dona respostes clares i correctes, veritats irrefutables, etc ; aquesta presentació no és coherent amb la forma com es genera el coneixement científic ni amb les tesis constructivistes de l'aprenentatge.

Segons Kuhn, autor de "*L'estructura de les revolucions científiques*", per descobrir com es produeixen les revolucions científiques cal examinar les tècniques de persuasió que s'han utilitzat i han tingut eficàcia dintre de la comunitat científica. L'elecció entre teories i paradigmes científics es basa, inicialment, en la persuasió en situacions en les que no es pot parlar de proves clares o errors que les validin o no; alguns pensadors actuals proposen transferir la Ciència del regne de la demostració al de l'argumentació; la Ciència es pot considerar un model retòric de desenvolupament. Els articles de màxima actualitat científica són retòrics, ja que el seu objectiu inicial és persuadir i influir quan encara no poden oferir proves o resultats fiables i/o inqüestionables. En aquests articles es seleccionen acuradament les dades i es presenten de la manera més adient a les tesis que es defensen; en alguns casos es pot afirmar que les dades es tergiversen o són imaginades: sembla clar que Galileo no va fer algunes de les experiències de caiguda de cossos que descriu.

Amb el seu discurs a l'aula el docent intenta provocar una revolució cognoscitiva, intel·lectual i/o actitudinal en l'auditori-alumnat, o si volem una evolució-construcció de coneixements - ja que des de fa uns anys alguns pensadors neguen la bondat del terme revolució-paradigmàtica aplicat a la Ciència i es decanten per la construcció-sense disposar o poder utilitzar demostracions irrefutables. Per tant ha de persuadir i convèncer amb un discurs argumentatiu. Aquest sols pot existir si hi ha una comunitat disposada a participar i un acord sobre el tema a tractar, i a l'aula es compleixen els dos requisits, si bé cal tenir sempre present que, per una part, ni la participació ni el tema han estat elegits lliurement pels participants i, per altra part, no tot, en qualsevol camp, és argumentable o discutible: en la comunitat educativa regeixen unes normes relatives a l'assistència, convivència i currículum que vénen imposades.

"*La retòrica i l'educació científica*" es pot considerar que és un important centre d'interès i actual de la recerca didàctica, en el que el terme retòrica s'utilitza per referir-se a l'articulació dels diferents modes de comunicació, llenguatge verbal, gestos i imatges, per produir discursos coherents que ajudin a donar una visió determinada del món físic. L'estudi de la retòrica en l'educació científica inclou l'anàlisi de l'argumentació que, per una part, ha de convèncer o persuadir a l'alumnat de la bondat de les explicacions científiques i, per altra, ajudar-lo a construir el coneixement científic, mirant el seu entorn d'una manera diferent.

Sembla innegable que per al docent és indispensable adquirir habilitats comunicatives i que el camí és estudiar les que poseeixen docents experimentats i amb un cert èxit, si bé és difícil definir què és l'èxit d'un docent.

En aquest camp de la recerca didàctica s'accepta la hipòtesi que és possible construir un discurs descriptiu-interpretatiu de les explicacions i dels altres recursos comunicatius utilitzats a l'ensenyament de les ciències (Ogborn, J., 1997), i concretament en el de la física i química. També s'accepta que l'ús dels recursos comunicatius és una habilitat que el professorat pot adquirir o perfeccionar i transmetre als alumnes.

D'acord amb les consideracions anteriors, dins del Departament de Didàctica de les Ciències de la Universitat de Barcelona s'inicià, fa uns anys i en col·laboració amb grups de recerca d'altres Universitats, la investigació intitolada:

“Discurs multimodal en l'ensenyament de les ciències : implicacions didàctiques i per a la formació del professorat”

Aquest treball de recerca, dintre del qual aquest projecte vol fer una petita aportació, es relaciona amb altres estudis que s'orienten a l'anàlisi del discurs i la construcció de significats en una situació d'ensenyament a l'aula. El discurs s'ha d'entendre en un sentit ampli, com a integració de les diverses formes de la comunicació verbal i no verbal que es fan servir a les classes.

Aquesta recerca es fa des de la perspectiva del constructivisme social i la semiòtica sociocultural. El punt de vista del primer destaca la importància de les interaccions interpsicològiques en l'ensenyament-aprenentatge i, en particular, les del professor-alumne a la classe. Per a la semiòtica sociocultural, ensenyar-aprendre ciències és un acte de construcció cultural i, per tant, interpretable en termes de comunicació i semiòtica. Ambdues perspectives condueixen a interpretar la classe de ciències com un procés comunicatiu de construcció de significats que tracten d'explicar el món físic. La concepció vygotskiana atorga un paper central al discurs i a la comunicació en la construcció del coneixement científic, i accepta el caràcter sociocultural d'aquest procés de construcció en el que els conceptes són diferents segons els contextos d'adquisició: els quotidians, característics de la cultura extraescolar, s'adquireixen en gran part per processos inductius a partir de la percepció i de la història individual, mentre que els conceptes científics, característics de la cultura escolar, s'adquireixen bàsicament per procediments analítics i verbals, ja que requereixen fonamentació teòrica per situar-se dins d'un sistema conceptual (Candela, 1999).

El punt de partida del treball era el model que Ogborn (1997) proposa per descriure l'explicació a l'aula, amb l'objectiu de validar-lo com a eina de comprensió i d'anàlisi de l'actuació del professor a classe i trobar eines per millorar la formació, inicial i permanent, del professorat de ciències experimentals i matemàtiques, en la seva actuació com a mediadors en la construcció de significats científics. La metodologia del treball és qualitativa i limitada a l'estudi de casos concrets que es consideren rellevants.

Les classes de ciències es consideren com un entorn comunicatiu multimodal : professors i alumnes utilitzen una gran varietat de recursos comunicatius (paraules, gestos, imatges, estris, audiovisuals...) entre els que pot destacar la comunicació visual. Aquesta perspectiva descansa sobre la base teòrica de la semiòtica social, que considera la comunicació com un fenomen inherentment social i complex. La comunicació didàctica és un cas particular de la comunicació humana, i està caracteritzada per incloure dos processos, l'ensenyament i l'aprenentatge, i per ser asimètrica, intencional i institucionalitzada.

La comunicació funciona millor si hi ha simetria entre els interlocutors i perd efectivitat o és més difícil a mesura que augmenta l'assimetria. Aquesta és molt gran en la

comunicació a l'aula: el professor és una persona adulta, amb un grau elevat d'educació i experiència, mentre que l'alumnat és jove, sense experiència i en procés d'educació; també hi ha diferències en les expectatives, els interessos i els objectius i si poden afegir les de gènere, classe social i ètnia (Erduran, 2003).

El treball plantejat accepta com a punt de partida que l'explicació, en el sentit més ampli i amb tots els recursos que siguin necessaris, és la base de l'ensenyament de les ciències i és la principal activitat de la classe, i que el llenguatge i les habilitats argumentatives o la competència comunicativa són eines indispensables del progrés educatiu. També participa de l'enfocament de l'explicació científica com a història, extensible a qualsevol context (classe, llibre de text, vídeo,...) d'ensenyament o de divulgació científica.

A les classes de ciències hi ha comunicació orientada en gran part a la transmissió d'informació. La informació és un producte de l'activitat humana sobre l'entorn: observar, discriminar, experimentar, fer abstracció, generalitzar, induir i deduir genera "coneixement" sobre el món i aquest coneixement s'enregistra com "informació" que pot servir de base per a la comunicació. Però aquesta és possible sense que hi hagi transmissió d'informació: un poema pot no contenir informació però és comunicació.

Els recursos comunicatius de l'explicació a les classes de ciències són molt diversos: paraules, gestos i objectes i estris. Ja s'ha indicat que en aquest treball es centra l'atenció en aquells que van destinats a transmetre explícitament significats relatius al coneixement científic. També cal fer notar que qui signa aquest projecte no és especialista ni en comunicació ni en lingüística i per tant el treball no es proposa fer una anàlisi en base a estructures semàntiques pròpies d'aquestes disciplines, sinó des de l'òptica del valor comunicatiu de significats relatius al coneixement científic.

1.6 El tractat de l'argumentació de Perelman i Olbrechts-Tyteca

L'ensenyament és un procés comunicatiu i la professora o el professor han de saber actuar, comunicar-se, de manera adequada amb els alumnes i amb la Ciència que volen ensenyar i això és retòrica (Martins, 2001). La retòrica inclou l'anàlisi del paper de l'argumentació i dels processos pels quals els significats científics són comunicats i acceptats.

L'obra "TRAITÉ DE L'ARGUMENTATION. LA NOUVELLE RHÉTORIQUE", publicada l'any 1958 per Ch. Perelman i L. Olbrechts-Tyteca (traduïda al castellà l'any 1989), posa de manifest el resorgiment de la retòrica en el món actual i la recuperació de la retòrica clàssica, i és la que s'ha considerat oportú estudiar per intentar utilitzar els seus criteris de classificació dels arguments en l'anàlisi del discurs docent a l'aula de ciències. El prestigi adquirit per la lògica formal al llarg del segle XIX, havia reduït la retòrica a una mena d'antiguitat, sols útil per parlar d'una manera ornamental, formalista i buida o una mena d'artifici literari.

La retòrica, entesa com l'art de persuadir i convèncer, que uneix l'argumentació a l'ornamentació per a obtenir l'adhesió de l'auditori, ha guanyat terreny al mateix temps que el perdia la lògica formal, en tots els camps i també en el de la ciència, ja que s'ha posat de manifest que la implantació i acceptació de teories científiques requereix la persuasió dels destinataris, més que o a més de demostracions racionals.

Per auditori Perelman entén: "*el conjunt d'aquells a qui l'orador vol influir amb la seva argumentació*". Y considera que la bondat d'una argumentació ve determinada pel "*contacte intel·lectual*" entre l'orador i l'auditori, que es produeix si l'argumentació s'adapta a les característiques d'aquest i provoca la seva adhesió. Diferenciar entre persuadir i convèncer, segons Perelman (1989, pàg 65 i seg.) no és senzill ja que són dos efectes del discurs molt relacionats; proposa distingir els dos termes afirmant que una argumentació és persuasiva si intenta influir d'una manera puntual per induir a prendre una decisió immediata, que condueix a l'acció i que sols afecta a un auditori particular, mentre que una argumentació és convincent si afecta a "tot ens de raó" (auditori universal), si està en el camp de les idees i vol que els oïents ho creguin encara que no condueixi a l'acció. El resultat òptim d'un discurs és persuadir i convèncer; de totes maneres es pot considerar exagerat, o molt optimista, que uns arguments concrets siguin vàlids per a qualsevol auditori.

L'obra de Perelman i Olbrechts-Tyteca rehabilita la retòrica clàssica assignant-li l'estudi de l'argumentació per persuadir i convèncer a l'auditori, en el camp de lo plausible i/o probable, basant-se en proves raonables, versemblants o preferibles, que escapen a la certesa del càlcul. Les evidències que s'imposen, en tota persona normal, per la seva força i obvietat i no necessiten argumentació. Ressalta que tota argumentació ha d'adaptar-se o fer-se en funció de l'auditori, mentre que la lògica formal, ciència de la demostració, basada en proves racionals i irrefutables és independent de l'auditori.

L'argumentació, "el discurs persuasiu", pot presentar-se de forma oral o escrita, i acompanyada de molts recursos o mitjans no lingüístics, però sempre necessita el suport de la llengua. Aquesta és qui permet l'adaptació del discurs a l'auditori i la formulació dels arguments per aconseguir la seva adhesió.

Com es llegeix a Perelman (1989, pàg. 39 i 40) : “.. les creences més sòlides són les que no sols s’admeten sense cap prova, sinó que , freqüentment , ni tan sols s’expliquen. Quan es tracta d’aconseguir l’adhesió, res més segur que l’experiència externa o interna i el càlcul segons les normes acceptades prèviament. Però recórrer a l’argumentació és quelcom que no es pot evitar si una de les parts discuteix aquestes proves, quan no s’està d’acord sobre el seu abast o interpretació, el seu valor o la seva relació amb el problema controvertit”. També considera que tota acció que no vagi acompanyada de llenguatge que la interpreti o fonamenti, resta fora del camp de l’argumentació.

1.6.1 Les característiques de l'argumentació

L'objectiu de tota argumentació es augmentar o provocar l'adhesió de l'auditori a les tesis presentades o defensades per l'orador; reduir les diferències que hi ha entre orador i auditori. L'argumentació és eficaç, segons Perelman, si provoca o augmenta l'adhesió de l'auditori a les tesis presentades, de manera que desencadeni en els oïents les accions i/o predisposicions desitjades.

Una altra característica del discurs argumentatiu és que vol modificar una situació preexistent, però a partir de la persuasió, guanyant la voluntat de l'auditori i renunciant a la violència.

Les demostracions tenen el seu punt de partida en axiomes que es consideren vàlids, per a qualsevol auditori i sense necessitat de proves, i per transformacions definides i rígides per normes estrictes i sense ambigüitat arriben a altres expressions vàlides i inqüestionables dintre del sistema lògic. En la lògica formal els arguments d'una demostració s'entenen com proposicions lligades de tal manera que condueixen, unívocament i inevitablement, de les premisses (primers arguments) a la conclusió (argument final). Les demostracions sols poden tenir una conclusió.

En la teoria de l'argumentació els arguments són accions per mitjà del llenguatge, emissions lingüístiques encadenades, que no aconsegueixen directament els seus objectius, sinó que han d'aportar raons a favor del que es diu i/o que s'oposin a una conclusió diferent de la desitjada. Aquesta conclusió diferent és possible. Tota argumentació implica l'existència d'una assimetria entre els interlocutors, ja que sinó no seria necessària.

Per argumentació, discurs argumentatiu, entenem la comunicació verbal o escrita que utilitza el llenguatge per resoldre una diferència d'opinió (en termes negatius es pot dir que és el discurs dirigit a manipular la voluntat de l'auditori). També es pot definir com el fet de donar raons, fer induccions, extreure conclusions i aplicar-les a un cas que està en discussió o s'està tractant. Hi ha argumentació sempre que una persona vol modificar, amb mitjans que inclouen el llenguatge oral o escrit i poden incloure llenguatges icònics, les idees o el comportament d'altres.

L'argumentació que vol influir per aconseguir l'adhesió de l'auditori, no pot ignorar les condicions psíquiques i socials d'aquest. Per aconseguir l'adhesió d'una persona a una determinada tesi, cal l'existència prèvia d'un cert "contacte intel·lectual", que implica tenir la voluntat de debatre una qüestió seguint unes normes compartides, la primera de les quals és el llenguatge. Els arguments no poden ser "dogmes de fe", han de valorar l'opinió dels interlocutors i tenir en compte el seu estat d'ànim, si volen merèixer o despertar l'interès de l'auditori que és el primer pas per obtenir l'adhesió desitjada.

L'orador, "l'emissor del discurs", la professora o el professor de ciències, en la seva argumentació no pot creure que és suficient descriure experiències o fets i enunciar dades, per suscitar l'interès (primer contacte intel·lectual) dels oïents, o alumnes, o lectors en el cas d'un text escrit. En les classes de ciències es pot creure que el valor de les veritats científiques, en les que els docents creuen fermament, és suficient per "motivar" (despertar interès) l'alumnat i provocar la seva persuasió. És una il·lusió pensar que els fets parlen i convencen per si sols. Les "evidències empíriques", que es poden considerar una font fiable de validesa, també són una construcció social negociable i interpretable. L'orador apassionat creu que l'auditori és sensible als mateixos arguments o fets que l'afecten a ell. En el cas extrem de la publicitat es comproba que un anunci intenta despertar l'interès (provocar a l'audiència) amb motius

molt variats i al final introdueix el missatge, que pot ocupar un temps molt reduït en relació al total.

El docent, com a portaveu de la ciència i dels valors admesos per la comunitat, reuneix una condició prèvia per merèixer ser escoltat: l'auditori li reconeix la seva funció i la seva superioritat en coneixements i autoritat. El docent és qui legitima el coneixement imposant el seu discurs.

L'orador ha de tenir un coneixement, el més pròxim possible a la realitat, del seu auditori per poder adaptar el discurs a les seves característiques. En el cas del discurs docent convencional d'uns quants anys enrere, les característiques de l'auditori a qui es dirigia es podien considerar bastant ben definides; però en l'actualitat, l'heterogeneïtat creixent de l'alumnat, en coneixements, interessos i procedències culturals, complica l'establiment d'aquestes característiques i per tant fa més difícil l'adaptació del discurs docent a l'auditori; en definitiva la comunicació és més difícil i menys eficaç.

En ciències experimentals es considera o s'accepta que l'experiment és una font fiable de "veritats" o "probabilitats" independents de l'auditori, idea basada en la convicció de que els sentits no enganyen i proporcionen la mateixa informació a tothom; aixó té avantatges per aconseguir la persuasió de l'auditori i per tant, freqüentment l'experiment ocupa un lloc privilegiat dins del discurs didàctic. Una altra característica del discurs didàctic és que els valors i arguments que presenta o defensa poden ser controvertits per a l'auditori-grup d'alumnes concret, però l'alumnat és conscient que la comunitat en general, o si es vol el món dels adults, no els qüestiona i que per tant haurà d'acabar acceptant-los. Aquest fet proporciona una certa independència del discurs respecte a l'auditori.

El discurs docent persegueix l'adhesió d'un auditori reduït a unes tesis d'acceptació general. És a dir, les tesis finals del discurs docent volen ser convincents a més de persuasives, ja que es consideren vàlides per a un auditori universal o acceptables per a qualsevol ens dotat de raó. El camí per arribar a les conclusions ha de ser adaptat a l'auditori concret i estarà format per arguments persuasius, si bé la persuasió i la convicció van molt lligades i no hi ha límits clars entre una i altra.

Els llibres de text, que ocupen un lloc important dintre del discurs docent, pretenen proporcionar un discurs que vol ser convincent, adaptat a un auditori universal, ja que va dirigit a a tot l'alumnat d'un cert nivell. El discurs oral d'un docent també pot tenir la mateixa pretensió, i en algunes de les seves parts ho serà, però en general haurà de recórrer a recursos persuasius adequats a un grup-classe o a una part d'aquest, que és un auditori particular.

L'argumentació és un procés i també un producte i no es pot reduir a un sol argument,

que és tot alló que es diu o utilitza per justificar o refutar una opinió, una idea o una mesura, és format per una seqüència de proposicions, premisses (certes, plausibles o accidentals) explícites o implícites, i conté inferències que poden ser inductives, deductives o avaluatives que condueixen a una tesi o conclusió.

Un argument és la resposta a "per què dius o creus aixó?"

i pot ser : l'enunciat d'un fet, un exemple, una definició, una norma, una creença compartida, l'explicitació d'una contradicció...

Es considera que l'adquisició de nous coneixements, i també el processament i transmissió d'aquests, a partir de l'experiència es pot fer, a més de per raonaments inductius i deductius, per "raonaments per analogia"; és a dir, s'organitzen hipòtesis

explicatives dels fets nous per comparació, o per relació, amb les explicacions de fets coneguts

Perelman considera que la “bondat “ d’un discurs està determinada per la consecució de l’adhesió de l’auditori o la seva persuasió. Toulmin, opta per donar prioritat a la solidesa i certesa de les premisses per establir la validesa d’una argumentació.

D’acord amb l’esquema argumental de Toulmin que proposa a “*The Uses of Argument*”, publicada el mateix any que l’obra de Perelman (1958) i que ha servit de base per alguns estudis del discurs docent i que conjuntament amb l’obra de Perelman és qui renova l’interés pels estudis retòrics , els components d’un argument es poden dividir en sis categories agrupades en dos nivells:

1. Elements bàsics:

dades (D), que fonamenten la conclusió

conclusió (C) , proposició que es vol fer acceptar

justificacions (J) , afirmacions particulars sobre les que descansa la continuïtat lògica de l’argument

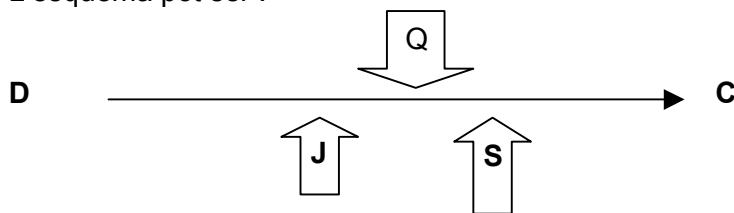
2. Elements addicionals:

de suport (S), condicions o afirmacions que ajuden a una justificació

de refutació (R), condicions, factors o circumstàncies que poden reduir la força d’un argument

qualificadors modals(Q) , adverbis, proposicions o frases que mostren el grau de confiança que pot donar-se a una conclusió.

L’esquema pot ser :



Segons Toulmin els arguments es poden classificar en :

a) *analítics* : si el suport de la justificació inclou, implícitament o explícita, la informació de la conclusió.

b) *substancials* : si el suport de la justificació no inclou la informació de la conclusió.

1.6.2 Adaptació a l'auditori

En la teoria de l'argumentació de Perelman, una idea central és la de l'adaptació del discurs a l'auditori per aconseguir la seva adhesió i/o persuasió i/o convicció.

D'acord amb les teories de l'educació, el coneixement que es transmet a l'alumne, i que es vol que aprengui, ha d'estar estructurat en si mateix, d'acord amb la disciplina, i en relació a l'alumne, és a dir, ha de tenir en compte les idees o punts de vista d'aquest i les seves possibilitats intel·lectuals. Tot coneixement nou es recolza en els anteriors, per tant el discurs educatiu ha d'adaptar-se a l'alumnat; el que realment una persona sap i entén controla el que aprèn (Galagovsky, 2003), ja que els conceptes que li són familiars es converteixen en quasi-tangibles o perceptibles pels sentits encara que siguin objectivament molt abstractes.

L'explicació científica a l'aula vol ensenyar com és "la realitat" i com "s'explica"; aquesta explicació ha de ser convincent per a l'auditori i posa en evidència la diferència entre coneixement quotidià i coneixement científic, que es tradueix en una diferència entre el llenguatge quotidià i el llenguatge científic. El coneixement quotidià i per tant el llenguatge corresponent està molt associat al món perceptible i d'entitats macroscòpiques o conceptes concrets, però també a intuïcions i creences sense cap fonament sensorial i, algunes vegades, sense fonament racional o científic.

Una aportació important de la psicologia de l'aprenentatge, és la idea de que aprendre, és a dir retenir i saber aplicar, vol dir comprendre, i no sols saber repetir; i la comprensió arriba pel camí de l'analogia amb el que ja sabem. També ha quedat clara la importància de la interacció social per a l'aprenentatge; aquest és més eficaç si hi ha intercanvi i/o col·laboració per mitjà de l'argumentació en la discrepància.

L'exposició organitzada i adaptada de continguts, que es pot relacionar amb una conferència o amb la tradicional "classe magistral", pot ser un bon instrument, eficaç, pel procés d'aprenentatge i pot substituir molt bé, en molts casos, l'activitat física i/o mental individual de cada alumne/a destinada a l'aprenentatge per descobriment autònom, idea dominant durant alguns anys i difosa a partir de les teories de Piaget. D'acord amb aquest autor, l'alumnat d'ESO ja té capacitat d'abstracció i de raonament; per tant pot raonar sobre fets i idees conegudes i sobre les possibles o plausibles. El discurs argumentatiu adaptat a l'auditori permet que l'alumne vagi assimilant la nova informació i ubicant-la entorn dels coneixements que ja poseeix.

L'ensenyament expositiu, associat a la "classe magistral", i aparentment enfrontat a "l'ensenyament actiu per descobriment", no té perquè implicar una actitud passiva si es tenen en compte les idees i coneixements de l'alumnat. Cal valorar també que el denominat "ensenyament actiu" redueix extraordinàriament els continguts escolars i la realitat és que en tots els nivells es demana assolir uns mínims; pot ser molt adequat, o necessari, en l'ensenyament primari, però es pot substituir progressivament pel discurs argumentatiu a mesura que es va pujant de nivell educatiu. És a dir, el discurs argumentatiu del docent per transmetre coneixements, pot ser una manera adequada i eficaç de produir aprenentatges. (Carretero 1993).

Una idea àmpliament acceptada és que l'aprenentatge és un procés de construcció intern de l'alumne. Com en tota construcció és necessari, però no suficient, anar dipositant materials, però tenint en compte els fonaments, "idees prèvies" o "concepcions espontànies", que han d'aguantar l'edifici i la manera com aquest va creixent. El discurs ha d'anar adaptant-se constantment.

L'adaptació a l'auditori ha de consistir en que els nous coneixements siguin "moderadament discrepants" del que ja es tenen . Si són coincidents no aporten res i si són molt discrepants, són rebutjats; en ambdós casos l'eficàcia és nul·la.

L'aprenentatge es produeix quan és una activitat significativa per l'alumne, i per ser significativa han d'establir-se relacions i lligams entre els coneixements nous i els que ja es poseeixen.

Un altre aspecte a valorar és el que alguns autors denominen "construcció situacional del coneixement": un diferent context d'interacció discursiva pot conduir a elaborar diferents conceptualitzacions d'un mateix fenomen, ja que cada acte de parla és ambigu i el significat de les paraules no es pot decidir si no es coneix el context en el que es pronuncien.

En relació a l'adaptació del discurs docent a l'audiència-alumnat cal reflexionar sobre els límits d'aquesta adaptació, ja que cap orador pot adaptar-se a totes les situacions o contingències possibles en qualsevol auditori. També aquest ha d'adaptar-se a, o acceptar, unes normes de funcionament del discurs i tenir, a més de voluntat, una mínima capacitat per entrar en el joc argumentatiu, que, en primer lloc, exigeix competència lingüística i comunicativa. Evidentment, aquesta qüestió entra en el camp dels límits que cal establir o es poden acceptar en l'heterogeneïtat d'un auditori. El discurs argumentatiu es justifica per l'heterogeneïtat deguda a l'existència de discrepàncies entre l'orador i cada un dels oïents, però per que un discurs sigui eficaç el conjunt de discrepàncies han de ser relativament homogènies.

Es poden diferenciar dos grans aspectes de la tècnica discursiva:

- a) el dirigit a transmetre els coneixements de manera adaptada a l'auditori
- b) i el dirigit a captar l'interès o motivar, que també és una forma d'adaptació a les característiques de l'auditori.

En una classe l'orador, professora o professor, és el protagonista d'un discurs d'una certa especialitat, amb uns objectius predeterminats en gran part pel sistema educatiu i no pel docent, i l'auditori, l'alumnat, té l'obligació d'escoltar-participar. Un discurs especialitzat, per ser eficaç, exigeix que l'auditori compleixi unes certes normes, accepti regles concretes i poseeixi uns mínims coneixements de l'especialitat.

L'obligada participació de l'auditori és una altra característica a tenir en compte a l'hora de l'adaptació del discurs : aquest ha de destinar una part a despertar interès.

Un dels factors que podria mesurar l'adaptació dels discurs és l'interès que desperta a l'auditori.

Els recursos o procediments per despertar l'interès del discurs docent, i per tant adaptar-lo a l'auditori, són comuns a molts discursos i es poden relacionar especialment amb els emprats en els reportatges o documentals de divulgació científica: presentar fets inusuals, imprevistos o estranys que demanen una explicació posterior, aproximar els fets o fenòmens a l'auditori amb descripcions o millor amb recursos audiovisuals o experiències , simplificar les qüestions complexes, tant en continguts com en terminologia, presentar en pocs segons o minuts fenòmens que duren dies o anys i controlar la durada de les intervencions verbals de l'orador. També, considerar les opinions o aportacions alternatives proposades per l'alumnat, encara que puguin ser desencertades o errònies, i argumentar-les és una forma d'adaptar el discurs i motivar.

1.6.3 Les premisses

L'orador, en iniciar el discurs i a partir dels seus interessos i objectius i del seu coneixement de l'auditori, decideix plantejar la informació que proporciona com a "nova" o com ja "coneguda" i acceptada pels oïents. Tota argumentació per iniciar-se i evolucionar de manera satisfactòria necessita establir els acords entre el que es nou i el que ja es conegut, l'acceptació d'uns punts de partida, opinions admeses o premisses, i acords sobre la manera de desenvolupar-se, és a dir com es poden associar o dissociar les premisses al llarg del discurs. Perelman designa el conjunt d'acords previs entre l'orador i l'auditori "contacte intel·lectual". Un centre educatiu és una organització que facilita aquest contacte intel·lectual al mateix temps que en fixa moltes normes.

L'elecció de les premisses, la manera de formular-les i enllaçar-les ja té valor argumentatiu i són el primer pas de la persuasió de l'auditori. Les primeres premisses que es poden enunciar del discurs docent a l'ensenyament secundari són :

- a) la clara assimetria entre el docent i l'alumnat en relació al coneixement, autoritat i edat,
- b) l'existència d'un currículum que cal acceptar i
- c) la "necessitat de l'explicació" a l'aula.

En l'inici d'un discurs pot enunciar-se la tesi final a fi d'establir l'acord sobre l'argumentació que tindrà lloc, definir, orientar i limitar el camí a seguir. En aquest cas les premisses són posteriors al que serà la conclusió, que es repetirà al final . En moltes classes es considera pertinent i aconsellable presentar el tema resumint les conclusions, repetint-les en moments escaients al llarg del discurs, per despertar interès, iniciar la persuasió, posar de manifest la coherència de l'argumentació i fer present l'objectiu del discurs.

Perelman agrupa les premisses, o acords previs que no necessiten raonaments per ser acceptats, en dues categories:

- a) relatives a "lo real" : fets, veritats , testimonis i presumpcions, que pretenen tenir valor universal i basen la seva força en "evidències" i que ningú pot qüestionar.
- b) relatives a "lo preferible": valors, jerarquies i llocs de lo preferible, que s'identifiquen preferentment amb auditoris particulars.

"Els fets" , com són experiències, observacions i estadístiques, proporcionen dades que en principi no són objecte d'argumentació i poden ser acceptades per un auditori universal. Els fets, que fan referència a acords limitats i precisos, "s'imposen per si mateixos" i volen ser una prova concloent. Els fets serveixen al raonament per les causes i al raonament inductiu, però cal tenir present que una simple acumulació de fets no és una Ciència; cal que hi hagi una explicació o argumentació que els relacioni i/o justifiqui.

L'ensenyament de les ciències requereix una referència constant a fets o a la realització d'experiències, reals o imaginàries, que es capten pels diferents sentits i "no enganyen", són evidències aparentment d'obligada acceptació. De totes maneres s'ha de tenir present que en la investigació científica, i també en l'experimentació escolar, sempre hi ha observacions i fets que es consideren irrellevants, no significatius o que s'exclouen per no reforçar la conclusió desitjada o per contradir alguna idea preconcebuda. També és possible que uns mateixos fets s'interpretin de diferent manera en funció dels coneixements previs de l'observador; en aquest cas el discurs haurà de conduir cap a la conclusió considerada "correcta".

“Les veritats” són idees, sistemes o acords complexos, acceptats per una comunitat, que poden incloure un conjunt de fets i les relacions entre ells; són les concepcions filosòfiques, religioses o polítiques i les teories científiques. A classe i en les diferents matèries s’estudien “veritats”. La més general d’aquestes, que justifica el sistema educatiu, és que el futur individual i col·lectiu millora si ho fa la formació de cada persona; les veritats concretes de cada matèria es posen de manifest en les diferents programacions; les lleis i teories científiques són les veritats habituals a les classes de ciències. Dintre d’aquestes, o de la Ciència en general, també s’accepta com a veritat que qualsevol fet o fenomen té unes causes i unes conseqüències que es poden estudiar i comprendre.

“Les presumpcions” són idees o creences, indicis o conjectures versemblants o probables que, tot i no ser veritats, gaudeixen d’acceptació pels interlocutors. En el cas del discurs docent, són presumpcions: confiar que el que es diu a classe (tant per part del professorat com de l’alumnat) és veritat i que interessa; confiar que se seguiran unes normes i que el comportament serà sensat i “normal”; creure que els sentits no enganyen en la percepció dels fets. També es pot considerar una presumpció considerar, com o fa la Ciència, que el món es pot explicar racionalment.

“Els valors” fan referència a ideals, objectes, fets o entitats que es considera han d’influir en l’adhesió a unes tesis. Aquest valors poden ser *generals o abstractes* (pau, justícia, educació...) i pretendre una acceptació universal o *concrets* (relatiu a una pàtria, a una religió o a una matèria educativa) i en aquest cas voler influir en un auditori concret.

Un raonament científic, i especialment en el cas de demostracions lògiques, pot pretendre lliurar-se del recurs a valors. Però en tots els projectes generals d’ensenyament i en el de totes les matèries en particular s’insisteix en l’educació en “valors”. De fet, la formació en una institució escolar es considera un valor tan important, o un valor dominant en moltes societats, que s’ha convertit en obligatòria i inqüestionable. En cada matèria, la professora o el professor considera un “valor” la comprensió i assimilació dels fonaments del coneixement específic i de les seves principals línies de desenvolupament, si bé amb freqüència aquest valor no és compartit, o és irrellevant, per una part de l’alumnat, i per tant no es produeix la seva adhesió.

Si una qüestió o una matèria o un cert coneixement pot rebre el qualificatiu de “científic”, en la societat ha gaudit durant molts anys d’un valor afegit; en aquest sentit les matèries de “ciències” poden beneficiar-se d’una millor consideració que les que no es qualifiquen així. Probablement per aquest motiu, totes les àrees de coneixement han acabat designant-se com “ciències de...”.

El discurs que vol ser convincent en alumnes d’ensenyament secundari, en general ha de destacar els valors del que defensa més que la validesa o certesa del que es diu, que en general no es motiu de dubte. El valor “utilitat”, millor si és propera o immediata, que es posa de manifest en possibles aplicacions i en els beneficis que s’obtenen, pot ser molt persuasiu. La justificació que molts alumnes manifesten per moltes matèries l’expressen dient: “*pel que m’ha de servir...*” o “*pel que jo vull fer o estudiar això no serveix...*”. En el cas de l’ensenyament secundari, l’èxit relatiu del batxillerat tecnològic, amb un nombre creixent d’alumnat enfront de la disminució que s’aprecia en el batxillerat científic, i posteriorment l’èxit dels estudis tècnics enfront de les carrerers de “ciències” tradicionals, es pot explicar en part pel valor d’utilitat que es percep en un tipus de coneixements i no s’aprecia, o sembla molt remot, en els altres. És a dir el valor del que hom considera “tècnic”, actualment mereix més atenció i reconeixement que el que és “científic”.

“Les jerarquies” , que estableixen prioritats, estan presents en tot procés argumentatiu: no s’assigna la mateixa importància a totes les premisses , ni a tots els valors, ni a les opinions de diferents persones. En el món educatiu les jerarquies entre persones són clares, i dintre de l’aula cal tenir present la desigualtat professor-alumne i també la que s’estableix entre alumnes. També són clares les jerarquies que s’estableixen, per llei en alguns casos i per consens en altres, entre les diferents matèries que s’imparteixen en un centre. Els objectius de cada matèria i els de cada sessió de classe estableixen jerarquies en tots els aspectes: continguts, procediments, valors... També s’estableixen jerarquies entre els beneficis presents i els futurs; entre el que es considera útil i el que no ho sembla.

“Els llocs” designen premisses, valors, o principis generals que serveixen per fonamentar , reforçar o consolidar l’argumentació. Els llocs, “dipòsits d’arguments” que ha de tenir disponibles qualsevol orador que vulgui ser eficaç, es poden classificar en *comuns*, si poden utilitzar-se en qualsevol procés argumentatiu de qualsevol matèria, i *específics*, si són propis d’una ciència o sols poden utilitzar-se en situacions concretes. Els diferents llocs, si bé poden aparèixer molt relacionats entre ells, es poden agrupar, segons Perelman, com : llocs de quantitat, de qualitat, d’ordre, d’existència, d’essència i de persona.

Un lloc és de quantitat si dóna prioritat a un argument per raons quantitatives: s’adopten les decisions per majoria; considerar que un fet, fenomen, comportament o creença o idea és habitual o normal és una qüestió de quantitat de persones que ho accepten. La “ciència escolar”, o la formació acadèmica que es proporciona en un centre educatiu, està recolzada per la gran quantitat de persones que la valoren.

Els llocs de qualitat en certa manera s’oposen als de quantitat, ja que donen prioritat a uns valors prescindint del nombre de persones adherides, o fins i tot magnificant-los pel fet de ser compartits per poques persones : una sola persona convençuda d’estar en possessió de la veritat lluita contra una multitud. Valora el que és únic, original i exclusiu pel fet de ser-ho, i associa les idees de la majoria a la vulgaritat, banalitat o trivialitat. Valora l’instant irrepètible, el que és difícil i rar i el que pocs poden aconseguir.

Els llocs “d’ordre” defensen la prioritat d’uns principis enfront d’uns altres, o d’uns objectius o d’unes causes o d’un ordre cronològic o d’un ordre enfront de l’anarquia. En l’ensenyament es valora l’ordenació dels temes i dintre d’alguns d’aquests es defensa la importància de l’ordre cronològic i en general la superioritat de lleis i teories respecte als fets concrets que poden ser-ne conseqüències; en el treball d’aula s’estableixen normes per mantenir l’ordre; u na part important del esforços del docent, i del seu discurs, està dirigida a establir o mantenir un cert ordre a l’aula.

Els llocs de “l’existent” valoren el present, el que existeix i/o és real o és segur enfront del possible o probable, de l’inexistent o impossible. Els llocs “d’essència” donen prioritat a les qualitats o virtuts que caracteritzen un ideal de cosa o de persona, i que són permanents i invariables.

El “sentit comú” és un lloc de referència habitual en moltes argumentacions i que és format per un conjunt de creences o idees admeses per una determinada comunitat. Els membres d’aquesta consideren que qualsevol ens de raó els comparteix. Cada cultura, i en l’entorn escolar cada àrea de coneixement, té el seu propi “sentit comú”.

Aquest normalment oposa els fets, les veritats i el que és objectiu a les teories, les opinions i al que considera subjectiu, i proposa actuar de manera lògica i raonable. La ciència escolar pretén presentar fets, lleis i veritats objectives o teories que aproximem a la veritat amb mètodes lògics i raonables, característiques que són molt clares i acceptades pel docent, però que poden no ser-ho, o no ho són gens, per a l'auditori-alumnat: el sentit comú popular, basat en el que es denominen idees prèvies, pot ser molt diferent i fins i tot oposat a les concepcions científiques; l'aprenentatge escolar modifica i amplia el sentit comú de les persones.

1.6.4 L'adaptació de les dades i la seva presència en l'argumentació

Les dades són tots els acords entre l'orador i l'auditori a partir dels quals es va construïnt el discurs. Els coneixements de l'auditori són les dades inicials que freqüentment no cal enunciar ni tractar; són premisses implícites a les que s'hi van afegint les premisses explícites que proposa l'orador.

Perelman destaca la importància de la selecció i ordenació de les dades i de la seva "presència" en el discurs. La selecció de les dades, i l'ordre de presentació, el temps destinat a la seva explicació i el detall amb que es fa es produeix en funció de la "jerarquia" que l'emissor del discurs les hi assigna i d'acord amb els seus interessos: guanyar l'adhesió de, o persuadir o convèncer, l'auditori. Tots aquests aspectes guarden relació amb l'adaptació del discurs a l'auditori.

El currículum o els "continguts" de qualsevol matèria, de cada tema i de cada classe, representen una selecció ordenada i adaptada del coneixement acceptat, que si es vol es pot qualificar de subjectiva i/o arbitrària, i en el cas de les ciències ja indica una certa interpretació de la natura i és el primer pas de la construcció del discurs docent. Aquesta selecció, que és inevitable ja que per raons de temps i de capacitat de l'alumnat no es pot presentar tot el coneixement acumulat, dóna o treu importància i pertinència a les dades i junt amb l'ordre de presentació els hi concedeix més o menys "presència" en el discurs.

L'ensenyament de qualsevol matèria té pretensions de valor universal, però la selecció de dades que ofereix pot contradir aquesta ambició i justificar l'acusació de parcialitat o de no reflectir la realitat. En el cas de l'ensenyament de les ciències no solen explicar-se les objeccions argumentades que en cada època es feien per oposar-se a, o posar a prova, les noves teories, i si es citen és per desqualificar-les en bloc sense apreciar el seu valor. Presentar una situació més aproximada a la realitat del naixement i evolució de les teories científiques requeriria destinar temps i esforços a l'ensenyament de la Història de la Ciència, que, dissortadament i inexplicable, no acostuma a merèixer cap atenció en els currícula d'Història, que es qualifica com general, a l'ensenyament secundari i tampoc acostuma a trobar cabuda a les classes de ciències.

La narració i la descripció, procediments habituals en qualsevol discurs verbal o escrit, és la manera de presentar les dades, establint nexes entre elles, i adaptar-les a l'auditori i als interessos de l'orador; és la manera d'explicitar-les i fer-les presents i conferir-les-hi una jerarquia.

La major o menor presència d'un argument o d'unes dades no va dirigida a la raó sinó als sentiments i per tant afecta a la persuasió. En general, l'inici i el final d'un discurs mereix més atenció de l'auditori, per tant el que es diu en aquests instants té més presència per qui escolta. Presentar les conclusions a l'inici de l'argumentació, i que inevitablement tornaran a aparèixer al final, és una manera de magnificar la seva presència, a més d'indicar la direcció i el sentit del discurs; repetir-les periòdicament també serveix als mateixos objectius. Els canvis del to de veu, les pauses o parlar a poc a poc, les descripcions detallades i les repeticions augmenten la presència perquè així es reclama l'atenció dels oïents; les dades i referències al que és concret, fàcil d'imaginar o percebre amb els sentits i, encara més, el que és present, el fet que es veu directament, i encara millor si és espectacular, impacta més la ment i es sobrevalora en relació a les altres parts del discurs.

El recurs a l'experimentació en l'ensenyament de les ciències, als dibuixos i esquemes o als mitjans audiovisuals, és una manera d'augmentar la presència d'unes dades concretes que el docent considera rellevants per al seu discurs. Els models en ciència compleixen la missió de fer més comprensible, assequible o persuasiva i perdurable una teoria, ja que li donen presència en fer que sigui més fàcil d'imaginar, especialment si es un model mecànic o estableix una analogia amb quelcom conegut: el model mecànic d'àtom com a sistema solar perdura entre l'alumnat, i entre gran part de la població adulta, tot i que a l'ensenyament secundari s'insisteixi en un altre model.

Abans s'ha indicat que en l'ensenyament actual l'alumnat sobrevalora la tecnologia, des del punt de vista del professorat de ciències. Aquest fet es pot explicar si es veu que la tecnologia i els seus progressos i beneficis ràpids són sempre presents, de manera clarament perceptible i inevitable, en els mitjans de comunicació i en la vida quotidiana de qualsevol persona, mentre que la ciència queda més llunyana i limitada o unida a la institució escolar. Els beneficis presents de la tecnologia omplen els sentits i sentiments de manera immediata, les promeses de beneficis futurs que ofereix la ciència requereixen un esforç de la raó i per tant el seu efecte persuasiu necessita més temps i persones més madures.

Que la Ciència és la que permet el desenvolupament de la Tècnica, i que la formació científica és bàsica per a la tecnològica i per a la formació humana (humanística) en general, és un missatge que és present en el discurs docent, però probablement de forma poc clara i segur que poc persuasiva si es valoren els resultats.

Les dades que es presenten en un discurs necessiten una interpretació per ser significatives ja que la seva simple presentació pot obrir moltes vies diferents per a la continuació del discurs. En aquest sentit, la realització de pràctiques de laboratori que es limiten a una recollida de dades és considerada una activitat poc rellevant. El progrés de l'argumentació del discurs necessita seleccionar dades i interpretar-les :
per exemple, en la reacció d'un metall amb àcid, quines dades són importants?,
la forma, el color, la temperatura, el volum del recipient...?
I si el metall desapareix de la vista: és un fenomen de màgia, de dissolució, de reacció...?

La història de la ciència presenta exemples d'elaboració-construcció de teories diferents a partir de les mateixes dades, però interpretades en un o altre sentit degut, en gran part, a creences, idees o coneixements previs. Passa el mateix en el desenvolupament d'una classe : les dades aportades pel discurs docent, de significat precís i unívoc per a la professora o el professor, poden ser ambigües per a l'alumnat i conduir a la construcció de coneixement en un sentit no desitjat.

Una manera d'adaptar les dades a un auditori és utilitzar un llenguatge planer, corrent o "de carrer"; així es ressalta la proximitat de l'orador, la seva identificació amb els oïents, aquests el poden considerar un "dels seus" i el discurs guanya poder persuasiu. La utilització de paraules i/o expressions no habituals en la vida quotidiana, i específiques de la matèria que es tracta, són necessàries per desenvolupar correctament molts temes i posen de manifest una voluntat argumentativa, el que no vol dir que el llenguatge corrent no permeti argumentar i calgui renunciar a la seva utilització en el discurs docent.

A les classes de ciències el llenguatge es va complicant a mesura que es progressa; si no s'introdueixen termes poc habituals o nous, que defineixen o creen entitats i donen suport o són el fonament de l'argumentació posterior, no es pot avançar. Aquests nous termes o expressions lingüístiques s'han d'anar assimilant, és a dir incorporant al bagatge d'acords emissor-receptor que fan possible el discurs. Ja s'ha

comentat que el llenguatge, tant el quotidià com l'específic a mesura que es va creant, és un acord indispensable, previ al discurs i renovant-se a mesura que es produeix.

La forma interrogativa del discurs, si cerca la resposta real de l'auditori o d'un oïent, és una manera d'adaptar constantment l'argumentació als destinataris, a més de donar presència als arguments que considera.

Les formes afirmatives de les frases, els temps verbals en present i/o en primera persona i l'ús d'articles determinats també són formes de donar més presència al que es diu.

Les figures retòriques, formes d'expressió que surten de lo normal o que no es poden entendre en sentit literal, tenen valor argumentatiu si obliguen a la ment a fixar l'interés o li faciliten la comprensió del que vol dir l'orador, ofereixen noves perspectives a les premisses o a les tesis i les fan més assequibles; poden ser necessàries o decisives per al desenvolupament de l'argumentació, ja que donen presència a les idees, poden fer-les quasi visibles o fàcils d'imaginar (núvol d'electrons, cicle de l'aigua, ona de llum...). També poden ser figures d'estil destinades sols a l'ornamentació del discurs per provocar admiració o sorpresa i donar lloc, per un ús abusiu, a un discurs artificial i florit (retòric en el sentit negatiu del terme), no tenen valor argumentatiu i es poden justificar poc, i fins i tot ser contraproductius en l'ensenyament de les ciències.

En Ciència i en l'ensenyament de les ciències s'utilitzen metàfores i analogies en teories i models, i en les explicacions són habituals les repeticions i les preguntes que no cerquen ni esperen resposta de l'auditori.

1.6.5 Les tècniques argumentatives

En un discurs argumentatiu tots els elements que el formen interaccionen constantment i en aquests processos d'interacció es posen de manifest els esquemes argumentatius.

L'anàlisi i estudi de les tècniques argumentatives, per intentar establir els esquemes argumentatius, ocupa una gran part de l'obra de Perelman i Olbrechts-Tyteca (1989); tot i que consideren que els esquemes són relatius i poden tenir interpretacions diverses, consideren que es poden diferenciar dos tipus de procediments: **d'enllaç** (o d'associació o de connexió) i de **dissociació** (o de ruptura).

Els procediments d'enllaç són els que uneixen o associen elements diferents, structuren les relacions entre ells i els valoren, positivament o negativament, per comparació; fan solidaris elements que inicialment apareixien com independents.

Els procediments de dissociació separen elements que es consideraven units formant un tot. Els dos procediments són complementaris i es produeixen simultàniament: unir dos elements vol dir separar-los d'altres i separar-los implica associar-los o relacionar-los amb altres fragments del discurs. De totes maneres, res pot garantir que la percepció de l'auditori coincideixi amb la de l'orador (Perelman, 1989; Mortara, 1988).

Perelman i Olbrechts-Tyteca en la seva anàlisi dels esquemes argumentatius estableixen tres categories de procediments d'enllaç:

Arguments quasi-lògics: són els arguments més pròxims o comparables a les demostracions formals, lògiques o matemàtiques. Pretenen establir la seva validesa a partir del seu aspecte racional.

Arguments basats en l'estructura de lo real: plantegen la seva validesa a partir de relacions entre idees o fets acceptats, que estan d'acord amb la naturalesa del món o de la visió que es té d'ell, i els que es volen promoure.

Arguments que fonamenten l'estructura de lo real: pretenen establir idees o principis generals per comprendre la realitat a partir de casos particulars.

A les classes de ciències de secundària no és habitual, ni possible moltes vegades, recórrer a demostracions lògiques formals irrefutables, però sí a idees o proposicions que "per lògica", però sense cap demostració o sols per intuïció afortunada, poden conduir a la conclusió desitjada. El prestigi o la jerarquia de les demostracions lògiques es vol transmetre a les argumentacions per comparació amb estructures lògiques (reciprocitat, contradicció, incompatibilitat, identitat total o parcial, transitivitat) o relacions matemàtiques (relació de part amb el tot, de petit amb més gran, relacions de freqüència o probabilitat); així es generen els arguments que es poden denominar quasi-lògics. Algunes tesis s'exclouen per ser incompatibles o oposar-se als coneixements que considerem raonables o acceptats.

Qualsevol procés d'inducció o de classificació, i en totes les branques de ciències són freqüents, implica establir relacions d'identitat total o parcial entre les entitats que es consideren i també incompatibilitats entre elles. La identitat total entre diferents termes queda clarament establerta en les definicions que es poden agrupar en quatre tipus:

Definicions normatives: fixen l'ús d'un terme o paraula o d'una norma que cal seguir.

Definicions descriptives: expliciten el sentit atribuït als conceptes o normes en relació al context. Es poden incloure dintre de la categoria de "fets".

Definicions de condensació: indiquen els elements essencials de la definició descriptiva.

Definicions completes o complexes: inclouen els tres casos precedents.

Totes les definicions impliquen una anàlisi, explícita o implícita, del terme definit, i estableixen fets i veritats (des del punt de vista de l'orador), són instruments de l'argumentació quasi-lògica i estableixen associacions i dissociacions entre termes o nocions. Al definir es posa de relleu la noció que es considera verdadera o raonable enfront de la que no s'hi considera.

En classes de ciències el caràcter argumentatiu de les definicions queda palès sempre que cal establir diferències entre el significat o l'ús de termes en la vida quotidiana i en el treball científic (treball, energia, sal, alcohol,..) o aclarir el significat , abast i limitacions dels que són nous o desconeguts per l'auditori (energies d'enllaç, ones electromagnètiques, orbital,..), ja que així s'estableixen les bases dels raonaments posteriors. L'ús del terme definit, en lloc de la definició a la que és equivalent, simplifica i fa més entenedor el raonament.

Per respondre qüestions o resoldre problemes cal establir relacions d'identitat total o parcial entre les situacions estudiades i teories o coneixements adquirits i les que es plantegen.

Les relacions de transitivitat es basen en que si entre dos termes hi ha una relació i entre un d'aquest hi ha una relació amb un tercer, és possible establir connexions o relacions entre aquest tercer i l'altre terme de la parella inicial. La transitivitat inclou relacions d'igualtat, d'ordre o de superioritat, d'inclusió o d'ascendència , d'implicació. Les relacions d'inclusió serveixen per atribuir les propietats del tot a una de les parts, o la d'alguna d'aquestes al tot o establir relacions entre les parts d'un tot. Normalment es valora la jerarquia: el tot , com a suma de totes les parts, és més important que cada una d'elles. Les relacions d'inclusió també serveixen per a la divisió del tot en parts que es poden ordenar i classificar, així l'argumentació es pot simplificar estudiant cada una de les parts, plantejant dilemes en el cas més simple (si es produeix una mescla hi haurà reacció o no, si actuen forces el cos es mourà o no, o accelerarà o no...) per reconstruir el conjunt al final del procés. Les propietats característiques d'un conjunt les ha de tenir cada un dels subconjunts, però no totes les de cada un d'aquests les ha de tenir el conjunt global.

Les analogies i les comparacions també es poden incloure dintre de les argumentacions quasi-lògiques, els límits entre ambdós termes són imprecisos si bé es pot definir l'analogia com la relació qualitativa de semblança, o posseir quelcom en comú, entre entitats o termes diversos (relacions entre l'àtom i el sistema solar, o els "núvols" d'electrons) mentre que la comparació també examina semblances, o dissemblances, però amb pretensions d'establir relacions quantitatives (més gran que..., més ràpid que...) entre les propietats que es comparen, impliquen la idea de possibilitat de mesura. Aquesta idea representa una aproximació a estructures matemàtiques i així subministra força persuasiva. El model d'àtom com sistema solar planteja una relació "lògica": si els planetes no cauen perquè giren entorn del Sol, els electrons han de donar voltes entorn del nucli per no caure.

Les comparacions poden ser per oposició (ràpid-lent, fort-feble, pesat-lleuger...) i per ordenació (comparar propietats atòmiques, tamany, electronegativitat,....., o propietats d'ones electromagnètiques per establir ordenacions). A l'establir comparacions es transmeten propietats entre els termes o entitats que es relacionen i s'indueix a pensar o es comunica la idea que tenen quelcom en comú, que és el que fa possible la comparació.

L'estadística i l'estudi de les probabilitats són font d'argumentacions en molts camps, si bé cal que hi hagi acords sobre els fonaments de la probabilitat i la seva aplicació.

Els *arguments basats en l'estructura de lo real* pretenen determinar la validesa d'unes opinions o tesis per "solidaritat" o relació, que l'orador pot ressaltar o intentar establir, amb "lo real", fets, veritats, teories o idees acceptades i presumpcions; basen la seva eficàcia en les relacions de dependència entre el que "ja és acceptat o conegut" (món real) i el que es vol fer acceptar (tesi o conclusió). Basant-se en lo real s'estableixen, d'acord amb Perelman, dues grans categories d'enllaços: de **successió** i de **coexistència**. Els primers uneixen un fenomen amb les causes que l'originen i les conseqüències que se'n deriven, valorant l'ordenació temporal, mentre que els segons no centren l'interès en la simultaneïtat dels fenòmens sinó en les relacions entre una essència i les seves manifestacions, una persona i els seus actes o una cosa i les seves qualitats.

Entre els enllaços de successió, el nexa causal juga un paper essencial en l'argumentació, ja que permet:

- a) aproximar dos fenòmens successius, presentant-los amb una relació de causa-efecte.
- b) explorar i/o trobar les causes d'un esdeveniment o d'un comportament.
- c) preveure o evidenciar les conseqüències, els efectes, d'un esdeveniment, d'una hipòtesi o d'una teoria.

Dintre del grup d'arguments basats en el nexa causal es poden diferenciar els arguments: pragmàtics, d'aprofitament, de direcció i de superació.

En Ciència s'accepta que qualsevol esdeveniment té unes causes i provocarà unes conseqüències i també s'accepta que la percepció d'aquestes garanteix que ha tingut lloc l'esdeveniment, o que la presència i coneixement de les causes permet preveure les conseqüències; per tant un objectiu important de la Ciència és estudiar les causes i conseqüències dels fenòmens del món físic, i adquirir la capacitat de preveure o imaginar aquestes últimes. Totes aquestes idees són presents en l'ensenyament de les ciències.

Resulta clar que en l'activitat docent són molt abundants els enllaços de successió; de manera general s'estableixen relacions entre la formació d'un individu i el seu futur personal i laboral, i més concretament entre el treball personal i l'atenció a l'aula amb la formació i l'aprenentatge i entre aquest i l'activitat prèvia i les qualificacions finals (argument pragmàtic); i més concretament a les classes de ciències una part important de la tasca és determinar, o fer entenedores, les causes i conseqüències de qualsevol fet o fenomen, o d'una idea o teoria que s'estudii, i les relacions amb altres fenòmens que puguin tenir lloc o teories que es coneguin, ja que es té la convicció, i es vol transmetre, de que tots aquests enllaços existeixen, si bé pot ser difícil trobar-los o treballar-los i justificar-los en un nivell elemental d'ensenyament.

Per dur a terme o prosseguir els processos d'enllaç, sols es consideren les idees, els procediments i els mitjans que semblen raonables i/o pertinents i/o necessaris a l'orador, en relació a l'auditori i a la tesi o conclusió, i es rebutgen els que no semblen o es perceben com improbables. Aquesta selecció, que forma part del procés d'adaptació del discurs a l'auditori, també està afectada pel fet que un mateix esdeveniment es pot interpretar de maneres diverses, segons com es valorin les diferents característiques; l'orador estableix la interpretació que considera millor.

En l'anàlisi d'un discurs, i per tant del procés docent, cal valorar els mitjans emprats i els fins perseguits. Els mitjans es poden convertir en fins i aquests en valors. El propi

discurs es pot tractar com un fet que té conseqüències, com una conseqüència d'un esdeveniment anterior, com un mitjà o com un fi. Qualsevol currículum i el seu desenvolupament implica un procés de selecció molt important que es fa en funció dels objectius que es volen assolir. En Ciència i en el seu ensenyament es valoren o es consideren i estudien hipòtesis, fenòmens, lleis i teories i si les conseqüències que se'n deriven són les esperades o desitjades. Valorar un fet o una teoria o atribuir-li característiques a partir de les conseqüències que es coneixen es pot denominar **argument pragmàtic**.

Un altre argument de successió que no posa en primer pla la idea causa-efecte és el que es pot denominar **d'aprofitament**: ja que que s'ha arribat fins a un cert punt, o fet una part d'una feina, és millor proseguir fins al final que deixar perdre la tasca feta. Aquest argument s'utilitza per animar l'alumnat a finalitzar una tasca, o continuar treballant un tema, o a seguir intentant resoldre un problema, i de manera general a continuar estudiant i acabar un curs o un cicle educatiu.

En el cas d'argumentacions en les que les situacions inicial i final estiguin molt allunyades, o que la transició sigui complexa o desperti animadversió, una tècnica argumentativa bàsica és descomposar el discurs en etapes més fàcils d'assimilar (de fet en tot discurs hi ha un progrés argumentatiu que permetria fer la descomposició esmentada) i per aquest motiu són necessaris els arguments de **direcció**: aquells que orienten el discurs d'una etapa a la següent, fan que les diferents etapes siguin solidàries i es percebin com un tot, exclouen els arguments que no es consideren pertinents, mantenen present l'objectiu final i impedeixen que el discurs s'aturi mentre no arribi a aquest últim objectiu. Una manera de mantenir la direcció del discurs és repetir periòdicament les conclusions desitjades i els objectius proposats; així, a més, es manté la presència del que és més rellevant del discurs.

Els arguments de **superació**, són relacions de successió que promouen anar superant etapes per arribar cada vegada a un objectiu més llunyà o superior o aproximar-se a un ideal. És a dir són arguments de direcció, que van reorientat el discurs, però sense explicitar un objectiu final preestablert. D'alguna manera proposen que sempre, en tots els camps, es pot arribar una mica més lluny.

Les qualitats d'una persona, el seu prestigi, fan valorar les dels seus actes i per les característiques d'aquests s'assignen qualitats a la persona. Es tracta d'enllaços de coexistència entre la persona i els seus actes, ja que es considera que aquests manifesten l'essència de la persona. Per aquest motiu per oposar-se a les idees d'una persona, si no es troben raons per fer-ho s'ataquen i/o ridiculitzen altres actuacions passades o el seu aspecte; si els actes passats o l'aspecte d'un orador no mereixen confiança, es conclou que el que pugui dir no mereix ser considerat. Desacreditar l'orador, sense rebatre el seu discurs, pot tenir els efectes desitjats en determinats auditoris, però en general desacredita a qui ho fa.

Els arguments que es fonamenten en el prestigi o rellevància d'una persona, d'un grup de persones, l'opinió de la majoria o el que és normal, d'unes creences o d'una àrea de coneixement, es denominen arguments d'**autoritat**. Es pot acusar els arguments d'autoritat d'impedir o dificultar, en molts casos, el progrés i/o evolució del coneixement humà o de la societat en general, ja que són la base del manteniment de l'ordre establert, el que ja és conegut i acceptat, en tots els aspectes.

Els arguments d'autoritat ocupen un lloc destacat en l'argumentació però, igual que altres arguments, estan subjectes als acords orador-auditori. En el camp de les ciències és freqüent recórrer a autoritats específiques per a cada tema plantejat, no existeix una autoritat acceptada en tots els camps. L'oposició o lluita contra els

arguments d'autoritat va associada a la defensa d'altres autoritats existents o que es volen crear.

En la tasca docent l'argument d'autoritat, de la jerarquia acadèmica o de la ciència, és un recurs constant, que en molts casos cal considerar indispensable ja que no tot i sempre es pot argumentar i menys a nivell elemental. Aquest recurs pot adoptar una forma curiosa: si la professora diu a l'alumne "no entenc el que dius", no vol indicar que ella poseeix escassa capacitat de comprensió, sinó que exigeix més explicacions a l'alumne. A nivell individual es pot dir que els coneixements o idees prèvies constitueixen un argument d'autoritat que fan possible o impedeixen l'adquisició de nous coneixements.

Una derivació dels arguments d'autoritat serien els que poden denominar-se de "doble jerarquia", que són els que oposen una jerarquia establerta amb la que es vol imposar. En l'evolució de la Ciència en serien exemples els enfrontaments entre paradigmes mentre coexisteixen; en l'ensenyament es produeix l'oposició entre "ciència popular" i "ciència acadèmica" i també entre ordre proposat pel docent i el proposat per l'alumnat.

En l'ensenyament de les ciències, els arguments basats en l'estructura de la realitat són necessaris i inevitablement abundants i es podrien agrupar en dues categories: *relatiu al món perceptible i al món no perceptible*. Aquests últims també es podrien diferenciar en dos grups: relatiu al món físic microcòsmic i relatiu a lleis i teories.

El tercer tipus d'estructures o arguments d'enllaç proposades per Perelman són les que denomina com "*destinades a fonamentar l'estructura de lo real*" i indica que es poden basar en un cas particular (exemple, il·lustració o model) o en analogies. L'argumentació basada en un cas particular planteja el problema de la validesa de la generalització per inducció; passar d'un cas particular a una norma general es fa "per inèrcia", però aquesta qüestió no es discuteix en un discurs.

En ciències els casos particulars es consideren *exemples*, si poden conduir a la formulació d'una llei o al coneixement i comprensió d'una estructura, o *il·lustracions*, si posen de manifest o fan més assequible quelcom ja conegut, o apliquen una llei o norma establerta. Els exemples proporcionen els fonaments de les normes generals, mentre que les il·lustracions són casos particulars que volen incrementar l'adhesió a una norma tot fent-la més present.

Les narracions i descripcions del discurs docent serveixen per donar cos a exemples i il·lustracions, i l'ordre d'aparició al llarg del discurs pot fer que s'assigni una o altra categoria al cas particular descrit. Si s'expliquen uns quants fenòmens particulars que presenten similituds, es pot considerar que es pretén siguin exemples que condueixen a la norma general, si es descriu un sol fenomen aïllat, probablement l'objectiu sols és informar d'una norma, il·lustrar-la o fer-la més present en la consciència de l'auditori. Aquesta distinció entre exemple i il·lustració fa que el primer s'hagi d'elegir de manera que sigui inqüestionable, de validesa probada, mentre que la segona ha de procurar ser més impressionant pels sentits, encara que la seva validesa sigui dubtosa.

Una altra forma d'argumentació per un cas concret és proposar models o antimodels a seguir o rebutjar. El prestigi d'una persona la pot conduir a servir, o a ser utilitzada, de model de conducta: seguir o adoptar el model és una garantia de conducta adequada. La Ciència construeix models, ajustar les explicacions de fenòmens als models creats dona força als arguments, els fa més fiables. En relació al discurs docent també hi ha models de conducta tant per a l'orador com per a l'auditori, i per aquest el docent és, o pretén ser, un model.

Les analogies estableixen relacions de semblança entre el que s'argumenta i la realitat, però de manera que aquesta és d'un camp allunyat del que s'argumenta.

Per aquest motiu, encara que les analogies poden fer el discurs molt més atractiu i entenedor, es poden posar moltes objeccions al seu ús com a mitjà de prova. Perelman considera que són més un mitjà per posar de manifest la inventiva de l'orador que d'arribar a conclusions convincents. Ja s'ha comentat que en molts aspectes les analogies també es poden considerar arguments quasi-lògics. Si el discurs i la realitat amb la que es troben relacions de semblança són de camps pròxims, llavors es pot parlar de raonament per exemple o il·lustració.

L'analogia implica establir relacions entre tres o quatre termes :

A és a B com B (oC) és a D

A més d'una relació de semblança entre elements, s'estableix una semblança de relacions: per exemple, en l'ensenyament de l'electricitat s'estableix la relació electricitat-conductor amb aigua-tub (o riu) i així es parla de "corrent", tant d'aigua com d'electricitat.

En les ciències l'analogia dona suport al pensament creador, no pot ser un mitjà de prova però pot permetre, o conduir a, establir relacions de semblança i fer-les entenedores: a química les analogies permeten establir semblances entre elements i arribar a la denominació de "famílies d'elements."

L'analogia no té un límits ben definits en relació a la metàfora; tota analogia es pot convertir en metàfora. Aquesta es pot definir com un canvi encertat i imaginatiu del significat d'una paraula o d'una locució, i també com una "analogia condensada".

L'argumentació també ha de posar de manifest les ruptures o dissociacions entre nocions o fenòmens que es consideren o semblen units. A ciències és habitual presentar temes o problemes aïllant variables, estudiant-les per separat, com si fossin independents i, gràcies a l'argumentació, establir si ho són. Una dissociació que cal evidenciar a les classes de ciències és la que hi ha entre les creences, imaginacions, percepcions o aparences i la realitat que s'estudia i intenta entendre; acceptem que la realitat és coherent i no es produeixen fets incompatibles, però les aparences si que poden no ser coherents: una persona que es veu en un mirall, no està al darrere d'aquest; un regle parcialment submergit en aigua sebla doblegat, però ...; la matèria sembla contínua...; una casa llunyana sembla petita.... Moltes experiències classificades de "ciència divertida" es basen en l'oposició aparença-realitat.

A classe també cal separar o fixar els límits entre teoria i pràctica, llei o norma general i exemple o il·lustració particular, subjectiu i objectiu, creença i ciència, mitjans i finalitat, observacions o dades i interpretacions, essència i accident...; al llarg de l'ESO s'han de delimitar els camps de les diferents ciències: física, química, biologia... i dintre de cada una d'aquestes s'han de multiplicar els processos de dissociació i ruptura per anar progressant.

1.6.6 La força dels arguments

La necessitat d'argumentar prové dels dubtes, o de la ignorància o discrepància, de l'audiència en relació a les tesis de l'orador i/o de la idea que aquest té de les característiques de l'audiència. L'objectiu de l'orador, el que guia el seu esforç per reduir les diferències que manté inicialment amb l'auditori, és trobar arguments forts, és a dir que aconseguixin resoldre els dubtes i persuadir o convèncer l'auditori; de totes maneres, la noció de força aplicada a un argument no és clara. La força dels arguments la determinen els auditoris i els objectius de l'argumentació i depén de les premisses, o de la manera com les percep l'auditori: si són dubtoses, també ho són les conclusions. També, com observen Perelman i Olbrechts-Tyteca, la força d'un argument està influïda per la seva posició en el discurs i el seu entorn. Dins d'aquest cal tenir present el llenguatge no verbal que l'acompanya.

Perelman indica que per valorar la força d'un argument es pot aplicar la "regla de justícia": el que en una certa situació ha estat eficaç, també ho ha de ser, o semblar, en una situació similar o anàloga. I proposa que en tots els casos la força d'un argument va lligada a l'adaptació a l'auditori i a la predisposició d'aquest a acceptar la conclusió.

En general l'orador atribueix més valor o força als seus arguments que la que els hi concedeix l'auditori. Les raons que l'auditori descobreix per si mateix, o que l'orador té l'habilitat de presentar-les així, acostumen a ser més convincents que si sols són enunciades. En aquesta idea es basa l'ensenyament per descobriment.

En relació al discurs docent el treball a l'aula i a casa ha de reforçar les premisses; superar un curs, "aprovar", vol dir haver assimilat les tesis o conclusions d'aquest i haver establert les premisses del següent.

La força d'un argument també es fa palesa per la dificultat de refutar-lo o de refusar-lo i la seva resistència a les objeccions. No és habitual que els alumnes posin espontàniament objeccions explícites a l'argumentació docent, però sí que les posen implícitament en funció de les seves idees o creences i interessos.

Un argument sòlid ha de ser eficaç (aconsegueix l'adhesió) i/o vàlid (pot aconseguir l'adhesió, és útil a l'objectiu proposat). L' "evidència", racional i/o sensible, és simultàniament un argument eficaç i vàlid; de totes maneres el que és evident per l'orador pot no ser-ho per l'audiència, ja que en general l'orador sobrevalora la força dels arguments i de les evidències que proposa (tothom recorda haver sentit "és evident" o "evidentment" en molts discursos inintel·ligibles i el professorat acostuma a repetir-ho a les seves classes). També gaudeixen de més eficàcia els arguments que entren dintre del que es considera "normal", coneixements coneguts o ciència o creença acceptada, de "sentit comú" o és perceput com "útil".

Les evidències proporcionades pels sentits s'accepten fàcilment com certes per si mateixes, sense necessitat d'explicacions, per tant es poden considerar "arguments forts", però part de l'argumentació de les classes de ciències ha d'anar dirigida a rectificar els errors d'interpretació, des del punt de vista de la Ciència, que es fan de les percepcions dels sentits. A classe es poden mostrar moltes imatges que es veuen i/o s'interpreten de diferents maneres segons com es mirin, o que són planes i semblen tridimensionals, o es pot fer la senzilla experiència de posar les mans en aigua freda i/o calenta i després en aigua tèbia.

Les diferents premisses i arguments que s'enuncien en un discurs interaccionen constantment i el seu valor dintre del conjunt, o del context, pot ser molt diferent del que aquests elements tenen per separat. Aquí rau la importància de l'ordre o disposició dels arguments al llarg del discurs.

Si a cada argument se li pot assignar una força pròpia, hi ha tres ordres proposats per la retòrica clàssica: creixent, decreixent o reservant els arguments forts pel principi i pel final del discurs (denominat ordre homèric o nestorià en alguns tractats). Aquest últim és el més recomanat pels diferents tractats de retòrica, ja que es basa en que l'atenció de l'auditori és màxima al principi i al final del discurs. Aquesta ordenació també està guiada per l'adaptació a l'auditori. L'ordre creixent és el que inicia el discurs amb els arguments considerats més febles i deixa pel final els més forts amb la intenció de deixar una última impressió més perdurable. L'ordre invers, decreixent, es basa en la idea de que són les primeres impressions les més importants per atreure, motivar, l'auditori.

En el discurs docent no es pot seguir estrictament cap de les tres disposicions anteriors, ja que en molts casos hi ha un "ordre natural", que pot ser cronològic o per dificultat de comprensió creixent dels arguments.

Una manera d'interaccionar els arguments i reforçar-se mútuament és pot denominar **convergència**. Si diferents arguments arriben a la mateixa conclusió augmenten la seva versemblança, ja que sembla raonable que no puguin ser tots erronis; així si una opinió és compartida per moltes persones es reforça l'opinió individual coincident, i l'enumeració o descripció de fets semblants permet reforçar la idea d'una llei general; és el fonament del raonament inductiu.

Un motiu que pot fer necessària la convergència o acumulació d'arguments és la diversitat de l'auditori: no tots els arguments són vàlids o estan adaptats a totes les persones de l'auditori, per tant si es multipliquen els arguments és més fàcil que arribin a totes les persones. L'acumulació, repetició o redundància no es justifica en una demostració però sí en l'argumentació.

Aprofundir en l'estudi de qualsevol camp del saber humà proporciona, no sols el coneixement dels fets i teories o veritats de la ciència concreta, sinó també la capacitat d'apreciar la fortalesa o debilitat dels arguments emprats en els discursos relatius a aquesta ciència.

2. Treball dut a terme

2.1 Disseny del pla de treball

El treball ha consistit en l'estudi dels recursos comunicatius emprats a l'ESO i al Batxillerat, en relació a la construcció de significats en l'ensenyament de les ciències, a partir de gravacions en video de classes impartides per personal docent experimentat. L'anàlisi s'ha centrat en el discurs del docent, i si bé inicialment es plantejà també estudiar les intervencions de l'alumnat per intentar determinar l'efecte d'aquest discurs en la construcció de coneixement, en les gravacions disponibles, a causa de l'escassetat d'intervencions dels alumnes i la manca d'un micròfon que les enregistrés amb qualitat, en general no ha estat possible.

El Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals de la Universitat de Barcelona disposa d'un fons de gravacions en video de temes de física i química impartits per professorat amb experiència a l'ESO i al Batxillerat. De les gravacions existents s'han seleccionat les que s'han considerat més adequades per al treball proposat. L'objectiu d'aquest era estudiar la utilització dels recursos comunicatius a les classes de física i química sense distorsionar l'activitat a l'aula, deixant clar que no es tracta d'avaluar ni al professorat ni a l'alumnat.

Els enregistraments s'havien fet amb dues càmeres de video fixes a l'aula. Una enfocada a la professora o professor i l'altra a la pissarra per enregistrar les representacions que s'hi fan. La veu del professor o de la professora es recollida amb micròfons sense fils.

El treball s'inicià amb la recerca bibliogràfica a les revistes especialitzades i per internet de les investigacions fetes sobre la comunicació, retòrica i argumentació a l'ensenyament de les ciències, i especialment en la docència de la física i la química, i conduí a donar prioritat a l'intent d'aplicar la Teoria de l'Argumentació de Perelman (1989) a l'estudi que es volia dur a terme, enlloc d'aplicar el model descrit per Ogborn (apartat 1.3.1) com inicialment s'havia plantejat.

Simultàniament, es procedí a una "anàlisi exploratòria de dades" durant la qual es revisaren les gravacions de les classes de Física i Química de l'ensenyament secundari, impartides durant aquests últims cursos, que es conserven al Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica (DCEM) de la Universitat de Barcelona.

Aquesta etapa del treball va ocupar bàsicament el primer trimestre, i va servir per obtenir informació del material disponible i efectuar una primera anàlisi ràpida, i decidir quines gravacions s'estudiarien amb profunditat. En l'aspecte bibliogràfic, aquest trimestre es dedicà especialment a estudiar el "Tractat de l'Argumentació" de Perelman que es volia utilitzar com a base del treball posterior.

Es considerà oportú estudiar classes de nivells i estils ben diversos, per aquest motiu inicialment es seleccionaren les gravacions corresponents a quatre temes diferents de diferents nivells, si bé per raons de temps sols s'han pogut treballar les corresponents al tema de "la llum" d'un crèdit variable de 1r d'ESO (dues hores de classe) i de "l'estructura de l'àtom" de segon de Batxillerat (dues hores de classe). També s'ha estudiat parcialment un altre tema "el canvi químic", que fou impartit a un nivell

equivalent a 2n d'ESO d'una escola anglesa i és analitzat en un treball de Scott i Mortimer (2002) des d'una perspectiva molt diferent a la que aquí es proposa.

La transcripció fidel d'una hora de classe requereix el visionat de la cinta diverses vegades per intentar captar bé tots els procediments comunicatius que es produeixen a l'aula, i el temps necessari per fer-ho es pot allargar imprevisiblement segons transcorri la classe. L'anàlisi de les transcripcions també requereix repetir el visionat de les gravacions, i cada vegada es capten nous detalls, aspectes o matisos que poden ser importants per la tasca que es realitza i havien passat desapercebuts.

Les últimes setmanes del període de llicència s'han destinat bàsicament a escriure la memòria final i a revisar, completar i aprofundir les diferents parts del treball .

2.2 Metodologia emprada.

La investigació que es plantejà i s'ha dut a terme és bàsicament qualitativa, ja que és la més adequada al tipus de treball que es volia realitzar (en aquest punt hi ha acord entre diversos autors que han reflexionat sobre metodologia de les investigacions : Pérez Serrano G., 1994; GoetzJ i LeCompte ,1988) ; s'aprofundí en principi en el model descriptiu d'Ogborn sobre l'explicació a les classes de Física i Química de l'Ensenyament Secundari i a continuació en el Tractat de l'Argumentació de Perelman per iniciar l'anàlisi dels recursos retòrics i argumentatius del discurs docent. El treball realitzat és qualitatiu tant en la recollida de dades com en l'anàlisi d'aquestes per a extreure'n resultats.

Seguint la caracterització que presenta Del Rincón (1997), el treball plantejat participa de les característiques de les investigacions que volen **comprendre** i també que volen **valorar i prendre decisions**. S'orienta a la comprensió del què passa a la classe de ciències, centrant-se en l'actuació del docent com a mediador en la construcció de significats científics, i té el punt de partida en la "teoria de l'argumentació" de Perelman i també es pretenia valorar aquest model com a instrument descriptiu de les explicacions en les classes de ciències.

L'anàlisi de dades en investigacions qualitatives inclou tres aspectes:

- *simplificació de dades*
- *ordenació i presentació de dades*
- *obtenció i verificació de resultats*

que s'interrelacionen entre sí i que serveixen de guia per al tipus d'estudi que es plantejà.

En general les investigacions qualitatives orientades a la comprensió no segueixen un model linial; es pot dir que tendeixen a un model cíclic en espiral. Sovint els resultats d'unes primeres anàlisis fan redefinir el problema i els objectius de la recerca; així implica que en molts casos s'hagi de tornar a recollir informació i reiniciar l'anàlisi. Així es va aprofundint en el coneixement i comprensió de la realitat que es vol comprendre.

D'acord amb altres treballs d'aquest camp, el text transcrit es divideix en unitats elementals d'anàlisi, frases o grups reduïts de frases o intervencions breus del docent o de l'alumnat, que es numeren. Un grup d'unitats elementals que condueixen a una tesi o completen una activitat constitueixen un episodi i el conjunt d'aquest una classe o un tema. Dividir el discurs docent en episodis requereix visionar diverses vegades la gravació i estudiar la transcripció per ajustar-se al màxim a les intencions del professor o de la professora.

Per a cada episodi s'intenten establir i analitzar, d'acord amb el model proposat per Perelman i Olbrechts-Tyteca a la seva obra, les premisses, explícites i implícites, i les seves característiques, la tècnica argumentativa emprada i les tesis o conclusions.

2.3 Transcripcions i anàlisis.

2.3.1. Estructura de l'àtom

Es tracta d'un tema de Química impartit a un grup de 2n de batxillerat de Ciències per un professor amb més de 20 anys d'experiència docent.

El professor ha plantejat l'estudi de l'estructura electrònica de l'àtom en quatre classes. En les dues primeres s'han treballat els models atòmics fins el de Rutherford i els espectres; en les dues següents, que són les que s'analitzen a continuació, es tracta el model de Bohr , superficialment el de Schrödinger i es destina temps a la part mecànica de l'aprenentatge de la distribució d'electrons en l'àtom d'acord amb els valors dels nombres quàntics.

La primera anàlisi global es pot fer considerant que aquestes classes formen una sola unitat, i posteriorment anar dividint el conjunt primer segons les sessions de classe i aquestes en episodis concrets d'acord amb les tesis parcials que vagin sorgint.

La tesi explícita final de tota la unitat és:

“l'àtom és una estructura molt complexa, que requereix uns coneixements físico-matemàtics que no es poseeixen a 2n de batxillerat i que es pot explicar bastant bé amb el model de Schrödinger”

i al llarg de tota l'explicació es manifesta una tesi implícita, que probablement seria interessant fer-la explícita:

“la Ciència crea models explicatius del món que estudia i aquests models van canviant, a vegades de manera progressiva i altres de manera radical, a mesura que s'amplien els coneixements i la comprensió d'aquest món”

Les premisses inicials, relatives a “lo real”, de l'explicació són:

- *la matèria es formada per àtoms*
- *la Ciència pot explicar com són els àtoms*

La primera premissa es pot considerar un fet o una veritat, segons la perspectiva que es doni a l'explicació o als coneixements que s'atribueixin als alumnes, mentre que la segona entra en la categoria de presumpció; si bé aquesta premissa es presenta en molts casos com una “veritat”.

La tècnica discursiva d'aquestes classes es basa en la narració-descripció, seguint bàsicament un ordre cronològic, dels fets, fenòmens, idees i hipòtesis que anaven fonamentant els successius models, i en experiències que són, o poden semblar, allunyades de la realitat de l'àtom però que donen suport a analogies entre el món perceptible i el no perceptible pels sentits.

La selecció de les successives tesis/premisses s'ha fet tenint en compte els fets, fenòmens, hipòtesis i/o teories que es consideren determinants per a l'evolució dels models d'àtom; l'adaptació a l'auditori obliga a suprimir tot l'aparell matemàtic, indispensable i complex, dels últims models i dels fets i fenòmens que es descriuen com el camí per arribar-hi.

Aquestes classes es poden considerar un exemple de “classe magistral”, o una conferència, o un discurs quasi-monòleg i amb experiències “de càtedra”. Són intervencions “no dialògiques-autoritàries” del docent: l’auditori-alumnat realitza molt poques (7) intervencions, i breus, de qüestions secundàries; l’última d’aquestes intervencions, al final de la classe, pregunta els motius per gravar-la, el que posa de manifest que la presència d’una càmera d’alguna manera altera o condiciona el desenvolupament de la classe. L’orador-docent al llarg del discurs planteja preguntes sense esperar resposta. L’objectiu d’aquestes preguntes no és establir un diàleg real, que no és possible perquè els alumnes no tenen suficients coneixements i per tant no poden saber la resposta que el professor trobaria acceptable, sinó despertar interès, centrar o reconduir l’objectiu del discurs, i crear expectatives i/o la “necessitat de l’explicació” i també “donar presència” a les qüestions plantejades o a les “entitats que es van crear”.

Segons el model d’Ogborn, el discurs seria del tipus “narrador de contes”: s’expliquen o descriuen aspectes importants d’una part de la història de les teories atòmiques, amb l’objectiu de que l’alumnat ho vegi i ho pugui explicar com el docent. El recurs a fenòmens coneguts i a analogies i a experiències “de càtedra” és la “transposició didàctica” que fa el docent per adaptar, o fer assequibles, els coneixements a les característiques de l’auditori. Aquesta adaptació a l’auditori és l’aspecte que ressalta Perelman per valorar la bondat d’un discurs.

En aquest tema es posa especialment de manifest que el discurs docent moltes vegades no és ni pot ser demostratiu, sinó argumentatiu-persuasiu. El docent aporta exemples i/o il·lustracions i/o experiències que fan plausibles les conclusions que proposa, però que no són concloents; sols permeten intuir analogies entre el que és conegut o es percep i l’estructura de l’àtom. L’autoritat del docent és decisiva per aconseguir l’adhesió de l’alumnat a les tesis presentades. Tenint en compte que l’aprenentatge, o construcció de nous coneixements, es fonamenta en els que ja es posseeixen per comparació o establint analogies, resulta clar que l’assimilació d’aquest tema és especialment difícil.

També cal fer notar que a 2n de batxillerat amb sols 3 hores de classe de Química a la setmana, tenint en compte l’escassa formació prèvia de l’alumnat i un programa extens, que es vol i/o es necessari desenvolupar íntegrament, no hi ha temps per aprofundir o argumentar de forma completa les conclusions desitjades, ni per concedir massa protagonisme a les intervencions de l’auditori-alumnat.

A partir de les consideracions anteriors, es pot dir que el plantejament d’aquest discurs docent, per aquest tema, sembla adequat perquè:

- a) Està dirigit a un grup d’alumnes de 2n de batxillerat científic. Aquest és un auditori bastant homogeni, en principi té un grau de maduresa elevat o capacitat per entendre aquest tipus de discurs i la seva assistència és, relativament, voluntària; aquestes característiques es posen de manifest en el fet que el docent no ha d’intervenir ni una sola vegada per posar ordre.
- b) La duració de les intervencions del docent pot ser més gran a mesura que augmenta l’edat de l’alumnat
- c) El tema que es tracta no està gens pròxim a les percepcions de la vida quotidiana, no se’n poden tenir experiències sensibles ni resulta familiar, i se’n poden tenir molt escassos fonaments teòrics, i/o, fins i tot erronis, de cursos anteriors, ja que el temps que es dedica a l’ensenyament de la Física i de la Química al llarg de l’Ensenyament Secundari és insuficient.

- d) L'emissor del discurs, el docent, té autoritat intel·lectual suficient i reconeguda per l'auditori-alumnat.

La primera classe s'ha dividit en cinc episodis i la segona en tres que contenen, respectivament, 116 i 128 "intervencions elementals" que apareixen numerades.

1^a classe

Aquesta primera classe que s'analitza, tercera del tema que s'està tractant, s'ha considerat que es podia dividir, en funció dels continguts i/o tesis finals, en els cinc episodis següents:

1. Les ones i l'energia: intervencions del docent 1-16.
2. L'efecte fotoelèctric: intervencions del docent 17-48.
3. Teories de la llum: intervencions del docent 49-57.
4. Estructura electrònica de l'àtom; model de Bohr: intervencions 58-88. Primeres intervencions d'alumnes (62,66,82)
5. Complicacions del model de Bohr i acabament de la classe (89-116).

A aquests episodis cal afegir els que s'han estudiat en les classes anteriors i que són premisses per aquesta:

- a) model atòmic de Rutherford
- b) els espectres.

Els tres primers convergeixen cap el quart, que és el central o l'objectiu final de la classe; el cinquè episodi, que serveix per omplir els minuts finals de l'hora de classe, o fer de pont vers la classe següent, planteja les dificultats del model de Bohr i per tant (argument quasi-lògic) la necessitat de noves explicacions i d'arribar a un nou model que es tractarà més endavant.

La conclusió o tesi final d'aquesta classe es pot enunciar així:

"el model de Bohr és una millor explicació de l'àtom que el model de Rutherford, però té limitacions i cal trobar-ne un altre"

En cada episodi es determinen les premisses, la tècnica argumentativa i les tesis parcials que són premisses per arribar a la tesi final de cada episodi i aquesta es converteix en premissa per episodis posteriors.

Episodi 1

En aquest episodi, en el que sols intervé el professor, es recorda breument el que s'ha tractat en sessions anteriors. És la introducció al discurs que inclou moltes premisses implícites i alguna explícita: *les ones transporten energia i la calor és una ona*. Són premisses relatives a veritats i fets dels que en poden tenir evidències parcials pels sentits: notem la calor però no que sigui una ona.

A continuació es planteja l'argumentació dirigida a la tesi final d'aquest episodi: *les característiques dels àtoms determinen les dels espectres*. Es pot considerar que es dedica poc temps a l'argumentació tenint en compte la importància i no evidència de la conclusió; cal suposar la bona disposició de l'auditori per acceptar-la i la importància de l'autoritat del docent.

Professor:

1. *Bé, estàvem parlant l'altre dia de l'espectre electromagnètic... i ja sabeu que les ones transporten energia. En algun cas és evident, per exemple, la calor que ens ve del Sol.*
2. *També sabeu, per exemple, què és un forn de microones. Les microones transporten energia i per això escalfen els aliments; i no és tant evident que les ones de ràdio també tenen energia, perquè clar, si voleu escoltar la ràdio allò ha d'estar endollat o tenir una pila.*
3. *Doncs bé, ara veureu que sí, que les ones de ràdio tenen energia.*
4. *Aquí tenim un emissor que treballa aproximadament a 480 MHz i aquí hi ha un filferro amb una bombeta; ara connectaré el transmissor i observeu la bombeta. Aquesta s'il·lumina només per l'energia de les ones de ràdio que van d'aquí fins allà, eh? A aquesta distància encara està encesa.*
5. *Amb això també demostrarem una altra cosa. No és normal que un cos absorbeixi totes les radiacions. El més normal és que un cos només absorbeixi algunes radiacions.*
6. *Aquí tenim el mateix muntatge, però aquí, en comptes de ser un filferro fix és... són unes antenes que es poden fer més llargues o més curtes. A veure, si fem l'antena més llarga, això farà més llum o menys?*
7. *Doncs depèn. Si la fem molt llarga fa menys llum que si encertem la mida. Si encertem les dimensions la bombeta fa més llum. És a dir, no penseu que si tenim més antena... el cos està captant millor les ones de ràdio.*
8. *Ha de tenir unes dimensions determinades i això és lo que s'aplica també als àtoms.*
9. *Ara parlarem dels espectres: un àtom no pot absorbir o no pot emetre qualsevol tipus de radiacions, sinó només unes radiacions determinades. És lo mateix que li passa a això d'aquí.*
10. *Llavors, les antenes, quan es treballa amb ones de ràdio han de tenir unes mides determinades que estan relacionades amb la longitud d'ona. Concretament, aquí l'antena òptima,... l'antena òptima és d'aquesta mida. I és d'aquesta mida perquè la longitud d'ona és el doble.*
11. *És a dir, aquí estem treballant amb una longitud d'ona que és així. Llavors l'antena ideal és la meitat, eh?... és la meitat. Aquí tenim les mides més o menys encertades,... .. la bombeta s'encén bastant. Si les posem completament diferents, fixeu-vos, ara mateix molta antena però la bombeta ni s'encén, eh?... Si fem l'antena més petita, l'absorció és més petita.*
12. *Bé, també quan un cos absorbeix o emet ho fa amb diferents tipus d'ones de l'espectre.*
13. *Per exemple, aquesta taula és negra; si és negra què vol dir?*

14. *Que s'han absorbit totes les radiacions del visible, però com que nosaltres només veiem la llum visible, no sabem res de les altres radiacions. Si això és negre en el visible, pot ser que no sigui tan negre a l'infraroig o que no sigui tan negre a l'ultraviolat, per exemple.*
15. *És a dir, pot ser que absorbeixi tot el visible, però que no absorbeixi l'infraroig o que no absorbeixi l'ultraviolat.*
16. *És a dir, un cos normalment només absorbeix o emet unes determinades ones de l'espectre.*

El llenguatge del professor incorpora “arguments coactius” quan diu “*amb aixó demostrarem....(5)*”, ja que el que diu i fa a continuació il·lustra, però estrictament no demostra, la tesi que proposa (*un cos només absorbeix algunes radiacions...*). El fet de que el docent afirmi que d'aquella manera es demostra quelcom, indueix o coacciona l'alumne a creure que aquell procediment és una demostració: així es dona més importància o presència al que ha de venir, però pot contribuir a l'error de considerar que un cas particular, que pot ser una bona il·lustració o exemple, és suficient per fixar la validesa d'una llei general.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesis parcials/premisses
Les ones transporten energia(1) La calor és una ona (1)	Il·lustracions i exemples per establir analogies entre el món macroscòpic perceptible pels sentits i el microcòsmic no perceptible	Un cos només absorbeix o emet algunes radiacions (5) (16)
La ràdio i el forn funcionen per ones.(2) Les ones de ràdio tenen energia (3) Les antenes capten energia (4), (6) Existència d'espectres (9)	Nexe causal	L'absorció-emissió d'energia depèn de les dimensions (8)

Tesis finals

- Un àtom no pot absorbir o emetre qualsevol tipus de radiacions (9)
- Les característiques d'un cos determinen les de l'espectre (16)

Les premisses són del tipus “*fets i veritats*” i les tesis finals són “*arguments basats en l'estructura de la realitat*”.

Les tesis finals d'aquest episodi i les dels següents convergeixen cap a la tesi final del tema, que és la que domina el discurs docent.

Episodi 2

El segon episodi, que torna a ser protagonitzat exclusivament per la intervenció del professor, està dirigit a trobar una explicació-interpretació de l'efecte fotoelèctric.

Al llarg d'aquest episodi el professor formula algunes preguntes del tipus: *Què passa? i/o Com s'interpreta?*, i si bé l'alumnat podria respondre les primeres a partir del que observa, però no les del segon tipus, el professor no espera cap resposta i així pot dirigir el discurs pel camí més ràpid cap a la conclusió que desitja.

Professor:

17. *Ara anem a veure l'efecte fotoelèctric, que és una cosa molt senzilla i que es pot fer amb materials molt senzills si no s'han de fer mesures quantitatives. Bé. En primer lloc aquí tenim un trasto que es diu electròmetre. Com podeu veure l'he fet jo mateix. Per a què serveix un electròmetre?*
18. *Doncs un electròmetre mesura dos tipus de coses: o bé el voltatge o bé la càrrega elèctrica. És capaç de mesurar les dues coses. Aquí tenim una làmina de zinc. Frego la làmina de zinc amb paper de vidre. Per què l'estic fregant amb paper de vidre?*
19. *Perquè sigui conductor. El zinc com el tenim no és molt bon conductor; la superfície aquesta... el zinc és un metall reactiu i reacciona amb facilitat amb l'oxigen de l'aire. Llavors damunt del zinc sempre hi ha una capa d'òxid que és transparent. Aquesta capa d'òxid és molt prima. Normalment no molesta per res, però si el que pretenem és que per aquí surtin electrons, pot ser que aquesta capa d'òxid no els deixi sortir,... llavors el que fem amb el paper de vidre és eliminar aquesta capa d'òxid, eh?*
20. *Ja ho tenim, els hem rascat i ara el connectem aquí a l'electròmetre. Apart de l'electròmetre, això ara ho carregarem i després li posarem la làmpada ultraviolada. Bé, la làmpada ultraviolada és això d'aquí.... Hi ha diferents tipus de làmpades..... aquesta que veieu té molt poca potència, només 8W, se'n diuen germicides d'aquestes làmpades.*
21. *Aquesta làmpada fa una miqueta de llum, que per això es veu de color blau el cel, i apart d'una mica de llum visible, fa llum ultraviolada. Hi ha unes altres làmpades que són negres, no deixen sortir la llum, però aquí no serveixen perquè no deixen sortir els ultraviolats d'alta energia.*
22. *Aquí ens interessen els ultraviolats de l'energia més alta que podem tenir. Ara això s'ha de carregar. Per carregar això hi ha diferents procediments: es pot fregar un plàstic, acostar-lo i tocar..... s'arriba a carregar, però aquí tinc una cosa que encara és més eficient que això. És aquest aparell. Ara simplement faré pressió i fent pressió això s'ha quedat carregat. Si toco es descarrega.*
23. *Això havia quedat carregat positivament. Com que joestic en contacte amb el terra, i el terra està a potencial zero... llavors els electrons passen des del terra fins aquí mitjançant el meu cos que és conductor.... De manera que això queda neutralitzat, queda descarregat. Si l'haguéssim carregat en positiu... seria igual i llavors els electrons passen cap a terra, eh?..*
24. *Bé, si això ho carreguem.... Si això ho cargolo afluixant, carrega positivament... i això és el que farem després. Torno a carregar-ho, per veure una cosa preliminar. Va, si el tenim carregat... ara està carregat positivament i li acosto un encenedor encès..... això es descarrega.*

25. Ara està carregat negativament i ara ho provarem de tenir-lo carregat positivament. Això si es fa un curtcircuit i després s'afluixa... carrega positivament. Torno a fer el mateix i es descarrega. Què passa? Ah?
26. A veure, això que estem veient no és l'efecte fotoelèctric. La temperatura de la flama no és molt alta... de manera que no es produeix llum ultraviolada eh? ...i ja us vaig explicar que necessitem llum ultraviolada. La llum normal no fa res. Després la cosa quedarà més clara.
27. Simplement, lo que estem fent ara és un efecte tèrmic. La flama té una temperatura suficient per arrencar electrons a les molècules de l'aire... de manera que queden ions positius.... Els electrons que surten per l'acció de la flama.. els capten altres molècules que es transformen en ions negatius. Si l'electròmetre el tenim carregat positivament, què fa?
28. Atreu les càrregues negatives i repel.leix les positives. Les càrregues negatives es dipositen sobre l'electròmetre i van neutralitzant la càrrega que té... i es descarrega. Quan això està descarregat no té capacitat ni per atreure ni per repel.lir, eh? I el procés aquí s'acaba.
29. Per tant amb la flama això s'ha descarregat tant quan es positiu com quan es negatiu.
30. Però ara ho farem amb la llum ultraviolada. Començarem tenint això carregat positivament. Si ho vull carregar positivament he d'apretar... això tant misteriós es lo que hi ha a dintre d'un encenedor de cuina. És una ... hi ha una peça que està aquí dintre i conté ceràmica piezoelèctrica
31. La ceràmica piezoelèctrica... si se li aplica una pressió, una cara es carrega positiva i l'altra negativa..., però si enlloc d'aplicar-hi una pressió la descomprimeixes.. és a l'inrevés: la cara que abans es carregava positiva ara es carrega negativa. A més és capaç d'arribar a uns quants milers de volts. Pot arribar a més de 10000 volts eh? ... la descàrrega d'un encenedor de cuina. Fent més o menys pressió faig més o menys càrrega o el que és equivalent més o menys voltatge.
32. Ara doncs he apretat, faig un curtcircuit i ara afluixaré ràpid. Afluixant ràpid això s'ha carregat positivament i ara encarem la làmpada ultraviolada a la làmina de zinc... a certa distància..... això no funciona..... Ara esperem una mica....., no, això no funciona bé, eh? No home, no, no.. Ara estava carregat negativament, que m'he equivocat.... m'he equivocat, negativament.
33. Què ha passat amb l'electròmetre?
34. Que en pocs segons s'ha descarregat. (11:05)
35. Ara ho carregaré positivament. Per carregar-ho positivament, el que he de fer és simplement apretar. Vaig apretant fins que això marqui suficient. Bé... ja ho tenim carregat positivament. Ara torno a posar la làmpada a certa distància, engego.... bé ara ja està funcionant. Van passant els segons i l'electròmetre no se n'entera, no es descarrega... En canvi amb l'encenedor sí que es descarrega i tocant amb el dit també.
36. Tornem a carregar negativament i llavors expliquem el que està passant. Per carregar negativament, primer apretar, fer un curtcircuit i després afluixar ràpid..

bé, ara està carregat negativament. Tornem a provar-ho per estar segurs del que està passant. Bé, ... un, dos, tres... la làmpada s'encén quan li sembla... atenció! Ja està!.. Tres segons i es descarrega.

37. *Com s'interpreta això?*
38. *Doncs molt senzill. Ja sabem que les úniques càrregues que es poden moure amb facilitat són les càrregues negatives i llavors... aquí tenim zinc.... Si això està carregat positivament no passa res i si això està carregat negativament sí, es va descarregant.*
39. *Lo més fàcil es suposar que aquí surten electrons. Ja sabem que els electrons es poden guanyar o perdre amb facilitat. Llavors això s'interpreta.. que a l'incidir la llum ultraviolada... els electrons surten disparats. Això és l'efecte fotoelèctric.*
40. *Quina altra hipòtesi es podria fer?*
41. *Es podria fer la hipòtesi de que la llum ultraviolada porta càrrega elèctrica. Que portés, per exemple, càrrega elèctrica positiva.*
42. *Però és molt fàcil de veure que la llum ultraviolada no porta càrrega elèctrica positiva. Per exemple, no es desvia si tu la poses a una diferència de potencial molt elevada, o no es desvia al passar per un camp magnètic. Tot el que té càrrega i està en moviment, quan passa per un camp magnètic es desvia i si li poses una diferència de potencial també ho desvies.. i a la llum això no eh?.. Aquest experiment no l'hem fet perquè es dona per suposat que ja ho sabem. Per tant la interpretació seria aquesta.*
43. *I ara el que es realment important en l'efecte fotoelèctric és que els electrons surtin o no surtin no depèn de la quantitat de llum, perquè cada fluorescent és de 35 W i si això ho carreguem negativament no es descarrega amb la llum dels fluorescents.*
44. *Per què no es descarrega amb la llum dels fluorescents?*
45. *Perquè els fotons dels fluorescents són de llum visible, i els fotons aquests, cada fotó, no té prou energia per arribar a l'energia llindar. En canvi la làmpada ultraviolada només té una potència de 8 W, però els fotons que surten, pocs, ...cada un té l'energia suficient per superar l'energia llindar; i al superar l'energia llindar, quan dona castanya contra la placa de zinc per entendre'ns, els electrons surten disparats. Bé, ja heu vist l'efecte fotoelèctric, crec que podeu veure que no és res de l'altre món.*
46. *Quan es tracta de mesurar l'energia llindar,.... llavors això no es pot fer tant senzill, llavors el metall s'ha de tancar dintre d'un recipient de vidre, o sigui s'ha de fer una làmpada, i llavors es poden fer mesures precises de l'energia llindar. Fet així l'únic que es pot saber és això.*
47. *Bé, hi ha una cosa que no podreu contestar, però ja ho farà jo. Si la llum ultraviolada arrenca electrons, per què quan ho il·lumino.... ara que l'electròmetre està descarregat... Si il·lumino amb llum ultraviolada.... teòricament han de sortir electrons, però.. l'electròmetre s'hauria de carregar, però això no ho veiem... Si ara està descarregat i engego la llum ultraviolada i l'acosto a la làmina de zinc... això no es carrega.*

48. La resposta és la següent: aquest electròmetre tant senzill és poc sensible i comença a marcar amb dos mil volts, és a dir fins que no s'arriba a dos mil volts no es comença a veure que la làmina es mou, que la làmina se separi. És impossible que aquí la llum ultraviolada pugui provocar dos mil volts, per la senzilla raó de que l'energia dels fotons de llum ultraviolada és de pocs electronvolts. Posem per cas deu electronvolts..., la llum ultraviolada podria carregar fins a deu volts, no fins a dos mil. Si s'utilitza un electròmetre més sensible, que n'existeixen, llavors es pot veure que quan il·lumines l'electròmetre descarregat, es va carregant, eh? ... es carreguen sempre negativament... perdó, vull dir que es carrega positivament perquè van sortint electrons.. Aquí l'únic que hem fet nosaltres és descarregar. Era negatiu... doncs fem que aquestes càrregues negatives surtin disparades. El fet que sigui negatiu facilita que els electrons marxin, perquè els repel·leix eh?.. càrregues iguals es repel·leixen.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi parcial/premises
Funcionament de l'electròmetre (17-19, 34-36)	Enunciar l'objectiu final (17) Inducció per l'exemple	La llum ultraviolada descarrega l'electròmetre perquè n'arrenca electrons.(39,47,48)
Làmpada ultraviolada (20, 21)	Autoritat Nexe causal	La flama ionitza l'aire i aquest descarrega l'electròmetre (27)
Energia de llum ultraviolada. L'energia depèn de la freqüència (22, 45)	Hipòtesi (40-42)	El zinc s'oxida a l'aire i cal netejar-lo per fer-lo conductor(19). Energia llindar
Maneres de produir càrrega elèctrica		

Tesi final
Explicació de l'efecte fotoelèctric.(39,43-46)

Episodi 3

Aquest tercer episodi comença amb una pregunta, que com moltes preguntes al llarg d'aquest tema l'alumnat no pot respondre i que assenyala la fi de l'episodi anterior, que pot servir per despertar el seu interès: proposa determinar la importància, o trobar utilitat, al que estan estudiant. En principi remarcar la importància, les aplicacions o la utilitat dona força als arguments.

Repassa de manera breu idees i teories anteriors i, amb una altra pregunta que respon ell mateix, planteja la solució al problema de la naturalesa de la llum de manera molt ràpida i amb una premissa "plausible": *si quelcom manifesta, segons les circumstàncies, unes propietats o unes altres, és raonable o plausible pensar que les poseix totes simultàniament.*

Professor

49. Quina importància té l'efecte fotoelèctric?

50. Doncs la importància que té es que tira per terra totes les teories que hi havia sobre la llum, eh?
51. Ja vam veure que primer es considerava formada per partícules; després Huygens va demostrar que eren ones .. i les coses anaven molt bé. Després arriba arriba Einstein amb l'efecte fotoelèctric i torna a dir que són partícules a les que anomena fotons.
52. Llavors com quedem?
53. Doncs molt senzill: quedem amb una cosa que s'anomena dualitat ona-partícula. La dualitat ona-partícula significa que un cos, un objecte qualsevol, en certes condicions es pot descriure com una ona, o podem considerar que es comporta com una ona, i en certes condicions és més còmode per nosaltres considerar que es comporta com una partícula. Normalment això no passa simultàniament, és a dir, quan es comporta com una ona no es comporta com una partícula, i a l'inrevés, però qualsevol cos té aquesta capacitat i el que ho va estendre a qualsevol cos va ser el francès Louis De Broglie.
54. Com que amb l'efecte fotoelèctric ja s'havia vist que la llum podia ser tant una ona com una partícula, aquest senyor ho va estendre a qualsevol cosa i va dir: qualsevol cos es pot comportar com una ona o com una partícula.
55. Llavors, per exemple, un cotxe que va per l'autopista...Normalment és més fàcil considerar-lo com una partícula, eh? una partícula gran.... Un cotxe que va per l'autopista normalment és més interessant, és més fàcil, considerar-lo una partícula, però també es pot considerar una ona. Llavors si la considerem una ona hi ha una fórmula per calcular la longitud d'ona..... (escriu a la pissarra l'equació de De Broglie)..... h és la constant de planck, dividit pel producte de la massa i la velocitat. Si es fa el càlcul, després el farem, per un cotxe surten longituds d'ona tan petites que no es poden detectar de cap manera. És a dir, tu no pots detectar que un cotxe es comporta com una ona, eh? perquè surt una longitud d'ona molt petita.
56. Però si això ho apliques a un electró, que és una partícula típica, resulta que la longitud d'ona que surt ja és detectable, i en moltes condicions surt una longitud d'ona molt semblant a la de la llum. Gràcies a això existeix el microscopi electrònic. Un microscopi normal funciona utilitzant llum visible, però el microscopi electrònic funciona amb electrons que "treballen" com a ones eh?.. la idea és aquesta...(20 minuts de classe)
57. La longitud d'ona es mesura en metres, la "h" és la cèlebre constant de Planck: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, aquí la massa és la massa de la partícula, que com sempre utilitzem els sistema internacional i va en quilos i la velocitat, com és lògic, en metres per segon eh?

Aquest episodi finalitza establint premisses que són "veritats", teoria de De Broglie i de l'efecte fotoelèctric, que són necessàries per arribar a la fi del discurs.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi final
Teories de la llum (50, 51) Explicació de l'efecte fotoelèctric.	Autoritat Il·lustració (55-57)	Dualitat ona-partícula (53, 54) Teoria de De broglie (55-57)

Episodi 4

Com episodis anteriors, aquest comença amb una pregunta del professor que l'alumnat no pot saber respondre, però que serveix, com en l'episodi anterior, per justificar el que s'ha fet i dirigir el discurs cap a la conclusió u objectiu final d'aquesta classe: l'explicació del model de Bohr.

En aquest episodi hi ha, per primera vegada en aquesta classe, un parell d'intervencions d'alumnes. Aquestes intervencions no entren en el joc de l'argumentació sinó que sols volen aclarir petits dubtes.

Professor:

58. *Bé, quin interès té tot aquest rotllo?*

59. *Doncs molt senzill, que per explicar l'estructura electrònica cal acudir a això d'aquí. I ara anem a veure una mica com va començar això de l'estructura electrònica.*

60. *Observant els espectres, vaig explicar l'altre dia que cada element té un espectre característic.*

61. *Si mirem el sodi, per exemple, en el visible només veiem una ratlla groga.. però això en el visible. També el sodi, a suficient temperatura està ratllant a l'infraroig i ratllarà l'ultraviolat, etc... És a dir, que tingui una sola línia en el visible no vol dir que no hi hagin moltes línies a la part d'espectre que no veiem a simple vista..... Un altre.. mirant l'espectre de l'hidrogen, quan tenim hidrogen atòmic, que això és fàcil d'aconseguir, tu tens l'hidrogen en un tub i després, amb una descàrrega d'alta tensió part d'aquest hidrogen es transforma en hidrogen atòmic, és a dir es dissocia en àtoms. L'espectre de l'hidrogen atòmic és bastant simple: aquí tenim una línia roja, una línia verda i una línia lila. Bastant senzill. Això era d'esperar: l'hidrogen és l'element més senzill que hi ha , per tant té un espectre senzill. Fins aquí tot va bé.*

62. **(Alumne : primera intervenció)** *No era groc?*

63. **Professor:** *no, ara estic parlant de l'hidrogen. L'altre dia vam parlar del mercuri. El mercuri que hi ha al fluorescent, vist amb l'espectroscopi.. una línia lila, una de verda i una de groga carbassa. Però ara estem parlant de l'hidrogen.*

64. *I per què estic parlant de l'hidrogen?*

65. *Doncs pel que vindrà després. Es tracta d'un espectre relativament senzill. A part del visible, l'hidrogen radia l'infraroig i radia l'ultraviolat; o sigui que hi ha moltes línies., però dintre de tot l'espectre de l'hidrogen és senzill. Es va aconseguir resumir totes les línies de l'espectre de l'hidrogen amb una equació senzilla, i això ho va fer Rydberg basant-se en els resultats de diferents investigadors i la fórmula és molt fàcil.... (escriu l'equació a la pissarra) la inversa de la longitud d'ona és igual a la constant de Rydberg per l'hidrogen, per u partit per n_1 al quadrat menys u partit per n_2 al quadrat. Aquí, n_1 i n_2 són nombres enters i s'ha de complir que això sigui positiu.... És a dir que n_2 sigui més gran que n_1 .*

66. **Alumne:** *... ¿???*

67. **Professor:** Sí, tu vas donant valors aquí, per exemple, si n_1 és igual a 1, no pot ser 0 evidentment eh?...perquè 1 partit per 0 seria infinit. Si n_1 val 1 i tu a n_2 li vas donant valors: 2..., 3... i vas calculant les longituds d'ona, la longitud d'ona u , la longitud d'ona dos..... pots calcular, amb aquesta fórmula tant senzilla, totes les línies de l'espectre de l'hidrogen: ja siguin de l'infraroig, ja sigui del visible o ja sigui de l'ultraviolat. Van sortir totes segons els valors.... Ara del visible no me'n recordo, .. el visible em sembla que era quan n_1 val dos o tres. A veure si ho trobo. Sí, va ser el primer espectre que se li va poder trobar una explicació..., bé,.. una explicació experimental, de moment.
68. És a dir que amb una fórmula senzilla es podien calcular les longituds d'ona de les línies de l'espectre. Bé... el visible, ah! Això, el visible és quan n_1 val dos. Llavors si n_1 val dos vol dir que una línia la trobarem fent n_2 igual a tres, l'altra quatre i l'altra cinc...Mantenint aquesta que sigui dos tota l'estona. A partir d'aquí, si anem variant aquests números ja no donen línies de l'espectre visible. Donen línies de l'infraroig o de l'ultraviolat. Això .. depèn.
69. El fet de poder explicar amb una sola equació l'espectre de l'hidrogen va animar a estudiar els espectres d'altres àtoms.
70. Aquí, per exemple, hi ha elements que tenen un espectre molt complicat, eh?... Si mirem, per exemple, el neó, doncs hi ha un munt de línies una al costat de l'altra, sobre tot a la zona infraroja.
71. Aquí ara faltava una cosa: una interpretació de com es produeix aquest espectre i el primer que ho va poder interpretar, teòricament, com es produïen aquestes línies va ser Bohr. La seva teoria va tenir un èxit extraordinari, perquè per primera vegada s'havia trobat l'explicació a la misteriosa aparició d'aquestes línies...(esborra la pissarra i escriu el nom: Niels Bohr).
72. Niels Bohr era danès i se li va acudir el següent, que això es pot resumir en diferents postulats. Va interpretar l'àtom com un sistema planetari, és a dir, aquí teníem el nucli i aquí teníem els electrons donant voltes. Que un planeta doni voltes a l'entorn del Sol no és cap problema, però que una càrrega elèctrica faci una òrbita tancada sí que és un problema. Els que feu física, ja sabeu, que quan un cos descriu una circumferència aquí hi ha una acceleració que és l'acceleració normal. Resulta que si una càrrega està accelerada ha de radiar una ona electromagnètica. Una ona electromagnètica que pot ser de ràdio.. o pot ser, segons, de llum visible, etc .Aquí ja hi ha el primer problema. Si els electrons estan donant voltes entorn del nucli, han d'anar radiant energia electromagnètica, i si van radiant energia electromagnètica han d'anar perdent energia.. i l'electró ha d'acabar xocant amb el nucli. Això no passa. O sigui que si passés, això ho faria en un temps molt breu, eh? mil·lèsimes de segon encara no... Però això no té lloc.
73. Bé, això està en contradicció amb la física que es coneixia en aquells moments. Bohr simplement va dir que en el cas de l'àtom això no passava. És a dir : l'electró podia donar voltes tranquil·lament sense guanyar ni perdre energia. Aquest és un dels postulats de Bohr. És a dir, això és una explicació que es va treure de la màniga.
74. Bé, després tenim un altre postulat que diu que l'electró només emet o absorbeix energia quan salta d'una òrbita a una altra i després falta una altra cosa... que és que no estan permeses totes les òrbites, sinó que només estan permeses unes quantes òrbites d'energia determinada.

75. Anem a veure això primer. Això ens diu que l'energia de les òrbites està quantitzada... Bé, l'energia de l'electró, eh? quantitzat (ho escriu a la pissarra) .. Bé, una manera de recordar-ho és així: la longitud de l'òrbita, que si és circular seria dos pi pel radi, ... això seria el radi, multiplicat per la massa i la velocitat..., això seria la massa de l'electró, ha de ser igual a un nombre enter multiplicat per la constant de Planck.
76. És a dir que només són possibles les òrbites que compleixen aquesta condició. Què vol dir?
77. Que si aquesta òrbita , per exemple, està permesa.... Aquí probablement no hi ha cap òrbita permesa i la següent la trobarem a certa distància. Llavors l'electró, . quan l'electró està posat en aquesta primera òrbita té una energia, però si està posat a la segona òrbita, té una energia diferent, eh?. Per una sèrie de raons, com que la càrrega de l'electró i del nucli tenen signes contraris, aquestes energies són negatives.. de manera que a mesura que ens anem apartant.... En física s'agafa l'infinit com energia igual a zero, llavors aquí les energies són negatives.
78. Per exemple, aquí hi podria haver menys 10 electronvolts, la següent seria menys tres electronvolts..., és a dir, van variant d'aquesta manera. Quan tenim un número gran però negatiu, és que estem a prop del nucli i quan l'energia té un número més petit, negatiu igual, és que estem més lluny del nucli. L'electró està més lluny del nucli i, al final, quan l'electró està a l'infinit té energia zero, eh? . Això només depèn del conveni de signes que es fa a física. És a dir, si l'energia s'agafa zero a l'infinit, llavors això obliga a que les energies de l'electró siguin negatives. Si l'electró tingués la mateixa càrrega que el protó, aquestes energies serien positives, però al tenir càrregues contràries,... com que això depèn del producte de càrregues.. surt signe negatiu. (32 minuts de classe)
79. Llavors l'electró, segons l'òrbita on estigui, de moment parlant de l'hidrogen, és a dir, que només tenim un electró, no en tenim més d'un..., segons l'òrbita on estigui té una energia o en té una altra. Llavors l'electró només absorbeix o emet energia quan varia d'una òrbita a una altra.
80. Si l'electró salta d'una òrbita externa a una òrbita interna, llavors emet energia i aquesta energia l'emet en forma de fotó, en canvi si l'electró absorbeix un fotó, pot saltar d'una òrbita interna a una de més externa. Ara aquí fem incidir un fotó i llavors podem fer saltar un electró cap a una òrbita més externa.
81. O sigui, que hi ha emissió quan un electró salta d'una òrbita externa a una d'interna i hi ha absorció quan és a l'inrevés. Si hi ha absorció l'electró salta d'una òrbita interna a una òrbita externa.
82. **Alumne** : Això és l'electró?
83. **Professor** : Sí. Només pot haver-hi aquest salt de l'electró, cap a dintre o cap a fora, quan la diferència d'energies de l'òrbita coincideix exactament amb l'energia del fotó.
84. O sigui, e_2 menys e_1 , els subíndexs dependran de si estem en emissió o en absorció, ha de ser igual a l'energia del fotó, i com que l'energia del fotó ja sabem com es calcula, això també es pot escriure així, la diferència d'energia de les òrbites ha de ser igual a "h" per "nu" : constant de Planck per la freqüència de l'ona.

85. Què vol dir això?

86. Si nosaltres aquí fem incidir un fotó i l'energia que té aquest fotó no correspon exactament amb aquesta diferència d'energies, aquest fotó no és absorbit. Si aquest fotó té l'energia exacta que hi ha entre aquí i aquí, farà saltar l'electró a una òrbita més externa. Ara a l'inrevés: nosaltres hem donat energia a l'electró. L'electró està en una òrbita externa. Això no és lo normal. Lo normal és que l'electró estigui a l'òrbita més interna, que s'anomena fonamental eh?..... l'estat fonamental. Això seria lo normal. Quan l'electró està per fora, té un excés d'energia. Llavors l'electró pot saltar espontàniament a una òrbita més interna emetent un fotó..... i aquest fotó no pot ser de qualsevol longitud d'ona, no pot ser de qualsevol freqüència, només pot ser de tal manera que tingui l'energia exacta entre dos salts.. i així és tal com s'explica l'espectre de l'àtom d'hidrogen.

87. Només es produeixen les línies que corresponen amb diferències d'energia entre diferents òrbites. De les possibles òrbites, que són moltes, si l'electró salta d'aquí a aquí emet un fotó d'una determinada energia, però si salta des d'aquí fins aquí, com que el salt és més llarg, això correspon a un fotó de més energia.

88. Per exemple, el primer podria ser de llum visible. Aquest salt més llarg, que correspon a una diferència d'energia més gran, podria ser ultraviolat, eh?.... amb això queda explicat, doncs, l'espectre de l'àtom d'hidrogen i la importància que té el model de Bohr, és que va ser el primer que va poder explicar teòricament un espectre.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi
Conclusions d'episodis anteriors. Relació espectres/estructura electrònica (59,60,61) Radiació de càrregues elèctriques accelerades.	Exemple (61- 65) Il·lustració Rydberg (65-68) “ “ Bohr (78)	Model de Bohr (71,77)

Les premisses d'aquest episodi són “fets” (l'existència d'espectres) i “veritats” (les relacions dels espectres amb l'àtom i l'emissió d'energia per càrregues accelerades) i la tesi final es converteix en una veritat per a episodis posteriors.

Episodi 5

Explicat el model de Bohr, objectiu d'aquesta classe, s'inicia l'últim episodi amb una nova pregunta del docent que l'alumnat no pot respondre. En aquests minuts finals de la classe hi ha cinc intervencions d'alumnes que no són significatives pel desenvolupament del tema.

Aquest episodi és la conclusió de la classe i serveix per plantejar la necessitat de noves explicacions, o d'introducció a la propera classe.

Professor:

89. *Quina pega hi ha en tot això de Bohr?*
90. *El fet és que això de que una càrrega pot estar en moviment al voltant d'un nucli positiu s'ho inventa, i l'altra pega que té el model de Bohr és que quan això es va intentar aplicar a l'àtom d'heli, la cosa ja no va funcionar.*
91. *Si hem aconseguit explicar l'hidrogen quin és el segon element més difícil?*
92. *El segon element més difícil és l'heli. L'heli què té?*
93. *Doncs té simplement dos electrons, en comptes de... (esborra la pissarra).. l'hidrogen té un electró i un protó. L'heli és una mica més complicat: té dos protons i també dos neutrons. Aquests neutrons, com que no tenen càrrega elèctrica, doncs no tenen massa efecte, només fan que pesi més, i a més estan en el nucli,.. i llavors té dos electrons. O sigui que no hi ha massa diferència entre un àtom i l'altre: la principal diferència són aquests dos electrons. Doncs bé, quan es va intentar explicar l'espectre de l'heli no hi va haver manera... Això va ser molt sospitós, ja no diguem en àtoms més complicats. Ningú va aconseguir explicar els àtoms dels elements més complicats.*
94. *Mentrestant, la teoria de Bohr es va anant complicant, perquè resulta que si l'hidrogen el posem en un camp elèctric molt intens, les línies tant senzilles es desdoblen en altres i aleshores el nombre de línies es va multiplicant. Per resoldre aquests problemes el que van idear, principalment Sommerfeld, encara pensant que l'àtom era un sistema planetari, va ser dir que les òrbites podien ser el·líptiques a més de circulars, eh?. Bé, així s'explicaven algunes coses. I finalment, per acabar d'explicar aquestes complicacions dels espectres de l'hidrogen es va haver d'admetre que l'electró donava voltes sobre sí mateix, de la mateixa manera que ho fa la Terra en el seu moviment al voltant del Sol.*
95. **Alumne** : *Puc anar al lavabo?*
96. **Professor** : Sí, es clar.
97. *Amb això es van poder explicar les complicacions observades a l'espectre de l'hidrogen, però ja quan es va intentar amb l'heli no hi va haver manera eh?*
98. *Què volia dir això?*
99. *Que s'havia de trobar un altre model de l'àtom que l'expliqués i aquest model de l'àtom va portar, doncs, una sèrie de complicacions bastant grans. Això és el que va fer Schrödinger... que era austríac.*

100. **Alumne:** Sembla alemany el nom.
101. **Professor :** No, em sembla que era austríac. De totes maneres això és igual. Se li va acudir el següent: l'electró en el model de Bohr s'havia tractat com una partícula, eh? .. s'havia tractat com una partícula. De fet, es tractava com si fos un petit planeta i el nucli com si fos el Sol. La seva idea era tractar-lo com una ona. Com que ja hem vist allò que havia dit De Broglie que qualsevol cosa es podia considerar com una ona, se li va acudir, doncs, tractar l'electró com una ona.
102. Bé, aquí hi ha una altra complicació que no hem dit abans i que és el principi d'incertesa de Heisenberg. També se'n diu d'indeterminació.
103. La diferència que hi ha entre una ona i una partícula és que una partícula normalment té uns límits i està concentrada, diguem, en un punt. Està concentrada en una regió, però una ona no és ben bé així, ja que és una cosa més aviat dispersa en una regió. Si els cossos els comencem a tractar com a ones hi ha un problema que és el següent: Heisenberg va demostrar que no es podia mesurar amb molta precisió simultàniament la posició i la velocitat.
104. És a dir, que si la posició era molt precisa, si la mesura de la posició era molt precisa, la mesura de la velocitat ho era poc. Poc precisa vol dir que hi ha molta incertesa. I a l'inrevés: si la mesura de la velocitat era molt precisa, la mesura de la posició ho era poc. Això es pot escriure amb una fórmula que és la següent... Aquí l'increment vol dir incertesa.
105. **Alumne :** Què és la "x"? què és la "x"?
106. **Professor :** La "x" és la incertesa, l'increment de "x" és la incertesa de la posició. Això ja ho veurem en els problemes, llavors s'entendrà. L'increment e massa per velocitat ve a ser l'increment de la quantitat de moviment o, si voleu, la incertesa de la velocitat i això ha de ser més gran o igual que la constant de Planck dividit per dos pi. A vegades aquí se li posamés gran o igual que quatre pi... eh?... això no és que tingui massa importància.
107. Bé, en els problemes que us passaré... ara me'n recordo... posem un quatre pi. Això vol dir que el producte dels dos errors, si estem de sort, és igual a "h" partit per quatre pi. Però lo normal és que fem un error més gran. Això no és degut a que els aparells de mesura no siguin prou precisos; això es degut a que qualsevol cosa es pot comportar com una ona.
108. Quanta importància té això?
109. Això té molta importància en cossos molt petits, com ara l'electró. En cossos molt petits com ara l'electró significa el següent: si sabem on està l'electró no tenim ni idea de quina velocitat porta, i si sabem quina velocitat porta l'electró amb molta precisió, no tenim ni idea d'on està. Això és el significat que té en el cas dels electrons... que és el que ens interessa.
110. En el cas d'un cotxe això no té cap importància, per què?
111. Perque aquesta massa és molt gran i llavors la incertesa que hi ha en una cosa o en l'altra és tan petita que els aparells de mesura ja no poden ni mesurar-ho, eh?... No té importància, però en el cas d'un electró sí que té importància.

112. *A veure, abans d'entrar en el pròxim tema, agafeu el full de problemes que us he donat avui...Podrieu començar pel cinc,... bé,... catorze, quinze, setze...bé, de moment ja està bé.*

113. **Alumne.** *Pot repetir?*

114. **Professor :** *cinc, catorze, quinze, setze, eh?.. què no és el catorze? El no és la resposta. Vol dir que no és una cèl·lula fotoelèctrica capaç de detectar això. Ara tu has de ser capaç de detectar això. Ara tu has de pensar..... per què no? Bé, amb això pleguem per avui.*

115. **Alumne:** *per què ens estan gravant?*

116. **Professor:** *ah!... per un estudi sobre didàctica .*
(fi de la sessió als 47 minuts d'haver-se iniciat)

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi
Model de Bohr Hipòtesi de De Broglie Principi de Heisenberg	Autoritat Il·lustració	L'electró es pot tractar com una ona. Cal trobar un nou model d'àtom

Les premisses d'aquest episodi són veritats que l'auditori sols pot acceptar per l'autoritat del professor o de la Ciència, però que difícilment pot entendre. Per l'alumne, les tesis finals també són veritats que li cal admetre sense poder comprendre.

2^a classe

Aquesta classe és continuació de l'anterior que va finalitzar plantejant que el model de Bohr no era adequat per àtoms més complexos que l'hidrogen. Es creà la necessitat de noves explicacions a partir de la conclusió de la classe anterior i que és la premissa d'aquesta: "*Si el model de Bohr no serveix, cal crear-ne un altre*".

Aquesta classe comença amb una referència breu al model de Bohr per centrar el tema i a continuació enuncia les característiques del nou model d'àtom, model de Schrödinger basat en idees de De Broglie i de Heisenberg. Aquestes idees estan molt allunyades de la percepció quotidiana i de la possibilitat d'experiències escolars o d'intuir-ne aplicacions pràctiques, per tant el model es planteja com una "veritat" que cal acceptar i l'auditori-alumnat no està capacitat per proposar objeccions però sí per demanar aclariments.

L'aplicació del model a la distribució electrònica en àtoms concrets és un procés mecànic, senzill si s'entenen les normes, que permet i facilita intervencions de l'alumnat per demanar aclariments. L'alumnat pot no entendre o no creure el model, però, acceptant-lo com a premissa, saber aplicar-lo a distribucions electròniques concretes.

Un argument important per a l'alumnat d'ensenyament secundari és el d'*utilitat*; es planteja freqüentment: *Per a què serveix?, Quan, com o perquè em servirà?*; i es pretèn una resposta que vagi més enllà de la d'aprovar un examen. Molts temes es poden plantejar amb aplicacions a la vida quotidiana i/o com a base necessària per entendre els que vindran, però el model de Schrödinger que es tracta al batxillerat queda com el final complex de la història de l'àtom, que es pot acceptar com important per a la física superior i per estudis posteriors, però no necessari ni útil per a la vida ni per a l'ensenyament secundari. De fet, les "aplicacions" o "il·lustracions" que es proposen després d'enunciar-lo, distribucions electròniques i espectres, es plantegen habitualment considerant que l'electró és una partícula, no una ona, i des del model de Bohr, que de manera semblant al de Rutherford es pot comparar amb el sistema solar i per tant és més assequible a la imaginació que fa falta per fer una representació mental de l'àtom.

En aquesta classe i en l'anterior, a la pissarra s'hi escriuen símbols, alguna fórmula i línies tancades que volen representar formes de "superfícies límit", que s'assimilen a orbitals, però es fa un esquema de línies rectes per representar "nivells d'energia" i línies corbes entre les anteriors que indiquen els salts d'electrons. Respecte a aquests esquemes es pot dir que són un llenguatge visual que en certa mesura contradiu el verbal: s'insisteix que l'electró és una ona, no localitzada en un punt com una partícula, que està en una zona tridimensional denominada orbital, però l'esquema de nivells d'energia representa moviments entre punts concrets, que relaciona electró amb partícula, i entre línies precises, que es poden assimilar a òrbites.

Una primera anàlisi d'aquesta classe permet dividir-la en tres episodis que es numeren com continuació dels cinc de la classe anterior:

Model de Schrödinger : intervencions 1-13
Nombres quàntics i orbitals: intervencions 14-57
Estructura electrònica: intervencions 58-128.

L'episodi central d'aquesta classe és el primer i els altres dos es poden considerar aplicacions o il·lustracions que es deriven del model de Schrödinger.

Episodi 6

Es pot considerar el final de la classe anterior i el centre d'aquesta, ja que estableix l'últim model d'àtom que es tracta a l'ensenyament secundari.

Comença amb una referència al model de Bohr ("haviem vist...") del que es recorda que "no funciona" per àtoms amb més d'un electró i proposa l'acceptació del nou model a partir d'una experiència imaginària "plausible", però sense cap possibilitat d'una "evidència" perceptible. Per arribar al model de Bohr es van poder establir analogies amb models mecànics i/o perceptibles o acceptats i que poden entrar dins del "sentit comú": analogia amb sistema solar o amb l'absorció-emissió d'energia radiant per cossos o una antena; però pel model de Schrödinger les analogies a les que es pot recórrer, núvols d'electrons o acumulació de fotografies, requereixen un important esforç d'imaginació i d'acceptació de l'autoritat de la Ciència i del docent que l'explica.

El discurs és dens i amb idees que poden no ser versemblants pel "sentit comú"; és típic del tema que tracta i que dificulta la seva comprensió per l'alumnat, per tant aquest primer episodi acaba amb preguntes d'alumnes desconcertats, que afirmen que no ho entenen.

Per aclarir totes les entitats que es van creant és necessari el recurs a descripcions o "definicions descriptives": estat fonamental, superfície límit i orbital. Durant la descripció, el docent no es formula preguntes, com a tècnica discursiva que utilitza en els altres episodis, ni l'auditori les planteja.

Professor :

1. *Bé, a veure... havíem vist..... havíem vist el model de Bohr. Eh!.... treu els fulls.. un altre dia.*
2. *Bé, en el model de Bohr els electrons es movien en òrbites al voltant del nucli. Vam veure que això només funcionava per l'hidrogen. Quan l'àtom tenia més electrons i més protons això no funcionava. Llavors, l'altre model el va proposar Schrödinger que va aplicar idees de De Broglie sobre la dualitat ona-partícula. També, com a conseqüència del principi d'incertesa de Heisenberg, ara resulta.... resulta que aquí els electrons ja no es mouen en òrbites. Després vam plantejar unes equacions d'ona i en aquestes equacions ens donen diferents solucions que s'anomenen funcions d'ona.... Llavors a partir de les funcions d'ona es calculen les energies dels electrons.*
3. *Els electrons que es mouen amb una certa energia tenen preferència per moure's en una certa regió de l'àtom. Però ara ja no hi ha òrbites definides.*
4. *La idea és la següent: **imagineu-vos** que tenim un àtom i que fem una foto, en un moment determinat... per exemple a l'àtom d'hidrogen que només té un electró. En un moment determinat l'electró sortirà en aquesta posició. L'electró no es pot fotografiar, però és igual.*
5. *Ara **imagineu-vos** que fem una altra foto. L'electró potser ha sortit aquí. Si això ho anem repetint milions de vegades... veurem... i després superposem les fotos , veurem que prop del nucli hi ha un munt de punts.*

6. *Hi haurà algun punt molt lluny del nucli.. i conforme ens allunyem del nucli cada vegada hi haurà menys punts,.... o sigui que l'electró ... és prop del nucli, però com que ara la probabilitat de trobar l'electró no és mai nul·la, sempre el podem trobar encara que sigui lluny.... això es va difonent a mesura que ens allunyem. Això correspondria als electrons que es mouen amb un mínim d'energia.*
7. *Aquest mínim d'energia s'anomena sempre estat fonamental. L'estat fonamental és el que correspon a la "n" igual a 1 del model de Bohr, eh?...*
8. *A veure... no vol dir que els electrons no es moguin en òrbites, sinó que només es pot dir que els electrons es mouen en una regió i que segons com sigui aquesta regió hi ha més o menys probabilitats de trobar l'electró. Aquí l'equivalent de les òrbites són els orbitals.*
9. *Segons l'energia que té l'electró es mou en un orbital o en un altre. Un orbital és la regió de l'espai on hi ha entre un 90 o un 99%, bé, podem posar un 90 o un 99% de probabilitat de trobar un electró. Això vol dir que si agafem una probabilitat del 90%... vol dir que de cada 100 vegades, 90 l'electró estarà en aquesta regió i la resta, la resta... , les altres 10 està fora d'aquesta regió.*
10. *Llavors, els orbitals.. quan es defineixen d'aquesta manera, la corba que tanca aquesta regió, on hi ha el 90% de probabilitat de trobar l'electró se'n diu superfície límit i aquesta superfície límit sí que té una forma definida, però l'orbital en sí no, perquè l'orbital arriba fins a l'infinit.*
11. **Alumne:** *Què és la superfície límit?*
12. **Professor:** *La superfície límit és la corba que tanca la regió de l'espai on tens un 90% de probabilitat de trobar l'electró. Segons el criteri que utilitzis eh? aquest criteri té, per exemple, un 90% de probabilitat. Llavors és quan els orbitals aparentment tenen forma La forma no és l'orbital..., és la superfície límit. Bé, veig que això no ha quedat clar.*
13. **Alumne:** *No*

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesis
Model de Bohr: necessitat de modificar-lo Hipòtesi de De Broglie Principi de Heisenberg	Experiència imaginària Definició Autoritat	Model de Schrödinger

Episodi 7

Aquest segon episodi intenta aclarir el nou model atòmic i resoldre els molts dubtes que tenen els i les alumnes. L'episodi ha començat amb el reconeixement de les dificultats de comprensió per part de l'alumnat i per aclarir-ho el professor es va formulant preguntes al llarg del discurs que no dona opció a respondre. Per això s'insisteix en definicions (orbital) i s'il·lustra la distribució electrònica segons el model, explicitant els diferents valors que poden assolir els nombres quàntics.

Sembla difícil que l'alumnat pugui entendre el significat i implicacions d'aquests nombres, però és fàcil que aprengui la mecànica per trobar-ne els seus valors i aplicar-ho a la distribució electrònica.

14. **Professor:** Com que l'electró, a la pràctica s'està comportant com una ona, ara l'electró no està mai en una regió definida com una partícula, pot arribar a trobar-se fins i tot a l'infinit... de l'àtom.
15. A l'infinit hi serà poques vegades o quasi cap eh? Llavors els orb.... , les regions on podem trobar l'electró, per on es mou l'electró, se'n diu orbitals. Però aquest orbitals són infinits... , perquè clar, fins a l'infinit encara es pot trobar l'electró. No podem, no és pràctic, manejar orbitals que són infinits.
16. Llavors què es fa?
17. S'agafa només la part de l'orbital en la que a dintre hi ha un 90% de probabilitat de trobar l'electró, és a dir, que de cada 100 vegades, 90 trobaràs l'electró allí. Això ja és suficient . Llavors això té una superfície, és a dir .. d'aquí fins aquí està agafant un 90% de probabilitat i lo de fora és l'altre 10%. Això en aquest cas és una esfera, però ja veurem després que això de les energies pot tenir altres formes.... però aquesta forma és la superfície límit, no l'orbital. L'orbital no té cap forma perquè arriba fins a l'infinit.
18. Us queda una mica més clar això?
19. La diferència amb el model de Bohr és que a l'estat fonamental.... a l'estat fonamental l'electró s'hauria de moure en aquesta òrbita i prou, no es podria moure en cap més lloc. Doncs ara amb aquest nou sistema, amb la teoria de Heisenberg... un electró pot estar en qualsevol lloc d'aquí dintre i alguna vegada a fora. Això no és un error... en el sentit que l'electró va seguint l'òrbita, no. L'electró ara està aquí, ara està allà, sabem que es mou, però no sabem com passa d'un lloc a l'altre.
20. Aquesta és la diferència: no sabem com passen d'un lloc a un altre. Hi haurà un moment en que l'electró estarà aquí, per exemple... , hi haurà un altre moment en que l'electró estarà aquí.
21. Això és el que s'anomena orbital : una regió de l'espai on tens una certa probabilitat de trobar l'electró.
22. Si agafes la regió on hi ha un 90% de probabilitat de trobar l'electró, llavors aquesta regió està tancada per una corba i aquesta corba té una forma determinada..., ara veurem les diferents formes que pot tenir aquesta corba. Bé, ja hem vist la diferència ..., ara aquí ja no hi ha òrbites , els electrons es continuen movent..., segons l'energia de l'electró estan més o menys a prop del nucli i ara veurem de què depèn (esborra la pissarra)
23. Resulta que ... l'equació de Schrödinger només es pot resoldre exactament per a l'àtom d'hidrogen. Per altres àtoms s'han de fer aproximacions. Llavors quan es resol... les solucions de l'equació d'ona depenen de diferents nombres : les solucions depenen dels nombres quàntics.
24. El primer nombre quàntic es representa per "n" . Pot valer 1, 2, 3, 4, etc, és a dir nombres enters però començant per l'1. Això equival, més o menys, a la mateixa "n" que el model de Bohr, eh? Aquest s'anomena nombre quàntic principal. Aquest

el que dóna és l'energia de l'electró i llavors la grandària de l'orbital. La grandària de l'orbital, de fet, el que vol dir és que és la distància de la superfície límit al nucli. Llavors, l'altre nombre quàntic es representa per "l" i pot valer des de "0", passant per 1, 2, etc fins arribar a "n-1". Aquest és el nombre quàntic azimutal. Això el que dóna és el mòdul del moment angular, això no ens dirà gran cosa, i la forma de l'orbital. (fins aquí van 14 minuts de classe)

25. Després ve el nombre quàntic magnètic. La "m" pot tenir valors des de "menys ela" fins a "ela" passant per zero. Això de moment no s'entén, però ja ho entendreu. No us preocupeu perquè és bastant fàcil. Aquest nombre quàntic magnètic lo que dóna és l'orientació de l'orbital. Finalment ve el nombre quàntic "s" que és l'espín. Aquest nombre només pot tenir dos valors, o bé $\frac{1}{2}$ o bé menys $\frac{1}{2}$. El nombre quàntic espín determina la rotació de l'electró.

26. Això en el model de Bohr que Schrödinger va completar, es considerava que l'electró girava sobre sí mateix..., doncs ve a ser això en aquest nou sistema l'espín de l'electró: és a dir segons que l'electró giri cap a la dreta o cap a l'esquerra, és una manera de dir-ho. Bé, ara ja tenim els nombres quàntics, anem a veure els orbitals... quines formes tenen.

27. **Alumne** : L'espín què dóna?

28. **Professor**: Què?

29. **Alumne**: L'espín què dóna? L'espín què dóna?

30. **Professor**: L'espín només pot valer $\frac{1}{2}$ o menys $\frac{1}{2}$. És el gir de l'electró o la rotació..., pots dir-ho com vulguis.

31. **Alumne**: Això del magnètic què posa "menys ela"?

32. **Professor**: Des de "menys ela" fins a "més ela".

33. **Alumne**: Això què és?

34. **Professor**: ... no, ja el veuràs. Ja sabeu que la "n" dóna l'energia de l'electró. Llavors comencem pel cas més senzill: la "n" igual a 1. Això seria el.... seria quan l'electró tindria el mínim valor d'energia..., o sigui quan un electró estigui a "n" igual a 1. Com que l'ela pot valer des de 0 fins a n-1, ara observeu la jugada: per calcular l'ela primer fem n-1, o sigui 1 menys 1 igual a zero. Quan ja sabem quan val n-1, és quan podem calcular l'ela: ara l'ela pot anar des de zero fins a n-1, per tant des de 0 fins a 0; només hi ha un valor : zero.

35. La m pot anar de menys ela a més ela, però aquí només pot agafar un valor: zero eh? des de menys zero fins a més zero és zero eh?. Finalment aquí tindríem la s que pot agafar els valors més $\frac{1}{2}$ i menys $\frac{1}{2}$. Així seria com es calcula, per exemple, els nombres quàntics a partir de n igual a 1. Si ara anem augmentant n, cada vegada hi ha més possibilitats. Bé, quan l'ela és igual a 0 tenim un orbital "s". Els orbitals "s" són esferes, tenen forma d'esfera., i aquí la funció d'ona té el mateix signe a tota la regió. L'orbital sempre és positiu eh?, perquè l'orbital és una probabilitat. Si la n val 1, per exemple, l'orbital "s" tindrà aquesta mida, però si la "n" ja és igual a 2, l'orbital "s"... que ja hem dit que vol dir l=0, doncs serà bastant més gros. La forma és la mateixa, però l'orbital és més gros.

36. Per què?

37. Perquè en augmentar el valor de la "n", l'electró té més energia i al tenir més energia està més lluny del nucli. Això equival, en el model de Bohr... a una òrbita més externa. Com més externa és l'òrbita, més lluny està l'electró del nucli. Doncs aquí passa el mateix amb els orbitals...., bé, hem vist el primer tipus d'orbitals, els "s".
38. Alumne: Llavors la "l" és sempre zero?
39. Professor: No, si la "l" és 0 l'orbital és "s".
40. Què passa quan la "l" és 1?
41. Només hi ha una classe d'orbital "s", és quan $l=0$ eh? Ara veurem quan la "n" és igual a 2. (esborra la pissarra) Si $n=2$, $n-1$ és 1 i per tant la "l" pot agafar dos valors: 0 i 1. Quan $l=0$ ja ho hem vist abans, és un orbital "s" i llavors "n" sols pot ser 0 i l'espín $+1/2$ o $-1/2$. Això ja ho hem vist, és igual que abans.
42. Si la "l" val 1, ara tenim un orbital "p". Aquest noms "s" i "p" i altres que sortiran provenen de raons històriques..., provenen ... dels espectres. Per exemple la "s" vol dir sharp, és a dir una línia de l'espectre que es veu molt clara i molt nítida. "p" vol dir principal. La "d" que sortirà després vol dir difusa, és a dir una línia de l'espectre que no es veu clara..... Anem a $l=1$, com que ella és igual a 1 la "m" pot anar des de -1 fins a +1 passant per 0.
43. Què vol dir això?
44. Que hi ha... això vol dir que hi ha tres orbitals "p". Per què?
45. Perquè "m" pot tenir tres valors.., i llavors, això és bastant tonto, aquest és per exemple "p_x", aquest "p_y" i aquest "p_z".
46. Quines formes tenen aquests orbitals?
47. Doncs l'orbital p té una forma més o menys així. Només l'orbital p té aquesta forma. Llavors el p_x... l'orbital aquest està a l'eix de les "x", el p_y és l'orbital que està a l'eix de les "y" i el p_z és el... és l'orbital que està a l'eix "z". És arbitrari dir eix de les "x", de les "y" o de les "z"; és podia fer a l'inrevés.. això és completament arbitrari. La forma que té és això.
48. En aquest orbital el signe de la funció d'ona, eh?.. no de l'orbital, el signe de la funció d'ona ja no és el mateix en tot l'orbital. Aquí, per exemple, la funció d'ona és positiva.. i aquí serà negativa, però això no té massa importància, eh? pel que fem nosaltres que la funció d'ona sigui positiva o sigui negativa. L'orbital com que és una probabilitat és positiu a tot arreu, perquè la probabilitat sempre ha de ser positiva.
49. Què més queda per acabar d'omplir el quadre?
50. Doncs molt fàcil. Quan m val menys 1 la s, l'espín, pot valer $1/2$ o menys $1/2$. Quan la m val 0 i estem en un orbital p_y, l'espín també pot valer $1/2$ o menys $1/2$.
51. I ara ja només falta veure pel damunt..... una altra classe d'orbitals, que són els "d", però els "d" ja pràcticament no els utilitzarem eh? Fixeu-vos que els orbitals p apareixen per primera vegada quan $n=2$. Això ho tornarem .. tornarem a insistir.

No apareixen quan $n=1$, llavors la "l" només val 0. És a dir que la primera vegada que ens trobem orbitals p és quan $n=2$, perquè llavors la "l" pot valer 1... sinó no tindriem orbitals "p".

52. Ara un nou tipus d'orbitals sortirà quan $n=3$. Recordeu... que aquí per calcular la "l" primer heu de calcular la "l" màxima: aquí n menys 1 serà 3 menys .. 3 menys 1 igual a 2.

53. Per tant, la "l" quan val?

54. Zero, això ja ho hem vist abans, 1 també ho hem vist abans i 2 (esborra la pissarra) Si $l=0$ tenim un orbital 2S2 i llavors la m només pot ser 0 i l'espín "s" sempre és el mateix.. sempre té dues possibilitats. Si $l=1$, igual que abans tenim orbital "p"; aquí la "m" té tres valors : -1, 0 i 1, que vol dir tres tipus d'orbitals i cada un d'ells la "s" pot valer $\frac{1}{2}$ o menys $\frac{1}{2}$. Ja veurem que això el que fa és limitar el nombre d'electrons que hi pot haver. I finalment la que encara no hem parlat... és quan $l=2$. Quan $l=2$ tenim orbitals "d". Els orbitals "d" tenen una forma d'aquests tipus, excepte un que té una cosa una mica més curiosa, això no cal ni que ho sapigueu, eh?.. només ho poso per curiositat. N'hi ha un que sembla un orbital "p" però que té un anell.. el " d_z^2 ". Bé això.... A nosaltres el que ens interessa és que tenen quatre nodes i segons el cas estan centrats en les bisectrius .. o en els eixos.

55. Quants orbitals "d" hi hauran?

56. Doncs anem a veure: aquí la "m" pot valer des de -2 fins a 2... o sigui -2, -1, 0, 1 i 2 Total un , dos, tres, quatre, cinc orbitals "d". Cinc orbitals d. Aquests orbitals d tenen els seus noms: d_x, d_y, d_z, \dots bé. Acabem amb aquests orbitals... això fa nosa (esborra la pissarra) la "s" pot valer $\frac{1}{2}$ o menys $\frac{1}{2}$ per a tots.

57. I finalment hi ha els orbitals "f".. orbitals "f" n'hi ha set. Els orbitals "f" apareixen quan $l=3$. Si la l val 3.... La "m" pot valer -3, -2, -1, 0, 1, 2 i 3. Per tant un, dos... set tipus d'orbitals. Els "f", doncs, han aparegut per primera quan $l=3$ eh? .. no existeixen 2f quan $l=2$.., tot depèn dels valors que es poden donar als nombres quàntics.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesis
L'electró és una ona Orbital Nombres quàntics	Il·lustració	Els nombres quàntics determinen els orbitals

Episodi 8

Aquest episodi, com l'anterior, intenta consolidar el model atòmic de Schrödinger; en aquest cas es recorre a la "utilitat" que pot tenir: construir o establir la distribució electrònica de l'àtom. La "utilitat" dóna força als arguments i pot servir per despertar l'interès.

Les bases o premisses per "construir" l'àtom són veritats imposades.

58. **Professor:** *Bé, us preguntareu.. i tot això per a què serveix?*

59. *Bé, ara veurem per a què serveix.*

60. **Alumne :** *....????*

61. **Professor:** *Sí, sí la "s" sempre pot valer $\frac{1}{2}$ i menys $\frac{1}{2}$. (esborra la pissarra)
Bé, tot aquest rotllo dels orbitals l'hem vist per parlar de l'estructura electrònica i l'interès de l'estructura electrònica és que determina les valències dels elements i la que fa, doncs, que un determinat element formi ions o no els formi, o formi... enllaços amb ell mateix, etc. És a dir que determina l'enllaç.*

62. **Alumne:** *i aquí la "n" valdria 4, o no?*

63. **Professor:** *clar, ... la "f" surt per primera vegada quan $n=4$. Recordeu-vos que aquí, quan la "n" val 2, per exemple, un orbital p qualsevol, doncs si $n=2$, l'orbital p és així, quan la $n=3$, aquest orbital p és més gros... perquè resulta que ara l'electró t'és més energia.. és mou més lluny del nucli, en general eh? però la forma ve a ser sempre la mateixa. (esborra la pissarra)*

64. *Bé, ara anem a parlar, doncs, de l'estructura electrònica. Bé, ara resulta que l'equació de Schrödinger... que és una equació diferencial, és a dir.. Aquesta equació ens dóna molta feina per resoldre-la. Només és relativament fàcil per a l'àtom d'hidrogen. Si la cosa es complica,..... es va augmentant el nombre d'electrons , no es pot resoldre de manera exacta eh?... Llavors s'ha de resoldre d'una forma aproximada.*

65. *Una de les aproximacions que es fan és suposar... suposar que els àtoms tenen els mateixos tipus d'orbitals que l'hidrogen Llavors, doncs, les estructures atòmiques dels àtoms que tenen més d'un electró es fan a partir dels orbitals de l'hidrogen, però amb una sèrie de regles.*

66. *Les regles són les següents: la primera és el principi de construcció, també conegut com a principi d'aufbau, que vol dir construir en alemany,.. el principi de construcció simplement diu el següent: en els àtoms els electrons es comencen a posar en els nivells d'energia més baixos. O sigui que s'ha de començar, després ho veureu, omplint nivells d'energia més baixos. Aixó vol dir que un electró no es posarà a $n=2$ si encara hi ha lloc a $n=1$.. i no es posarà a $n=3$ si encara hi ha lloc a $n=2$. Nivells d'energia vol dir començar per la $n=1$ i cap amunt eh? de $n=1$ cap amunt.*

67. **Alumne:** *Nivells de..?*

68. **Professor:** D'energia més baixos. D'energia més baixos. Això és la primera regla.
69. Segona regla, que és importantíssima: és el principi d'exclusió de Pauli que diu que a l'àtom no pot haver-hi dos electrons que tinguin iguals els quatre nombres quàntics. No hi pot haver dos electrons que tinguin iguals els quatre nombres quàntics.
70. **Alumne:** Això...?
71. **Professor:** sí, el principi.. això val pel principi d'exclusió de Pauli... què no es veu que sigui una "u"? No pot haver-hi dos electrons, en el mateix àtom eh?... s'entén en àtoms diferents la cosa canvia. En un àtom no pot haver-hi dos electrons que tinguin iguals els quatre nombres quàntics.
72. Això a la pràctica vol dir el següent: que en un orbital només pot haver-hi, com a màxim, dos electrons. És més fàcil de recordar-ho així.
73. Per què només pot haver-hi dos electrons com a màxim?
74. Perquè si estan en el mateix orbital, la "n" la tenen igual, la "l" la tenen igual i la "m" també la tenen igual, però llavors un electró pot tenir un espín $\frac{1}{2}$ i l'altre $-\frac{1}{2}$. Gràcies a l'espín aquests dos electrons ara ja són diferents. Ja no coincideixen en tots els números. A l'orbital com a màxim s'han de posar dos electrons.
75. Si intentem posar el tercer electró, doncs ja no es pot, per què?
76. Perquè la "n", la "l" i la "m" han de ser iguals si estan al mateix orbital, però quan intentem donar valors a la "s", com que només en pot tenir dos, o hem de repetir $\frac{1}{2}$ o menys $\frac{1}{2}$, i això està prohibit pel principi d'exclusió de Pauli.
77. És a dir, que en un orbital com a màxim dos electrons, però llavors un té un espín $\frac{1}{2}$ i l'altre un espín menys $\frac{1}{2}$. Els espín han de ser diferents, sinó no poden estar al mateix orbital.
78. I finalment tenim la regla de la màxima multiplicitat de Hund. Aquesta regla diu que quan s'omplen orbitals de la mateixa energia, mentre es pugui, els electrons s'han de posar desaparellats. Poseu entre parèntesi.....
79. **Alumne:** S'han de posar....?
80. **Professor:** S'han de posar desaparellats. Poseu entre parèntesi : un a cada orbital i amb el mateix espín. Un a cada orbital i amb el mateix espín.
81. Bé, què són orbitals de la mateixa energia?
82. Per exemple els tres orbitals "p". Els tres orbitals "p" tenen la mateixa energia i la regla de Hund diu el següent: suposem que ... en aquests orbitals anem posant electrons..., el primer electró es pot posar a qualsevol orbital. A qualsevol. La fletxa cap amunt voldrà dir que l'espín és de $\frac{1}{2}$, per exemple. També hauríem pogut començar amb espín menys $\frac{1}{2}$. Com que els tres orbitals tenen la mateixa energia, la fletxa la posem on volem.... Ara bé, si posem un altre electró.. pot anar aquí o aquí seguint la regla de Hund i, llavors, s'ha de posar amb el mateix espín. Això són els elctrons desaparellats....

83. Si fem això d'aquí..., si fem això d'aquí, això és incorrecte, està prohibit pel principi d'exclusió de Pauli, perquè ara aquests dos electrons tindran iguals els quatre nombres quàntics. Això no es pot fer, està prohibit pel principi d'exclusió de Pauli. Això d'aquí no estaria prohibit, això d'aquí no estaria prohibit..., això d'aquí no estaria prohibit perquè ara els hem posat amb els espín desaparellats, és a dir, un cap amunt i l'altre cap avall. Però això no, ara no està obeint el principi de la màxima multiplicitat de Hund; és a dir, que entre aquesta possibilitat i aquesta possibilitat d'aquí, aquesta té menys energia. Això és el que vol dir aquest principi.
84. Aquesta té menys energia i per tant és prioritària, perquè l'estructura electrònica bona és la que té un mínim d'energia. Aquesta d'aquí correspondria a un estat excitat eh? .. el que passa és que no és la configuració de mínima energia. No compleix la regla de Hund.
85. Bé, ja tenim les tres regles..., amb això es pot explicar perquè la taula periòdica és tal com és . (esborra la pissarra).
86. Anem a veure ràpidament el nombre màxim d'electrons... per nivell: quan $n=1$, llavors aquí ja sabem que hi ha un orbital "s", és l'única possibilitat. (repetició de la manera de repartir els electrons.....)
87. A veure, això és molt fàcil de recordar. A veure, fixeu-vos quan passem dels orbitals "s" als "p": de dos a sis van quatre. De la "p" a la "d": de sis a deu van quatre. Per tant, quants electrons cabran en els orbitals "f"?
88. Doncs catorze.
89. I llavors en el quart nivell hi hauria 14 més 10 vint-i-quatre i sis trenta i dos trenta-dos, en el nivell quatre eh?. És bastant fàcil de recordar i sinó una altra manera de recordar-ho és: en els orbitals "s" un sol orbital multiplicat per dues possibilitats d'espín, dos electrons. En els orbitals "p", tres orbitals per dues possibilitats sis electrons en total, en els orbitals "d", cinc orbitals diferents per dues possibilitats cadascú, deu electrons. Els "f", set orbitals per dues possibilitats catorze electrons en total i en els "g", que no surt perquè serien configuracions molt excitades, eh?.. no hi ha prou elements per omplir els "g"... la taula periòdica s'acaba abans, doncs serien per la mateixa regla, serien nou orbitals diferents per dos divuit. (esborra la pissarra)
90. Per què al primer període de la taula periòdica només hi ha dos elements?
91. Molt senzill, això és el que anirem a veure ara. Els orbitals de mínima energia són els "s"..... Això es fa així: 1s; vol dir primer nivell i orbital "s". Això seria quan $n=1$.
92. Ara en el segon nivell ja tenim dos tipus d'orbitals: el "s" del segon nivell, que es representa 2s i els "p" del segon nivell que es representen 2p. En el tercer nivell tindriem el 3s i els 3p i ara apareixen els 3d. En el nivell quatre hi hauria 4s, 4p, 4d i per primera vegada apareixen els orbitals 4f. I així anar fent... En el nivell cinc, doncs sortirien 5s, 5p, 5d, 5f i apareixen els "g" que ja hem dit que no s'utilitzen.... 6s, 6p..... 7s, 7p,...
93. Hi ha una manera molt fàcil de recordar en quin ordre s'han d'anar posant electrons en els orbitals, és a dir l'ordre d'energia. Es comença fent una fletxa del 2p al 3s... i ara fletxes paral·leles... això va bé. L'inici està aquí.

94. On comencem a posar els electrons?
95. Doncs a 1s, i quan hem acabat de posar a 1s, què es fa?
96. Doncs des de la punta de la fletxa es va al començament de la següent. És a dir, que quan arribem aquí hem de saltar aquí dalt.
97. Què ve després?
98. El 2s. Quan el 2s el tenim ple, hem de buscar on comença l'altra fletxa... 2p, 3s. Quan hem acabat amb el 3s hem de passar cap aquí dalt : 3p i 4s.. i així anem fent.
99. Alumne: ...???
100. Professor: No, fins aquí... l'estructura.
101. Alumne: ...???
102. Professor: No, aquí ja s'acaba la taula periòdica. Això pot ser per tots els elements de la taula periòdica. Ja veurem que aquest ordre no es segueix exactament eh?, però és igual.
103. Bé, anem a fer l'estructura electrònica de l'hidrogen. Com que l'hidrogen és el número 1, vol dir que té un sol protó i un sol electró. Aquest és molt fàcil.....
104. On posem aquest electró?
105. A l'orbital 1s, i ara, quants electrons estem posant?
106. N'estem posant 1, llavors es posa un 1 aquí. Això seria l'estructura electrònica de l'hidrogen, $1s^1$.
107. Següent element de la taula periòdica : l'heli. L'heli té dos electrons. Doncs ara l'estructura electrònica seria... comencem per l'orbital 1s. Posem un electró i en posem un altre. Podem arribar fins a dos, ja està : $1s^2$. Següent element : el liti. Al liti li hem de posar tres electrons.. comencem per 1s, però atenció a 1s només hi caben 2 electrons, falta un electró perquè hem d'arribar a tres, eh?. Doncs després de 1s ve el 2s. Ara hi posem l'electró que falta, eh?.. un total de tres electrons. Després del liti hi ha el beril·li: ara hem de posar quatre electrons. Doncs serà : $1s^2 2s^2$. Quatre electrons en total. Després del beril·li el bor: ara hem de posar cinc electrons. Doncs fins aquí serà exactament igual...
108. Però després del 2s, on hem d'anar?
109. Hem d'omplir el 2p. Començar $2p^1$.. i així anar fent. Bor, carboni.. eh.. el carboni és el número sis, doncs sis electrons: $1s^2 2s^2 2p^2$ i ja hem posat els sis electrons. Aquí ha de ser...
110. Però en el "p", per exemple, com estan posats els electrons en els orbitals "p"?

111. *Doncs seguint la regla de la màxima multiplicitat de Hund, aquests dos electrons que tenim a "p",.. com que aquí un electró , per exemple, té l'espín cap amunt i l'altre està posat en qualsevol orbital però també amb l'espín cap amunt.. o tots dos cap avall , és igual. És a dir estan posats en orbitals diferents.*
112. *Per què?*
113. *Perquè aquí tenim tres orbitals i només estem posant dos electrons. Ara, en el moment que això s'ompli, llavors s'han d'anar aparellant els electrons, però de moment els tenim posats així, per exemple. També podrien estar posats un aquí i l'altre aquí, això és igual. Això és igual perquè els orbitals tenen la mateixa energia.*
114. *Bé, anem a fer un de més complicat. Ara ho he esborrat.., tant si val. Bé, com es faria...la configuració, què se jo,.. del ferro. En el ferro hem de posar 26 electrons. Doncs tenim feina $1s^2 2s^2$... després.. $2p^6$... fins aquí en portem deu.... Deu fins aquí. Després ... $3s^2$.. i després del $3s^2$ el.... $3p^6 4s^2$ sis , set, vuit, nou, deu..., fins aquí en portem vint i ara en falten sis més. Després del $4s^2$ arribem al 3d. Les ratlles aquestes només les poso per contar eh?, no serveixen per res. Com que a "d" hi caben fins a deu electrons perquè hi ha cinc orbitals diferents, i ara només n'hem de posar sis ..., doncs això es deixa amb $3d^6$. El que no es pot fer és passar-nos, però sí que es pot fer el que jo he fet.*
115. *Com estarien posats, per exemple, aquests electrons aquí als orbitals "d"?*
116. *Ara tenim cinc orbitals: un, dos, tres, quatre i cinc....Aquests sis electrons s'haurien de posar així: un, dos, tres, quatre i cinc. Aquests cinc electrons es posen un a cada orbital, però quan arribem al sisè ja no tenim lloc, llavors el sisè l'hem de posar en un qualsevol, però amb l'espín cap avall.*
117. **A:** *Per què?*
118. **P:** *Per què? ... Perquè si el posessim amb l'espín cap amunt no..... El principi d'exclusió de Pauli...*
119. **A:** *Digo que porqué puedes ponerlo donde quieras.*
120. **P:** *Ah!.. ara, on vulguis. Perquè aquests orbitals, com que tots són "d", tots tenen la mateixa energia. També s'hi val... també s'hi val, per exemple, amb això eh?, l'espín és igual que sigui cap amunt o cap avall. La qüestió és que sigui tots iguals. I ara arribem al sisè electró.*
121. *El posem on vulguem? Sí o no?*
122. *Ho posem allà on vulguem però aparellat amb l'altre: aparellat vol dir espín diferent. Bé, pel pròxim dia podríeu fer, què sé jo..., la construcció electrònica de la plata i del bismut. La plata és el quaranta-set i el bismut és el vuitanta-tres. Plata i bismut: quaranta-set i vuitanta-tres.*
123. **A:** *Quaranta-set?*
124. **P:** *Quaranta-set, què no teniu taula periòdica? I vuitanta-tres. La plata i el bismut.*

125. **A:**...???

126. **P:** Les fletxes... Sí, perquè si vas mirant les fletxes... 3s.. 3p , del 3p salta al 4s i després segueix pel 3d. Això s'entén amb molta facilitat eh?... quan ho hàgiu practicat.. I després del 3p no ve el 3d...

127. **A:** ...???

128. **P:** Dóna la casualitat que el 4s té menys energia que el 3d... Per avui ja n'hi ha prou.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesis
Relació entre nombres quàntics i orbitals. Principi de construcció. Principi d'exclusió de Pauli. Principi de màxima multiplicitat de Hund.	Il·lustració Definicions.	Els nombres quàntics determinen l'estructura electrònica. L'estructura electrònica determina les valències i els enllaços. La Taula Periòdica s'interpreta a partir de l'estructura electrònica.

La classe acaba amb dubtes i cares de sorpresa de l'alumnat que el docent interpreta com la necessitat de continuar amb alguna classe més per fer aclariments i proposar noves il·lustracions .

2.3.2. Estudi de la llum

Les dues classes que s'analitzen formen part del tema "la llum", que fou impartit a un grup d'alumnes de 1r d'ESO dintre del crèdit variable "El so i la llum". Cada sessió de classe tenia prevista una durada de 55 minuts i per tant haurien de ser 110 minuts de duració total, però que sols ocupen 85 minuts de gravació en vídeo. Dels 25 minuts que falten, uns 15 corresponen a l'inici de la primera sessió que es destinaren a recordar/finalitzar qüestions i exercicis pendents de dies anteriors i els 10 minuts restants es poden considerar "temps morts" dels inicis i finals de les sessions.

La tesi central, conclusió, de la primera sessió és :

"les ones electromagnètiques no necessiten un medi material per propagar-se, ho fan amb una gran velocitat i són de molts tipus com: ones de ràdio, microones, llum visible, raigs X, raigs gamma"

I la conclusió de la segona classe és :

"la llum visible és un tipus d'ones electromagnètiques que són captades pels nostres ulls i estan constituïdes per un ampli marge de freqüències que són els diferents colors"

D'acord amb Perelman, aquestes tesis centrals es poden considerar un "argument d'associació", "basat en l'estructura de lo real" i que "fonamenta la realitat", ja que estableixen la naturalesa de la llum associant-la a les característiques "ona" i "electromagnètica" i a "colors i freqüències".

Les premisses implícites són :

- a) *l' alumnat coneix, o hauria de conèixer, què és el so i les seves propietats*
- b) *l' alumnat coneix els exemples senzills d'ones mecàniques: en una corda i a l'aigua*
- c) *l' alumnat posseeix experiències personals i informacions de fenòmens visuals i sobre altres ones electromagnètiques : raigs X, microones, radar, làser, ràdio i televisió.*
- d) *els/les alumnes estan especialment motivats/des ja que es tracta d'un crèdit voluntari (en teoria) i és un grup reduït (10 alumnes)*
- e) *els sentits ens informen de la realitat del món, o el que percebem pels sentits és veritat.*
- f) *una idea o llei general es pot demostrar per inducció a partir d'un cas particular.*
- g) *el professor domina el tema*
- h) *el tractament matemàtic ha de ser senzill, ja que el tema va dirigit a alumnes de 1r d'ESO*

L'esquema que segueix el professor al llarg dels 85 minuts gravats és :

1. Posa títol: "La llum".
2. Recorda que s'han estudiat ones mecàniques.
3. Realitza experiències de transmissió del so a pressió reduïda, per induir que passaria sense aire.
4. Acumula exemples d'ones mecàniques i insisteix en el so.
5. Defineix diverses vegades "ones mecàniques".
6. Als aproximadament 10 minuts de classe defineix ones electromagnètiques.

7. Recorda propietats de les ones: velocitat, freqüència,...
8. Classifica ones electromagnètiques segons les freqüències. Dóna noms, indica aplicacions i possibles perills.
9. Estableix la relació entre freqüència i energia de les radiacions.
10. Insisteix que el que més interessa és la "llum visible"
11. Duu a terme una "disgressió matemàtica", necessària per fer entenedor el significat de les potències de 10.
12. Als poc més 30 minuts d'iniciada la sessió introdueix nocions de radioactivitat. raigs gamma, poder de penetració...
13. Mostra un material radioactiu i un comptador Geiger.
14. Experimenta amb l'aïllament a les radiacions gamma que proporcionen alguns metalls.
15. Adverteix dels perills de les radiacions.
16. Acaba la primera classe plantejant el primer exercici de càlcul numèric: velocitat, longitud d'ona, freqüència.
17. S'Inicia la 2^a sessió de classe amb experiències relatives als colors: posa filtres de colors a un projector, descomposa la llum d'aquest amb prismes..
18. Als 10 minuts d'iniciada la segona sessió realitza un breu repàs dels tipus d'ones electromagnètiques.
19. Insisteix en la definició de llum visible.
20. Explica nocions del funcionament de l'ull i les parts que el formen.
21. Realitza algunes experiències que posen de manifest la funció de les pupil·les.
22. Explica l'espectre de la llum visible, comparant els colors amb els tons musicals. Acaba la segona classe.

El discurs de les dues classes s'ha dividit en 188 "unitats" que s'han agrupat en els 8 episodis següents:

1. Introducció al tema: el so (elements 1-20)
2. Classificació d'ones electromagnètiques (elements 21-39)
3. La llum visible. Significat de les potències de 10 (elements 40-64)
4. Energia de les radiacions . Materials radiactius (elements 65-108)
5. Exercici de final de primera classe: relació entre velocitat, longitud d'ona i freqüència (elements 109-121)
6. Inici de la 2a classe: experiències de descomposició de la llum i estudi dels colors (elements 122-134)
7. Relació entre l'ull i la llum (elements 135-1639)
8. Espectre de la llum visible. Fi de la 2a classe. (elements 164-188).

1a classe

Aquesta classe tracta unes qüestions, o un tema, difícils d'assimilar i entendre per alumnes de 1r d'ESO: *les ones electromagnètiques*.

Com que pels alumnes és difícil entendre el significat d'ona i encara més la naturalesa no material i les característiques d'aquestes ones, el professor ha de recórrer a recordar el so i les ones mecàniques en general, i les seves característiques i propietats, que s'han estudiat en classes anteriors, i estableix una analogia entre el so i la llum: atribueix a la llum, sense poder demostrar-ho, les mateixes característiques que semblen raonables o acceptables pel so. El tractament és, sols pot ser, qualitatiu-descriptiu, excepte el tipus d'exercici de càlcul senzill proposat al final de la classe.

A l'inici del primer episodi els i les alumnes intervenen preguntant per la càmera de filmar i el professor ha de donar algunes explicacions, si bé no s'ha considerat necessari incloure en la transcripció aquestes intervencions fruit d'una curiositat comprensible. El que es pot afirmar és que és impossible estudiar el transcurs d'una classe sense modificar-ne alguns aspectes i que els i les alumnes no es comporten igual amb càmera que sense. Al llarg de les gravacions s'observa que alguns/es alumnes de tant en tant dirigeixen mirades i gestos a la càmera, però es pot comprovar que a mesura que passa el temps la càmera afecta menys el seu comportament, i a la segona sessió passa quasi desapercebuda.

Episodi 1

Aquest primer episodi, tot i que s'inicia posant el títol "La llum" i per tant és la introducció a aquest tema, es pot considerar una il·lustració de les tesis finals del tema anterior, "El so", que eren :

- *el so és una ona mecànica*
- *les ones mecàniques necessiten un medi material per viatjar.*

I que ara són premisses per aquesta classe que comença, i que s'utilitzaran per establir una associació per analogia, o bé un "*argument d'associació per identitat parcial*", típica d'aquests temes: la llum és una ona com el so; a continuació és necessari un "*argument de dissociació*": el so és una ona mecànica i la llum no ho és.

Posar per títol "La llum" i començar a parlar del so i d'ones mecàniques és pot valorar com una disgressió, que és un recurs retòric clàssic. També es pot considerar que l'ordre natural o tradicional, tòpic, de l'argumentació del tema "llum", a fi d'adaptar-lo a auditoris de nivell elemental comença sempre així: parlant d'ones en l'aigua i en cordes, que són ones visibles, lligant les ones en cordes amb instruments musicals de corda i després amb altres instruments, de percussió o de vent. Aquest recurs a il·lustracions i exemples senzills, visibles i/o tangibles com les cordes o l'aigua, i després parlar de diferents instruments musicals, a més de formar part de l'adaptació a l'auditori, permet establir analogies posteriors.

Si aquest episodi es tracta per si mateix, independent de les classes anteriors, el que considerem premisses d'aquesta classe, ja que eren conclusions de classes anteriors, passen a ser tesis d'aquest episodi, i el que considerem il·lustracions, que com a tals sols pretenen reforçar les esmentades premisses, passen a ser exemples a partir dels quals, per inducció, s'arriba a les tesis d'aquest episodi.

Aquest episodi també posa de manifest la necessitat d'utilitzar la repetició d'arguments com a eina, o tècnica discursiva, per intentar que el discurs docent sigui eficaç; es comprova que els/les alumnes dubten, o donen respostes errònies, davant de qüestions que haurien de considerar-se conegudes.

Dintre d'aquest episodi es poden diferenciar dos subepisodis:

- a) *il·lustracions verbals, des de l'inici fins l'element 7.*
- b) *Il·lustració empírica: de l'element 8 fins el 20.*

Professor (P)

1. *Vinga comencem amb el tema de la llum. Comença un altre apartat, un apartat important, per tant títol gran*

Parla a poc a poc, escriu el títol a la pissarra amb lletres grans, i deixa temps per que ho facin els alumnes; aquests inicien comentaris respecte les càmeres i el professor explica els motius en menys de 2 minuts.

2. *Vam veure que les ones poden ser de dos grans tipus: unes ones s'anomenen mecàniques , on hi ha alguna mena de material que vibra, p.e. digueu-me ones mecàniques..... Va, Pau ...*
3. **Pau**.....???
4. **(P)** *Per exemple les ones del mar són mecàniques?*
5. **Pau** No
6. **(P)** *Siii.... Vibra l'aigua. Les ones a l'aigua. El so, les ones, p.e., a les cordes, la corda d'un piano, d'una guitarra, aquelles zones que hem vist per aquí amb aquelles gomes , aixó són ones mecàniques?..... Tots els instruments de corda, si o no?.....*

El professor parla amb vehemència, sense pressa i gesticulant amb els braços a l'alçada del cap.

7. *Aquí hem dit, p.e., les ones que es produeixen en la vibració de les cordes vocals: la veu, en general el so, la veu és una part del so. El so es pot produir en molts llocs, pot vibrar una corda, pot vibrar l'aire amb una flauta. A la veu, p.e., vibren les cordes vocals. Tots aquests tipus d'ones necessiten un medi, és a dir, necessiten que vibri quelcom i només poden viatjar si hi ha un medi.*

Posar títol, parlant a poc a poc, i escriure'l a la pissarra amb lletres grans és el primer intent de captar l'interès de l'audiència, indicar molt breument l'objectiu del discurs i ressaltar la importància del que s'inicia. També és un argument d'autoritat : *"cal estudiar aquell tema ja que és al programa o bé ho diu al professor"*.

Implícitament, per a l'alumnat ben disposat, inclou un "argument d'utilitat": si "la llum" és al programa, *"és perquè és interessant o útil encara que no ho sé veure ara"*.

Per a la majoria serà necessari fer explícita la utilitat, o l'interès, del tema o treball que es proposa. Aquesta utilitat o interès es posa millor de manifest amb l'acumulació d'il·lustracions i exemples, que resulten més convinents si formen part de la realitat immediata o quotidiana i perceptible.

El títol no conté figures retòriques, és molt breu, centra el discurs però no indica res del seu possible desenvolupament. Forma part de l'inici o presentació i, d'acord amb els consells o a les idees relatives a l'eficàcia d'un discurs, hauria de continuar amb un resum o esquema o pautes del que es tractarà al llarg del nou tema proposat per orientar l'auditori i fixar el seu interès.

En aquest episodi s'inicia el discurs docent intentant establir, amb un diàleg, les premisses, el que ja saben o haurien de recordar i saber els/les alumnes, i les primeres relacions i diferències. El professor diu que en classes anteriors han parlat de dos tipus d'ones, però al llarg d'aquest episodi sols es citen les mecàniques. El docent defineix ones mecàniques per "identificar l'objecte del discurs", així s'inicia el camí d'una justificació argumentativa posterior del discurs; es tracta d'una definició *normativa*: *la norma de les ones mecàniques és la necessitat del medi material*

D'acord amb el model d'Ogborn, aquest primer episodi, inici de discurs sobre la llum, es centra en *la construcció (o reconstrucció) de l'entitat "ona mecànica"* que serà la base per a la posterior *creació de diferències* amb "ona electromagnètica" i es comença a *donar significat a la matèria*. L'estil de discurs que en l'inici vol seguir el professor és el que es pot denominar *pensem-ho o recordem-ho junts*.

Les intervencions dels alumnes són, en general, molt breus. El silenci és una resposta freqüent que es pot interpretar com ignorància o que no interessa o interessa poc i també per a equivocar-se. En classes anteriors s'havien treballat i/o estudiat les ones mecàniques i el so, però no sembla que els alumnes ho recordin massa. D'acord amb Perelman s'hauria de considerar que el discurs didàctic ha estat poc eficaç. Per aquest motiu, tot i els intents del docent, es produeix més un "diàleg virtual" que un "diàleg real"; de totes maneres la formulació de preguntes, el diàleg o l'intent d'establir-lo, obliguen a l'auditori a fixar el seu interès, i es dona presència al tema. Es constata que una pregunta dirigida al grup en general, provoca que els i les alumnes desviïn la mirada, deixin de mirar el professor i aparentin estar ocupats.

El recurs a una pregunta més concreta (element 4), i que es pot respondre amb una afirmació o negació, sempre és o sembla més senzilla o comprensible, ja que la probabilitat d'encertar la resposta és igual a la d'equivocar-se i per tant anima a donarla, o a arriscar-se a proposar-la. Si a més la pregunta es dirigeix a un alumne concret, no és possible defugir una resposta. En aquest cas la resposta errònia de l'alumne, precisament per ser errònia, serveix al professor per comprovar la poca eficàcia del seu discurs, o que no s'entén el que explica, i l'obliga a proporcionar més il·lustracions i/o exemples.

La vehemència, el to de veu i la seva intensitat i la gesticulació que el professor posa en joc en els punts 6 i 7, són arguments paraverbals i no verbals que reforcen el missatge. Per acabar i ressaltar el que es diu, donar presència, el professor escriu a la pissarra: *"Només poden viatjar si hi ha un medi"*. Insisteix en aquest punt, ja que hi ha un argument implícit, central del tema que es tracta i que s'enunciarà posteriorment: *"unes altres ones no necessiten medi material"*.

Els exemples que s'acumulen i les il·lustracions de fenòmens de la vida quotidiana posen de manifest les "aplicacions i/o utilitats" de les ones mecàniques; també es pot dir que es produeix una interacció per convergència. Així es contrueix un argument

fort perquè es recolza en els propis sentits i el discurs resulta més persuasiu, ja que es fa més concret i tangible, més fàcil de recordar o d'induir l'adhesió a un terme estrany, per alumnes de 1r d'ESO, com és "ones mecàniques".

La repetició i enumeració d'exemples senzills de la vida quotidiana, o sigui "*basats en l'estructura de la realitat*", permet per inducció enunciar un "*argument destinat a fonamentar o establir l'estructura de la realitat*". Al mateix temps aquesta repetició redueix la densitat informativa del discurs, que és un aspecte bàsic per fer-lo més entenedor i assequible i per adaptar-lo a una audiència de nivell elemental, i augmenta la "presència" de les tesis que s'estan treballant. Insistir en aspectes perceptibles de la vida quotidiana, proporcionant una explicació des del punt de vista de la Física, també serveix per diferenciar el "coneixement i el llenguatge científic" en el que es basa el discurs del professor i que l'alumne ha d'anar assimilant del "coneixement i el llenguatge quotidià" que és l'habitual.

Citar les "cordes vocals", que no són cordes i mai cap alumne i probablement cap professor ha vist ni veurà aquest òrgan, és un "tòpic" o "lloc comú", típic del tema. S'estableix una analogia amb instruments de corda, tot i que semblaria més apropiat fer-ho amb instruments de vent, però el funcionament d'un instrument de corda sembla més senzill ja que la corda es veu com es mou, mentre que en un de vent no es veu què és el que es mou.

Les ones en una corda o en el mar són exemple clar de "viatge per un medi material", que el so es produeix en un medi material resulta evident pels sentits, però afirmar que el necessita per propagar-se és un *argument d'autoritat* o també pot ser considerat un *argument quasi-lògic d'identitat parcial*: Si les ones del mar i el so necessiten un medi material per produir-se i les primeres el necessiten per propagar-se, sembla versemblant que el so també el necessiti. En els primers minuts d'aquesta classe ja s'ha afirmat diverses vegades que "el so necessita un medi material": la repetició com estratègia discursiva.

En el fragment que es transcriu a continuació el docent proposa la realització d'una experiència i ho diu amb un llenguatge col·loquial per aproximar-se al dels alumnes: "vaig a buscar uns trastos".

L'experimentació escolar és lluny de la de la investigació científica, on l'argumentació per convèncer a la comunitat d'especialistes té un lloc important, ja que el docent determina el moment, els medis, la durada, el desenvolupament i el resultat i les conclusions acceptables de tot el procés. L'experiment escolar és una il·lustració de teories ja conegudes i pot servir per "assimilar", per donar presència a les tesis i/ o fer versemblants els coneixements, però no per crear-ne de nous, que és l'objectiu de l'experimentació-investigació científica. L'alumnat és, o hauria de ser, conscient que allò que es duu a terme pot ser nou per ell però que no ho és per la Ciència. La participació física de l'auditori en l'experiment, que posa en joc diferents sentits: la vista, l'oïda i el tacte (sempre miren o veuen el que es fa i a més en aquest cas han d'escoltar el so i fer força per treure l'aire), dona més presència al que s'està fent. Així també s'obliga a l'alumnat a tenir part de responsabilitat en la feina.

Abans d'iniciar l'experiment el professor ensenya els diferents estris que emprarà: una sirena que va amb una pila i que adverteix fa molt soroll, un recipient per posar la sirena i una manxa per fer el buit, i explica què es vol fer i on es vol arribar. És a dir, fixa les condicions de realització i la conclusió acceptable. Situar l'experiència als pocs minuts d'haver iniciat el tema és començar amb un argument "fort" per despertar interès i persuadir. Ensenyar els estris i instruments és una manera de començar a

persuadir: són les eines de l'argument-experimental o les seves premisses; es pot dir que és l'inici d'un argument basat en l'estructura de la realitat.

Proposa una experiència amb l'objectiu d'obtenir un "argument destinat a fonamentar l'estructura de la realitat", però l'experiència, que és recórrer als fets, es basa en "l'estructura de la realitat" i proporciona un argument fort, que sembla irrefutable ja que cadascú ho percep amb els seus propis sentits sense que, aparentment, hi intervingui el docent; en realitat aquest hi intervé de manera decisiva ja que dirigeix el desenvolupament i valida els resultats i conclusions.

Les bases de l'argumentació són els "acords previs" o premisses, i els fets observables, o les percepcions dels sentits, ho són. S'accepta que els sentits ens informen de la "veritat" de com és el món. Per a l'alumnat, i per a qualsevol auditori, la percepció dels sentits és el millor camí, el més convincent, per conèixer la realitat. Els comentaris i preguntes de l'auditori posen de manifest que l'experiment serveix per despertar l'interès.

8. **(P)** *Si de cas vaig a buscar una cosa, uns trastos, per veure que el so necessita aire per poder viatjar, aire o un altre medi. Espereu-vos que vaig a buscar els trastos aquests. Bé.... . Aquí tenim això.*

9. **Alumne:** *Què és?*

10. **(P)** *Ara ho veureu.... A veure : es tracta de fer el següent, aquí tenim aquesta mena de sirena. Ep! Seu bé!... Aquesta sirena fa molt soroll, o sigui que prepareu-vos.*

Inicia la descripció del que vol fer, creant espectació : *prepareu-vos!*

11. *Eh!... No feu el tonto mentre em giro!..... Bé, ara... Això no ho hauria de fer així, però.... No per res, però queda mal tallat, no val la pena. Bé, ara es tracta de connectar aquí una pila i deixar que això canti... Val*

Fa sonar la sirena i el so és fort.

12. *Què..., fa soroll? Ara farem una cosa....*

La descripció és lenta i amb pauses i així, per una part hi ha temps d'anar muntant el dispositiu i per altra, permet que l'alumnat vagi assimilant el que es va fent.

13. *Això fa soroll perquè vibra una petita membrana. A l'igual que nosaltres tenim les cordes vocals per produir la veu, aquí hi ha una petita membrana que vibra.*

14. *Com que tot això vibra, hi haig de posar un tros d'escuma perquè no vibri el pot directament..... Per tant ara agafaré això, posaré la pila, taparé..... No va.... Espereu-vos que vaig... falta una peça.... Mira, l'he trobat.....*

15. *Eh!!.. Què passa! ... ja juguem? Ara el que farem és veure que si nosaltres treiem l'aire d'aquí, no es pot treure tot, això ho sentirem encara una mica, però el so baixa moltíssim..... Llavors deixarem que entri l'aire una altra vegada i a veure que passa.....*

L'aparell sona i deixa que continui sonant

16. *Bé, aquí tenim això cantant a base de bé. Ara es tracta de fer torns .. i vinga! Anar traient l'aire..... Això va a l'inrevès, o sigui que no és apretar cap avall, sinó apretar cap amunt,.....S'ha d'aguantar per aquí. Comença, vinga!....Però amb ganes!! Vaig a mirar si va bé..... Si..., veieu, això ja queda enganxat.....Vinga... amb ganes..... Va , el següent! Va vinga!!....És tibar amunt.., no avall...*

La gesticulació del professor és "il·lustrativa" del que s'espera que facin els/les alumnes i anima a fer-ho. Es nota que la intensitat del so de la sirena disminueix a mesura que van treint l'aire del recipient.

17. *Aquí encara sentim....., se sent de sobres.. perquè no hem pogut treure tot l'aire. Ara jo deixaré entrar l'aire i vull que noteu com varia el so..... No us tapeu!! Si us tapeu les orelles què fem?*

Es nota que puja la intensitat del so de la sirena.

18. *Noteu que puja el so?*

19. *Per tant, resulta que el so, si nosaltres traguèssim..... , parem això....., resulta que el so, si nosaltres traguèssim tot l'aire, no pot viatjar.*

20. *A les ones mecàniques , a totes els hi passa el mateix, necessiten algun medi : una corda, una goma, aire, el que sigui per poder viatjar.*

Acaba l'episodi amb la pretensió d'haver "demostrat", per inducció a partir d'una experiència, que una ona mecànica és aquella que necessita un medi per poder viatjar, definició que és la conclusió a la que volia arribar i que abans ja s'ha enunciat diverses vegades. Es torna a produir la repetició com a tècnica argumentativa necessària en didàctica.

D'acord amb Perelman, si la conclusió d'aquest episodi es considera que s'obté per inducció a partir d'un cas particular com és l'experiment dut a terme, aquest és un exemple; però si es considera que l'alumnat ja la coneixia i així sols es pretén consolidar-la, llavors aquest experiment és una il·lustració.

Per aclarir la producció de so per un dispositiu de la sirena que no es veu (element 13), diu que hi ha una membrana que vibra, posa l'exemple de quelcom que tampoc es veu però que es pot considerar un "tòpic": ara es comparen les "cordes" vocals amb una "membrana".

Els sentits ens indiquen que la intensitat del so disminueix en treure aire (16,17), però no desapareix, i augmenta (18) en deixar entrar aire al recipient. Afirmar que arribaria a no sentir-se gens és un argument "quasi-lògic", basat en relacions de "transitivitat", acceptable si i sols si està recolzat per l'autoritat del professor.

En aquest episodi es posa de manifest que calen intervencions per "controlar" l'auditori. Aquestes intervencions són exclamacions verbals breus, però també gestos i mirades del professor.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesis
<i>Material per fer l'experiment i les observacions: l'aire es treu del recipient i el so baixa d'intensitat; si l'aire torna a entrar el so puja d'intensitat.</i>	<i>Acumulació d'exemples (1-7) i recòrrer als fets coneguts, a analogies i a l'experiment.</i> <i>Inducció quasi-lògica.</i>	<i>El so i les ones mecàniques en general necessiten un medi per viatjar (6,8, 19, 20)</i>
<i>Les cordes i/o les membranes d'un instrument i les cordes vocals vibren per produir sons.</i>	<i>Repetició de la tesi al llarg del discurs.</i>	

Episodi 2

Aquest és l'episodi central d'aquesta classe, ja que es defineix "ona electromagnètica" i es descriuen les seves propietats. Junt amb l'episodi 3 es fa una descripció breu i completa dels diferents tipus d'ones i d'algunes aplicacions.

21. **(P)** *I ara anem a veure, hem dit que canviariem de disc, en comptes de les ones mecàniques, un altre tipus d'ones... Deixeu això en pau..*

22. *Un altre tipus d'ones... que tenen un nom tot exòtic: ones electromagnètiques. Eh!.... Estem per feina?*

El professor ho diu a poc a poc i escriu a la pissarra, també lentament : electromagnètiques.

És una paraula "clau" del tema i complicada per a l'alumnat, ja que a més de ser desconeguda té moltes síl·labes.

23. *Això vol dir que tenen una part magnètica i una part elèctrica.....les ones que podem dir que són les més importants formen part d'aquest conjunt d'ones que anomenem electromagnètiques.*

24. *És un conjunt format per diferents tipus d'ones. Ara les veurem perquè n'hi algunes que són molt importants!... Aquest conjunt d'ones tenen una propietat que és comú a totes elles: poden viatjar en el buit*

Escriu a la pissarra: poden viatjar en el buit

25. *I en el buit totes van a la mateixa velocitat. Recordeu quina és aquesta velocitat?*

Escriu a la pissarra: van a la mateixa velocitat.
Gesticulant, el professor anima a donar respostes.

26. **Alumnes:** ...??? (comentaris que no s'entenen a la gravació)

27. **(P)** *Tres-cents trenta.. no!. Tres-cents mil km per segon!... Això en el buit, en un altre medi no.*

Anota a la pissarra: 300.000 km/s

28. *Ara anem a veure les ones electromagnètiques... fixeu-vos que són molt diferents de les ones mecàniques... unes i altres tenen quatre propietats...que són... vinga!... Pol? Les quatre propietats són.....*
29. **Pol:** *longi....*
30. **(P)** *Longitud d'ona.... Freqüència... què més?... Amplitud i velocitat de propagació. La velocitat de propagació de les ones electromagnètiques és enorme, totes les ones mecàniques van molt més lentes*
31. *Recordeu el so,...la veu per descomptat... van a 330 metres per segon a l'aire, a dintre l'aigua la velocitat canvia.. i aquesta velocitat ja és molt gran. Tornem a les ones electromagnètiques, ... no necessiten cap medi per viatjar,.... poden fer-ho en el buit.*
32. *Anem a veure el repertori d'ones electromagnètiques: les ones electromagnètiques es classifiquen per la seva freqüència, per tant podem fer aquí una ratlla que indiqui les freqüències cada vegada més altes... Aquí hi hauria la freqüència més alta.. i aquí la més baixa...*

El professor ha dibuixat una línia horitzontal llarga a la pissarra, a l'esquerra i posa "+baixa" i a la dreta "+alta".

33. *Les ones electromagnètiques que tenen freqüència més baixa són les ones de ràdio..... Tot i així es poden classificar perquè hi ha moltes emissions de ràdio. Després... venen les emissions de televisió; les ones de televisió tenen una freqüència més alta que les ones de ràdio. Després... més altes que les ones de televisió, venen les de televisió via satèl·lit..... després..... hi ha les microones.... Les microones ja sabeu que les feu servir a casa. Les microones les feu servir a les cuines..... però també es fan servir als radars.*

Sobre la línia de la pissarra i per ordre de freqüències el professor, que parla a poc a poc, va escrivint els noms dels diferents tipus d'ones.

34. **Alumnes:** *... Eh??*
35. **(P)** *Radars..... per veure, per saber on són els avions... Microones sí..... què passa?*
36. **Alumnes** *..... (intervencions desordenades que no s'entenen)*
37. **(P)** *Què passa?... no entenc què passa... A veure, a casa hi ha un forn, que és el forn de microones., va amb ones d'aquestes. També teniu ràdios i televisors que hi van....Fa gràcia? ... microones...*
38. **Alumnes**..... *(comentaris que no s'entenen)*
39. **(P)** *Es fan servir unes ones, que es diuen microones... s'envien i reboten a l'avió i tornen . Eeeh!!... Després hi ha un altre tipus d'ones que es diuen radiació infraroja Això es posa així: IR.... IR vol dir això, ve de l'anglès... que ho escriuen al revés.*

El professor escriu IR sobre la línia de la pissarra.

La conclusió d'aquest episodi és que hi ha unes ones, que poden ser de diferents tipus i que tenen diferents aplicacions, que no són mecàniques perquè poden viatjar en el buit, però que tenen les mateixes propietats. El professor intenta establir un diàleg per reconstruir coneixements, però els alumnes no recorden les propietats ni la velocitat de la que s'havia parlat en classes anteriors.

Episodi 3

El professor continua explicant, descrivint, els tipus d'ones electromagnètiques, però remarca que parlen de les que més els hi interessin, les que donen el títol al tema que estan estudiant.

40. **(P)** *Després ve el que ens interessa a nosaltres: la llum visible. La llum visible és una petita part de tot aquest embolic. La llum visible..., la llum..., la llum que veiem amb els ulls... s'anomena llum visible. És una petita part de les ones electromagnètiques...., la seva freqüència és increïble.... La freqüència es així com 10 elevat a 15..... Sabeu què vol dir això?..... 10 elevat a 15.....*

41. *Vol dir que seria un 1 seguit de 15 zeros*

42. **Alumnes**.....?????

43. **(P)** *un, dos, tres, quatre.....quinze. Quants milions són això? Apunteu si us plau... apunteu i digueu el número tal com s'ha de dir..... Quan el números són tan grans es posen d'aquesta manera, com una potència.... perquè sinó no s'acaba mai d'escriure... i sempre és fàcil que et deixis un zero. Bé, comencem: aquí hi ha milers,.. un milió..no?. Després, un, dos, tres... aquí..*

El professor escriu a la pissarra un 1 seguit de 15 zeros.

44. **Alumnes:** *Mil bilions*

45. **(P)** *Mil?.....*

46. **Alumnes:** *Bilions*

47. **(P)** *Bé.. mil bilions exactament. La freqüència és aproximadament això. Les freqüències.....*

48. **Alumne:** *o sigui quan sobrepassa de...*

49. (P) Un bilió és un 1 seguit de dotze zeros... Això són mil bilions.... amb "b"
50. (A) Per superar un bilió què seria?... trió?
51. (P) Sí.. trilió. Tres zeros més que aquí, serien..... 18 zeros. Un 1 i divuit zeros. Bé... el cas és que estem davant d'unes freqüències enormes. Una emissora de ràdio, per exemple ràdio nacional té uns 100 megahertz... bé aproximadament. Quant és això?
52. (A).... buf!!!
53. (P) No.. buf!! No..... 100 milions de hertz . En canvi les ones electromagnètiques de llum visible tenen una freqüència de 10 elevat a 15.. que és molt més gran. La diferència és molt gran no?
54. Després ve un altre tipus d'ones electromagnètiques que es diuen : radiació ultravioleta. Això ja no ho veiem amb els ulls.... nosaltres amb els ulls només veiem això (assenyala la part de la pissarra on hi ha escrit "llum visible") ... aquesta part d'aquí tan petitona
55. (A) Un dia vam veure una màquina que feia ... raigs...???
56. (P)..... era una altra cosa, ja en parlarem, és la fluorescència. Però els raigs ultravioletes són invisibles. Nosaltres no els podem veure. Després què creieu que ve?... fixeuvos... tot són ones del mateix estil..... Tot són ones electromagnètiques. Per cert, les ones de ràdio a quina velocitat van?
57. (A) Eh?... com el so?
58. (P) No, les ones de ràdio.
59. (A) Com totes.... a 300000....km?
60. (P) Bé.. a 300000 km per segon en el buit. És una passada!!! Per tant.... a nosaltres ens arriba la llum del Sol pel buit... Podem enviar senyals de ràdio a les naus que estan donant voltes o al robot que està a Mart agafant mostres i el temps que triga, ja en vam parlar d'això.... és el temps que triga la llum... Les ones de ràdio viatgen..... vinga!!.....
61. Hem parlat d'ultravioleta.. i després.. ho hem dit? Venen els raigs X,... raigs X. Els raigs X es fan servir en medicina, ja ho sabeu... si es trenca un os....(comentaris d'alumnes) no, el làser , aquí n'hi ha un,... és llum visible.
62. (A) A la meua àvia li posen làser a l'ull i no li passa res....(més comentaris desordenats)
63. (P) Sí, pot ser... Però a veure, els làsers que es fan servir, com aquests per molestar... són de llum visible. Hi ha un tipus de làser, que és el que probablement es fa servir en medicina,... no n'estic segur, ... que són d'infraroig....
64. Bé..., continuem que ens estem despistant: raigs X i després raigs gamma... si aquesta és una lletra grega: gamma. Apunteu... amb dues "m".

Gamma es posa amb aquest símbol... (ho escriu a la pissarra) aquesta lletra grega es diu gamma. (comentaris d'alumnes)

En aquest episodi, per ressaltar la importància de la llum visible, el professor es veu obligat a dedicar unes quantes intervencions a intentar que els alumnes compreguin el significat dels nombres molt grans que s'expressen com potències de 10 i corresponen a les freqüències de la llum. Probablement no aconsegueix el seu objectiu ja que les mancances en matemàtiques de l'alumnat d'ESO són molt grans.

A ls element 50, 55 i 62 es posa de manifest que els alumnes poden plantejar qüestions si tenen referències concretes del que s'està parlant, i també que els coneixements nous s'estableixen o fonamenten en els que ja es tenen.

Els episodis 2 i 3 són una descripció del tipus d'ones electromagnètiques. No hi ha una argumentació completa, sols es tracta d'establir el que seran premisses d'episodis o de classes posteriors.

Episodi 4

65. (P) *Eh?..... Què dius que són?*
66. (A) *Forts?*
67. (P) *Què vols dir amb "forts"?*
68. (A) *Més alts.... que tenen més potència.*
69. (P) *Són els que tenen més freqüència, i al mateix temps són els que tenen més energia... Bé, o sigui que tot això seria...?*
70. (A) *Eh...???*
71. (P) *Sí... vinga apunteu : això és l'ordre de freqüències. La freqüència més alta és aquí, i també l'energia més gran (ho escriu a la pissarra). Això vol dir que els raigs gamma tenen molta energia..., tanta que poden travessar metalls. Els raigs X poden travessar teixits.. i poc els metalls i ...sí els músculs...però no els ossos. Bé, els poden travessar una mica... què dius?*
72. (A) *Si tu poses el braç amb... un d'això... te'l trenca?*
73. (P) *Nooo... te'l travessa. Mira ara ho anirem veient, d'acord? Començarem per algunes propietats ... (comentaris d'alumnes) ... No talla, no talla.. travessa. Sí, ara us ensenyaré això. Comencem?*
74. *Us ensenyaré alguns experiments amb raigs gamma, que són els que tenen més energia. Aquí tenim un aparell que emet raigs gamma.... raigs gamma i també raigs X (ho escriu a la pissarra).*
75. (A) *Quina freqüència tenen els raigs gamma?*
76. (P) *No ho recordo bé.. pot ser aproximadament deu elevat a 20... o més. Són unes freqüències altíssimes.*

77. Resulta que els raigs X i els raigs gamma tenen una característica molt interessant: tenen un gran poder de penetració; poden travessar materials (ho escriu a la pissarra).
78. Nosaltres tenim materials que poden crear raigs gamma, són materials especials que s'anomenen materials radioactius.
79. (A) Eeh ... una pregunta?
80. (P) Espera't un moment!... els materials radiactius treuen entre altres coses raigs gamma. Si nosaltres posem una xapa d'alumini, els raigs gamma passen per aquí sense problemes.... els aturen una mica, però bàsicament són capaços de passar. Anem a veure això, d'acord?
81. Aquí tinc un aparell. (va a buscar-lo).. que permet mesurar si hi ha raigs gamma. Sentiu que està pitant?.... és un detector de radioactivitat, es diu "comptador Geiger". L'heu vist a les pel·lícules?
82. (A) No
83. (P) Bé... a les pel·lícules on hi ha centrals nuclears i coses d'aquestes, surten aquests aparells. Veieu com està fet.. , aquí dintre té aquest tubet que és la part sensible... això no es pot tocar perquè t'enramparies. Encara que no ho sembli.... això enrampa; per tant es posa això aquí dintre i s'engega. Llavors de tant en tant pita perquè arriba un raig gamma..., pot venir de l'espai. Com que els raigs gamma no els atura ningú, si surt un raig gamma d'una estrella.... pot arribar aquí perfectament. Bé, anem a veure(comentaris d'alumnes).... Bé, arreglem una mica això... Vinga!! Els que esteu allà veniu a treure el cap. Ara està pitant.. aquí hi ha un petit altaveu. Fixeu-vos què passarà quan jo acosti aquesta substància....
84. (A) Què és això?
85. (P) Ara ho veureu!!... Hi ha una mena de cosa invisible que surt d'aquí.... molt ràpid i quan nosaltres ho acostem...
86. (A) Si poso la mà, què passaria?
87. (P) No hi posis la mà.Aquesta substància que sembla pols de guix, en realitat no ho és...I ara fixeu-vos en aquestas pedra...., sembla una pedra qualsevol del carrer... no?. Això no és una pedra normal. És una pedra..., és un mineral d'una substància que es diu urani, un element químic: urani.
88. (A) Això és urani?
89. (P)Això és un mineral d'urani. L'urani es treu d'aquí. Doncs ara fixeu-vos..... vaig a buscar unes xapes i a veure què passa. Agafem paper d'alumini d'acord?.. aquí hi ha un paper d'alumini doblegat quatre vegades. Primer posarà la pedra a sobre, directament. I ara hi poso el paper d'alumini... aquí passa "como Pedro por su casa".. no?...no? Què l'atura el paper d'alumini?
90. (A) No.

91. **(P)** *En canvi el paper d'alumini atura la llum, no?. També atura la radiació ultravioleta, per exemple. Ara agafem la xapa d'alumini d'un mil·límetre de gruix; això ja no és paper d'alumini..., això ja és una xapa considerable. Ara poso primer això... i ara l'alumini. Passa menys, una mica menys.... però els raigs passen. Fixeu-vos que hi ha un bon gruix d'alumini..., és un mil·límetre.*
92. *Ara agafarem això..., encara més gruixut... són dos mil·límetres d'alumini. Noteu que encara passa? El que està passant és radiació gamma. Aquí tinc un altre metall, és el zinc.. us sona el zinc? Abans se'n feien tubs, ara no se'n fa gran cosa. L'atura millor el zinc?... si o no?*
93. *Per últim el rei dels absorbents: el plom! El que passa... no és massa gruixut eh! Si vull aturar la radiació gamma, com ho he de fer? Sembla que pot passar per tot arreu. He d'agafar un bon tros de plom..., un tros ben gruixut. Amb aquest.. noteu, encara en passa una mica (comentaris d'alumnes). Si vulguéssim aturar-ho tot hauriem de posar un gruix de plom molt gran. Bé, això és la radiació gamma...*
94. *Quina és la propietat més interessant? Quina és la propietat més interessant Irene?..... poden travessar què?*
95. **(Irene)** *Els materials*
96. **(P)** *Per exemple, el paper el deu poder travessar?*
97. **(A)** *Sí, amb molta facilitat.*
98. **(P)** *El paper com si no hi fos... Doblega l'estoig, treu-li la tapa... Bé, poso això aquí*
99. **(A)** *Però què passa si hi poso el dit?*
100. **(P)** *Doncs que que no convé. El dit també el travessa, però no és convenient... Això és massa....*
101. **(A)** *Perillós?*
102. **(P)** *Sí, evidentment. No és una cosa per anar tocant....Bé, com que ja hi hem jugat molta estona, el guardem a dintre, eh?*
103. **(A)** *Què et pots electrocutar?*
104. **(P)** *No, no... no és qüestió d'electrocutar, és qüestió que... vosaltres sabeu, aquestes radiacions..... la radiació gamma i la radiació X tenen tanta energia que poden trencar cèl·lules, no?... Són molt petites, però hi són i llavors resulta que si un raig gamma trenca una cèl·lula pot començar a fer coses rares... i això a la llarga pot crear problemes. Per tant és un tipus de radiacions que no és saludable. Es tracta, per exemple... sabeu que una noia embarassada no es pot fer radiografies? Ho sabíeu o no?*
105. **(A)** *No*
106. **(P)** *Això és perillós.. Es pot fer ecografies. Les ecografies..., és interessant..., es fan amb so. Però no és un so normal, són ultrasons, són*

de freqüències molt altes... que no sentim. No es poden utilitzar raigs X ni gamma en una dona embarassada..... Bé, anem per feina!

107. (A) *Ara ja no sona*

108. (P) *Sí, clar no sona perquè no hi ha..... bé ara no ho vull tornar a treure... Guarda-ho a l'armari ja que tens ganes de jugar-hi una mica. Va s'ha acabat.*

Es poden diferenciar dues parts en aquest episodi: la primera, elements 65-80, és una descripció de les relacions freqüència-energia i la segona, elements 81-108, és la realització d'una experiència de la que, bàsicament per l'autoritat del docent, es pot arribar a la conclusió desitjada.

A partir d'una intervenció poc encertada d'un alumne, el professor condueix el discurs cap on on l'interessa: l'energia associada a les ones. El llenguatge de l'alumne associa "fort " amb "potència" i "freqüència"; el professor ha de crear diferències entre aquest termes entre si i amb "energia de les ones", a continuació associa aquesta energia a la freqüència i així va transformant els coneixements de l'auditori, a més d'anar fixant el llenguatge el llenguatge científic.

Els alumnes associen els perills de la radioactivitat amb els de l'electricitat, perill d'electrocutar-se (element 103); o bé es pot dir que per intentar entendre allò que es planteja estableixen analogies entre quelcom que coneixen i han experimentat, l'electricitat, i un fenomen nou del que no en tenen experiència sensorial : la radioactivitat; el docent ha de crear diferències entre ambdós perills i ho fa amb una petita disgressió parlant de les ecografies- altra vegada es recorre al so- i comparant-les amb les radiografies. Explicar els perills i aplicacions pràctiques concretes desperta l'interès i dona presència als arguments.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi
<p><i>Les ones electromagnètiques es classifiquen per les seves freqüències.</i></p> <p><i>Hi ha materials que produeixen raigs gamma, i aparells que els detecten.</i></p>	<p><i>Exemples, il·lustracions i experimentació.</i></p> <p><i>Associació: el detector sona si hi ha raigs gamma</i></p>	<p><i>L'energia de les ones depèn de la seva freqüència: creix quan aquesta augmenta</i></p>

Episodi 5

Per acabar la classe el professor proposa la realització d'exercicis de càlculs senzills per posar de manifest aplicacions pràctiques, encara que de quelcom no perceptible, del que estan treballant.

109. (P) A veure, vosaltres recordeu o hauríeu de recordar.... si estudièssiu una mica més, que la velocitat d'una ona és igual a la longitud d'ona multiplicat per...?

110. (A) Per la freqüència?

111. (P) Molt bé! Per la freqüència. Bé.. eh!! La velocitat de les ones electromagnètiques , quina és?... és 300000 km per segon oi? Dit d'una altra manera 300 milions de metres per segon. Vosaltres heu de calcular la longitud d'ona si, primer, la freqüència és de 10 elevat a 15, ja recordeu què vol dir això? Segon, si la freqüència és de 100 milions de Hz... 100 milions de Hz d'una emissora de ràdio.

El professor escriu a la pissarra la relació entre la longitud d'ona i la freqüència i la velocitat de la llum.

112. (A) No ho entenc

113. (P) Espera un moment!..... Deixa'm acabar d'apuntar!..... Què és el que no entens?

114. (A) El que estaves explicant...

115. (P) Sí., jo et dic que t'espavilis a trobar la longitud d'ona en dues situacions.

116. (A) És fàcil.

117. (P) Bé, ja ho veurem si és fàcil. Hem dit que una situació és que la freqüència és de 10 elevat a 15, per tant a la fórmula..... Si la freqüència es de 10 elevat a 15,..... quina és la velocitat d'aquestes ones?

118. (A) 300 milions.....

119. (P) 300 milions de metres per segon. Doncs primer cas: una freqüència de 10 elevat a 15 és llum visible. Segon cas: 100 milions de Hz d'una emissora de ràdio. Quina longitud d'ona tindrien? Ho feu pel proper dia.

120. (A) El dijous anem d'excursió., anem a patinar sobre gel.

121. (P) Bé, que us ho paseu bé... i no us feu mal.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi
Relació entre velocitat, longitud d'ona i freqüència Càlculs amb potències de 10	Exemples	Les longituds d'ona de la llum són molt petites. Tesi implícita: les longituds d'ona del so són molt més grans.

2a classe

Contrastant amb la classe anterior, que va començar amb una experiència perceptible, audible, però que sols era per introduir el tema i després va continuar amb qüestions allunyades de la percepció, que els alumnes troben abstractes i difícils, aquesta classe comença i prossegueix amb experiències clarament perceptibles, visibles, que fan molt més assequibles, més concretes i per tant més creïbles i persuasives les tesis que es proposen.

Episodi 6

Comença la classe amb un projector de diapositives que il·lumina una pantalla i el professor apaga els llums del laboratori. Amb un prisma analitza la llum blanca del projector i l'obtinguda posant diapositives de colors al projector.

122. **(P)** *Veieu que només té vermell... i una mica de taronja? Ara agafaré una diapositiva de llum verda. Posaré un filtre verd, d'acord? La poso aquí i fixeu-vos que la llum és verda..., no es veu gaire bé això. Fem-ho amb el prisma... eh! Escolteu!... El prisma, el tenim aquí i el poso així, es veu?... vaig a buscar un trato per no haver d'estar aguantant contínuament... Poso això aquí al mig... para Òscar!!..., per interceptar la llum d'acord? Fixeu-vos que la llum que tenim allà és verda. Doncs quan analitzem aquesta llum verda, veiem que ens surt: verd, una mica de blau, groc i una mica de vermell.... O sigui que en realitat.....*

123. *A veure com ho expliquem això, fixeu-vos. Aquí tenim la llum blanca completa, amb tots els colors que la formen..... i aquí tenim la llum verda; la llum verda té part de la groga, una mica de blau i una punta de vermell. Si ara analitzo la llum vermella trobem que té el vermell..... i poca cosa més, no?*

124. **(A)** *Vermell, verd..*

125. **(P)** *No, no, no.... Això és la llum normal.... blanca, la que passa pel prisma.. És aquesta part d'aquí, la que passa pel filtre, d'acord?*

126. *Doncs vinga!! Anem a fer una mica de teoria .. i ja tornarem a fer l'experiment. Encen el llum si us plau.. Pau.... Si us plau si voleu agafar el prisma fe-ho per aquí, que s'embruta eh!.. i que no us caigui que val diners!*

127. **(A)** *Quant més o menys?*

128. **(P)** *Quant?... doncs és car. Mireu-lo si voleu i l'aneu passant però que no es trenqui! Que no caigui!*

129. **(A)** *Aquest ja ha caigut alguna vegada....*

130. **(P)** *Doncs sí, a algú li devia caure..., vinga a veure, si mires...veus?*

131. **(A)** *Sí, sí, sí... ara ho veig!*

132. **(P)** *Eh! Vigileu que no caiguin els prismes! ... Estigueu al cas! Va, les llibretes, deixeu els prismes a la caixa abans no es trenquin..., després ja us*

deixaré una altra cosa que va millor que els prismes. Això és el que vam fer l'altre dia, no cal, no cal que ho torneu a apuntar.... Vinga!!

133. (A) *Tot alló d'ahir no ho vaig entendre.*

134. (P) *Bé..., ja ho farem després eh? Però ara si de cas expliquem això perquè si no no acabarem mai. Vaig posar.. eh! A veure si calieu! ... posa'l dintre de la caixa i pareu de marejar els prismes... i que no caiguin!*

En aquest episodi es posa de manifest que els alumnes s'interessen sempre més per quelcom que és concret, que poden entendre, encara que no sigui l'objectiu al que vol arribar el professor: en aquest cas es preocupen pel preu d'un prisma.

La intervenció de l'alumne a l'element 133, que és freqüent i descoratjadora pel professor, evidencia les dificultats per aconseguir un discurs docent eficaç i la necessitat de que aquest inclogui repeticions.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesis
<i>El projector fa llum blanca Un prisma separa els colors que té la llum</i>	<i>Basada en l'estructura de la realitat Exemple-experiència</i>	<i>La llum blanca és una barreja de colors</i>

Episodi 7

135. *L'altre dia vam veure que eren les ones electromagnètiques... són un conjunt d'ones que poden viatjar en el buit..., no són ones mecàniques..., no hi ha cap peça mecànica que vibri. Recordeu: ones de ràdio, microones, ones infraroges, visible.... etc.. fins arribar a raig gamma.... A mesura que avancem tenim cada vegada més freqüència i més energia....., per tant els raigs gamma tenen un poder de penetració molt gran, poden travessar paper i metalls; els raigs X també són molt penetrants.. però no tant i si anem baixant.. de la regió ultravioleta ja en parlarem perquè hi ha unes coses molt interessants. Però primer anem a la llum visible. Anem a explorar la llum visible*

Escriu a la pissarra a poc a poc: Llum visible.

136. (A) *Apuntem això?*

137. (P) *Sí. La llum visible és la llum que impressiona els ulls, que podem veure amb els ulls. Anomenem llum visible a aquella que podem veure amb els ulls. El marge de freqüències és proper a 10 elevat a 15 Hz. Per aquest marge de freqüències nosaltres tenim uns receptors dintre dels ulls que són de dos tipus: uns s'anomenen cons, conos en castellà, i els altres bastonets. Uns funcionen ràpid i quan hi ha molta llum i els altres funcionen amb poca llum i són lents i no permeten veure colors. Els que són ràpids permeten veure colors i els que són lents no.*

138. (A) *Això de raig què vol dir?.... l'últim.. després de raig X.*

A la pissarra hi ha escrit tot l'esquema de l'espectre de les ones electromagnètiques. La pregunta de l'alumne no està relacionada amb l'explicació del professor sinó amb aquest esquema.

139. **(P)** Raig gamma, és una lletra grega. Això és una lletra grega que es diu gamma.
140. *Doncs a veure, primer... la llum visible té un marge de freqüències enorme: 10 elevat a 15 no és tan gran com els raigs gamma, però és molt gran. En segon lloc: nosaltres podem detectar aquestes freqüències amb els ulls; dintre dels ulls hi ha uns receptors, unes cel·lules, que són sensibles a la llum i s'anomenen cons i bastonets.*
141. *Mireu-vos ara entre vosaltres, vinga!... Mireu-vos! Veieu colors, no?... Bé, ara farem una cosa (apaga els llums) : eh!!.. Tranquils!.. Podeu detectar... espera't, espera't! Aquí hi ha molta llum encara. A veure (comentaris inintel·ligibles d'alumnes) jo tinc una cosa a la mà, m'agradaria que em diguèssiu de quin color és..*
142. **(A)** Blanca
143. **(P)** No
144. **(A)** Transparent
145. **(P)** *No. Vosaltres podeu veure formes però no colors... Ara esteu fent funcionar els sensors que són lents. Fixeu-vos que ara hi veieu més que fa una estona, us heu anat acostumant a la foscor però encara no podeu captar colors. Si passa molta estona potser podrieu fer-ho. Això vol dir que dels sensors que tenim a l'ull n'hi ha uns que capten colors i que són ràpids i uns altres que no capten colors i que són lents... d'acord?... no és transparent.. obre el llum si us plau..... calleu! De quin color és?*
146. **(A)** Roja... vermella
147. **(P)** *Bé , obrim els llums i veiem els colors. Òscar, obre el llum... Òscar!! Bé.*
148. **(Òscar)** Apago?
149. **(P)** *No, no ... deixa'l. Encén l'altre també. Nosaltres només podem detectar unes freqüències en un marge molt estret i això és el que anomenen llum visible. Hi ha animals, organismes, que detecten raigs infrarojos: per exemple les serps tenen ulls, però també tenen unes ranures al costat de la boca, a la part de la cara per dir-ho així, i amb això detecten raigs infrarojos (comentaris d'alumnes) ... No, no... això és una altra qüestió..., en tot cas, voleu que us ensenyi això?*
150. **(A)** Sí.
151. **(P)** *A veure, tots us heu de posar en aquesta banda onestic jo..... El dels gats és una altra història....És una qüestió, a veure algú que tingui els ulls clars..... Qui té els ulls clars?*
152. **(A)** L'Òscar!

153. **(P)** *Doncs vinga! Posa't aquí i treu-te les ulleres. Apaga el llum Sara.. ai!! Laura. Apaga, sí. Ara no m'hi veuré.... Això és per regular la intensitat de llum, perquè aquí hi ha massa llum... Bé, vinga! Acosteu-vos tots per veure què passa. Si no us acosteu no veureu res! , acostat més...Bé, mira més amunt. Espera't Així, val! Ara has d'intentar.... Mira a la Marina, mira la Marina!*
154. **(Òscar)** *On és?*
155. **(P)** *Aquí, al davant, d'acord?*
156. **(Òscar)** *És que no la veig!*
157. **(P)** *Però obre els ulls!... Estiguis quiet! ... Mira-la a ella! Fixeu-vos en el seus ulls, les seves pupil·les, que són el forat per on entra la llum a l'ull... fixeu-vos! Obre els ulls! No els tanquis!... vaja!! Sort que t'he avisat Vinga! Heu vist el que ha passat?*
158. **(A)** *Sí.*
159. **(P)** *Se li han fet petites, però s'ha espantat.... Vinga!... Fes-ho tu! Sí, seu...tranquil·la. Molt bé, a aquesta distància. Tu mira-la a ella. Fixeu-vos que s'està dilatant, la pupil·la es dilata. Ho veieu? Ara no t'espantis, no passa res, això no explota! Engego!... Veieu com es va tancant?*
160. **(A)** *Ooooh!!! Siii!*
161. **(P)** *Això és un sistema que nosaltres tenim per funcionar amb poca llum. Si hi ha poca llum la pupil·la es dilata, el forat es fa més gran i així pot entrar més llum a dins. Quan hi ha més llum.... fixeu-vos! Intenta mirar-la a ella eh! Veieu? Doncs els gats també tenen aquest mecanisme. Els gats veuen altres freqüències..., també són mamífers com nosaltres. Què passa amb els gats? Que al vespre dilaten les pupil·les i ocupen tot l'ull..., això és el que passa! Per això quan s'enfoca un gat de nit, la llum rebota dintre de l'ull i surt... i així sembla que tingui llum dintre de l'ull. Ho heu vist? Fem-ho una altra vegada. Algú ho vol fer? Què teniu por? Vinga va, tu mateix. Mira a qui vulguis, si vols mira'm a mi. No tanquis els ulls que no veurem res! Acosta't més! Heu vist? La pupil·la s'ha fet petita. (comentaris dels alumnes) Això va molt bé amb les persones que tenen els ulls clars. Va si vols prova-ho tu.*
162. **(A)** *Me tengo que quitar las gafas?*
163. **(P)** *Clar, vinga!... Veieu com es fa petit... i ara com es va dilatant? S'ha vist o no? Recordeu que de receptors n'hi de ràpids i de lents; els ràpids permeten detectar el color i els lents no; el professor de ciències us ho pot explicar millor, pregunteu-li. Dintre de l'ull també hi ha un obturador que regula la quantitat de llum que hi entra, això fa que la pupil·la es dilati..... Ha quedat clar tot això? Per tant, nosaltres tenim un mecanisme per veure aquestes freqüències que en diem llum visible.... aquest mecanisme és l'ull. I dintre de l'ull hi ha receptors....., hi ha una zona sensible que es diu retina...., com si fos una pel·lícula fotogràfica..., que està al fons de l'ull... (comentaris d'alumnes) ... regulació, regulació...*

El professor inicia aquest episodi recordant, repetint, les conclusions d'alguns episodis anteriors per centrar el discurs en l'aspecte que interessa: la relació entre la llum i l'ull. Així es compleixen dos objectius: es repeteix el que es considera més important, que cal que l'alumnat tingui present i retengui, i es fixa la direcció del discurs.

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi
<p><i>Les conclusions d'episodis anteriors.</i></p> <p><i>La llum és allò que impressiona els ulls.</i></p>	<p><i>Descripció</i></p> <p><i>Definició</i></p> <p><i>Exemples-experiències.</i></p>	<p><i>Els ulls disposen de detectors diferenciats segons les freqüències i la intensitat d'il·luminació, i un mecanisme de regulació de l'entrada de la llum (pupil·la).</i></p>

Episodi 8

164. *Bé, anem a una altra cosa. Enceneu el llum..Deixeu això. Seguim..Vinga!.. La llum visible..... Si això representa la llum visibleaquí hi tenim unes freqüències..., jo no tinc guixos colors però els colors estan aquí.... Les freqüències més baixes corresponen al color vermell, són les més petites; després... van augmentant... i passem al taronja, groc, ... verd, blau i violeta. Si ho dibuixés amb guixos de colors quedaria més bé, però no entinc. Vosaltres a la llibreta ho feu amb colors.*

El professor ha fet una línia horitzontal a la pissarra i hi anota el nom dels colors de la llum visible per ordre de freqüències creixent.

165. *Què, no apuntes res? Estàs cansada?... Què passa?*

166. *La llum visible que heu vist del projector, quan s'ha descomposat... comença amb el vermell, ho heu vist? I ha donat tots els colors. Després del groc ve el verd. Mireu-ho en el dibuix, ho veieu? Vermell, taronja, groc, verd, blau i violeta!*

167. *Quan nosaltres parlem del so, a les diferents freqüències que podem sentir els hi assignem una tonalitat, sí o no?. Diem un so agut o un so greu, o té una tonalitat aguda o una tonalitat greu. Això és la freqüència: una freqüència alta correspon a un so agut i una freqüència baixa a un so greu, d'acord? Ho recordeu? Vol dir que cada freqüència de so està associada a una tonalitat. Així, una freqüència alta de so diem que té una tonalitat aguda i una freqüència baixa de so diem que té una tonalitat greu.*

168. *Doncs amb la llum visible, cada freqüència està associada a un color, s'entén?... Amb l'oïda nosaltres captem ones de so i amb els ulls captem ones de llum visible, ones electromagnètiques de llum visible.*

El professor agafa una flauta i un diapasó i fa diferents sons

169. Les freqüències diferents de sons ens produeixen sensacions de diferent tonalitat (fa sonar els instruments) Oi que sentim un so o un altre? El que té la freqüència més alta diem que és més agut, ens dóna la sensació de to alt. D'acord?
170. Bé... Amb la llum hi ha una altra sensació... que és la sensació del color. Com funciona això? Les freqüències més baixes de llum les associem al color vermell i les més altes al color violeta. Les freqüències que hi ha pel mig les associem als diferents colors.
171. (A) Violeta és igual a lila?
172. (P) Sí. En realitat en català s'hauria de dir violat, però això sona malament... lila, d'acord? Doncs la sensació de color està associada a la freqüència. Quan tenim dintre de la llum visible una freqüència alta, li correspon el color violeta i si la freqüència és baixa tenim el color vermell. Què hi ha més enllà del color violeta? Doncs.... més enllà del color violeta hi ha naturalment l'ultravioleta. Ultra vol dir més enllà (comentaris d'alumnes). Això és interessant i en parlarem. Què hi ha més cap aquí? Més avall del vermell, el roig, hi ha l'infraroig... i nosaltres no el veiem..... Infraroig. Ho recordareu això?
173. (A) Com és aquest color?
174. (P) Aquest color?... No és cap color, no el veiem. Nosaltres només podem associar color a allò que veiem..., si no veiem, a quin color ho podem associar? El que nosaltres anomenem color negre- ja parlarem amb més calma dels colors, més endavant- el que anomenem color negre és això... Voleu veure el color negre? (apaga els llums) Això és color negre.... .. Què diries que és color negre?
175. (A) Cap color
176. (P) No, en certa manera és veritat, perfila una mica això. Has dit cap color. Quina és la mescla de tots els colors? Com anomenem la mescla de tots? Hem vist abans... llum....
177. (A) Visible.....invisible?
178. (P) Llum blanca! El negre....., aquí no surt el negre. Quan nosaltres veiem una cosa negra, és que no hi ha llum. Fixeu-vos en aquesta pilota: hi ha una part negra i una part groga, no? Per què diem que això és groc? Hi ha un focus de color groc?
179. (A) No.
180. (P) Quina llum tenim aquí?...blanca. I dintre de la llum blanca què hi ha? (respostes diverses i desordenades) Tot el repertori de colors! Què no ho heu vist abans? Dintre de la llum blanca hi ha tots els colors. Repasem-ho que no s'ha entès: quina llum fa el projector?... blanca; quin color dieu que és aquest?... blanc. Ara el que us he estat dient és que el color blanc en realitat no és cap color. El color blanc està format per tots els colors del repertori!

El professor encen el projector i amb un prisma descomposa la llum que surt.

181. (P)La llum blanca que surt del projector es descomposa amb el prisma..., el prisma la descomposa, separa els colors...., nosaltres diem que dintre de la llum blanca hi ha tots els colors que van del vermell al violeta. Si hi ha ultravioleta o infraroig, nosaltres no ho podem saber amb els ulls.... hauríem de tenir algun detector especial. Amb els nostres ulls no podem veure si aquí hi ha infraroig o ultravioleta, d'acord? Bé, doncs així, la llum blanca té tots els colors... i aquí no hi ha el negre, d'acord? Què és el color blanc? Què és el blanc?..... la mescla de tots els colors. Què és el color negre?... Quan no hi ha llum ni blanca ni de cap color. (comentaris d'alumnes) bé, sí, si tu barreges tots aquests colors et sortirà blanc....., ja ho farem, no sé si tindrem temps.....

182. Si barreges tots els colors et sortirà blanc....., el que passa és que barrejar-los tots és complicat. A la pràctica el que es fa és agafar vermell, verd i blau i quan els barreges et surt el color blanc (comentaris d'alumnes) El color blanc és el resultat de barrejar tots els colors i el color negre és quan no hi ha cap llum....., quan no hi ha cap tipus de llum, de llum visible, s'entén? Què? Què passa? Apagueu el projector.

183. (A) Obro el llum?

184. (P) Sí, obre el llum. Recordeu... barrejar colors... la sensació que donen... Quina llum tenim ara a l'il·luminar el laboratori?

185. (A) Blanca

186. (P) Els fluorescents, o bé si aixequem les persianes, la llum del Sol, no?.. seieu, seieu.. La llum del Sol és una barreja. Si apaguem els llums i tanquem, quina llum hi haurà?

187. (A) Negra

188. (P) No!... No hi ha cap llum! No hi ha cap llum! No hi ha llum negra. Si no hi ha llum diem que hi ha fosc...Bé, un altre dia ho aclarirem més.

El professor torna a establir analogies entre la llum i el so, concretament entre els colors de la llum i els tons musicals. Considera que la relació "freqüència-to musical" ja està assimilada per l'alumne en el cas del so i a partir d'ella vol construir per analogia l'associació "freqüència-color".

Es repeteix l'experiència de descomposició de la llum de l'episodi 6, per consolidar la conclusió que ara és la premissa del tipus "fet o veritat".

Premisses	Tècnica argumentativa	Tesi
La llum blanca és formada per la barreja de tots els colors.	Descripció Analogia Arguments basats en l'estructura de lo real	Els colors de la llum depenen de les freqüències de les radiacions. El negre no és un color, és la manca de llum.

2.3.3. El canvi químic.

La classe que s'analitza va ser impartida per una professora amb 20 anys d'experiència a un grup de 27 alumnes de 13-14 anys, d'una escola d'ensenyament secundari del nord d'Anglaterra.

Aquesta classe va ser estudiada per Scott i Mortimer (2002) d'acord amb el seu esquema d'anàlisi, i les seves propostes i conclusions presentades a "2002 AERA Annual Meeting, New Orleans, USA".

L'anàlisi d'aquesta classe, de la que s'inclouen traduïts els episodis més significatius, es planteja des del punt de vista del "Tractat de l'Argumentació" de Perelman per intentar comparar-lo amb el proposat pels investigadors abans esmentats.

L'esquema de tota argumentació és :

1. **Establiment o fixació de premisses:** presentació de fets, teories, testimonis, veritats, presumpcions
2. **Proposició d'hipòtesis:** elaboració, "invenció", de raonaments i idees per justificar els fets, interpretar-los.
3. **Conclusió.**

El primer punt exigeix : seleccionar, presentar i donar presència a les premisses

En la classe que es comenta queda clar l'esquema anterior:

a) **premisses:** - qualsevol fenomen té unes causes i unes conseqüències (veritat);

- els claus de ferro, en diferents situacions, per una causa ambiental, es rovellan (fet).
- podem determinar les causes o trobar una explicació al fenomen (aquesta idea és un "lloc comú" de la Ciència??)

b) **hipòtesis:** el rovell és produït per la humitat, la foscor, el fred, l'aigua, l'aire...

c) **conclusions:** el rovell es produeix per l'aire i l'aigua.

Una tècnica argumentativa que s'utilitza en aquesta classe, que es pot considerar com de "descobriment dirigit", és la que s'empra de manera general en qualsevol investigació; en primer lloc arguments, o procediments, d'associació per coexistència (basats en l'estructura de la realitat) : si la foscor, o el fred o la humitat...etc són presents quan el clau es rovella, és possible que en siguin els responsables; en segon lloc es busquen idees o experiències per "dissociar" alguns d'aquests factors del fet estudiat.

Com es rovella el ferro?

El discurs docent sempre vol provocar una interacció entre el professor i l'alumne, amb l'objectiu de persuadir a aquest de la bondat del coneixement científic. Aquesta interacció pot ser explícita, o forçada, si es plantegen preguntes a l'alumnat i s'espera i/o exigeix alguna resposta que posi de manifest el coneixement o comprensió que l'alumne té del tema que es tracta, o implícita si al llarg del discurs no es formulen preguntes o si es plantegen i no s'espera resposta de l'auditori: interacció-dialògica i interacció-autoritària.

De totes maneres, la interacció dialògica sempre acaba amb una avaluació que deixa clara l'autoritat de la ciència i/o del docent.

Com que es tracta d'un nivell elemental d'ensenyament i es parla d'un fenomen quotidià, el discurs docent es planteja bàsicament de forma dialògica, amb intervencions "autoritàries" de la professora per anar fixant els acords i/o les conclusions parcials i finals. El diàleg també ha de servir per ensenyar a parlar parlant.

Episodi 1

P (professora): *D'aquí a tres setmanes estudiarem un tema nou "el canvi químic" i per començar-lo ara us dono un clau de ferro nou per que el poseu en el lloc on cregueu que es rovellarà molt; d'aquí a tres setmanes l'heu de dur el més rovellat possible.*

Tres setmanes més tard:

Els alumnes expliquen els llocs seleccionats i el motiu general és que hi han vist altres objectes de ferro rovellats.

P: Heu posat els claus en llocs interessants... En David els va posar en un pendent d'un jardí... En Josep els ha posat en un forat d'una paret exterior, la Clara en un garatge i en Joan en un soterrani...Bé, ara escriurem a la pissarra els llocs on heu posat els claus i les vostres idees dels motius pels quals s'han rovellat.

Joan: Mullat

P: Mullat. Ara ho escric.. Penseu una mica. Bé ... mullat (ho escriu a la pissarra). Si Cris?

Cris: Humitat

P: Humitat (ho escriu a la pissarra). Mullat, humit... Quelcom més? Gabri?

Gabri: Jo l'he posat amb fang al jardí.

P: Què creus que ha fet el fang per rovellar-los?

Gabri: Estaven mullats i enfangats.

P: Mullats..., mullats també. Bé.. mullats. Més idees Mateu?

Mateu: Aire.

P: Aire. Bé. Aire (ho escriu a la pissarra) . Creus que l'aire pot rovellar-los. Flora?

Flora: Pot ser la condensació.

P: Condensació.. (ho escriu a la pissarra). Bé. David?

David: Podria ser el clima.. si és calent o fred...

Tres setmanes abans de començar el tema, la professora selecciona els fets o fenòmens de partida. Com que es tracta d'un nivell elemental proposa un fenomen quotidià, ja conegut pels alumnes i que la majoria associen a l'aigua. Proposar aquesta experiència és una manera de donar presència als fets i de motivar l'alumnat, obligant-lo a elaborar un primer "argument basat en la realitat" per comparació: si en determinats llocs hi ha objectes que es rovellan, el clau també es rovellarà.

La professora, després d'escoltar les explicacions dels llocs on han posat els claus, comença la classe passant a la segona fase de l'argumentació : anima a proposar hipòtesis per determinar les causes del fenomen i recull les idees o dades, exemples, que aporten els alumnes.

Els "fets", basats en "l'estructura de lo real" són : els claus de ferro inicialment en bon estat, en certes condicions es rovellan.

El discurs docent “interactiu-dialògic” ha de conduir a determinar els factors que provoquen aquest canvi.

En Ciència s’accepta que qualsevol esdeveniment té unes causes (1^a premissa implícita) i provocarà unes conseqüències (2^a premissa implícita). La percepció d’aquestes conseqüències garanteix que ha tingut lloc l’esdeveniment que la Ciència es preocupa d’estudiar i intenta explicar. Que és possible trobar els factors que determinen un fenomen és una premissa bàsica en Ciència, que es posa de manifest en les classes de ciències.

Totes aquestes premisses semblen evidents a l’auditori i per tant no es discuteixen, ocupen molt poc temps del discurs.

En aquest primer episodi no hi ha argumentació explícita, però sí la preparació d’aquesta per acumulació d’exemples: casos particulars que poden conduir a una llei general, o a establir-ne els fonaments. Es tracta de l’argumentació “destinada a fonamentar l’estructura de la realitat”.

Episodi 2.

A la pissarra hi ha escrites les paraules: Pluja, mullat, humit, sal, vinagre, aire, condensació, fred i fosc.

P: Bé, ara hem d’observar el que hi ha escrit a la pissarra per mirar de trobar si tenen algun comú les diferents propostes que heu fet... Repassem el que hi ha escrit a la pissarra... Kevin, quins termes trobes que estan relacionats?

Kevin: ..pluja, humitat,... potser fred..

P: Pluja, humitat...

Altres alumnes van donant altres respostes i la professora deixa subratllats els mots: pluja, mullat, humit i condensació.

P: ... he subratllat algunes paraules... què tenen en comú Kevin?

Kevin: Totes són humitat

P: Cert, humitat..., però què volem dir amb humitat? Què és la humitat?

Alumnes: Aigua!!

P: Aigua? Aquesta és la clau de la qüestió? Què hi dius Flora? És l’aigua el que tenen en comú ...

Flora: Si

P: Heu dit pluja, humitat, condensació, mullat... i jo us pregunto que volem dir amb això? Quina relació hi trobem?

Flora: Són diferents formes de l’aigua.

P: Aigua. Si? Hi esteu d’acord? Us sembla raonable?. Bé, ja sabem doncs que l’aigua és el que hi ha en comú i que és important.

La professora substitueix a la pissarra els termes subratllats per « aigua »

Trobar que tenen en comú els diferents termes és proposar un primer argument “basat en l’estructura de la realitat”.

Substituir diferents termes per “aigua”, simplifica les dades i proporciona una conclusió parcial o provisional: “l’aigua és, o sembla, important per rovellar els claus”, que és una premissa per etapes posteriors.

Episodi 3

P: Bé...bé. Fixeu-vos què estem fent ara. Entre tots estem buscant els motius pels que ens sembla que els claus s'han rovellat. I ara volem determinar quins són els factors principals.... Potser dintre d'aquesta llista: aigua, sal, vinagre, aire, fred, fosc, ... potser hi podem trobar un o dos factors essencials.., realment essencials que siguin sempre necessaris per produir el rovell.

La professora explica els motius del que estan fent: metadiscurs.

Es pot considerar un argument de direcció (basat en l'estructura de lo real) ja que orienta des del punt de partida fins on es vol arribar.

Explicita una premissa: hi ha uns factors essencials i els podem trobar.

Episodi 4

La professora demana que en una taula identifiquin quins dels set factors : aigua, sal, vinagre, aire, fred, fosc i sec són presents en els diferents llocs on han posat els claus: garatge, soterrani, jardí i dins d'un pot amb aigua.

P: Bé, l'aigua... trobem que és sempre present quan els claus es rovellan.. i l'aire també és un factor essencial. Hem reduït els factors a aquestes dues causes : aire i aigua, però hauriem d'estudiar millor la influència del fred o de la foscor.

S'arriba a la conclusió dels factors que determinen l'oxidació per un argument "basat en l'estructura de la realitat" : són els únics presents en tots els llocs. Es podria considerar "quasi-lògic" : si són els únics factors comuns a tots els llocs, sembla raonable que siguin necessaris o importants pel fenomen estudiat.

Episodi 5

P: Bé, estem estudiant... de quina manera el fred, l'aire, l'aigua i la foscor són necessaris. Ara.., primer anem a veure de quina manera pot influir el fred. Algú de vosaltres ha anat a llocs on hi fa molta calor, si? A una platja.. a països càlids.. Es rovellan els claus de ferro en aquests llocs?.... Si el fred rovella les coses, seria lògic que els objectes calents no es rovellessin mai. Algú pot fer algun comentari? Gabri?

Gabri: Es pot rovellar sense fred.

P: Fred... Es pot produir rovell sense fred. Què significa això? Gabri diu que es pot rovellar un ferro sense fred.. Hem de mantenir el fred a la nostra llista? El fred, és essencial per produir rovell?

Alumnes: No.

La professora proporciona una il·lustració, una experiència viscuda o coneguda , que posa de manifest que el fred no sembla necessari. És un argument basat en l'estructura de la realitat: aquesta il·lustració no permet negar que el fred sigui important per rovellar el ferro i els llocs càlids que cita no tenen les diferents condicions o causes gens controlades; per la Ciència no seria vàlid, però a l'auditori li sembla plausible i es un argument reforçat per l'autoritat de la professora i per tant l'auditori arriba a la conclusió que aquesta vol.

Episodi 6.

P: Ens hem quedat doncs que les causes poden ser l'aire, l'aigua o potser la foscor. Nosaltres hem de comprobar si pot ser l'aire, ell sol, o potser només l'aigua o qui sap si la foscor, ... o una combinació dels tres factors qui determina que el clau es rovell. No es tracta de dir el que pensem, de dir el que creiem.. hem de fer una investigació per comprobar-ho.

La professora resumeix el treball fet i indica el que falta: es tracta d'un argument de direcció, i explicita una premissa: la Ciència no es basa en creences sinó en fets observables.

A continuació la professora proposa la realització d'experiències concretes, per estudiar els tres factors per separat i combinats: es tracta de trobar un argument per fonamentar la realitat a partir d'exemples. Realitzar experiències també és una manera de donar "presència" als arguments i de motivar a l'alumnat.

Les experiències proposades són : posar un clau en aire sec, en aigua bullida i coberta per una capa d'oli i en un ambient humit; i repetir els experiments amb llum i en la foscor.

Episodi 7

P: Ara nosaltres hem d'estudiar els resultats dels experiments per veure si som capaços de determinar els factors que són absolutament essencials per produir el rovell.

Roser: El clau que he posat en un tub només amb aigua s'ha rovellat...

P: Bé, hem d'observar bé aquest tub Roser, .. i veure si podem explicar perquè , en aquest tub en particular, podem trobar-hi una mica de rovell. Teniu alguna idea? Clara?

Clara: Potser que , encara que hi havia oli, hi hagi entrat una mica d'aire...

P: Bé, pot haver succeït aixó, encara que la fina capa d'oli sembla que ho cobreix tot bastant bé.

En aquest episodi s'accepta la premissa de que l'aire és necessari i per tant es busca una explicació al fet proposant que l'aire hagi entrat dins del tub. Les altres premisses d'aquest episodi són els "fets" observats.

Es proposa un argument basat en l'estructura de la realitat: "com que l'aire és necessari per produir rovell, si aquest es produeix és que hi ha aire", que és la conclusió d'aquest episodi.

Episodi 8

S'examinen els tubs amb aire i aigua, tant el que s'ha mantingut a la foscor com a la claror, i es comprova que els claus estan molt rovellats. Les premisses tornen a ser els "fets" observats. Per ser fets perceptibles semblen inqüestionables.

P: *Observem bé com amb humitat i aire els claus s'han rovellat molt. I ara, en podem treure alguna conclusió important? Dani?*

Dani: *Bé, significa... vol dir que els dos junts són necessaris per rovellar el clau.*

P: *Correcte. Em sembla que és una bona conclusió.. i una bona manera de dir-ho. Pots repetir per tothom aixó que has dit?*

Dani: *Bé... si.. si si barregem aire i aigua amb el clau, aquest es rovella.*

P: *Excel·lent. S'han de posar junts l'aigua i l'aire per fer que el ferro es rovelli. Així queda molt ben explicat. Recordem : al principi havieu proposat que podia ser el fred, o l'escalfor, o la foscor, o la llum, o els àcids.. o l'aire i l'aigua els responsables del rovell del clau. A partir d'aquestes idees inicials heu arribat a la conclusió, ... heu comprovat, que només són dos els motius, junt amb el ferro.*

En aquest episodi s'arriba a la conclusió final que és un argument que "estableix l'estructura de la realitat" : l'aire i l'aigua són necessaris per rovellar el ferro.

S'hi arriba per un cas particular (exemple) que es generalitza: si un clau de ferro es rovella, també ho farà qualsevol objecte de ferro.

3. Conclusions.

Si bé en parlar de “qualitat educativa” s’ha d’acceptar que és una qüestió que admet moltes definicions, ja que es pot fer a partir de diversos criteris segons el grup social que la proposi o els objectius que es vulguin aconseguir, es pot estar d’acord que l’estudi i comprensió del discurs docent ha de permetre la millora d’aquest, fer-lo més eficaç, més persuasiu i/o convincent per a l’alumnat i per tant augmentar la qualitat educativa.

Un treball de recerca sempre representa un increment i millora de la formació personal de qui el duu a terme. Si és un docent qui realitza recerca en el camp de la didàctica es pot concloure, o esperar, que així es millora la seva tasca quotidiana i per tant també s’incideix en la millora, si es vol en una parcel·la molt petita, de la qualitat de l’ensenyament.

El discurs docent és un discurs especial perquè el seu objectiu explícit és l’ensenyament-aprenentatge d’un currículum concret, d’un cos de coneixements establerts i seleccionats per les persones responsables del sistema educatiu, que limiten molt la llibertat discursiva-argumentativa del docent-orador; i aquest està revestit d’un poder i autoritat especial davant de l’auditori-alumnat.

El treball, que ha representat la introducció de qui el signa en la línia de recerca didàctica que s’ocupa del discurs docent, pot oferir les següents conclusions qualitatives:

- a) En relació a la Teoria de l’Argumentació de Perelman es pot afirmar que, si bé es troben dificultats d’aplicació al discurs docent degudes a que va ser proposat per al discurs jurídic, pot ser útil per establir un marc analític teòric per estudiar les característiques de les explicacions a les classes de ciències, ja que inclou l’anàlisi dels aspectes retòrics i de raonament que són presents en el discurs docent, així com criteris per determinar el grau d’adaptació del discurs a l’auditori i nocions per establir la seva eficàcia.
- b) L’esmentada teoria fa possible valorar els aspectes relatius a la persuasió que presenta tota explicació impartida a l’aula.
- c) Una part del discurs docent, o de l’argumentació, està destinada a despertar i/o mantenir l’interès de l’alumnat.
- d) Una part important del discurs docent està destinada a la construcció, reformulació i justificació dels punts de partida, premisses, de l’argumentació, a fi d’assegurar el consens de l’audiència.
- e) La noció “presència de les premisses o dels arguments” és útil per valorar la capacitat de persuasió de les explicacions del docent.
- f) En relació als procediments per “donar presència” a les tesis es troba que el docent utilitza repeticions verbals i estratègies no verbals com pauses, gesticulacions, canvis en el to i intensitat de la veu i escriure o dibuixar a la pissarra.

- g) Les premisses relatives a “fets” són més importants, i sempre més presents, com més baix és el nivell educatiu.
- h) La importància de les premisses relatives a “veritats” augmenta a mesura que s’assoleixen etapes educatives més elevades.
- i) Les premisses basades en fets experimentals o fenòmens perceptibles pels sentits són més persuasives i/o convincents que les basades en teories o veritats.
- j) El discurs docent a nivell d’ensenyament secundari recorre freqüentment a estructures argumentatives quasi-lògiques, més que a la lògica formal. A mesura que augmenta el nivell educatiu també augmenta la presència de demostracions i d’estructures matemàtiques formals que redueixen el camp de l’argumentació.
- k) L’objectiu prioritari del discurs docent de les classes de ciències és “fonamentar l’estructura de la realitat”; i per fer-ho emprà, habitualment, exemples, il·lustracions i analogies.
- l) És freqüent introduir algunes tesis o intentar despertar interès per mitjà de preguntes retòriques.
- m) Les estructures argumentatives d’associació i de dissociació són fonamentals per la construcció de nous coneixements científics.
- n) Les classes de ciències inclouen argumentacions destinades a construir les premisses de les explicacions posteriors.

3.1 El discurs didàctic.

No era ni és l'objectiu d'aquest treball trobar o determinar pautes per elaborar el que es pot denominar un "bon discurs didàctic", però de la tasca duta a terme al llarg d'aquest curs es poden extreure algunes idees o fer consideracions que poden orientar la preparació del discurs docent.

Les anàlisis i els estudis dels tractats de retòrica dels discursos que al llarg dels temps s'han considerat modèlics, i els treballs de recerca didàctica entorn del discurs docent, així com l'observació i estudi de les gravacions de classes impartides per professors i professores amb experiència permeten suggerir algunes idees o mètodes que si es tenen en compte, probablement millorarien aquest discurs.

En primer lloc cal constatar que al docent ningú li ha ensenyat a parlar, reproduïx la forma i estil que ha conegut com alumne; segueix el model que ha viscut, o que és fruit de la improvisació, espontaneïtat i/o bona voluntat, i és el que transmet i el que aprenen els seus alumnes. Els docents de secundària tenen uns estils discursius que posen de manifest els que tenen lloc a les facultats universitàries de procedència, poden ser adequats per a la docència en aquestes però probablement no ho són massa per a l'ensenyament secundari, especialment dels primers cursos.

La competència comunicativa es basa en elements:

- a) lingüístics i prosòdics: correcció fonètica i gramatical, claredat d'articulació, entonació adequada, pauses...
- b) sociolingüístics: referits a les regles de comportament social.
- c) discursius: progressió temàtica, repeticions, connexions...
- d) estratègics: recursos destinats a augmentar l'eficàcia.

Un ensenyament autoritari, memorístic, dogmàtic i coactiu no necessita i per tant no s'interessa per les eines retòriques i de l'argumentació destinades a persuadir gràcies al llenguatge; no valora la competència comunicativa del docent. Sembla que per a l'ensenyament és més adequat un discurs narratiu-argumentatiu, en el que els arguments d'autoritat, inevitables i inseparables de l'activitat docent, no siguin massa explícits ni dominants.

La didàctica de qualsevol matèria no es pot basar en una lògica demostrativa formal, i no està formada per veritats universalment convincents ni demostrables amb proves inqüestionables, sinó que es basa en opinions plausibles o versemblants, i limitades a entorns o èpoques o temes concrets, que han de mantenir-se obertes a revisions i discussions constants. Per tant la didàctica és un camp obert a l'argumentació.

El discurs docent, o didàctic, probablement milloraria si es tinguessin en compte els consells donats per la retòrica clàssica; així, per Quintilià, fa uns 1900 anys, les virtuts de l'orador són: claredat, propietat de les paraules, ordre, mesura en les frases i que no manqui ni sobri res. Aquest autor ja fa notar que l'auditori té tendència a acceptar o a considerar cert tot allò que està "ben dit" o "ben explicat", per aquest motiu cal que el llenguatge sigui unívoc, no polisèmic, ha de ser explícit i coherent.

La preparació d'una classe pot requerir el que demanava Quintilià per a qualsevol discurs:

1. Invenció : idees i arguments que s'utilitzaran, i tesi o conclusió a la que s'arribarà
2. Disposició : ordenació de les idees i dels arguments
3. Elocució : recursos retòrics que s'empraran
4. Memòria : memoritzar l'esquema del discurs
5. Acció : manera de dir, modulació de veu i posició del cos.

I aquesta preparació ha de permetre respondre a les preguntes:

Per què es fa el discurs? Què es vol exposar?

Queden clars els objectius i les tesis finals ?

A qui va dirigit? Com es farà, amb quins mitjans?

Quant ha de durar?

I tenir sempre present que la preparació no pot eliminar totalment la improvitació, ja que aquesta és necessària per adaptar-se constantment a l'auditori.

La finalitat del discurs didàctic és, en principi, la mateixa que la de qualsevol discurs: persuadir, o com a mínim entretenir, a l'auditori, en aquest cas alumnes.

En el discurs didàctic també cal tenir present que l'alumnat-auditori, fins i tot en els ensenyaments denominats post-obligatoris, hi assisteix obligat, per tant l'orador ha de destinar un esforç suplementari a aspectes que es poden obviar en discursos d'assistència voluntària: a més de captar i mantenir l'interès, ha de motivar en relació a l'aprenentatge mostrant una imatge atractiva del coneixement que s'exposa, facilitant la seva comprensió i incentivant l'esforç, que és indispensable, per aprendre. Tot això sembla difícil de poder complir-ho, i encara més en els cursos d'ensenyament obligatori en els que la diversitat de capacitats, coneixements i interessos de l'alumnat supera la capacitat d'imaginació de qui no ha impartit classe en aquest nivell; a aquests inconvenients cal afegir-hi que els docents mai han tingut ocasió de formar-se en tècniques discursives.

El discurs didàctic pot flaquejar des del punt de vista de l'argumentació exposada en relació als coneixements, ja que l'auditori-alumnat ja està, en principi, bàsicament convençut de la "veritat" del que diu el professor o la professora, però ha d'oferir arguments forts per convèncer a l'auditori de l'interès i conveniència del tema que es tracta, de que d'alguna manera la tasca que es proposa i han de dur a terme és important i els afecta o afectarà el seu futur.

Les idees i els arguments d'una classe de ciències, així com la conclusió a la que es vol arribar, els proporciona la Ciència, o l'adaptació d'aquesta al currículum concret, que imposa el sistema educatiu.

La llibertat del docent li permet seleccionar o donar més importància a unes o altres raons, fets o idees i a presentar-les en l'ordre que cregui més convenient, així com a plantejar un discurs amb més o menys participació activa de l'auditori-alumnat.

En principi s'està d'acord que l'atenció i/o interès de l'alumnat decau a mesura que s'allarga la intervenció del docent. La durada de la intervenció del docent, sense deixar intervenir a l'alumnat, per mitjà d'un diàleg real, espontani o forçat, dependrà del nivell educatiu i del tema que es tracti; a mesura que s'eleva el nivell educatiu es pot augmentar el temps d'intervenció del docent, i si el tema és complex, també la intervenció del docent és més complexa i necessita ser més extensa.

Una part del discurs docent es destina a recollir informació de l'alumnat, bé per controlar-lo o per adaptar el discurs a les seves necessitats, a partir de preguntes directes o propostes d'activitats. S'ha posat de manifest que molts professors toleren silencis molt curts, inferiors a tres segons, després de formular una pregunta; sembla que deixant temps més llargs s'estimula la resposta de l'alumne (Mercer, 1997).

Un discurs, o una classe, es pot plantejar com un conte de final incert o misteriós, en el que a mesura que s'avança es van descobrint novetats, però en general, el discurs docent sembla més efectiu si en l'etapa inicial s'expliciten, s'enumeren i encara millor numeren, les idees més importants o raons o fets que s'aniran tractant, així com la conclusió a la que es vol arribar. També sembla aconsellable repetir periòdicament aquesta enumeració, remarcant les etapes assolides, les que manquen i l'objectiu al que es dirigeix el discurs. Així es desperta l'interès, es centra el tema, es redueix la densitat informativa i es dona presència al que és més important, i es vol que l'alumnat recordi, i també serveix de pausa per continuar la cursa, permetent reflexionar a l'auditori i plantejar qüestions retrospectives.

De l'anàlisi de les classes, sembla clar que per a l'alumnat és millor mantenir el fil conductor de la classe ben dirigit cap a la tesi u objectiu final, amb poques digressions o explicacions de qüestions secundàries, que condueixen cap a branques allunyades del tronc central i que fan que l'alumne es desorienti i perdi la noció del tema que s'està tractant o de l'objectiu que es vol assolir. Molts professors i professores, de manera inconscient o per voler aclarir tots els aspectes del tema que s'estudia, deriven el discurs cap a qüestions, anècdotes i/o debats que poden ser molt interessants per si mateixos, però fan perdre la noció de la conclusió desitjada. En aquest cas és fonamental tornar a situar al seu lloc el centre d'interès, recordant les diferents fites que es volen assolir al llarg del discurs.

Pel que fa a l'ordenació dels arguments, la retòrica clàssica proposava diferents esquemes basats en la idea de la "força dels arguments": plantejar-los segons la força progressiva, començar i acabar amb els arguments més forts, seguir l'ordre que sigui coherent o l'ordre de l'evolució històrica.

En relació a l'ordenació dels arguments, s'ha de recordar que qualsevol auditori posa la màxima atenció al principi i al final d'un discurs; per tant aquests moments són els més adequats per exposar tot allò que es considera més important. Aquest fet també es constata en un text o discurs escrit: si es proposa als alumnes que en facin un resum o en citin les idees principals, la majoria repeteix el que es diu en el primer o segon paràgraf i/o en l'últim.

Els arguments basats en la percepció dels sentits són forts, més forts que els basats en teories, ja que es considera que els sentits no enganyen. Per aquest motiu el recurs a l'experimentació, que requereix veure i tocar, o a imatges i mitjans audiovisuals que posen en joc el llenguatge visual, són indispensables en la didàctica de les ciències, especialment en els nivells més elementals.

La bondat del discurs didàctic es podria determinar d'acord amb el decàleg que inclouen alguns textos sobre el discurs (Rubio Joana; Puigpelat Francesc (2000). *Com parlar bé en públic*. Barcelona: Pòrtic.) :

1. Parlar amb frases curtes i de construcció sintàctica simple. Les paraules de poques síl·labes i que no siguin d'un argot especialitzat faciliten la comprensió.
2. Separar frases amb silencis i pauses. Marcar les pauses. El silenci imposa.

3. Canvis de to. Utilitzar preguntes retòriques i exclamacions per despertar interès. Així s'evita la monotonia
4. Aprofitar l'efecte de les repeticions de paraules o conceptes.
5. Jugar amb oposicions i antítesis
6. Avançar i recular en l'argument del discurs. Aprofitar el feedback (valorar les reaccions de l'auditori, dormir, badallar,..... per improvisar) Cal tenir present que moltes idees exposades en poc temps s'obliden.
7. Enumerar i marcar les enumeracions (1,2,... o bé a) b))
8. Utilitzar connectors per articular bé el discurs.
9. Posar exemples i comparacions, paràboles, metàfores, baixar el que és abstracte a alguna cosa concreta. El concret impacta més i és més creïble que l'abstracte. L'experiència és un exemple concret en la que un mateix pot descobrir raons, més convincents que si sols s'escolten
10. Utilitzar l'acudit o l'anècdota personal per a aproximar-se al públic i fixar millor els missatges.

Al que s'hi poden afegir:

- a) Tenir en compte que en el llenguatge oral és molt important : simplicitat, claredat, immediatesa, breuetat i precisió.
- b) Millor utilitzar frases positives que negatives, actives que passives , ja que donen sensació de més credibilitat.

4. Bibliografía

ALAMBIQUE, números monográficos :11 (1997) "Los libros de texto"; 12 (1997) "Lenguaje y comunicación" ; 15 (1998) "La formación del profesorado", Barcelona. Graó.

ARCA, M., GUIDONI, P., MAZZOLI, P. (1990) *Enseñar ciencia. Como empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós Educador, Rosa Sensat.

BLISS, J., OGBORN, J., (1979) "The analysis of qualitative data" . A : *European Journal of Science Education*, 1 (4) pp427-440.

BOOHAN R., OGBORN, J., (1991) *Making sense of data*. London : Longmans

CANDELA, A. (1999) *Ciencia escolar: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós.

CANDELA, A. (2001). Corrientes teóricas sobre el discurso en el aula. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 6(12), 317-333.

CANTERO, J., ARRIBA, J. (1997) *Psicolingüística del discurso*. Barcelona : Octaedro

CARRETERO, M. (1993). *Constructivismo y educación*. Zaragoza: Editorial Luis Vives.

ERDURAN, S. (2003). Examining the mismatch between pupil and teacher knowledge in acid-base chemistry. *School Science Review*, 84(308), 81-87.

DE LONGHI, A.L., (2000). El discurso del profesor y del alumno: análisis didáctico en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 18(2), pp 201-216.

DRIVER, R. (1988) "Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en ciencias". A: *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp 109-120.

DUSCHL, R.A., OSBORNE, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education* 38, 39-72.

EDWARDS, D., MERCER, N., (1987) *Common knowledge: The development of Understanding in the classroom*. London: Methuen.

GALAGOVSKY, L., RODRÍGUEZ, M.A., STAMATI, N., MORALES, L., (2003) Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.

GOETZ, J., LECOMTE, M., (1988) *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata

GRUPO μ . (1993). *Tratado del signo visual. Para una retórica de la imagen*. Madrid: Ediciones Cátedra.

GUIDONI, P. (1993), "Una teoria dinàmica del coneixement", Curs dins del programa de Mestratge en Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. UAB

HEMPEL, C.G. (1988) *La explicación científica. Estudios sobre la filosofía de la ciencia*. Barcelona : Paidós

JENKINS, E.W. (2000). Research in Science Education: Time for a Health Check? *Studies in Science Education*, 35, 1-26.

LAROUSE, (1995). *Expresión oral*. Barcelona : Larousse Planeta

LEMKE, J.L. (1997) *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona:Paidós. Temas de Educación.

LOMAS, C. OSORO, A. (1993). *El enfoque comunicativo de la enseñanza de la lengua*, Barcelona: Paidós.

MARTINS, I. (2000) "Argumentació i retòrica en l'aprenentatge de la naturalesa de la llum" Conferència a la Facultat de Ciències de l'Educació de la UB

MARTINS, I. (2001) *Visual Imaginery in School Science Texts*.
A: Graesser,A. Otero,J. y Leon, J. (eds) *The Psychology of Scientific Discourse Comprehension*. Hillsdale, N.J : Erlbaum Associates.

MEDINA, J. (2000). *L'art de la paraula. Tractat de retòrica i poètica*.
Barcelona : Proa

MERCER, N. (1997) *La construcción guiada del conocimiento. El habla de profesores y alumnos*. Barcelona: Paidós. Temas de Educación.

MOLES, A. (1991). *La imagen. Comunicación funcional*. México: Trillas.

MORTARA GARAVELLI, B. (1988) *Manual de retórica*. Madrid: Ediciones Cátedra.

MORTIMER,E.F. (1998) Multivoicedness and univocality in the classroom discourse. *International Journal of Science Education*, 20(1), pp 67-82.

OGBORN, J. (1995) "Recovering Reality". A: *Studies in Science Education*, 25, pp3-38.

OGBORN, J. (1997) *Explaining Science in the classroom*.
Buckingham : Open University Press.

PERELMAN, Ch. i OLBRECHTS-TYTECA (1989). *Tratado de la argumentación*.
La Nueva Retórica , Madrid : Gredos.

PÉREZ SERRANO, G. (1994) *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. Métodos*. Madrid : La Muralla.

RINCON EGEA, D., (1997) *Metodologies qualitatives orientades a la comprensió*.
Universitat Oberta de Catalunya. Barcelona.

SALÓ, N. (1990) . *La parla a la classe*. Barcelona: CEAC.

SANMARTÍ, N., IZQUIERDO, M. i GARCÍA, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, pp. 54-58.

SERRANO, S., (1993) *Comunicació, societat i llenguatge*. Barcelona : Ed Empúries.

SERRANO, S., (1994) *La semiòtica*. Barcelona : Montesinos.

SERRANO, S., (2003) *El regal de la comunicació*. Barcelona: Ara Llibres.

SCOTT, P. (1999) “*La parla del mestre i la construcció de significats a les classes de ciències*”. Conferència a la Facultat de Ciències de l'Educació de la UB.

SCOTT, P., JEWITT, C. (2003). Talk, action and visual communication in teaching and learning science. *School Science Review*, 84(308), 117-124.

SCOTT, P. , MORTIMER, E. (2002). “*Discursive activity on the social plane of high school science classrooms: a tool for analysing and planning teaching interactions*” AERA Annual Meeting, New Orleans, USA.

SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, pp. 8-32.

SUTTON, C. (2003). Los profesores de Ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 21-25.

TABER, K.S. (2003). Responding to alternative conceptions in the classroom. *School Science Review*, 84(308), 99-107.

TEIXIDÓ, M., (1993), *Educació i comunicació*. Barcelona: Ediciones CEAC

TOULMIN, S.E. (1993). *Les usages de l'argumentation*. París: Presses Universitaires de France

WOODS, P. (1987) *La escuela por dentro. La etnografía en la investigación educativa*. Barcelona: Paidós