Ajuntament de Barcelona

01

Ptc

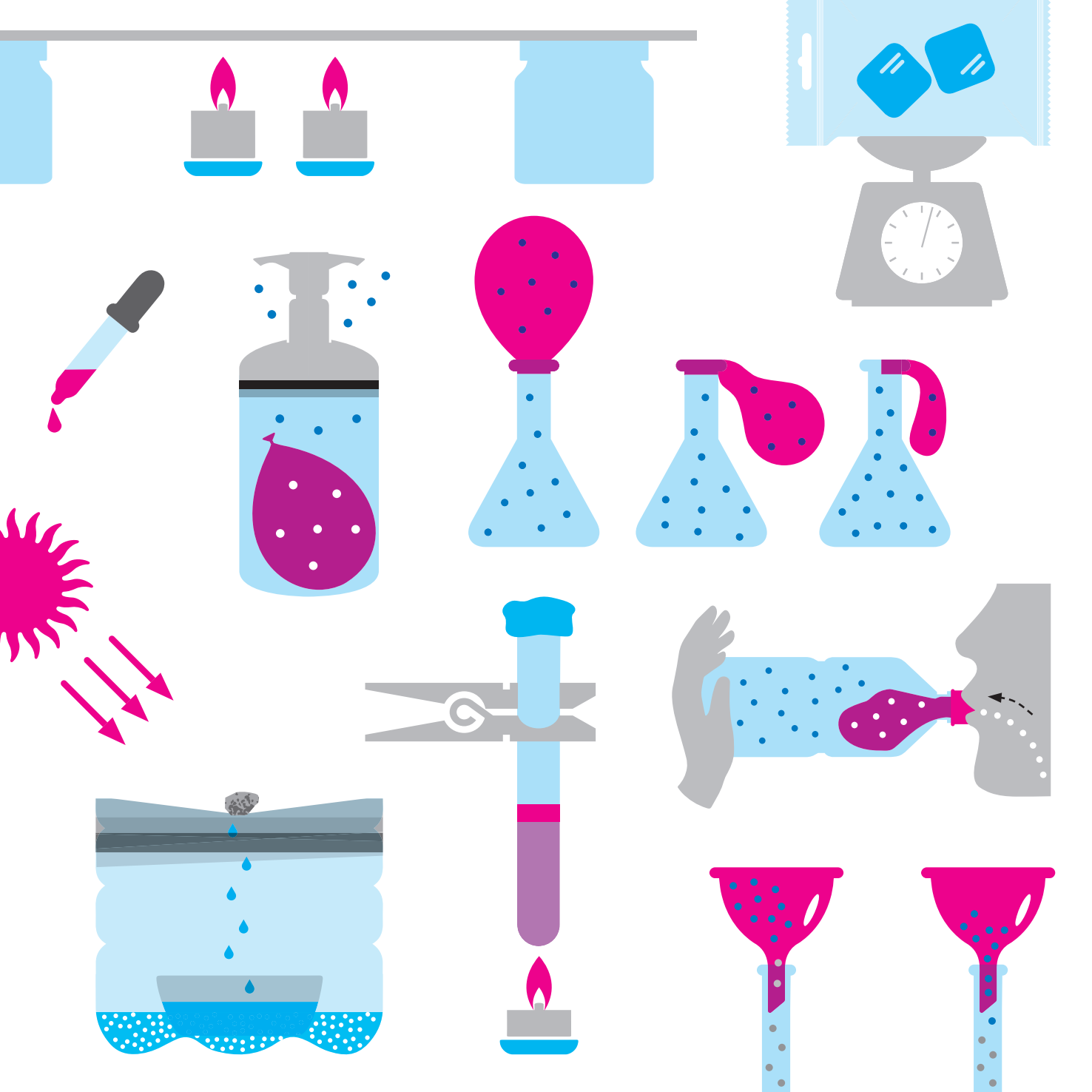
Petits talents científics

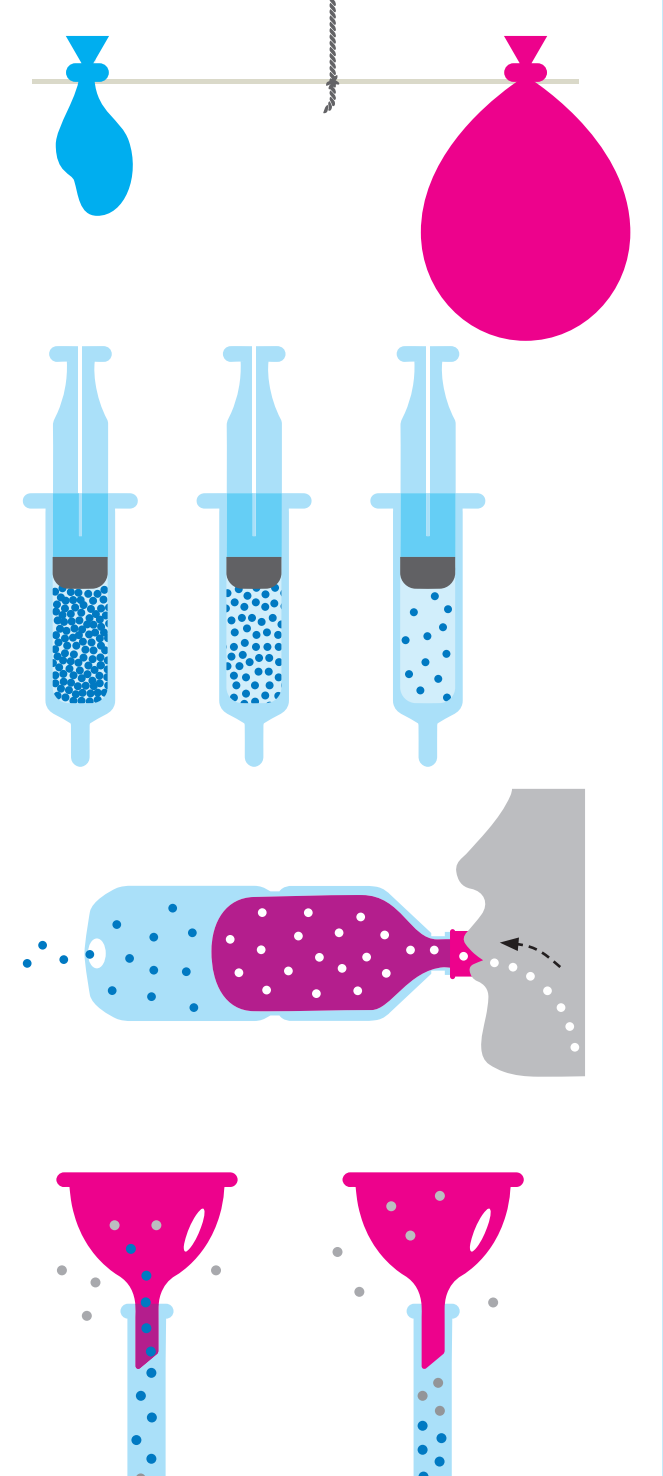
Investiguem la matèria

Arnau Amat, Jordi Martí i Víctor Grau

Investiguem la matèria

Arnau Amat, Jordi Martí i Víctor Grau





Presentació

Petits talents científics és un programa d'actualització científica que vol fomentar l'experimentació, la indagació i la descoberta en l'aprenentatge de les ciències per part de l'alumnat d'educació infantil i primària.

L'objectiu és proporcionar als centres educatius un seguit de recursos i orientacions pedagògics que ajudin els mestres a implementar metodologies més participatives i creatives a l'aula i que permetin la realització de petits treballs de recerca i de pràctiques experimentals per part de l'alumnat.

El programa Petits talents científics va néixer el curs 2013-2014. En les seves dues primeres edicions, ha ofert recursos variats per poder treballar la ciència des de diversos àmbits de coneixement. L'edició del curs 2015-2016 va ser la primera en què els continguts del programa es van focalitzar en una àrea temàtica específica: la matèria, la seva estructura i comportament. En futures convocatòries de Petits talents científics es tractaran les àrees temàtiques següents: el cos humà, l'univers i els éssers vius.

En aquest llibre s'apleguen algunes idees clau sobre la matèria, es fan propostes d'aprenentatge, es revisen les idees dels infants i es suggereixen experiments, de manera que cada mestre trobi referents que pugui utilitzar per construir les seves pròpies propostes docents. També s'ofereix una seqüenciació de continguts per als diferents nivells educatius.

Petits talents científics està organitzat conjuntament per l'Institut Municipal d'Educació de Barcelona, la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació i EduCaixa-Obra Social "la Caixa".

Esperem que aquest material sigui d'utilitat per a la comunitat educativa.

Introducció

Aquesta publicació és el recull dels continguts, els experiments i les idees treballades en la tercera edició del curs per a mestres de cicle mitjà i superior d'educació primària que forma part del programa Petits talents científics.

El repte del curs 2015-2016 ha estat augmentar el compromís cap a una metodologia de l'ensenyament de les ciències basada en la investigació per a la modelització. Enguany, el curs s'ha centrat a ajudar el professorat a investigar, amb els nens i nenes, l'estructura interna de la matèria, un dels blocs curriculars bàsics del coneixement del medi natural a primària.

Així, aquest material ha de servir al professorat per desenvolupar projectes d'investigació amb l'alumnat de cicle mitjà i superior de primària sobre com estan fets els materials per dins. Per fer-ho, es presenta un resum bàsic sobre coneixement didàctic i alguns experiments.

La primera part sobre el coneixement didàctic es divideix en quatre apartats. En el primer, hi ha una descripció metodològica sobre què vol dir investigar per modelitzar. En el segon, una explicació destinada al professorat sobre les idees clau que cal treballar sobre el model de partícules. En el tercer, es descriu un relat sobre com els infants expliquen aquest tema i, finalment, es proposa una manera d'organitzar les idees que s'han de treballar en una possible progressió d'aprenentatge.

També es presenten dotze experiments, que es van realitzar al llarg del curs 2015/16 i han de servir per ajudar el professorat a treballar aquest bloc de continguts a l'aula. Els experiments, per ser coherents amb la metodologia que es proposa, estan destinats a ajudar els nens i nenes de primària a canviar les seves idees i a construir un model mental sobre com està organitzada la matèria per dins. Per aquest motiu, no es presenten els experiments sols, com una recepta, sinó que s'acompanyen d'un seguit d'orientacions didàctiques per guiar l'observació dels nens i nenes, però, sobretot, per ajudar-los a construir explicacions.

Per acabar, només volem destacar que tant la metodologia com els experiments presentats s'han escollit basant-se en la investigació feta pel grup de recerca Coneixement i Didàctica (CoDi) de la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya. Hem procurat ser el màxim de rigorosos perquè aquesta guia sigui d'utilitat per als mestres de primària que vulguin innovar en el camp de l'educació científica. Per aquest motiu, la majoria de coneixement i experiències proposades són fruit dels treballs d'assessorament que estem duent a terme en moltes escoles de primària i de la recerca educativa en didàctica de les ciències que s'està elaborant.

1. Aprendre a investigar, investigar per comprendre

Quina ciència es fa a les escoles de primària?

Tot i que molts autors han teoritzat sobre quin tipus de ciències s'estan fent actualment en l'educació primària i secundària obligatòria i han identificat certs models didàctics (Jiménez-Aleixandre, 2000; Couso, 2014), és difícil caracteritzar exactament quin tipus de ciències s'estan portant a terme en aquests moments a les escoles de primària, ja que qualsevol aproximació no deixarà de ser una caricatura poc fidel de la realitat existent, en la qual es combinen maneres diferents de fer dins d'una mateixa escola i en cadascun dels mestres. Malgrat tot, a vegades és necessari crear representacions que ens ajudin a definir-nos com a docents i a prendre consciència de quines pràctiques i quina visió estem transmetent inconscientment de les ciències. Per tant, proposem dues maneres de fer molt oposades, que només són una eina per pensar i no pas una simplificació de la realitat complexa de l'ensenyament de les ciències a les escoles de primària.

Per una banda, moltes escoles de primària treballen les ciències partint d'una manera de fer basada en la transmissió de coneixements, en què la ciència no deixa de ser un bloc de saber que cal que els infants aprenguin de manera aproblemàtica, moltes vegades de memòria. Aquesta manera de fer ciències pren des de formes molt evidents, com les classes magistrals, fins a formes més encobertes. Una de les formes més típiques d'encobrir aquest model basat en la transmissió de coneixements és la cerca d'informació. Molts mestres adopten aquesta metodologia per ensenyar el coneixement del medi natural a primària. Aquest fet es pot deure a un malentès sobre què significa investigar, a un malentès en la metodologia basada en projectes o, moltes vegades, a certa por en els continguts científics que cal ensenyar.

En aquests casos, la investigació és gairebé inexistent i quan es fan experiments s'utilitzen com a simple il·lustració de la teoria explicada prèviament a classe. Per tant, aquesta manera d'ensenyar ciències inconscientment dóna la falsa imatge que la ciència és un bloc de coneixements acabat, immòbil i sense canvis.

Per una altra banda, moltes escoles de primària treballen a través d'una metodologia basada en la descoberta, en què la ciència és un procés que cal aprendre independentment del tema i del contingut. Aquest punt de vista parteix de la idea innocent que la simple observació de fenòmens naturals porta a la comprensió d'aquest fenomen. En alguns d'aquests casos, la tasca del docent és només crear un entorn d'aprenentatge adequat i molt obert, en què el docent gairebé no haurà d'intervenir, perquè l'infant a través de la manipulació acabarà aprenent "de manera natural" el perquè del fenomen.

En molts d'aquests casos, la investigació és una observació lliure, sense centrar la mirada en cap variable, ni en cap part del fenomen. En altres casos, la investigació s'entén com un protocol d'un mal anomenat mètode científic, en què l'infant ha de fer una sèrie de passos per arribar a l'explicació del fenomen natural que s'estigui treballant. En molts altres casos, la investigació s'entén com experimentar per experimentar, es proposen experiments perquè són espectaculars o bonics o, simplement, per motivar l'alumnat.

Cap a una ciència escolar autèntica

No hem d'oblidar que la ciència és a la vegada un cos de coneixements i una pràctica humana (Duschl, 1997). La primera manera de fer ciències que hem plantejat, a part de no partir dels principis pedagògics constructivistes, no té en compte que la ciència és una activitat. La segona manera de fer ciències que hem plantejat, a part de tenir un visió força naïf de com és el procés d'ensenyament i aprenentatge, oblida que la ciència és

també un seguit de coneixements culturals de la nostra societat. D'aquesta manera, cap de les dues maneres ajuden els infants a tenir un visió sobre com es construeix el coneixement científic. Des del nostre punt de vista, l'activitat científica escolar en l'educació primària s'hauria de caracteritzar per fer una ciència el més autèntica possible; és a dir, una ciència que comparteixi la finalitat i la pràctica de la ciència experta.

Com diuen els filòsofs de la ciència (Chalmers, 1992), la finalitat de la ciència és produir coneixement sobre el món. Per tant, la finalitat de l'educació científica hauria de ser canviar el mètode com s'expliquen els fenòmens naturals, de manera que s'apropés a com l'expliquen els científics. La mirada de l'infant sobre el fenomen natural treballat no hauria de ser la mateixa abans i després d'una intervenció educativa. Així, és crucial entendre com els nens i nenes raonen sobre el món que els envolta per ajudar-los a fer evolucionar les seves idees.

A més a més, aquest canvi hauria d'estar produït a través de les pràctiques de la ciència, és a dir, a través de la investigació científica. L'educació científica ha de tenir en compte els grans àmbits que caracteritzen la feina que fan els científics: l'àmbit dels fets i l'àmbit de les idees. Tal com indica Martí (2012), l'àmbit dels fets comprèn totes aquelles accions que fan els científics en referència al món observable; és a dir, és la part empírica de la ciència. Les accions més típiques d'aquest àmbit són:

- **L'obtenció de dades** es deriva directament a través de l'ús dels sentits, és a dir, de l'observació. En aquesta acció, es poden fer servir diverses tècniques específiques per obtenir dades, com un disseny d'experiments amb control de variables o diferents operacions com la mesura i el comptatge.

- **L'anàlisi de dades** és el tractament de les dades primàries per poder-les comparar i establir fets. En aquest sentit, l'ús de llenguatge matemàtic i l'ús d'estadística i de representacions gràfiques podrà ser de gran d'utilitat.

- **L'establiment de fets (o conclusions empíriques)** és l'elaboració d'un anunciat basat en l'anàlisi de les dades obtingudes. Moltes vegades, els fets s'estableixen de manera consensuada amb tota la classe i, per tant, es tracta d'un seguit d'observacions compartides per diferents persones. Els fets prenen forma d'una afirmació seguida de les evidències empíriques, com per exemple: *Els líquids són incompressibles, perquè quan hem premut l'èmbol de la xeringa tapada per la punta amb l'aigua a dins, aquesta aigua no s'ha mogut.*

En canvi, l'àmbit de les idees comprèn totes aquelles accions que fan els científics en referència al món de les explicacions. Per tant, és la part en què els científics imaginen com funciona el món. Les accions típiques d'aquest àmbit són:

- **Construcció d'explicacions** és quan es busca la construcció d'una explicació de les causes que provoquen el fenomen estudiat, a partir de fets empírics establerts anteriorment.

- **Defensar explicacions basant-se en l'evidència i posar a prova explicacions** és quan es construeix una explicació hipotètica a través d'una predicció justificada, que es posarà a prova a través de l'observació, com, per exemple: *Si l'aire no pesés, aleshores quan pesi un globus inflat i desinflat en una balança haurien de pesar igual.*

Aquestes accions ajuden a caracteritzar, de manera bastant resumida i senzilla, les accions que fan els científics i ajuden a transcendir la idea de mètode científic com a mètode universal que, des de certs punts de vista, caracteritza l'activitat científica, però que és

qüestionat per molts sociòlegs i filòsofs de la ciència. En aquest sentit, a vegades ens serà més còmode començar a treballar per l'àmbit de les idees, mentre que d'altres ens serà més còmode començar per l'àmbit dels fets.

En resum, des del nostre punt de vista i seguint les idees expressades per Martí (2012), a l'educació primària hauríem de procurar que els nens i nenes aprenguessin a investigar; és a dir, que aprenguessin la pràctica científica i les accions que caracteritzen aquesta pràctica. Al mateix temps, no hauríem de perdre de vista que la investigació hauria de servir perquè els infants comprenguessin els fenòmens naturals del món. En aquest cas, "comprendre" no només significa constatar un seguit d'observacions, sinó que vol dir canviar els models per millorar les explicacions sobre el món que tenen els infants.

Cap a una investigació per modelitzar

De manera molt esquemàtica, en la ciència experta els científics fan evolucionar les seves idees a través de la cerca de la coherència entre el que observen i les explicacions que imaginen. Si un científic fa unes noves observacions que són incoherents amb l'explicació que imaginava, aleshores haurà d'imaginar una nova explicació, perquè sigui més coherent amb allò observat; o, a l'inrevés, si apareix una nova explicació que és més coherent amb les observacions fetes, aleshores aquesta substituirà l'explicació antiga. Tot i això, en cap dels dos casos és un procés immediat.

Per tant, la metodologia d'ensenyament de les ciències a primària que proposem està basada en la investigació per a la modelització. Aquesta metodologia parteix, precisament, de la cerca de la coherència entre allò que observem en els experiments i allò que imaginem a través de les representacions.

La idea de partida és que la ment humana crea representacions mentals per comprendre el món, que anomenem models mentals. Des del nostre punt de vista, és imprescindible, per treballar l'àmbit de les idees a l'educació primària, que aquests models mentals s'explicitin en representacions físiques a través de diversos llenguatges, com, per exemple: dibuixos, representacions corporals, maquetes, explicacions escrites, etcètera.

Els models expressats ens permeten representar i manipular coses que normalment no són ni visibles, ni manipulables. D'aquesta manera, les partícules de què està feta la matèria les representem com petites boles de plastilina, que podem tocar i moure, o amb representacions corporals en què els mateixos infants fan de molècules d'aigua o, fins i tot, amb dibuixos que podem anar creant. Aquesta transformació d'entitats abstractes en entitats concretes i palpables permet que els infants puguin construir explicacions o, com diuen Ogborn i altres (1998), petites narracions que expliquin el "perquè" dels fets que estableixen a partir dels experiments. A més, la creació de diverses representacions per explicar un fenomen pot provocar precisament discussions i fer que els infants hagin d'argumentar per buscar quin model expressa millor allò que s'ha observat experimentalment. D'altra banda, cal fer que els infants siguin conscients de les limitacions del propi model i fer-los entendre que només construïm representacions de la realitat, però que no hi ha cap tipus de representació que pugui capturar la realitat de manera completa.

La idea de la modelització com a procés és que no n'hi ha prou amb expressar una vegada el model, sinó que haurem de demanar que els infants construeixin, usin, avaluïn, modifiquin i revisin el model diverses vegades al llarg d'una seqüència d'activitats. A més a més, molt

sovint combinarem llenguatges diferents per representar la complexitat del fenomen. Precisament, l'objectiu de la modelització és que l'infant vagi recollint, de la manera més explícita i conscient possible, com aquest model va canviant i modificant-se, per poder reflexionar no només sobre el procés d'aprenentatge, sinó també sobre com es va construint el coneixement científic.

A diferència del mètode que utilitzen la investigació i l'experimentació en les maneres d'ensenyar que hem exposat anteriorment, nosaltres creiem precisament que la investigació ha d'usar-se per modificar les idees dels infants. Els experiments no s'haurien de fer per il·lustrar un coneixement après a través dels llibres o de les explicacions del docent, ni per aprendre un mal entès "mètode científic", ni per motivar-los, sinó que els experiments s'haurien de fer, precisament, amb la finalitat que els fan els científics: per comprendre millor el món que estan estudiant i per posar a prova les explicacions que estan construint.

Però no només l'experimentació és l'únic motor que permet moure idees, sinó que també les noves maneres de representar i d'explicar poden generar noves formes de comprensió. En el cas d'aquesta publicació, la introducció del model de partícules, és a dir, entendre que la matèria està feta de petites partícules amb espais buits entremig, pot ajudar precisament a comprendre molt millor el món que els envolta i a donar sentit a moltes observacions. Aquestes noves maneres de representar podran ser introduïdes pels infants, però moltes vegades el mestre, com a membre de la classe, podrà, també, proposar noves representacions. Aquests nous models proposats pel mestre s'hauran de posar a prova i discutir a la classe i s'hauran d'acceptar com si fossin proposats per qualsevol altre.

Per tant, el joc que planteja la metodologia d'investigació per a la modelització que proposem és, precisament, que els infants expressin les seves explicacions a través de representacions. La funció del mestre serà, a través de preguntes, proposar experiments o noves maneres de representar i buscar maneres de fer aflorar les incoherències entre allò que imaginen i allò que poden observar, amb l'única finalitat de millorar la comprensió que té l'infant sobre el món i sobre com funciona la construcció del coneixement científic.

2. Entendre la matèria des del punt de vista del model de partícules

La discontinuïtat de la matèria

Quan mirem una taula, una extensió d'aigua o un regle veiem una distribució contínua del material del qual està compost: un continu de fusta, aigua, alumini. Si, amb els mitjans que tenim habitualment a l'abast, en féssim parts, seguiríem veient el mateix: un fragment més petit d'allò que teníem abans.

La percepció quotidiana és, doncs, de "continuïtat" de la matèria i, per més que trenquem el material i el fem més petit, l'aspecte i propietats del fragment segueixen essent les mateixes. El que succeeix, però, és que les coses no són així, i quan fem parts molt petites d'un objecte, l'aspecte i les propietats canvien.

Si observem una gota d'aigua de molt a la vora, amb una lupa de pocs augments, seguirem veient un gota, igual que abans, però més gran. Si augmentem més la imatge fent servir un microscopi òptic de 2.000 augments, la imatge no canviarà i seguirem veient el mateix: un continu d'aigua. Vist això, semblaria que la matèria és contínua, però si amb el dispositiu adequat ampliéssim la imatge de la gota d'aigua uns mil milions de vegades, ja no veuríem el mateix. Arribats a aquest augment, podríem observar un formigueig, format per una multitud de partícules, en aquest cas d'aigua, en constant moviment.

Així doncs la "discontinuïtat" de la matèria fa referència al fet que l'estructura i les propietats de la matèria canvien quan la mirem de molt a prop, ja que a aquesta escala tan petita podem veure que la matèria està formada per unes unitats elementals, que anomenarem partícules, separades per espais buits. Aquesta idea s'allunya força del que podem observar i no és gaire intuïtiva per als nens i nenes de primària. De la mateixa manera, també ha estat difícil per a la ciència construir la imatge corpuscular actual de la matèria, ja que no es tracta d'una idea senzilla ni exempta d'implicacions filosòfiques.

Les parts elementals

Imaginem ara que disposéssim d'un aparell d'observació que ens permetés observar les coses tant de prop com volguéssim, des d'uns pocs augments, com fa una lupa, fins a augmentar la imatge mil milions de vegades.

Què veuríem amb el nostre aparell en observar diferents objectes? Tot dependria de quin tipus de material estiguéssim observant. En alguns objectes, a diferents augments observaríem una gradació d'estructures; en canvi en d'altres, no, però en tots els casos, quan arribéssim a l'escala més petita de totes podríem observar les partícules que formen el material. Diríem que en aquest moment estaríem observant la naturalesa discontínua de la matèria.

Als alumnes de primària els parlarem sempre de partícules, però el mestre ha de tenir clar que aquestes partícules no són sempre els àtoms, també poden ser molècules.

L'àtom és la unitat més petita dels elements que formen tots els materials del nostre món. Anomenem elements aquells que apareixen a la taula periòdica.

Amb el nostre hipotètic aparell d'observació veuríem que la part més petita de ferro és l'àtom de ferro, o que la part més petita de mercuri és l'àtom de mercuri, però no sempre seria així, ja que no existeixen àtoms d'aigua, de bicarbonat, de sang o de plàstic. La part més petita que podríem observar d'aigua, bicarbonat, sang o plàstic no serien àtoms, sinó molècules: grups d'àtoms disposats en una estructura ben definida. El grup d'àtoms que formen la molècula d'aigua serà, per a nosaltres, la partícula d'aigua.

Tot això vol dir que si mirem la matèria amb més augments, podrem distingir una jerarquia de diferents subestructures:

a. En alguns materials, quan els miréssim a una escala més i més petita, aniríem trobant una gradació d'estructures cada cop més senzilles, com és el cas dels materials biològics (una fulla, la pell, un cabell, la sang, etcètera): quan els mirem de molt a prop, primer de tot, hi podem trobar teixits orgànics i, si augmentem més la imatge amb el nostre dispositiu, veurem les cèl·lules. A una escala encara més petita, veurem molècules (que formen les cèl·lules) i, a un nivell per dessota (observant amb més augments), trobarem els àtoms que formen les molècules.

b. En altres materials hi trobaríem menys estructures jeràrquiques: molècules i, a un nivell inferior, els àtoms. És el cas de molts materials compostos, com els plàstics, la sal, l'aigua, el diòxid de carboni, etcètera. Tots ells consisteixen en una determinada agrupació d'àtoms que forma el que s'anomena una molècula, i moltes d'aquestes molècules juntes formen l'estructura macroscòpica visible.

c. Encara podríem trobar uns altres materials o substàncies en les quals, en observar-les amb un gran augment amb el nostre dispositiu, veuríem directament àtoms. Podríem veure-hi una estructura ordenada o desordenada d'àtoms, podria haver-hi àtoms d'una o més varietats, però no hi trobaríem estructures com les molècules. Serien exemples d'aquest gran grup els aliatges metàl·lics, l'or, l'alumini, el grafit, etcètera.

Tot i que és important que el mestre tingui ben clara aquesta estructura en nivells, per a l'alumne d'educació primària les coses es poden simplificar i treballarem només el fet que la matèria és discontínua i que si l'observéssim a molts augments veuríem unes partícules mínimes de matèria separades per espais buits. En aquesta etapa educativa no és necessari distingir si aquestes estructures són àtoms o molècules. Per tant, d'ara endavant anomenarem "partícules" a aquestes unitats mínimes de matèria.

El concepte de massa

Imaginem que tenim una barra de guix que pesa 20 grams i la partim per la meitat, aleshores la barra de guix en pesarà 10. Si anéssim fent particions successives, veuríem que el pes del guix aniria disminuint, però si tinguéssim una balança molt precisa sempre podríem mesurar-ne el pes. Si tenim en compte la idea de discontinuïtat de la matèria, arribaria un moment que no podríem partir més el guix, ja que ens trobaríem amb la unitat mínima de guix, és a dir, hauríem arribat a les partícules que formen el guix. Si disposéssim d'una balança prou precisa, tot i el pes minúscul d'aquesta partícula, podríem continuar mesurant-lo. Per molt petita que sigui la part d'un material, aquest sempre té un pes (o massa).

En l'etapa d'educació primària no és necessari distingir entre pes i massa.[1] Per tant, entendrem que quan pesem un objecte amb una balança, en el fons, estem mesurant la massa que té, o, en altres paraules, estem mesurant la quantitat de matèria que hi ha en aquest objecte. Així, podem deduir que tot el que estigui compost per partícules tindrà massa. Si en un experiment la massa no varia, voldrà dir que no hi ha canvis en la quantitat de matèria i, per tant (sempre dins d'aquest

1. Per la física, la massa d'un cos es defineix com la quantitat de matèria que conté. L'instrument de mesura de la massa és la balança, i la unitat internacional de mesura és el gram. En canvi, el pes d'un cos és la força amb què és atret per la gravetat de la Terra; l'instrument de mesura seria, en aquest cas, el dinamòmetre, i la unitat de mesura, segons el sistema internacional, seria el Newton. Així, un elefant tindria la mateixa massa a tot arreu, però, en canvi, el seu pes a la Terra seria sis vegades superior que a la Lluna.

concepte primari de partícula i sense tenir en compte el canvi químic) les quantitats de partícules abans i després de l'experiment seran idèntiques.

La disposició de sòlids, líquids i gasos

Dos conceptes clau marquen la diferència entre els estats de la matèria: l'ordre en la disposició de les partícules i els enllaços entre elles. A diferència del que passa en molts sòlids, en els líquids i els gasos l'ordenació espacial de les partícules és pràcticament nul·la, és a dir, no s'observa cap patró de distribució regular espacial en les partícules que formen aquestes substàncies.

a. La disposició de les partícules en els sòlids

Els sòlids poden tenir les partícules ordenades o desordenades. Per exemple, la sal, el diamant, el coure i tots els minerals tenen les partícules ordenades, però materials com el vidre de les finestres, la plastilina o la farina tenen les partícules desordenades; és a dir, que les partícules que els formen estan ordenades a l'atzar.

L'ordenació de l'estructura està molt lligada a les propietats del sòlid, però no és l'únic element determinant. Podem tenir estructures desordenades amb propietats ben diferents, com el vidre i la plastilina. Es poden fer vidres molt rígids i durs, però la plastilina és poc rígida i gens dura. De la mateixa manera, les estructures ordenades poden tenir propietats molt diferents: el diamant és una estructura ordenada de partícules (àtoms de carboni) extremament dura, però si aquests àtoms de carboni s'ordenen d'una altra manera (en làmines), tindrem el grafit del qual està feta la punta del llapis. Quan escrivim, anem separant fàcilment petites capes de grafit, que queden sobre el full de paper.

En general, podem dir que els sòlids tenen una estructura més o menys rígida, encara que les seves partícules estiguin o no ordenades regularment. Aquesta rigidesa es deu al fet que els enllaços entre les seves partícules són prou forts com per mantenir les partícules en unes posicions determinades.

b. La disposició de les partícules en els líquids

Tant en els líquids com en els gasos, les forces entre les partícules que formen la substància són molt petites. En els líquids, unes petites accions exteriors són capaces de moure o separar les partícules de la seva posició (això ens permet remar, posar-nos gotes al nas, escriure amb la ploma, etcètera). Tot i que les forces d'atracció (enllaços) entre les partícules d'un líquid són petites, són suficients per mantenir la forma i la unitat d'una gota. Fàcilment, però, hi podem aplicar una força més gran que la que manté unides les partícules i dividir la gota en parts més petites.

c. La disposició de les partícules en els gasos

En els gasos, aquestes forces que mantindrien unides les partícules són encara més febles i el mateix moviment tèrmic de les partícules és suficient com per separar-les de les seves partícules veïnes. Això fa que es moguin molt fàcilment de la seva posició inicial d'una manera gairebé lliure. Aquest moviment quasi lliure de les partícules d'un gas impedeix que en els gasos "es formin gotes", ja que s'atrauen tan feblement que es mouen sense restriccions i ràpidament ocupen tot l'espai que tenen disponible. La feblesa dels enllaços entre les partícules de líquids i gasos és la responsable que aquests estats de la matèria tinguin les partícules desordenades.

Els efectes de subministrar calor a un cos: la dilatació i els canvis d'estat

Sotmeses a una font de calor, les partícules dels materials vibren més intensament, ja es tracti de sòlids, líquids o gasos. Això és així perquè proporcionar calor a una substància significa subministrar energia a les

partícules, que augmentaran l'energia cinètica vibrant més intensament i augmentant la temperatura del cos (la temperatura és una mesura d'aquesta agitació tèrmica). Una de les conseqüències d'aquesta agitació tèrmica més intensa és la dilatació dels materials, l'altra són els canvis d'estat. En certa manera, tots dos estan relacionats.

a. La dilatació

Imaginem un sòlid, les partícules del qual ocupen una posició ben determinada a l'espai. Si ens imaginem un sòlid concret, com una barra llarga d'alumini, quan hi subministrem calor, les partícules s'agiten més i empenyen les partícules veïnes. En la figura 1, hem representat les partícules i un cercle puntejat que ens indica la zona en la qual s'emmarquen els moviments de cadascuna de les partícules: la partícula es mou, però sempre dins la zona puntejada. En la figura 2, hem representat la disposició de les partícules en subministrar-hi calor. Quan proporcionem calor al sòlid, la zona puntejada de cada partícula creix i les partícules es comencen a empènyer les unes a les altres. Aquesta disposició no serà estable, de manera que el sòlid adquireix la configuració de la figura 3, amb les posicions de les partícules més espaiades. Amb el nou diàmetre de la zona puntejada, les partícules s'han separat fins que ja no s'empenyen més les unes a les altres. Mentre el sòlid estigui a aquesta temperatura, aquesta serà la configuració estable del sòlid: s'haurà allargat i haurà augmentat d'amplada.

Fixem-nos que, com que cada partícula s'aparta de les seves veïnes, l'objecte s'haurà dilatat molt poc en amplada, ja que només s'ha d'apartar d'un veí; però, en canvi, en longitud haurà augmentat molt més, ja que hi ha una renglera llarga de partícules veïnes i cadascuna s'aparta una mica de les altres. Així, a partir d'aquest raonament podem deduir:

Figura 1. El sòlid està a una temperatura baixa i ocupa una longitud i una amplada determinades

Figura 2. Com més elevada és la temperatura, més grans es fan els moviments de les partícules i, per tant, aquesta zona creix: el cercle puntejat augmenta de diàmetre

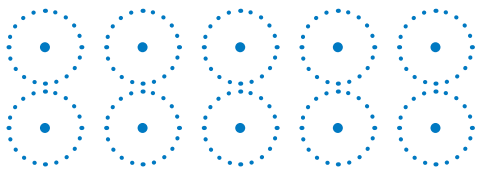
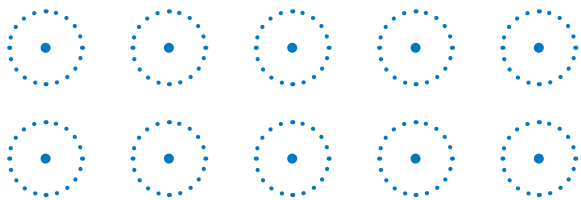


Figura 3. A conseqüència de l'aportació de calor, el sòlid augmenta de longitud i d'amplada



1. Quan un objecte es dilata ho fa en totes les dimensions, no només en longitud.

2. Un objecte llarg incrementarà més la longitud que un objecte curt.

3. Com més gran sigui l'augment de temperatura, més gran serà l'increment de longitud.

4. No tots els materials es dilaten igual. Cada material ho fa més o menys segons la seva pròpia naturalesa, i això permet assignar un cert "coeficient de dilatació" a cada material. Aquest coeficient es troba experimentalment i podeu trobar taules amb els seus valors.

Els líquids i els gasos també es dilaten i l'explicació és semblant a la que hem fet a través de les figures 1, 2 i 3, amb la diferència que ara les partícules ni estan ordenades ni ocupen posicions fixes a l'espai. Tal com passa amb els sòlids, hi ha líquids que es dilaten molt fàcilment, com l'alcohol o el mercuri, i d'altres que es dilaten molt poc, com l'aigua. Els gasos, en canvi, tenen un coeficient de dilatació molt semblant entre ells.

b. Canvis d'estat

Retornem a l'exemple de l'apartat anterior del sòlid que es dilatava i imaginem que seguim augmentant-ne la temperatura.

Si la configuració de la figura 3 és estable, és perquè a aquella temperatura, tot i que les partícules s'han separat, els enllaços entre elles segueixen sent encara prou forts com per retenir-les en la seva posició dins l'estructura que formen. Però si ara augmentem més la temperatura, fem que el diàmetre de la zona puntejada sigui encara més gran a causa dels forts moviments tèrmics de cada partícula. I si augmentem més la temperatura, pot acabar succeint que les partícules se separin tant entre elles que la força de lligam que les manté unides arribi tan feblement a les partícules veïnes, amb tan baixa intensitat, que sigui incapaç de mantenir l'estructura rígida que veiem a les Figures 1 o 3. Com a conseqüència d'això, l'estructura ordenada es trenca. Aquest procés, que anomenem fusió, és el pas d'una estructura sòlida a una de líquida, en la qual les forces que uneixen partícules veïnes serien incapaces de mantenir l'estructura ordenada del sòlid davant la fortíssima agitació tèrmica que tendeix a separar-les (cal tenir en compte que això no vol dir que els enllaços entre les partícules disminueixin, sinó que no són prou forts com per mantenir l'estructura lligada en estat sòlid).

Sempre que intentem trencar un objecte hem d'invertir-hi una energia. En aquest cas, l'energia (en forma de calor) serveix per trencar l'estructura sòlida inicial. Aquest canvi d'estat es produeix sempre a una temperatura determinada i, mentre dura, l'energia subministrada s'inverteix a trencar els enllaços que mantenien unides les partícules. D'aquesta manera, s'observa que la temperatura de la substància no canvia durant la fusió.

Si partim del líquid obtingut abans, les seves partícules encara mantenen certa cohesió i, tot i que no poden mantenir una estructura rígida, es mantenen unides formant gotes. Si seguim escalfant el líquid, com abans hem raonat, l'energia calorífica subministrada s'invertirà a augmentar la velocitat de les partícules, que ara es mouran de manera molt més enèrgica i evident, tal com es pot observar quan escalfem aigua fins al punt d'ebullició. Si el moviment és prou enèrgic, arribarà a vèncer definitivament els enllaços que encara podien mantenir les partícules formant gotes i les partícules es mouran lliurement, cadascuna al seu aire, sense veure's afectades per la presència de partícules veïnes (llevat dels possibles xocs entre elles). El gas ocuparà ràpidament tot l'espai disponible, senzillament perquè es mou aleatòriament i sense restriccions (penseu en l'aigua quan bull i s'evapora).

Imaginem, ara, aquest gas tancat dins d'un recipient. El xoc de les partícules contra les parets del recipient fa una força sobre elles: és la pressió que fa un gas tancat dins d'un recipient. Si l'escalfem més, els xocs contra les parets seran més enèrgics i freqüents i, per tant, entenem el que podem observar en la realitat: que quan s'escalfa un gas tancat dins d'un recipient la pressió augmenta (per exemple en l'olla a pressió).

Tant en la dilatació de sòlids, líquids i gasos, com en els canvis d'estat, podem comprovar que la massa es manté. Si pesem una barra d'alumini abans i després d'escalfar-la (tal com proposem en l'experiment 8), podrem observar que el pes no varia. Si pesem uns glaçons d'aigua a dins d'una bossa ben tancada abans i després que els glaçons s'hagin desfet (tal com proposem en l'experiment 5), podrem observar que el pes és el mateix.

Com hem comentat, que la massa es conservi abans i després d'un experiment de dilatació o canvi d'estat voldrà dir que no hi ha hagut ni guany ni pèrdua de matèria, és a dir, que el nombre de partícules serà el mateix (de nou estem obviant aquí el canvi químic). Aquest fet es deu que els canvis produïts són explicables a partir del canvis en l'ordenació interna de la matèria, no pas per addició o extracció de partícules.

3. Idees dels nens i nenes sobre l'estructura de la matèria

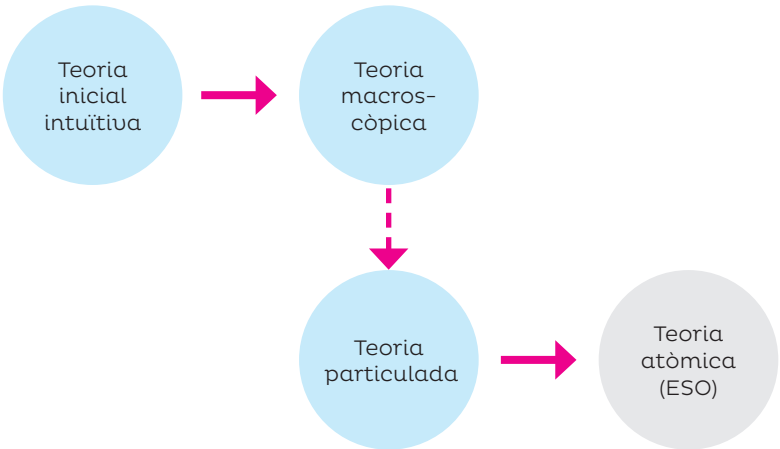
Com en tants altres aspectes relacionats amb l'adquisició de coneixement científic, el problema en l'ensenyament d'aquest bloc de continguts no és que es tracti de coneixements complexos (que ho són) o que estiguin més o menys allunyats de l'experiència quotidiana; el problema, més aviat, rau en el que els nens i nenes ja saben, és a dir, en els seus models mentals sobre la matèria i les seves propietats i comportaments (NRC, 2007; Martí, 2012).

Molts investigadors sobre didàctica de les ciències han estudiat els coneixements que els nens i nenes tenen i usen quan han d'explicar fenòmens vinculats a les propietats i el comportament dels objectes materials (Smith i Wiser, 2008). Del conjunt d'aquestes recerques es desprèn una primera proposta: atès que els alumnes arriben a l'educació primària amb unes determinades teories inicials sobre l'estructura i els comportaments de la matèria, caldria organitzar el currículum tenint en compte una progressió d'aprenentatge que permeti als nens i nenes anar reconstruint els seus models inicials i apropar-los progressivament als models científics (figura 4). Tot seguit ho exposem amb més detall.

La teoria inicial intuïtiva: és matèria tot allò que puc percebre

Des de ben petits, els nens i nenes estan en contacte amb objectes i materials molt diversos i en coneixen les propietats perquè hi interactuen espontàniament mentre juguen o exploren, tant si ho fan lliurement com de manera guiada. Saben que hi ha materials que es trenquen, altres que reboten, alguns que cremen molt fàcilment i altres que semblen freds quan els toques. A més a més, els nens i nenes des de pocs mesos d'edat saben, encara que no en siguin conscients, que els objectes es distingeixen molt bé de les persones i dels altres éssers vius, perquè no es mouen de manera autònoma, no tenen desitjos, etcètera.

Figura 4. Progressió d'aprenentatge sobrel'estructura de la matèria



Aquests coneixements i experiències, i molts d'altres que els nens i nenes ja tenen des de ben petits, conformen el que els investigadors han anomenat *teoria inicial intuïtiva* sobre la matèria. Dues idees fonamentals que conformen aquesta teoria són: "és matèria tot allò que puc notar o que puc percebre d'alguna manera" i "pesa (per tant, té massa) tot allò que noto que pesa". Això explica, per exemple, per què als nens més petits els costa tant reconèixer l'aire i els gasos en general com a matèria (ells només en parlen referint-se al vent) i posa de manifest que tenen i usen uns conceptes de matèria i de pes (massa) ben diferents al significat i ús que tenen aquests mateixos conceptes en la ciència.

Aquesta diferència en l'ús d'uns mateixos conceptes en els infants i en la ciència, és una evidència de la qual no sempre som prou conscients. Així, per exemple, sembla clar que el concepte de sòlid que tenen els nens en les seves teories inicials no sempre inclou els agregats (pols, sorra, etcètera), que moltes vegades no saben on col·locar. Per tant, és ben fàcil que alumnes i mestra imaginin coses diferents quan usen la paraula sòlid, i no es tracta només d'una definició, sinó de la representació mental que cadascú té sobre un determinat concepte.

En aquesta teoria inicial intuïtiva els nens i nenes també atorguen un valor explicatiu molt ampli al pes (massa), probablement perquè és una de les magnituds que perceben més clarament en els objectes i materials del seu entorn. Això fa que considerin que els objectes no suren perquè "pesen molt", o que pensin que arribarà abans a terra un objecte que pesa més que un altre si els deixem anar tots dos alhora i des de la mateixa altura. Igualment, els nens i nenes tenen més facilitat per apreciar les diferències que no pas per destacar allò que tenen en comú. Per aquest motiu, en aquest model inicial sobre la matèria els nens i nenes no preveuen el principi de conservació de la massa o del volum, tal com va posar de manifest Piaget, o consideren gairebé com una substància diferent el gel i l'aigua, perquè tenen un aspecte extern i unes propietats molt diferents i, a més a més, els anomenem de manera diferent.

Els mestres hem de ser conscients que és des d'aquests models inicials que els nens i nenes interpreten l'estructura de la matèria i els seus comportaments, i que aprendre sobre la matèria vol dir, justament, ajudar els nostres alumnes a reconstruir aquests models, idees i conceptes inicials.

La teoria macroscòpica de la matèria: la matèria és tot allò que té massa i ocupa espai

Un primer pas en aquest procés de reconstrucció comporta ajudar a passar de la teoria inicial intuïtiva sobre la matèria que hem descrit fins ara, al que s'ha anomenat la *teoria macroscòpica de la matèria* (figura 4). Dos elements centrals del trànsit d'una teoria a l'altra són: la reconceptualització dels conceptes de matèria i de pes (massa) i l'adquisició del principi de conservació de la quantitat de matèria.

Així doncs, cal ajudar els alumnes a passar de la idea que la matèria és "tot allò que percebo", a comprendre que matèria és "tot allò que té massa i ocupa espai". També els haurem d'ajudar a comprendre que els sentits no són bons indicadors del pes i introduir-los a fons en la mesura del pes, per així començar a entendre que tot allò material, per petit que sigui, té pes i ocupa espai.

Aquest procés de reconceptualització no és tan senzill com pot semblar i la investigació ha posat clarament de manifest que no ens en sortirem fàcilment si l'acció a l'aula se centra en donar i repetir definicions o en fer experiments només amb l'objectiu d'observar resultats i no pas de comprendre i donar sentit. Perquè el repte no és, només, adquirir vocabulari nou o experiències noves; el repte és, sobretot, (re)construir una nova teoria sobre la matèria.

Amb aquesta nova concepció de matèria i de pes (massa) i amb la mesura de la massa com a instrument de comprovació, probablement serà més fàcil que els alumnes adquireixin el principi de conservació de la quantitat de matèria que és tan essencial en la comprensió tant dels canvis físics (canvis d'estat, dissolucions, etcètera), com dels canvis químics (Izquierdo i grup Kimeia, 2011). Comprendre profundament aquest principi és molt important i farà que els alumnes, per exemple, posin en dubte la idea que "un glaçó pesa més que no pas l'aigua que n'obtenim quan es fon", tan pròpia de la seva teoria inicial sobre la matèria.

La teoria particulada de la matèria: la matèria està feta de petites partícules separades per espais buits

Seguint l'esquema de la figura 4, aquest procés de reconstrucció teòrica ha de continuar al cicle superior de l'educació primària introduint la idea de *partícula* com a constituent bàsic de la matèria. L'experiència quotidiana que tots tenim amb els objectes i els materials que ens envolten fa que concebem la matèria com a contínua, perquè de cap manera podem veure les partícules que els models científics diuen que la conformen. La teoria atòmica de la matèria ens diu que té una naturalesa particulada, és a dir, està feta de moltíssimes partícules molt petites, que no podem veure, separades per espai buit i que estan més o menys lligades entre elles.

De ben segur que en l'educació primària no cal que parlem de molècules ni d'àtoms ni d'enllaços químics, però sí que hem d'introduir els nens i nenes en una nova concepció de la matèria, la *teoria particulada sobre la matèria*. Malgrat que a molts mestres els pot semblar que aquest coneixement és fora de l'abast dels alumnes d'aquestes edats, la recerca didàctica ha demostrat com aquestes assumpcions són poc fonamentades (Acher, Arcà i Sanmartí, 2007). Massa sovint es menystenen les capacitats reals de raonament i comprensió dels alumnes de primària i això acaba conduint a currículums reals d'aula molt simplificadors, sense pensar que potser són justament aquestes pràctiques d'aula (i no pas l'edat o la maduresa) el que fa que els nens i nenes tinguin certes dificultats amb alguns continguts. No totes les formes d'ensenyar ajuden a aprendre (Martí, 2012).

Anar construint una teoria discontínua sobre la matèria no és fàcil per als nens i nenes, i als mestres no ens valdrà qualsevol tipus d'activitat per realment ajudar-los en aquest propòsit. La percepció real que tots tenim de la matèria juga contra nosaltres i, per això, ara serà el moment que mestres i alumnes hem de prendre consciència de la importància dels models mentals en la construcció de nou coneixement científic. És en el procés de transició de la teoria macroscòpica a la teoria discontínua que cal que ajudem els nens i nenes a comprendre que en l'activitat científica és tant o més important imaginar com experimentar. Per això caldrà plantejar-los activitats explícitament dirigides perquè explicitin les seves pròpies representacions mentals de com és la matèria per dins, com s'imaginen que estan disposades les partícules en un sòlid, en un líquid i en un gas, quin tipus de lligams (fluixos o forts) tenen entre elles en cada cas (vegeu experiment 7).

Acompanyar els nens i nenes en aquest trànsit teòric pot ser apassionant i, fins i tot, sorprenent, perquè ràpidament ens adonarem que els nostres alumnes tenen més capacitat per al raonament científic del que sovint s'assumeix. Amb tot, aquest procés d'aprenentatge no està exempt de dificultats, que cal tenir presents.

Una de les dificultats més grans amb què ens trobarem està vinculada al salt d'escala que suposa pensar la matèria en termes de partícules i entendre que les partícules ja no es conceben com a parts molt petites de la mateixa substància, sinó que s'entenen com els elements que en realitat componen una substància o

un material. Partint d'una concepció contínua de la matèria, a mesura que els alumnes van rebent informació nova sobre les partícules microscòpiques que la formen, passen a un *model de granularitat* que fa que pensin que la matèria està feta de peces petites de la mateixa substància, per això atorguen a les partícules les mateixes propietats que té la substància. Per exemple, pensen que si el material és blau, les partícules també; o que si la substància és dolça, les partícules també. Altres vegades, adopten un *model plum cake*, en el qual la matèria seria un massa contínua (com la massa del pastís), que té les partícules incrustades a dins (com les panses).

Una altra dificultat és la vinculada amb el moviment constant de les partícules. Aquest trànsit d'un model de partícules estàtic a un model de partícules dinàmic serà, segurament, un pas crític. És força habitual que considerin que les partícules són estàtiques i que no es mouen i quan accepten que es poden moure ho assumeixen més fàcilment per als líquids i els gasos que no pas per als sòlids. A més, solen atribuir el moviment de les partícules a un factor extern i no pas a la mateixa partícula. Això, probablement, passa perquè, com ja hem dit, en els models inicials sobre la matèria que els nens i nenes tenen des de ben petits saben i assumeixen que tots els objectes no vius no tenen moviment propi.

És fàcil que totes aquestes formes de raonar es presentin en els models de l'alumnat quan els introduïm en la teoria particulada de la matèria. L'actitud que hem de tenir com a mestres davant aquestes teories és que les hem de valorar com a bons intents de donar sentit a les coses per part dels alumnes, però també hem de prendre consciència que haurem d'ajudar-los a fer que aquests models evolucionin, fins on es pugui, cap al que seria el model de partícules.

No ens ha de fer gens de por jugar amb els nostres alumnes a pensar sobre les partícules que conformen la matèria, perquè, arribem on arribem, tindran tota l'educació secundària per acabar de donar-hi sentit. En aquest sentit, moltes de les investigacions de la trobada d'experiències dels Petits talents científics, presentades al CosmoCaixa el maig del 2016, van tenir relació amb la teoria particulada. La majoria partien de les preguntes fetes pels infants, com per exemple:

- Què farà que es desfaci el cacau?
- Com és que els termòmetres mesuren la temperatura?
- Com és que s'entela el mirall quan ens dutxem?
- Quins materials ens poden ajudar a aïllar millor els edificis?
- Podem escoltar la ràdio a sota l'aigua?

Les preguntes dels nens i nenes ens poden servir com a punt de partida per iniciar una investigació, però per donar-hi sentit i perquè comprenguin plenament el fenomen, haurem d'introduir una primera versió de la teoria particulada, perquè és aquesta concepció de l'estructura interna de la matèria el que els permetrà poder explicar com es produeixen molts d'aquests fenòmens quotidians.

4. Investigar l'estructura de la matèria amb els nens i nenes de primària

Aquest canvis de teoria només seran possibles si tot el professorat ens posem com a prioritat dotar els nens i nenes de les eines adequades per comprendre, d'una manera cada cop més sofisticada, la matèria i els seus comportaments.

En aquest cas, reprenem la idea central del primer capítol: només a través de la investigació i la representació posterior dels models podrem anar fent evolucionar les idees dels nens i nenes. D'aquesta manera, els experiments que, com a docents, acabem seleccionant, s'han d'escollir amb la finalitat principal de fer evolucionar aquestes representacions sobre com és la matèria per dins.

Per aquest motiu, de la trentena d'experiments que es van treballar al llarg del curs de Petits talents científics, n'hem seleccionat els dotze que creiem que poden ser més útils i rellevants per ajudar els nens i nenes de primària a treballar l'estructura de la matèria. Encara que som conscients que moltes vegades acabem utilitzant els recursos d'aula per cobrir la diversitat de necessitats del nostre grup, els experiments que presentem estan pensats i ordenats per ajudar a treballar el trànsit entre les teories presentades en la figura 4: de la **teoria inicial intuïtiva**, fins a la **teoria particulada**, passant per la **teoria macroscòpica.**

Per tal de facilitar l'organització, hem redactat set idees clau que serveixen per treballar el trànsit entre teories.

Idees per treballar el pas des de la teoria inicial intuïtiva fins a la teoria macroscòpica:

Idea clau 1: La matèria és tot allò que té massa i volum.

Idea clau 2**:** L'aire és matèria**.**

Idea clau 3: La quantitat de matèria, és a dir, la massa, es conserva en els canvis físics.

Idea clau 4: Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Idees per treballar el pas des de la teoria macroscòpica fins a la teoria particulada:

Idea clau 5: La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles**.**

Idea clau 6: La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat**.**

Idea clau 7: Les partícules estan en moviment constant. La temperatura és la mesura del canvi de moviment entre partícules.

Els dotze experiments que detallarem a continuació, tal com es pot veure a la figura 5, serveixen per treballar aquestes idees i, per tant, el trànsit entre teories. D'aquesta manera, si s'agafen els experiments amb l'ordre en què els proposem poden servir com una orientació d'una possible seqüenciació d'activitats.

Els experiments es presenten sempre de la mateixa manera per ajudar a implementar-los a l'aula i poder treballar les idees esmentades.

a. Una llista de material, sempre pensada basantse en el fet que els nens i nenes estan en grups cooperatius de quatre persones, i una **descripció de l'experiment**, en la qual es detalla com fer-lo.

b. Idees per treballar, en què es concreten tant les **idees clau** sobre l'estructura de la matèria, com les que es volen treballar amb els experiments. A més a més, també es descriuen i es justifiquen les idees dels infants i com les usen per explicar els resultats de l'experiment. Finalment, es presenta l'explicació científica de l'experiment que s'està treballant.

c. Orientacions didàctiques, en què es descriuen estratègies metodològiques per treballar a l'aula, tant les observacions (orientacions per guiar l'observació), com les explicacions (orientacions per guiar les explicacions). En el moment de guiar les explicacions hem procurat donar prou recursos per ajudar els alumnes a expressar les seves idees i a revisar-les basant-se en l'evidència obtinguda amb els experiments.

De la teoria a la pràctica

Els experiments que us presentem a continuació es basen en la descripció preparada per Marcel Costa (biòleg i professor de l'Institut Obert de Catalunya) i Jordi Mazón (físic i professor de la Universitat Politècnica de Catalunya).

Experiment 1. El pes de l'aire

Experiment 2. Un globus estrany

Experiment 3. El globus en el pot de buit

Experiment 4. Abans d'entrar deixeu sortir

Experiment 5. El pes dels glaçons quan es desfan

Experiment 6. Observem sòlids, líquids i gasos

Experiment 7. Les xeringues

Experiment 8. Dilatació dels sòlids

Experiment 9. Dilatació dels líquids

Experiment 10. Dilatació dels gasos

Experiment 11. Inventem un destil·lador solar

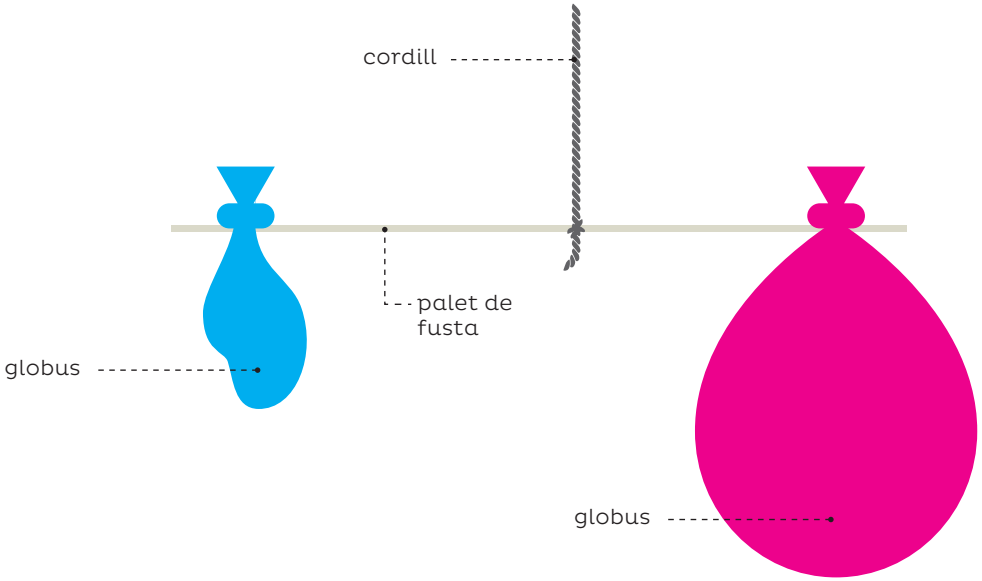
Experiment 12. El moviment de les partícules

Figura 5. Taula de relació entre les idees clau i els experiments per investigar la matèria per dins

	Idea clau 1: La matèria és tot allò que té massa i volum.	**Idea clau 2:** L'aire és matèria.	**Idea clau 3:** La quantitat de matèria, és a dir, la massa, es conserva en els canvis físics.	**Idea clau 4:** Cada estat de la matèria té unes propietats que el caracteritzen.	**Idea clau 5:** La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.	**Idea clau 6:** La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat.	**Idea clau 7:** Les partícules estan en moviment constant.

Experiment 1

EL PES DE L'AIRE



Material per a un grup de 4 persones:

2 globus, un palet de fusta, un cordill, una bàscula i plastilina (per construir la representació)

Descripció de l'experiment

1. Donarem dos globus als infants i demanarem que els inflin.

2. Demanarem que els infants ens diguin si pesen i quin pesa més.

3. Amb un palet de fusta i dos cordills, els infants han de construir una balança de braços per demostrar que un globus inflat pesa més que un globus sense aire.

4. Pesarem els mateixos globus, inflat i desinflat, amb una bàscula.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 1: La matèria és tot allò que té massa i volum.

Idea clau 2: L'aire és matèria.

Les idees dels infants

En el moment que demanem als infants si el globus inflat pesa, el més probable és que diguin: "No pesa". Aquesta idea es deu al fet que els infants associen la idea de pes a la força que han de fer per sostenir-lo. Per tant, si no perceben que han de fer un esforç per aguantar-lo, pensen que no pesa.

L'explicació científica

L'aire que ens envolta està format per diferents tipus de gasos i les molècules que el componen tenen massa i ocupen un volum. L'aire que hi ha dins del globus pesa molt poc i difícilment es pot mesurar amb una bàscula com les de l'escola. Malgrat tot, sí que és possible pesar l'aire de pilotes de platja de mida mitjana.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

En el moment de sospesar els globus i preguntar si pesen o no pesen, podem intentar que els infants es qüestionin que l'aire pesa preguntant per objectes inflables més grans que un globus, com per exemple: un matalàs inflable o una atracció inflable.

Podem provar de pesar un globus inflat i un globus desinflat amb una bàscula, però si no és molt sensible, serà difícil detectar les diferències. Per tant, podem plantejar el repte de construir una balança de braços.

Per tal de fer la balança de braços caldrà col·locar el cordill ben bé al mig del pal de fusta i, per tant, caldrà mesurar amb un regle. Es pot aprofitar per qüestionar la construcció de la balança i buscar limitacions metodològiques.

Orientacions per guiar l'explicació

Aquest experiment ha de servir per poder comprendre que l'aire té massa i ocupa un espai perquè està fet de matèria. Per tant, caldrà buscar la manera que els infants es puguin imaginar com és que un globus inflat pesa més que un globus desinflat.

Podem demanar "què hi ha dins del globus?". Probablement, tots sabran que hi ha aire, perquè han de bufar per inflar-lo. Malgrat tot, segurament diran que l'aire no pesa.

Una manera de fer visible aquest aire de dins del globus és construint una representació. D'aquesta manera, ens podem imaginar que l'aire és com la plastilina i els globus els podem representar amb un cordill.

Si no hem treballat encara el model de partícules, podem demanar als nens i nenes que a dins d'un cordill que representa les parets del globus, hi posin una massa de plastilina contínua, que ens serviria per representar l'aire, tal com es mostra en la figura 6. Podem demanar-los que representin un globus inflat i un globus desinflat. Haurem de vetllar perquè representin el globus desinflat amb menys plastilina que l'inflat. Si pesem les dues masses de plastilina, constatarem que, efectivament, la que hi havia al globus menys desinflat pesa més que la que hi havia al globus inflat.

Finalment, si hem treballat el model de partícules podem representar l'experiment tal com es veu en la figura 7. Podem treballar-ho amb els nens i nenes fent que l'aire siguin petites boletes de plastilina. Demanem que s'imaginin com estarà aquest aire al globus inflat i al globus desinflat, i els farem reflexionar sobre la massa pesant les boletes de plastilina o fent comptar el nombre de partícules en forma de boletes que hi ha en els dos globus, tot recordant que cada partícula té una massa determinada.

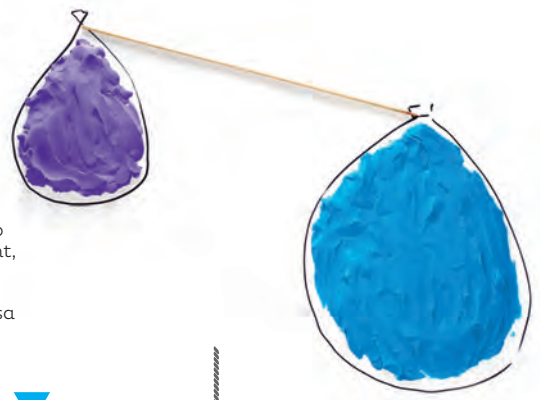


Figura 6. Representació de l'experiment, en què l'aire es representa com una massa continua de plastilina

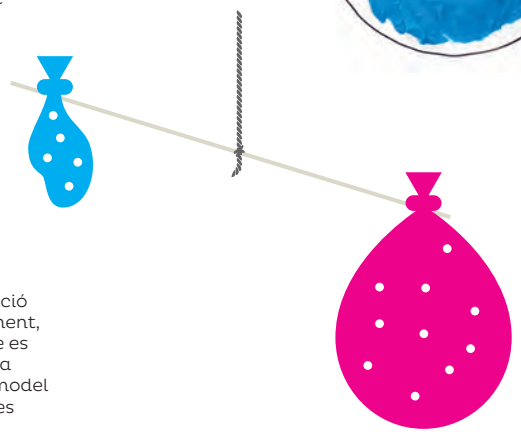
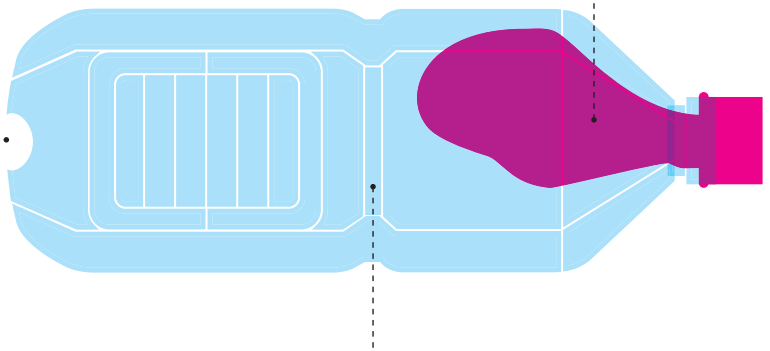


Figura 7. Representació de l'experiment, en què l'aire es representa a través del model de partícules

Experiment 2

UN GLOBUS ESTRANY



Material per a un grup de 4 persones:

1 globus, 1 ampolla d'aigua mineral de 33 cl amb un forat a la base, plastilina (per construir la representació).

Descripció de l'experiment

1. Col·locarem un globus a la boca d'una ampolla d'aigua mineral de 33 cl d'aigua per la part interior.

2. Farem un petit forat a la base de l'ampolla de manera que sigui fàcil de tapar amb un dit.

3. Bufarem per inflar-lo mentre mantenim tapat el forat.

4. Repetirem el procés amb el forat destapat.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 1: La matèria és tot allò que té massa i volum.

Idea clau 2: L'aire és matèria.

Les idees dels infants

Per als nens i nenes de les primeres etapes de primària la gran dificultat per explicar aquest experiment serà detectar la presència d'aire a dins l'Ampolla. També pot presentar dificultats treballar la idea que l'aire ocupa espai.

L'explicació científica

El punt de partida és que a dins de l'ampolla hi ha aire. L'aire que injectem a dins del globus quan bufem fa que ocupi més espai. Si el forat de la base de l'ampolla no està tapat, aleshores l'aire que hi ha a dins de l'ampolla pot sortir pel forat. En canvi, si el forat està tapat, l'aire no pot sortir i, per tant, el globus no es pot inflar.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Aquest experiment es pot plantejar fàcilment com un diàleg amb els infants. A més a més, podem fer servir l'efecte sorpresa de no poder inflar el globus per fer-los preguntes. Podem sostenir l'ampolla i demanar a algun dels nens que l'infli. Podem tapar o destapar el forat del cul de l'ampolla, dissimuladament, sense que se n'adoni.

A continuació, el mestre pot deixar que examinin l'ampolla i que trobin el forat. A partir d'aquí, les preguntes han d'anar orientades a establir una relació entre allò que passa quan el forat està tapat i quan no ho està: "Què passa quan el forat està tapat? Què passa quan està destapat?".

Orientacions per guiar l'explicació

La construcció de l'explicació ha d'anar orientada a canviar la manera d'explicar i, per tant, s'haurà de treballar en dues grans direccions: la primera és que a l'ampolla, encara que no es pugui veure, hi ha aire; la segona és que aquest aire que no puc veure ocupa un espai.

Per treballar la idea que a dins de l'ampolla hi ha aire, haurem de preguntar, després de fer l'observació, "Què hi ha dins de l'ampolla?". Probablement els infants contestaran que a dins de l'ampolla no hi ha res o només hi ha un globus. Caldrà tornar a preguntar fins que aparegui la idea que, a més a més, hi ha aire. En cas que sigui difícil, aquesta idea podem fer-la emergir preguntant què hi ha dins el globus quan està inflat. En aquest cas, fàcilment els nens diran que hi ha aire, i aleshores podem preguntar si també hi ha aire a dins l'ampolla.

Un cop feta aquesta reflexió, podem representar aquest aire. Demanem que facin un dibuix de la situació inicial, quan el globus és a dins de l'ampolla, i demanem que pintin amb un color on s'imaginen que hi ha aire.

Si encara no hem treballat que la matèria està feta de partícules, una altra manera de representar-ho és amb plastilina. En una cartolina podem representar la situació inicial. El globus es pot representar amb un cordill ben gruixut. Podem proposar que s'imaginin que l'aire és plastilina i que posin una massa de plastilina de color lila on creuen que hi deu haver aire a dins de l'ampolla, i una massa de plastilina de color taronja on creuen que hi deu haver aire a dins del globus.

Si ja s'ha introduït el model de partícules, es pot representar la situació inicial pensant que l'aire està fet de petites boletes separades (figura 8 i figura 9).

Amb la representació amb plastilina aconseguim fer visible l'aire i treballar la idea que ocupa espai. Podem preguntar als infants, fent servir la representació, si poden explicar què passa amb la plastilina taronja quan inflem el globus. Hauríem de procurar arribar a la idea que hem d'afegir plastilina a dins del globus, ja sigui en forma de boles o de massa contínua, segons el model que estiguem treballant.

En aquest moment, el mestre ha de fer notar que si s'ha d'afegir plastilina taronja per fer que el globus guanyi espai, hem de treure plastilina lila (en forma de boles o de massa contínua, segons el model que estiguem treballant). Això, només pot passar si el forat de l'ampolla està destapat. En canvi, quan l'ampolla té el forat tapat, la plastilina lila (que representa l'aire de dins de l'ampolla) no podrà sortir i, per tant, no podrem afegir plastilina taronja (que representa l'aire de dins del globus), fet que provocarà que el globus no es pugui inflar.

Figura 8. Representació de la situació inicial, quan encara no hem inflat el globus, amb el model de partícules

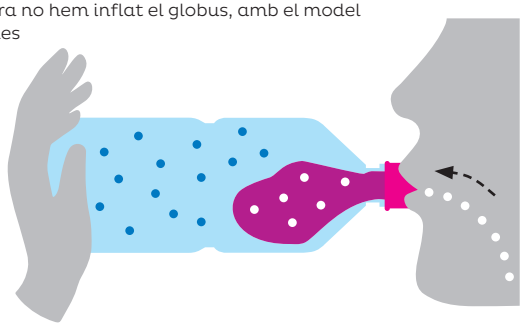
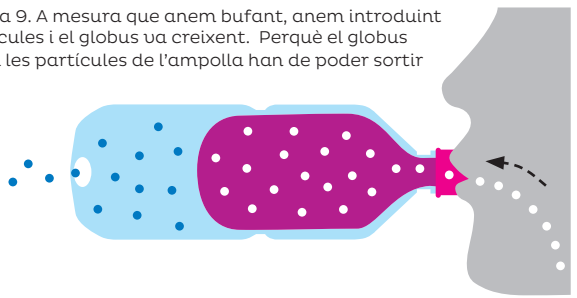
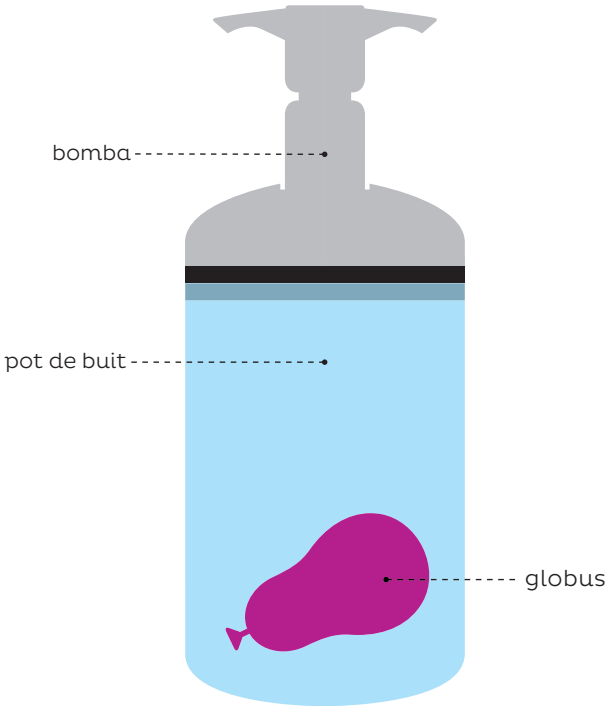


Figura 9. A mesura que anem bufant, anem introduint partícules i el globus va creixent. Perquè el globus creixi les partícules de l'ampolla han de poder sortir



Experiment 3

EL GLOBUS EN EL POT DE BUIT



Material per a un grup de 4 persones:

1 pot de buit amb 1 bomba, un globus lligat (i plastilina per a la representació).

Descripció de l'experiment

1. Donarem un globus lligat a cada infant perquè l'examini.

2. Posarem el globus lligat a dins del pot de buit i el tancarem.

3. Demanarem als nens i nenes què passarà quan traiem l'aire i que justifiquin les respostes.

4. Extraurem l'aire del pot de buit amb la bomba, mentre observem que el globus es va inflant.

5. Tornarem a posar aire dins del pot, mentre observem com el globus es va desinflant.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 1: La matèria és tot allò que té massa i volum.

Idea clau 2: L'aire és matèria.

Les idees dels infants

En el moment que els demanem les prediccions és molt probable que aparegui la idea que el globus s'inflarà i levitarà, perquè alguns associen el buit amb l'absència de força de gravetat. Altres vegades, diuen que només s'inflarà o que no passarà res.

En el moment d'explicar la causa del fenomen, els nens i nenes molt sovint diuen que hi ha aire que ha entrat a dins del globus. Encara que els mostrem que el globus està ben tancat, els serà difícil creure que un globus pot inflar-se si no hi entra aire. Aquest fet es deu, sobretot, a la dificultat d'identificar l'aire a dins i a fora del globus i a la dificultat d'entendre la força que fa l'aire. Sovint també expliquen aquest fenomen dient que la bomba "xucla" el globus i el tiba, de manera que fa deformar la paret del globus fins que guanya volum.

L'explicació científica

La pressió de l'aire és la força que exerceixen les partícules d'aire, a causa del seu moviment constant sobre una determinada superfície. En extreure aire del pot de buit, hi ha menys partícules d'aire en aquest pot i, per tant, menys pressió. D'aquesta manera, el globus s'infla perquè la pressió que exerceixen les partícules d'aire de dins del globus és més gran que la pressió que exerceixen les partícules d'aire de fora el globus.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

És important que fem adonar als infants que el globus es va inflant a mesura que anem extraient l'aire amb la bomba; però, també, que quan entra aire, el globus es desinfla i torna al volum que tenia inicialment. A més a més, és important fer-los veure que el globus està ben tancat i que no pot entrar-hi aire ni sortir-ne.

Orientacions per guiar l'explicació

És crucial per construir l'explicació d'aquest fenomen centrar-se en:

a) Identificar l'aire dins i fora del globus.

b) Entendre que l'aire tendeix a ocupar tot el volum i que exerceix una pressió.

c) Entendre que amb la bomba, a diferència de quan inflem una pilota, estem fent sortir l'aire del pot de buit, i no fent-lo entrar.

A diferència del experiments 1, 2 i 4, aquest experiment no es pot representar com un massa contínua de plastilina, perquè en aquest cas la massa del globus no canvia al llarg de l'experiment. Per tal d'identificar l'aire a dins i a fora del globus podem demanar-los que facin un dibuix. A continuació, podem representar l'aire com petites boletes de plastilina, el globus el podem representar amb un cordill lligat i podem dibuixar el pot de buit en una cartolina. Per ajudar a construir la representació, els preguntarem: "Ens imaginarem que l'aire està fet de petites boletes de plastilina. Com estarien aquestes boletes quan encara no hem tret aire del pot de buit?".

L'objectiu és que acabin fent una representació semblant a la figura 10: amb algunes boletes de plastilina a dins del pot i més boletes a dins del globus. La distància que separa les boletes hauria de ser la mateixa.

Per treballar que l'aire tendeix a ocupar tot l'espai disponible i que exerceix una pressió, podem fer servir l'exemple de l'experiment 7, en què es prem una xeringa i es tapa el forat amb el dit. En aquest experiment, podem observar que l'aire es pot comprimir, però que a la vegada exerceix força sobre l'èmbol de la xeringa, ja que aquest recula quan el deixem de prémer. D'aquesta manera, podrem establir el fet que l'aire tendeix a expandir-se i exerceix una força sobre les superfícies.

Finalment, podem preguntar-los: "Què deu passar amb les boletes de plastilina quan traiem l'aire del pot de buit?". Els hem de fer veure que l'aire que surt del pot de buit es pot representar traient les boletes de plastilina que hi ha entre el pot de buit i el globus. També cal guiar-los perquè representin que l'espai que ja no ocupen les partícules de fora el globus és ocupat per les partícules de dins del globus, fet que provoca que el globus s'infli (figura 11). És important fer-los notar que el globus sempre conté les mateixes partícules, el que vol dir que no hi entra ni en surt aire. Per tant, si fos possible pesar-lo abans i després d'extreure l'aire del pot de buit, podríem observar que el pes no varia.

Una altra manera de representar aquest fenomen seria fent un representació corporal. En aquesta representació corporal una part de l'alumnat s'hauria de donar la mà fent una rotllana i representaria la paret del globus, mentre la resta representaria l'aire, tant de dins com de fora del globus.

Figura 10. Situació inicial en què encara no s'ha extret l'aire de dins del pot de buit

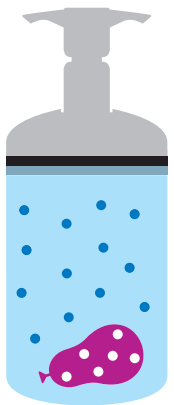
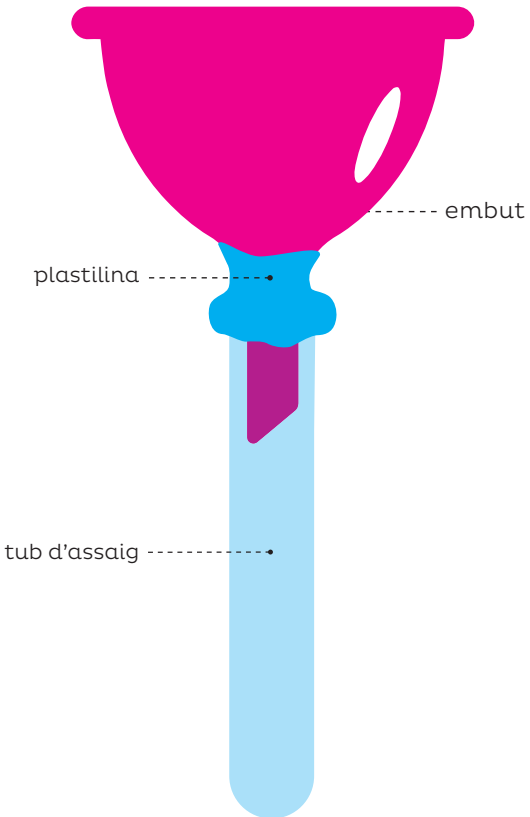


Figura 11. Situació en què ja s'ha extret tot l'aire del pot de buit

Experiment 4

ABANS D'ENTRAR DEIXEU SORTIR



Material per a un grup de 4 persones:

1 tub d'assaig o una ampolla de 33 cl, plastilina, 1 embut amb el broc petit i aigua.

Descripció de l'experiment

1. Col·loquem l'embut a la boca del tub d'assaig o d'una ampolla de 33 cl d'aigua. És preferible el tub d'assaig, ja que el perímetre de contacte entre el tub i l'embut és molt més petit i, per tant, molt més fàcil de segellar.

2. Amb plastilina, segellem l'espai entre el tub i l'embut de manera que quedi tancat hermèticament.

3. Tirem aigua per l'embut i observarem que no cau. És important no moure gaire l'embut per no generar remolins, que farien que l'aigua acabés caient.

4. Només si perforem la plastilina l'aigua podrà entrar.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 1: La matèria és tot allò que té massa i volum.

Idea clau 2: L'aire és matèria.

Les idees dels infants

Per als nens i nenes de les primeres etapes de primària la gran dificultat per explicar aquest experiment serà identificar que a dins del tub d'assaig hi ha aire. Aquesta dificultat es deu al fet que els nens creuen que les coses són tal com les perceben. Per tant, el seu raonament és: si no puc veure l'aire, és que no hi deu ser.

Molt probablement, algun nen pot dir "que l'aigua no cau, perquè la plastilina l'aguanta". És important que els nens puguin veure que la plastilina no toca directament l'aigua. Això es pot fer fàcilment observant que la plastilina no toca la part interna de l'embut. Per tant, el paper que la plastilina juga en l'experiment és totalment indirecte.

L'explicació científica

L'aigua que aboquem a l'embut no pot caure al tub d'assaig, perquè l'aire que hi ha a dins no pot sortir. L'aire

ocupa espai i impedeix l'entrada de les partícules d'aire. Quan el tancament de plastilina deixa de ser hermètic, l'aire del tub d'assaig pot sortir i l'aigua pot caure.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Podem plantejar aquest experiment a través de l'estructura Predicció - Observació - Explicació. Primer demanem als infants que prediguin: "Què creus que passarà quan aboqui aigua a dins de l'embut?". A continuació, que observin: "Què ha passat quan he tirat l'aigua?" I, finalment, que facin una explicació "Com és que ha passat el que ha passat?".

Una altra opció és plantejar-lo com una comparació de dues situacions i mostrar dos tubs d'assaig amb dos embuts, un de segellat amb plastilina i l'altre, no. A partir d'aquí, demanar que expliquin què ha passat en cadascuna de les situacions.

Orientacions per guiar l'explicació

La finalitat de l'experimentació és canviar la manera d'explicar dels infants. Així, s'haurà de treballar en dues grans direccions: la primera, a dins del tub d'assaig, encara que no es pugui veure, hi ha aire; la segona, que aquest aire que no puc veure ocupa un espai.

Per treballar la idea que a dins del tub d'assaig hi ha aire, haurem de preguntar:

"Què hi ha dins del tub d'assaig?". Probablement, els infants contestaran que no hi ha res. Haurem de tornar a preguntar fins que aparegui la idea que a dins del tub hi ha aire o introduir nosaltres la presència de l'aire, en el moment que facin la representació.

Per representar aquest aire, podem demanar que facin un dibuix de la situació inicial, quan tenim el tub d'assaig amb l'embut, sense haver-hi abocat l'aigua. A continuació, podem demanar que facin un dibuix de la situació final, quan tenim el tub d'assaig amb l'embut i hi hem abocat l'aigua. En tots dos casos, demanarem que pintin on hi ha aire i, en el segon cas, també podem demanar que pintin d'un color diferent on hi ha aigua.

Una altra manera de representar-ho és amb plastilina. En una cartolina podem representar la situació inicial. Demanem que s'imaginin que l'aire i l'aigua són plastilina. Amb plastilina blanca poden representar on hi ha aire i amb plastilina blava poden representar l'aigua. Si encara no hem treballat que la matèria està feta de partícules, la massa de plastilina pot ser un massa contínua escampada per tots els racons del tub d'assaig i una altra massa contínua per l'aigua. En cas que ja s'hagi introduït el model de partícules, aleshores es pot representar la mateixa situació inicial pensant que l'aire i l'aigua està fet de petites boletes separades, tal com es mostra en la figura 12.

Amb la representació amb plastilina aconseguim fer visible l'aire i serà possible començar a treballar la següent idea: l'aire ocupa espai. Podem preguntar als infants que expliquin, fent servir la representació, què passa amb la plastilina blanca (que representa l'aire) quan l'aigua (representada per la plastilina blava) cau per l'embut. Hem d'arribar a la idea que l'espai que ocupa la plastilina blanca no deixa entrar la plastilina blava.

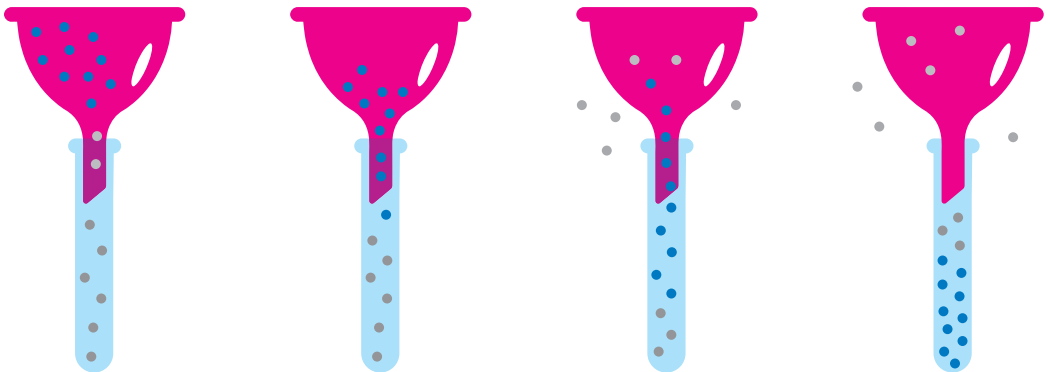
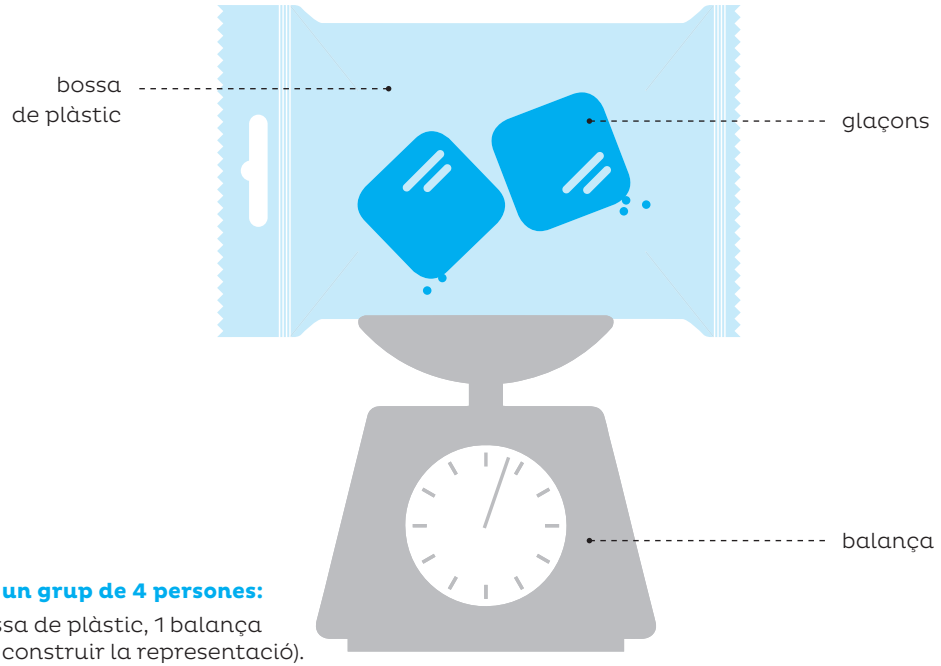


Figura 12. Representació fent servir el model de partícules per explicar l'experiment

Experiment 5

EL PES DELS GLAÇONS QUAN ES DESFAN



Material per a un grup de 4 persones:

2 glaçons, 1 bossa de plàstic, 1 balança
(i plastilina per construir la representació).

Descripció de l'experiment

1. Donarem un parell de glaçons tancats dins d'una bossa de plàstic a cada grup d'alumnes. Demanarem que en una balança mesurin la massa del conjunt i que la registrin en una llibreta. Farem més d'una pesada, i si el resultat és diferent, en farem la mitjana.

2. Proposarem als alumnes que prediguin si hi haurà algun canvi en el pes (massa) de l'aigua que obtindrem un cop els glaçons s'hagin fos completament. No es tracta de predir el pes exacte, sinó de dir si l'aigua obtinguda pesarà menys, més o igual que els glaçons originals. És important que els demanem que justifiquin la predicció que hagin fet.

3. Esperarem que els dos glaçons es fonguin i, un cop completament fosos, mesurarem de nou la massa en la mateixa balança. Com abans, farem més d'una pesada, i si els resultats són diferents en farem la mitjana.

4. Debatrem amb els alumnes que s'ha produït un canvi d'estat, de sòlid a líquid, però que la massa no ha canviat en aquest procés.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 3: La quantitat de matèria es conserva en els canvis físics.

Idea clau 4: Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Les idees dels infants

En la fusió del glaçó es produeix el pas d'aigua sòlida a aigua líquida. Si bé els nens i nenes probablement no tinguin dificultats per acceptar que la substància no ha canviat (tant el sòlid com el líquid, són aigua), és fàcil que en la majoria de casos prediguin que l'aigua obtinguda, un cop s'hagin fos completament els glaçons, pesarà menys que no pas els glaçons originals.

El concepte de pes (massa) de les teories inicials sobre la matèria dels nens i nenes no correspon al concepte científic de pes (massa). Els nens i nenes usen un concepte de pes basat en la percepció que un objecte o un material pesa (és a dir, té massa) quan, sospesant-lo, noten que pesa. A més a més, els nens i nenes solen associar la rigidesa d'un objecte amb la seva pesantor. D'aquesta manera, pensen que l'aigua líquida que s'obté en fondre un glaçó pesarà menys que el glaçó original, ja que és menys compacta i s'escola entre els dits.

Aquestes prediccions que fan els nens i nenes són coherents amb la seva teoria inicial sobre la matèria, malgrat que estiguin allunyades dels conceptes científics acceptats i, per tant, no els serà fàcil d'abandonar aquesta idea.

Les prediccions de no-conservació de la quantitat de matèria (massa/pes) també es poden explicar per les dificultats dels nens i nenes, almenys fins als 6 o 7 anys, per resoldre tasques que impliquin la conservació (de la forma, el volum, el pes...), tal com van posar de manifest els estudis pioners de Piaget i els seus col·laboradors. A més a més, cal tenir en compte que la percepció humana està dissenyada per copsar els canvis en el nostre entorn i, per això, en general, els nens i nenes se senten més interessats per les transformacions que no pas per allò que es conserva i tenen menys dificultats per observar i explicar els canvis que no pas les continuïtats.

L'explicació científica

El coneixement científic sobre la matèria ens planteja que tot allò que és matèria té massa i ocupa espai. La massa és una magnitud que fa referència a la quantitat de matèria.

En els canvis físics i químics que trobarem en l'educació primària (canvis d'estat, dilatació, dissolucions, reaccions químiques senzilles) podrem comprovar fàcilment que la massa total no canvia de l'estat inicial a l'estat final. Així doncs, quan es fonen dos glaçons que conjuntament tenen una determinada massa, la massa del líquid resultant és la mateixa. Aquest resultat està relacionat amb el principi fonamental de conservació de la quantitat de matèria.

A diferència del que passa en el coneixement quotidià, que se centra, sobretot, en el canvi, en el coneixement científic, tan important pot ser comprendre què és el que canvia com el que no canvia en una transformació. En aquest sentit, per destacar tant el canvi com la conservació es proposa aquesta experiència en què observem un canvi d'estat, però a la vegada es mantenen la massa i el tipus de substància.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Aquesta experiència planteja dos moments. Un moment inicial de formulació i justificació de prediccions i de preparació del material, i un segon moment d'obtenció de resultats i discussió. Entremig, cal preveure que hi haurà una estona d'espera, perquè la fusió del glaçó no és immediata i serà més o menys ràpida segons la temperatura ambient del lloc on es porti a terme l'experiència.

Per això pot ser interessant aprofitar l'estona d'espera per anotar i discutir les prediccions que hagin formulat els alumnes. També es pot aprofitar aquesta estona per descriure el procés de fusió ajudant els nens i nenes a descriure com va canviant el glaçó al llarg del temps. Es pot suggerir que acompanyin la descripció amb un dibuix o una fotografia.

Un cop s'hagi fos el glaçó, pot ser que observem canvis en el pes, per això, és important que ens assegurem que els nens i nenes entenen la idea d'error en la mesura, derivada de la precisió de l'aparell, perquè això els

pot ajudar a acceptar que, malgrat que no pesin exactament igual, la diferència s'ha d'atribuir a l'error. Així, per exemple, una balança que tingui una precisió d'un gram, mesura de gram en gram i, per tant, pot ser que per un objecte que en realitat pesa 35,6 grams, en una pesada ens marqui 36 i en una altra ens marqui 37. Si ens passa això, com que la diferència no és de més d'un gram, hem d'interpretar que la diferència de pes es deu a la precisió de l'aparell de mesura i no pas a una pèrdua (o guany) de pes.

Val la pena tenir present que en la poca estona que dura aquesta experiència és poc probable que es perdi massa per l'evaporació de l'aigua, i menys tenint en compte que hem col·locat els glaçons tancats a dins d'una bossa de plàstic.

Orientacions per guiar l'explicació

Com ja s'ha comentat, en relació amb les idees dels nens i nenes, és molt fàcil que en les prediccions inicials considerin que el líquid que resulta de la fusió dels glaçons pesa menys que els dos glaçons en estat sòlid. Aquesta predicció és coherent amb la idea de massa i de conservació de la matèria pròpia de les teories inicials dels nens i nenes sobre la matèria, i això implica que no és una idea fàcil de modificar.

És molt important que un cop feta la predicció els nens i nenes la justifiquin; és a dir, que expliquin per què esperen el resultat que esperen. Això es pot promoure amb intervencions del mestre, com ara: "Què et fa pensar que passarà això que dius? Podries posar un altre exemple en què passi una cosa semblant? Quina evidència tens per fer aquesta predicció?" És important que les respostes a aquestes preguntes s'anotin i quedin clares i que si hi ha dues prediccions diferents, però ben justificades, les acceptem totes dues.

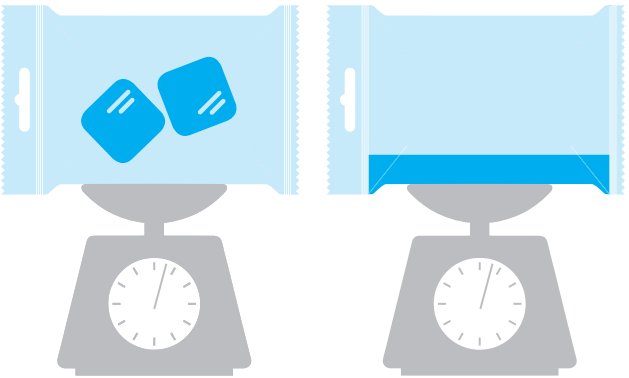
Un cop feta l'experiència, haurem de contrastar els resultats obtinguts amb les prediccions inicials. Ni per als científics ni per als alumnes és fàcil canviar d'idea, de manera que caldrà acompanyar-los en la interpretació dels resultats obtinguts.

Als alumnes que hagin predit que l'aigua en estat líquid pesarà diferent, hauríem d'ajudar-los a revisar la idea que tenen sobre la massa i la seva conservació. En el cas dels alumnes que hagin predit que pesarà el mateix, podria ser que tot i que la seva predicció és correcta, s'haguessin basat en un concepció inadequada de massa. Per tant, cal que ens assegurem que ho diuen en el marc d'una concepció correcta de massa, com a quantitat de matèria, i de la seva conservació.

Tant per a uns com per als altres, podem mostrar-los un tros de plastilina i fer-los pensar com ho podem fer perquè pesi més o menys i arribar a la conclusió que només ho podrem aconseguir si hi afegim o traiem matèria (plastilina). La massa mesura la quantitat de matèria i, per tant, hi haurà més o menys massa quan hi hagi més o menys quantitat de matèria. Aquesta reflexió ens pot conduir a preguntar: "En el cas del glaçó, hi ha menys matèria quan es fon o hi ha la mateixa?" Si diuen que n'hi ha menys: "Qui l'ha tret, aquesta matèria? On és, ara?".

Per aportar nous arguments en relació amb la conservació de la massa en els canvis d'estat, també es pot proposar als alumnes que portin a terme un "experiment pensat" que, si convé, es podria fer a l'aula. Es tractaria de proposar-los que pensessin: "Què passarà si l'aigua obtinguda la posem al congelador? El glaçó que obtindrem pesarà més o menys que l'aigua?" (figura 13). Si els alumnes mantenen un model coherent de no-conservació, haurien de considerar que el glaçó hauria de pesar més. Encara que aquesta experiència no s'arribi a portar a terme, debatre sobre aquest fet pot ajudar a mobilitzar les idees inicials dels alumnes.

Figura 13. Quan es desfà el glaçó dins la bossa tancada, podem veure que el pes no canvia



Experiment 6

OBSERVEM SÒLIDS, LÍQUIDS I GASOS

Material per a un grup de 4 persones:

3 o 4 objectes sòlids, preferiblement fets d'un únic tipus de material (taps de suro, cargols de metall, trossets de fusta, trossets de porexpan, guixos, plats de ceràmica, etcètera), alguns líquids (aigua, oli, alcohol...), 1 globus, 1 bossa de plàstic, 1 balança, 1 tisores, 1 mà de morter i 3 o 4 recipients de mides i formes diferents.

Descripció de l'experiment

1. Repartim els objectes sòlids, líquids i gasos (globus o bosses de plàstic per poder-les omplir d'aire i investigar sobre els gasos) entre els alumnes.

2. Indiquem als alumnes que explorin lliurement els materials i que recullin per escrit les observacions que vagin realitzant sobre les seves propietats. Per això, posem a l'abast dels alumnes alguns estris que els puguin ajudar en la investigació plantejada: balances, tisores, mans de morter, recipients diversos per fer transvasaments.

3. Posem en comú les observacions.

Consells de seguretat: recomanem als alumnes que posin els objectes a dins d'una bossa de plàstic gruixut tancada abans de picar-los amb la mà de morter, o bé que es posin unes ulleres de protecció. A més a més, hem de tenir una cura especial en la manipulació de l'alcohol.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 4: Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Les idees dels infants

La dificultat en relació amb aquesta activitat no rau tant a identificar les propietats dels diferents estats, com a comprendre que allò que busquem són propietats que comparteixen tots els sòlids (o una gran majoria), tots els líquids (o una gran majoria) i tots els gasos (o una gran majoria). Per exemple, els sòlids solen ser

rígids i consistents, però alguns, com ara la plastilina, no tenen aquestes propietats; tot i això, la plastilina es considera un sòlid.

Cal tenir present que, en les teories inicials sobre la matèria, els nens i nenes no usen els termes sòlid, líquid i gas igual que en els models científics. Així, per exemple, els nens no sempre consideren que els agregats (pols, sorra, grans d'arròs) estiguin dins la categoria dels sòlids. Igualment, no coneixen prou bé els gasos ni les seves propietats.

L'explicació científica

Les característiques principals dels sòlid que volem destacar són la resistència, la dificultat a ser trencats i el fet que no es poden comprimir i que mantenen una forma fixa. Les dels líquids, la seva facilitat per trencar-se, el fet que no es poden comprimir i que no tenen una forma fixa, de manera que adopten la forma del recipient que els conté (excepte quan tenim una quantitat molt petita de líquid). Les dels gasos, el fet que es poden comprimir i expandir, no tenen una forma fixa i tendeixen a ocupar tot l'espai disponible.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Malgrat que l'observació es planteja amb un ampli marge de llibertat, pot ser que els alumnes no sàpiguen per on començar o que facin observacions més centrades a comparar materials (sobretot els sòlids entre ells) o que facin observacions molt superficials. Per orientar la investigació, podem plantejar tres preguntes: "Quines propietats tenen els sòlids? Quines propietats tenen els líquids? Quines propietats tenen els gasos?" i subratllar que el que busquem són propietats generals i comunes a tots els sòlids, a tots els líquids o a tots els gasos i no les propietats de cada material en concret.

Per això, pot ser útil que el mestre passi de grup en grup estimulant algunes observacions i ajudant-los a centrar l'atenció. El mestre ha de ser conscient que, tot i que es poden observar moltes altres propietats, ens interessa que a la llista de propietats dels sòlids hi aparegui que són durs (mantenen la cohesió i no flueixen), que tenen una forma fixa i que no es poden comprimir. Podem ajudar els alumnes preguntant-los si els sòlids són més o menys durs que els líquids; els podem fer veure que tenen una forma fixa, malgrat que els canviem de lloc, preguntant-los si canviarà de forma el guix si el posem a dins del got, o si el posem a sobre d'una safata; els podem fer adonar que els sòlids els podem agafar, preguntant-los si poden agafar fàcilment el guix i els altres sòlids amb les mans, i si passa el mateix amb l'aigua o un altre líquid.

En la llista de propietats dels líquids ha d'aparèixer que no mantenen la forma, que sí que mantenen la cohesió, que flueixen i que no es poden comprimir. Podem ajudar els alumnes a observar que els líquids es "trenquen" molt més fàcilment que els sòlids, tot preguntant-los si poden trencar l'aigua en dos trossos passant-hi el dit i si podríem fer el mateix amb un sòlid; a observar que no tenen una forma fixa, preguntant-los si l'aigua canvia de forma quan la posem del got petit a l'ampolla, o si la posem al plat; i a observar que flueixen, tot preguntant-los què passa amb l'aigua quan la volen agafar, si la poden agafar o se'ls escola entre els dits, com es mou l'aigua quan la tiren a sobre d'un plat i el mouen, si es mou igual que quan a sobre del plat hi posen un guix o un altre sòlid.

Finalment, en la llista de propietats dels gasos ha d'aparèixer que no mantenen la forma, que tendeixen a ocupar tot l'espai disponible i que es poden comprimir i expandir. En aquest cas, podem ajudar-los a veure que es poden comprimir, tot preguntant-los si podem fer que l'aire de dins el globus, o de dins la bossa, ocupi menys espai, o si això ho podríem fer amb un guix, o amb un tros de fusta; i observar que es poden expandir, preguntant-los què fa el globus quan deixem de fer pressió amb les mans.

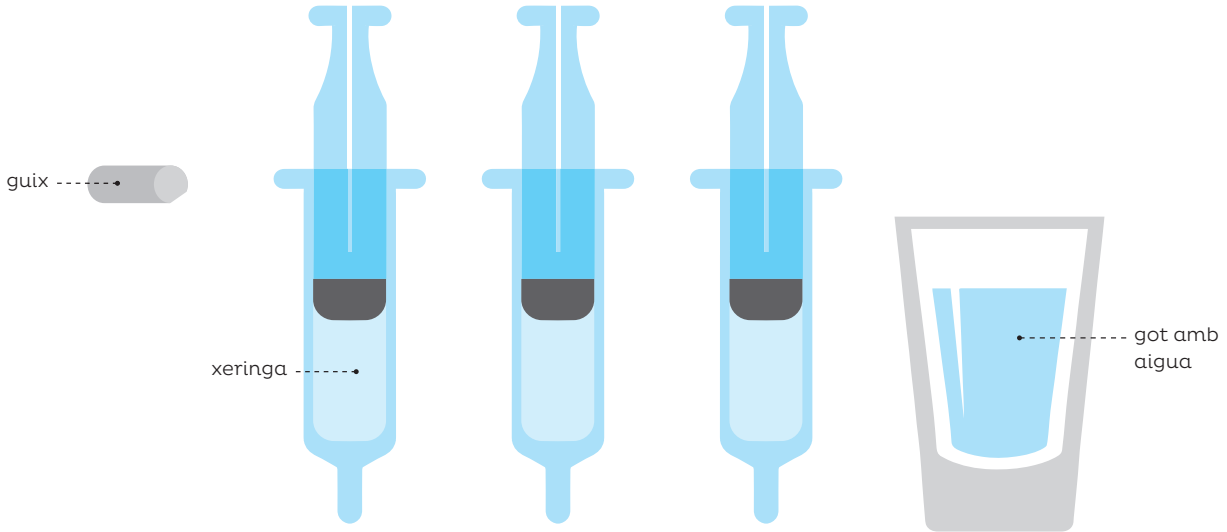
En la posada en comú es pot recollir tota la informació en una taula amb l'encapçalament següent: els sòlids es caracteritzen per...; els líquids es caracteritzen per...; els gasos es caracteritzen per...

Orientacions per guiar l'explicació

Aquesta activitat proposa descriure una realitat i no pas explicar-la; per tant, la intervenció dels mestres s'ha de dirigir més a establir les propietats bàsiques de sòlids, líquids i gasos que hem citat anteriorment, i no a voler-les explicar. En qualsevol cas, aquesta activitat, complementada amb la següent, pot servir per introduir el model de partícules i per començar-se a imaginar com està formada la matèria per dins.

Experiment 7

LES XERINGUES



Material per un grup de 4 persones:

3 xeringues, un got amb aigua, un tros de guix.

Descripció de l'experiment

1. Escriuim a la pissarra les tres preguntes que ens plantegem: "Com m'imagino que és un sòlid per dins? Com m'imagino que és un líquid per dins? Com m'imagino que és un gas per dins?".

2. Repartim el material a cada grup.

3. Demanem als alumnes que omplin una xeringa amb aigua procurant que no hi quedi cap bombolleta d'aire i els recordem que l'aigua és un líquid; demanem que posin un tros de guix a dins de la segona xeringa i els recordem que és un sòlid. Finalment, els demanem que omplin la tercera xeringa amb aire i els recordem que l'aire és un gas.

4. Indiquem als alumnes que amb un dit tapin la sortida de la xeringa i que amb l'altra mà premin l'èmbol tant com puguin. Cal assegurar-se que quan premen la xeringa amb el sòlid (guix), l'èmbol està tocant el guix.

5. Demanem que observin què passa, en parlin entre els membres del grup i que anotin les observacions.

6. Demanem als alumnes que a partir del que han observat responguin les tres preguntes inicials: "Com m'imagino que és un sòlid (guix) per dins? Com m'imagino que és un líquid (aigua) per dins? Com m'imagino que és un gas (aire) per dins?".

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea 4. Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Idea 5. La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.

Les idees dels infants

En els models mentals dels nens i nenes sobre la matèria, la idea que aquesta tingui una naturalesa particulada, és a dir, que estigui formada per múltiples partícules minúscules, no hi té cabuda. Els nens i nenes conceben la matèria com a contínua i, en la majoria de casos, no es plantegen de manera espontània la pregunta de com està feta la matèria per dins.

Per això la idea que la matèria està feta de partícules més o menys lligades entre elles és una idea que han d'introduir els mestres, perquè difícilment apareixerà de manera natural a classe i els alumnes no la poden construir a partir de l'observació quotidiana.

Pel que fa a com els nens i nenes s'imaginen la disposició de les partícules, solen aparèixer tres tipus de representacions (figura 14).

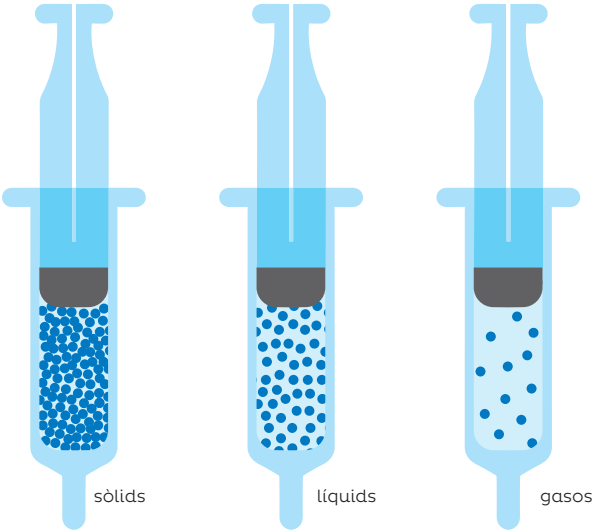
En el cas dels sòlids, solen dibuixar les partícules molt properes les unes a les altres i normalment no indiquen la presència de lligams entre elles (figura 13). En el cas dels gasos (figura 13), solen dibuixar les partícules molt separades entre elles, aïllades les unes de les altres i, de vegades, unides per una mena de molla o xiclet que permet explicar el fet que els gasos es poden comprimir i expandir. En el cas dels líquids (figura 13), habitualment dibuixen una situació intermèdia.

L'explicació científica

En aquesta experiència usem el terme "partícula" per referir-nos al constituent bàsic que conforma qualsevol substància o material. D'entrada, no cal associar-les amb conceptes com àtom o molècula, que caldria deixar per a l'ESO.

En relació amb els models de sòlid, líquid i gas, els podem imaginar tal com es mostra en la figura 14. En aquestes representacions, tant ens fixem en la disposició de les partícules en l'espai, sobretot la proximitat relativa entre les unes i les altres, com en la presència de lligams forts o febles entre elles.

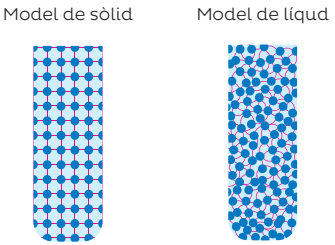
Figura 14. Representació inicial del model de partícules més habitual quan demanem que dibuixin com s'imaginen un sòlid, un líquid i un gas



Així, per exemple, allò important del model que representa els sòlids és que les partícules siguin molt pròximes i que estiguin fortament lligades entre elles (figura 15). Aquesta disposició explica el fet que els sòlids no es poden comprimir, que són durs i que tenen una forma fixa.

En el cas dels líquids (figura 15), les partícules també les hem d'imaginar molt pròximes entre elles, perquè, com els sòlids, no es poden comprimir, però els lligams entre elles són més febles, de manera que ens podem imaginar que les unes es mouen en relació amb les altres, la qual cosa permet explicar que els líquids són molt fàcils de trencar i que flueixen.

Figura 15. Representació d'un sòlid i un líquid després de comprovar que tant els sòlids com els líquids són incompressibles i d'introduir la idea de lligam



En el cas dels gasos, les partícules les hem d'imaginar molt separades entre elles, la qual cosa explicaria que els gasos es puguin comprimir, perquè entremig hi ha el buit, i que estan en moviment, la qual cosa permet explicar que s'expandeixen i tendeixen a ocupar el màxim d'espai disponible.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Durant l'observació, és important que els mestres ajudin els alumnes a concretar quines són les propietats que observen en els sòlids, líquids i gasos que tenen dins les xeringues. És important acordar les propietats bàsiques que hem esmentat en sòlids, líquids i gasos, perquè basant-nos en aquestes propietats validarem els models que els nens i nenes proposin en relació amb com són per dins.

En el cas dels sòlids (guix), ens interessa acordar que no els podem comprimir quan els posem dins la xeringa. En el cas dels líquids, ens interessa acordar amb els alumnes que tampoc es poden comprimir, per això és tan important que no hi hagi gens d'aire dins la xeringa quan premin l'èmbol amb aigua. Tal com haurem fet amb els sòlids, és interessant recordar les propietats que comparteixen els líquids i que ja s'hagin establert en activitats anteriors (experiment 5) .

Orientacions per guiar l'explicació

Podem demanar que primer dibuixin com s'imaginen que seria el guix, l'aigua i l'aire si els poguéssim mirar amb una lupa o un microscopi molt i molt potent. Probablement, molts dibuixos estaran condicionats per la idea que la matèria és contínua.

Com hem comentat, difícilment els nens i nenes dibuixaran la matèria de manera discontínua. Per introduir aquesta forma de pensar, podem explicar que els científics ja fa temps que van imaginar que la matèria per dins estava feta per milers de milions de partícules tan petites que no es poden veure. Aquestes partícules les podem imaginar com boles rígides (per exemple, boles de billar), que no es poden deformar ni dividir.

Advertim que en el dibuix han de tenir en compte la idea de partícula que s'ha comentat i que, perquè sigui científic, cal que el dibuix sigui coherent amb les observacions que han fet i amb les propietats que han establert per als sòlids, els líquids i els gasos. Si els alumnes tenen dificultats per iniciar la tasca proposada, podem ajudar-los amb algunes de les preguntes següents: "Com penses que deuen estar posades les partícules al guix? I a l'aigua? I a l'aire? Et sembla que estan unides entre elles? Pot ser que hi hagi lligams entre elles? Deuen ser fortes? Deuen ser febles? Què t'ho fa pensar?".

Podem suggerir als alumnes que acompanyin els dibuixos amb un text breu que els justifiqui i que tingui en compte les evidències disponibles. Un exemple d'estructura de text pot ser: M'imagino que [el guix, l'aigua, l'aire] és ..., perquè hem observat que...

És bo que els mestres vagin recordant que els dibuixos que han fet són models, i que els models no són la realitat, sinó que els fem servir per representar com ens imaginem que és una cosa. Els models sempre tenen la funció d'ajudar a pensar.

Els dibuixos que fan els infants ens han de servir per veure quina és la seva primera representació del model de partícules. En cas que no estiguem segurs del significat dels elements que apareixen en els dibuixos, és important demanar que ens ho aclareixin, de manera que puguem entendre el millor possible què estan representant. Així doncs, no hem de dubtar a demanar-los: "Què hi representes aquí? Què vol dir (aquesta línia, aquest material, aquest dibuix, aquesta fletxa)? Per què ho representes així? Has pensat com podries representar els lligams entre les partícules del guix? Els pots representar igual que en el cas de les partícules de l'aigua o de l'aire? Com ho podries fer perquè es veiés que.....? Tens alguna altra idea per representar...?".

És important analitzar si un aspecte no es representa per falta de destresa, per dificultats de trobar un símbol prou adient o bé perquè hi ha aspectes importants del model científic que es passen per alt, que s'entenen d'una manera peculiar, etcètera. En aquest moment, el nostre paper és, simplement, ajudar-los a plasmar en el seu dibuix les idees que tenen sobre com són el guix, l'aigua i l'aire per dins, sense menystenir cap aportació.

En molts casos és probable que les propostes que fan els alumnes sobre la disposició de les partícules no tinguin en compte la presència de lligams (enllaços) entre elles. Per això, és important que els ajudem a pensar en aquest aspecte.

Tot i que disposem de poca recerca en aquest sentit, sí que sabem que és força habitual que els nens i nenes

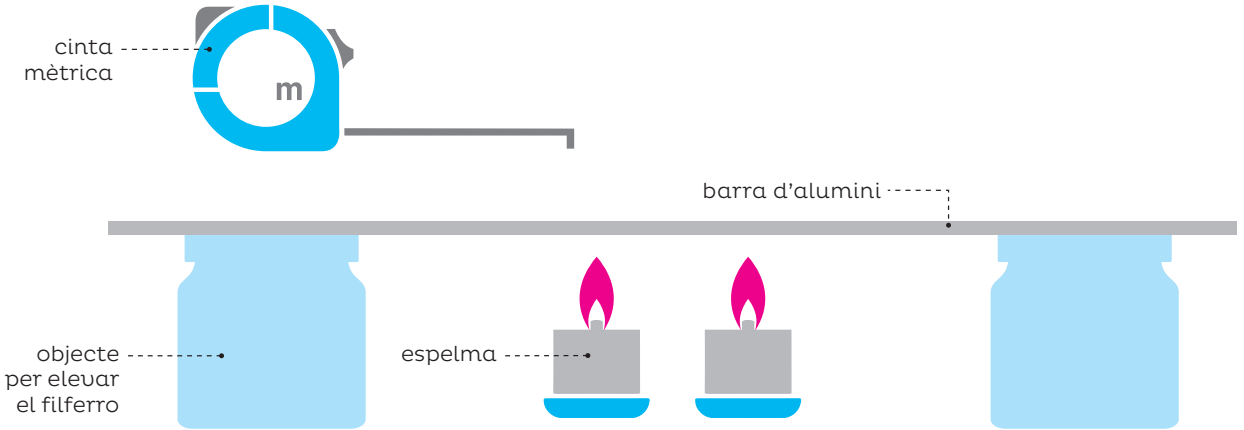
imaginin els líquids com una situació intermèdia entre sòlids i gasos (figura 14).

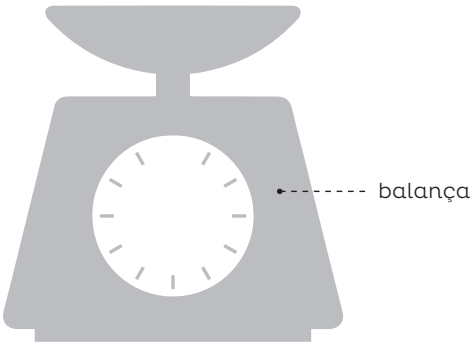
Això fa que dibuixin les partícules una mica separades entre elles. Es pot discutir aquesta representació, si es presenta, amb preguntes com ara: "Si les partícules estiguessin així, no hauríem de poder comprimir l'aigua? Quan heu experimentat amb la xeringa, heu pogut comprimir l'aigua?" Això sol conduir a proposar models alternatius en què les partícules estan molt juntes, de manera que apareix un nou problema, que és la similitud entre la representació dels sòlids i la dels líquids. Aquesta idea es pot discutir dient: "Aquest dibuix que representa els líquids és molt similar al que representa els sòlids? Tenen les mateixes propietats, uns i altres? Què hauríem de canviar del dibuix del líquid perquè es vegin més clarament les diferències amb un sòlid?" Tal com ja s'ha dit, cal que el mestre tingui clar que la diferència fonamental entre la representació dels sòlids i la dels líquids rau en la fortalesa dels lligams entre les partícules, i no pas en la proximitat relativa de les unes amb les altres, tal com es pot observar en la figura 15.

En el cas dels gasos, les representacions dels nens i nenes solen ser força coherents amb les propietats observades. Sovint, els nens imaginen lligams entre partícules, que pensen que són com molles o com xiclet. Malgrat que estrictament parlant no hi ha lligams entre les partícules d'un gas, podem donar aquests models com a bons, perquè són coherents amb l'evidència (expansió i compressió dels gasos) i, recordem, això és el que compta a l'hora de validar un model o l'altre en la ciència escolar. També pot passar que, simplement, dibuixin les partícules molt separades. Aquesta representació explica bé la compressió dels gasos, però no n'explica bé l'expansió, per això els podem recordar les observacions fetes: "Recordeu què passava amb l'aire de la xeringa quan deixàvem de prémer l'èmbol?" (retorna a la posició inicial; per tant, s'expandeix). Després, podem ajudar-los a vincular aquesta evidència amb el model dibuixat" El fet que els gasos s'expandeixen, s'explica bé en aquest dibuix? Com podríem indicar que el gas torna a ocupar l'espai inicial quan ja no el comprimim més?" Una solució que es pot proposar és que les partícules es mouen i això es pot indicar posant una fletxa al costat de cada partícula.

Experiment 8

DILATACIÓ DELS SÒLIDS





Material per a un grup de 4 persones:

1 barra d'alumini d'un metre de llargada o 1 filferro (preferiblement de coure) tan llarg i tan recte com sigui possible, regle o cinta mètrica, algunes espelmes, alguns objectes que serveixin per elevar la barra, manyoples de forn, balança de cuina.

Descripció de l'experiment

1. Mesurem amb la cinta mètrica i amb una precisió de mil·límetres la longitud de la barra. La pesem.

2. Sobre una taula, alcem la barra d'alumini (amb llibres, per exemple) a pocs centímetres d'altura, els suficients per poder-hi posar a sota unes quantes espelmes petites.

3. Encenem les espelmes i escalfem la barra uns 5 o 10 minuts.

4. Un cop escalfada la barra, l'agafem amb les manyoples per no cremar-nos, tornem a mesurar-la i pesar-la.

5. Deixem refredar la barra, tornem a mesurar-la i pesar-la.

6. Registrem totes les dades en una taula per analitzar entre la longitud i la barra abans i després d'escalfar-la.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 3. La quantitat de matèria es conserva en els canvis físics.

Idea clau 4. Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Idea clau 5. La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.

Idea clau 6. La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat.

Les idees dels infants

Sovint els infants expliquen aquest fet dient que la barra augmenta de longitud perquè les partícules que la formen es fan més grans a causa de la calor. S'entén fàcilment com construeixen aquesta idea: segurament alguns alumnes ja saben que hi ha objectes que es dilaten amb la calor i, per tant, raonen que, si els objectes es dilaten amb la calor, les partícules de la barra també es deuen dilatar amb la calor i, per tant, la barra es fa més llarga.

Aquesta manera de pensar dels nens i nenes es deu al fet que quan comencen a pensar a través del model de partícules atribueixen a les partícules les mateixes propietats que han observat en els objectes macroscòpics.

L'explicació científica

En augmentar la temperatura creix l'agitació tèrmica de les partícules que componen el sòlid. Una agitació tèrmica més elevada de totes les partícules incrementa la distància mitjana entre elles i, en passar això al llarg de tota la barra, aquesta augmenta de mida. Cal entendre que augmenta la longitud, però també l'amplada i el gruix. L'increment en les dimensions del sòlid és tant més gran com més partícules hi hagi arrenglerades, ja que cadascuna de les partícules contribueix amb una certa quantitat a la dilatació. És per això que observem més la dilatació en longitud que no pas en gruix o amplada.

Per tant, l'explicació científica està relacionada amb el moviment relatiu entre les partícules de la barra i no amb l'augment de volum de cada partícula, que és com la majoria de nens explica el fenomen de la dilatació dels sòlids.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Per guiar l'observació és important saber que el canvi de mida de la barra (dilatació) serà molt petit, aproximadament entre 1 o 2 mm per una barra d'alumini d'aproximadament 1 metre de longitud. Per tant, hem de ser molt precisos en la mesura. Com que és un augment tan petit de longitud, a vegades els nens i nenes diuen que no ha canviat, perquè pensen que un mil·límetre és molt poc.

També és important observar que quan deixem refredar la barra, aquesta torna a tenir la longitud inicial. Com que aquest refredament és lent, podem forçar-lo abocant una mica d'aigua a temperatura ambient a la barra. És interessant que entenguin que l'augment de mida no el provoca un augment de massa. Per aquest motiu en l'experiment pesem la barra abans i després d'escalfar-la, per descartar aquesta opció.

Orientacions per guiar l'explicació

Per entendre bé aquesta experiència cal que relacionem les explicacions amb el model de partícules que hauríem d'haver treballat prèviament. En aquest cas, recomanem utilitzar una representació del model de partícules feta amb plastilina, en comptes dels dibuixos que hem utilitzat en l'activitat de les xeringues (experiment 7).

Podem imaginar-nos que la barra d'alumini està feta de petites partícules, que representarem amb boletes de plastilina. Per simular el lligam rígid entre partícules, podem proposar diversos materials, com per exemple: escuradents o palles (figura 16).

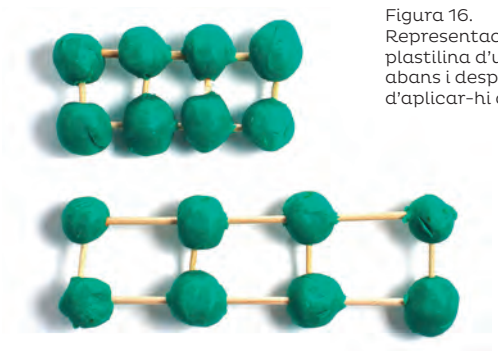


Figura 16. Representació amb plastilina d'un sòlid abans i després d'aplicar-hi calor

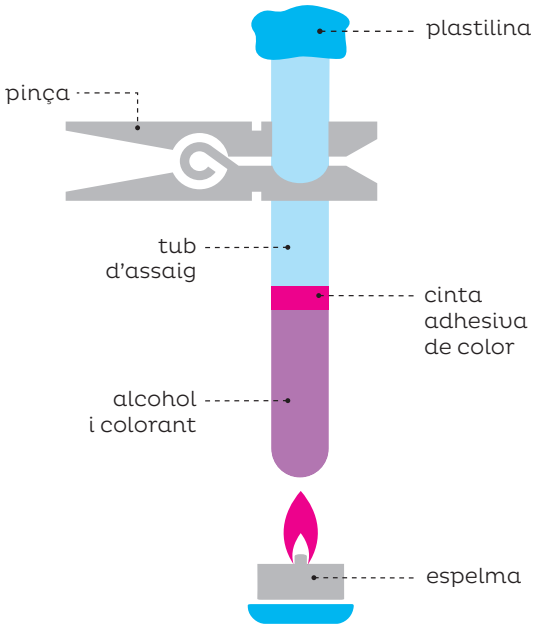
Un cop tinguem la representació de la barra d'alumini feta amb plastilina i haguem comprovat l'augment de longitud, preguntem: "Com és que la barra d'alumini ha augmentat de longitud?" Si es vol, es pot utilitzar el terme "dilatar" com a sinònim d'augment de longitud. Hem de procurar que els nens i nenes utilitzin la representació de plastilina com a suport del seu raonament i que ens ensenyin quins canvis es produeixen a les partícules que, segons ells, explicarien el canvi de longitud de la barra.

Com hem comentat, alguns nens i nenes pensen que la dilatació és causada per un augment de la mida de les partícules, de manera que en la representació del canvi fan les partícules més grosses, afegint-hi plastilina. Per avaluar si aquesta idea és coherent amb allò que s'ha observat, els hem de fer notar que si afegeixen més plastilina, el pes de la barra augmentaria (perquè hi afegim matèria); en canvi, experimentalment, el pes de la barra d'alumini no canvia.

No és tan habitual, però podria ser que altres nens i nenes representessin l'augment de longitud separant les partícules, tal com es pot veure a la figura 16. Aquest model és el més coherent amb les evidències obtingudes a través de l'experiment, perquè explica que la barra s'allarga, sense canviar la massa. Tot i això, podem fer notar que els científics pensen que en realitat les partícules se separen entre elles a causa d'un moviment en vaivé al voltant d'una mateixa posició.

Experiment 9

DILATACIÓ DELS LÍQUIDS



Material per a un grup de 4 persones:

1 tub d'assaig amb alcohol, colorant alimentari, 1 bola de plastilina, cinta adhesiva de color, 1 espelma i 1 agulla d'estendre, 1 got i 1 balança de cuina.

Experiment

1. Tenyim l'alcohol amb colorant alimentari.

2. Agafem un tub d'assaig i hi posem alcohol fins a més o menys la meitat. Mantenint el tub ben vertical, enganxem un tros de cinta aïllant que l'envolti, de manera que la vora superior coincideixi amb el nivell del líquid.

3. Tapem el tub d'assaig hermèticament amb una bola de plastilina.

4. Agafem el tub d'assaig amb l'agulla d'estendre.

5. Pesem el tub d'assaig amb l'alcohol tenyit, la bola de plastilina i l'agulla d'estendre, i el posem a dins d'un got que tenim preparat a sobre una balança.

6. Escalfem el tub d'assaig a sobre la flama d'una espelma i l'aguantem amb l'agulla d'estendre per evitar possibles cremades.

7. Observem que el nivell de l'alcohol puja uns mil·límetres per sobre de la cinta adhesiva.

8. Abans que es refredi, ho tornem a pesar com en el punt 5 per constatar que el pes no ha canviat.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 3. La quantitat de matèria es conserva en els canvis físics.

Idea clau 4. Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Idea clau 5. La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.

Idea clau 6. La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat.

Les idees dels infants

Sovint els infants expliquen aquest fet dient que el nivell d'alcohol augmenta, perquè les partícules que el formen es fan més grans a causa de la calor. S'entén fàcilment com construeixen aquesta idea: segurament alguns alumnes ja saben que hi ha objectes que es dilaten amb la calor i, per tant, raonen que, si els objectes es dilaten amb la calor, les partícules d'alcohol també es deuen dilatar amb la calor i, per tant, el nivell d'alcohol puja.

Aquesta manera de pensar dels nens i nenes, en el fons, es deu al fet que quan comencen a pensar a través del

model de partícules atribueixen a les partícules les mateixes propietats que han observat en els objectes macroscòpics.

L'explicació científica

En augmentar la temperatura creix l'agitació tèrmica de les partícules que componen el líquid. Una agitació tèrmica major de les partícules incrementa la distància mitjana entre elles i, en esdevenir això en tot el líquid, aquest augmenta de volum i, per tant, observem que el nivell del líquid ha pujat.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Durant l'observació, podem fer-los notar que el nivell d'alcohol augmenta quan rep calor i fer que el comparin abans i després d'escalfar-lo. Per això, podem preguntar: "Què ha passat amb l'alcohol quan l'hem escalfat? Fins on arribava l'alcohol al principi? Fins on arriba ara?" Hem de recordar als alumnes que per observar bé el nivell del líquid han de posar la vista a l'altura del nivell de l'alcohol i han de procurar que el tub estigui sempre com més vertical millor.

Si volem mostrar que hi ha líquids que es dilaten menys que d'altres podem repetir l'experiència amb aigua i veurem que no s'observa un augment del nivell del líquid (dilatació), que, en canvi, és ben visible en l'alcohol. Amb altres líquids, com ara el mercuri, l'augment encara és més visible. Per aquest motiu, el mercuri s'utilitzava per fer termòmetres.

A diferència de l'experiment 8, en què tenim la mesura de l'augment de longitud del sòlid i la mesura del pes, en aquest cas només disposem de la mesura del pes com a dada quantitativa. És igualment important que en la posada en comú de les observacions realitzades establim el fet que ha augmentat el nivell d'alcohol, però que el pes no ha canviat.

Orientacions per guiar l'explicació

Per entendre bé la dilatació del líquid, cal que relacionem les explicacions amb el model de partícules, que haurem d'haver treballat prèviament.

Com en el cas de la dilatació dels sòlids (experiment 8), una manera d'ajudar-los a construir una explicació de l'augment de volum és fent un model del líquid a través d'una representació amb plastilina. En aquest cas, per simular el lligam més flexible entre les partícules d'un líquid, podem proposar diversos materials, com per exemple gomes elàstiques o fil de llana (figura 17).

Un cop tinguem la representació de l'alcohol feta amb plastilina i n'haguem comprovat l'augment de nivell en escalfar-lo, preguntem "Com és que el nivell d'alcohol ha augmentat quan l'hem escalfat?" Si es vol, es pot utilitzar el terme "dilatar" com a sinònim d'augment de nivell. Hem de procurar que els nens i nenes utilitzin la representació de plastilina com a suport del seu raonament i que ens ensenyin quins canvis es produeixen en les partícules que, segons ells, explicarien el canvi de nivell d'alcohol.

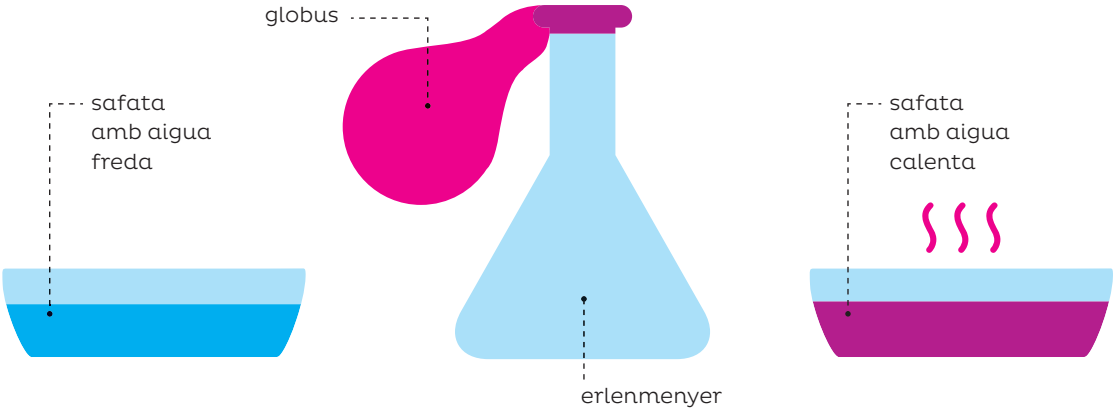
Com hem comentat, alguns nens i nenes pensen que la dilatació és causada per un augment de la mida de les partícules, de manera que per representar el canvi del nivell de l'alcohol ho expliquen fent les partícules més grosses, afegint-hi plastilina. Per avaluar si aquesta idea és coherent amb allò que s'ha observat, els hem de fer notar que si afegeixen més plastilina, el pes del tub d'assaig amb l'alcohol hauria d'augmentar (perquè hi afegim més matèria); en canvi, experimentalment, hem comprovat que el pes és exactament el mateix.

Figura 17. Representació amb plastilina d'un líquid abans i després d'aplicar-hi calor

Com en el cas dels sòlids, no és gaire habitual, però podria ser que altres nens i nenes representessin l'augment de nivell separant les partícules, tal com es pot veure en la figura 17. Aquest model és el més coherent amb les evidències obtingudes a través de l'experiment, perquè explica que el nivell d'alcohol puja sense que la massa canviï. Tot i això, podem fer notar que els científics pensen que en realitat les partícules se separen entre elles a causa d'un moviment en vaivé al voltant d'una mateixa posició.

Experiment 10

DILATACIÓ DELS GASOS



Material per a un grup de 4 persones:

1 erlenmeyer o 1 ampolla de 0,33 cl, 1 globus, 1 fogonet elèctric, 1 cassó, aigua i 2 safates fondes (d'uns 30 x 15 cm).

Descripció de l'experiment

1. Acoblem el globus completament desinflat al broc de l'erlenmeyer o de l'ampolla.

2. Escalfem aigua amb el cassó fins a gairebé el punt d'ebullició. Omplim una safata amb l'aigua calenta i l'altra amb aigua a temperatura ambient.

3. Col·loquem l'erlenmeyer amb el globus a dins de l'aigua calenta.

4. Pesem l'erlenmeyer i el globus.

5. Observem que el globus s'infla.

6. El traiem de l'aigua calenta i el col·loquem en aigua freda per observar com es desinfla.

7. Tornem a pesar l'erlenmeyer i el globus i anotem el pes abans i després d'escalfar l'erlenmeyer.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 3. La quantitat de matèria es conserva en els canvis físics.

Idea clau 4. Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Idea clau 5. La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.

Idea clau 6. La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat.

Les idees dels infants

Com sempre que experimentem amb aire o gasos que no es poden veure, una primera dificultat serà com-

prendre que a dins de l'erlenmeyer i el globus hi ha aire. A més a més, els nens i nenes solen explicar aquest experiment dient que l'aire calent puja, perquè en la vida quotidiana han sentit que l'aire, quan s'escalfa, puja.

L'explicació científica

La calor subministrada a l'aire de dins de l'erlenmeyer i el globus fa créixer l'agitació tèrmica (la temperatura) de les partícules que componen el gas. Aquesta agitació tèrmica, per una banda, incrementa la distància mitjana entre aquestes partícules i això fa que l'aire augmenti de volum (es dilati); per altra banda, fa que les partícules d'aire es moguin cada cop més ràpidament i que xoquin molt més entre elles i amb les parets de l'erlenmeyer i del globus. Com que les parets del globus són elàstiques, aquests xocs de les partícules es tradueixen en l'inflament del globus que observem a simple vista.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Durant l'experiment, a part d'observar com el globus s'infla, podem fer que els infants toquin el globus amb els dits i comprovin com la pressió d'aire de dins del globus és més gran. També és important que constatin que no pot entrar ni sortir aire de l'erlenmeyer i que, d'aquesta manera, tot el fenomen es pot explicar a partir de l'aire que hi ha a dins de l'erlenmeyer.

Orientacions per guiar l'explicació

Per entendre bé aquesta experiència, cal que relacionem l'explicació amb el model de partícules que hauríem d'haver treballat prèviament.

En primer lloc, podem demanar que pintin l'aire que hi ha a dins de l'erlenmeyer i el globus, abans i després d'escalfar-lo. D'aquesta manera, farem conscients els nens i nenes que a dins de l'erlenmeyer i del globus hi ha aire.

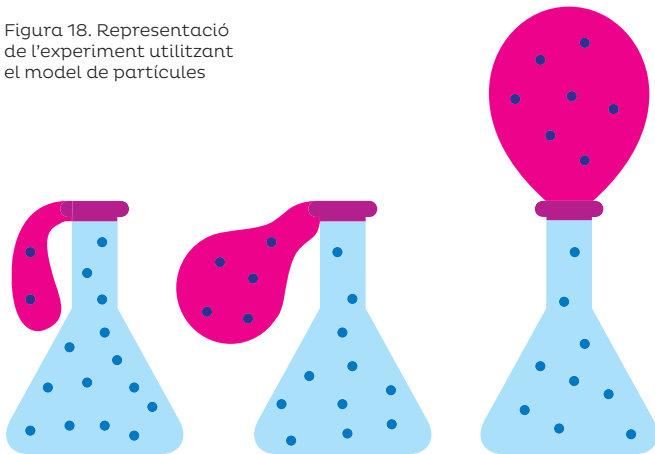
A continuació, podem construir una representació, imaginant que l'aire són boletes de plastilina i el globus un tros de cordill. Els podem preguntar que utilitzant el model ens expliquin com és que el globus s'ha inflat quan hem escalfat l'erlenmeyer. Hem de procurar guiar-los, perquè representin aquest globus inflat a partir de la separació de les partícules. Les partícules d'aire ocupen més espai a causa de la calor i, per tant, empenyen les parets del globus fins que s'infla (figura 18).

Com hem comentat, en intentar construir aquesta explicació podria ser que els nens i nenes proposessin explicacions alternatives, que haurem de reconduir a partir de preguntes que posin a prova la coherència de les seves explicacions tenint en compte les proves experimentals observades.

Si expliquen que el globus s'ha inflat fent aparèixer més partícules que les inicials, hem de fer-los veure que pesaria més quan està calent que quan està fred. En canvi, podem comprovar experimentalment que el pes no canvia abans i després d'escalfar-lo pesant-lo en una balança. Aquest fet ha de servir per fer veure que el nombre de partícules i el nombre de boles de plastilina han de ser les mateixes abans i després d'escalfar.

Com hem comentat, sovint els nens i nenes expliquen aquest experiment dient que l'aire calent puja. Per tant, pot ser que expliquin el fenomen amb una representació molt semblant a la de la figura 18. Si fos el cas, podem plantejar-los la teoria següent. "Si fos com vosaltres dieu, quan tombéssim l'erlenmeyer i l'escalféssim per una de les puntes, les partícules d'aire anirien al lloc més alt. Per tant, no inflarien el globus, ja que s'acumularien al costat oposat del que estem escalfant", tal com passa en la segona imatge de sota. Si ho comprovem experimentalment, ens adonarem que el globus

Figura 18. Representació de l'experiment utilitzant el model de partícules



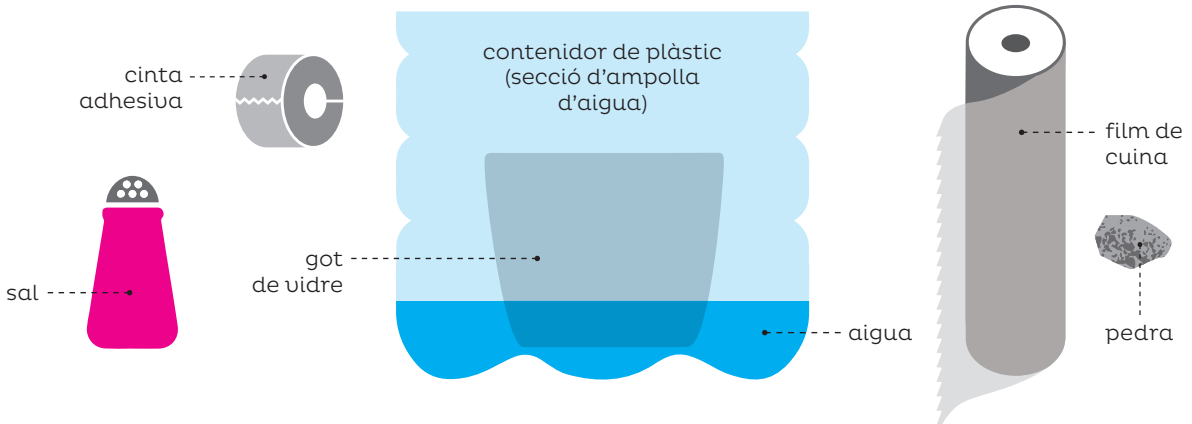
s'infla i, per tant, aquesta teoria quedaria descartada. Que el globus s'infli quan escalfem l'erlenmeyer de costat només es pot explicar per l'augment de moviment de les partícules i, per tant, per l'augment de separació efectiva entre elles.

Si volem representar millor l'agitació superior de partícules causada per la calor, podem fer que els infants facin de partícules de gas i de globus. En primer lloc, podem fer una circumferència amb nens i nenes que simulin el perímetre del globus. Aquests alumnes hauran d'estar ben agafats per les mans. A dins de la circumferència situarem els alumnes que faran de partícules del gas. A continuació, els alumnes que fan de globus han d'estar quiets en la seva posició, mentre simulem la baixa temperatura fent que els qui fan de gas es moguin a poc a poc. Finalment, simularem l'alta temperatura fent que els alumnes que fan de gas es moguin ràpidament en totes direccions.

Hauríem de fer notar que a una temperatura alta els alumnes empenyen les parets del globus i tendeixen a empènyer els alumnes que simulen el globus i, per tant, el globus s'infla. Si els qui fan de globus s'agafen les mans des del principi, constataran que ara s'han d'agafar més fort per mantenir la forma i la mida, cosa que ens porta a parlar que augmenta la pressió

Experiment 11

INVENTEM UN DESTIL·LADOR SOLAR



Material per a un grup de 4 persones:

Aigua, sal, una garrafa d'aigua de 5 litres tallada per la meitat, paper de plàstic transparent, un got de vidre, cinta adhesiva i una pedreta.

Descripció de l'experiment

1. Muntem el destil·lador solar tal com es mostra en la figura 19: posem aigua amb sal al fons de la mitja garrafa i hi col·loquem el got de vidre buit; posem el paper transparent a sobre de la mitja garrafa, de manera que quedi força tens; amb la cinta adhesiva, enganxem el paper transparent al plàstic de la garrafa, de manera que quedi tancada tan hermèticament com sigui possible; col·loquem una pedreta a sobre del paper transparent, de manera que es corbi just a sobre del got que hi ha dins de la garrafa.

2. Ubiquem el destil·lador solar en un lloc on li toqui directament la llum del sol o a sobre d'un calefactor.

3. Indiquem als alumnes les observacions que hauran de fer i com hauran de recollir les dades.

4. Després d'una estona, quan el got que hi ha a dins de la garrafa contingui aigua, tastarem aquesta aigua per comprovar si és salada o no.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 4. Cada estat de la matèria té unes propietats que caracteritzen aquell estat i el diferencien dels altres.

Idea clau 5. La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.

Idea clau 6. La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat.

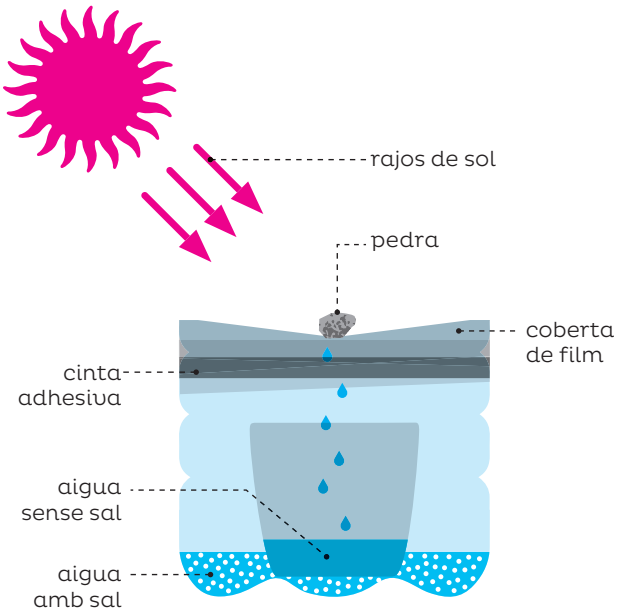
Les idees dels infants

Probablement, els nens i nenes tindran dificultats per comprendre el funcionament de l'experiment en dos passos. Primer, les dissolucions, que els costarà buscar una manera de representar-les. Segon, la condensació del líquid, ja que també tindran dificultats per entendre com és que a la part de dalt del destil·lador solar s'hi acumulen gotetes d'aigua.

L'explicació científica

En l'experiència que es presenta, hi tenen lloc diversos fenòmens. En primer lloc, l'evaporació progressiva de l'aigua que hem col·locat al fons del contenidor de plàstic. L'evaporació és un canvi d'estat (de líquid a gas) que es produeix a qualsevol temperatura, a diferència de l'ebullició, que es produeix a una temperatura característica de cada líquid (per exemple, a 100 ºC l'aigua). Què passa? Com que tenim el destil·lador en una habitació a una temperatura més alta que l'aigua del contenidor, es transfereix energia en forma de calor de l'aire a l'aigua. Això provoca que les partícules de la superfície es moguin cada vegada més, fins que se separen les unes de les altres i passen a l'estat gasós. De mica en mica, per tant, el nivell d'aigua va baixant.

Figura 19. Funcionament del destil·lador solar



Les partícules de l'aire que han passat a estat gasós (vapor d'aigua) no es poden veure, però estan en l'aire de dins del contenidor de plàstic. Les que toquen el paper transparent redueixen el moviment i tornen a unir-se entre elles, passant de gas a líquid (condensació), i és per això que una estona després de preparar el destil·lador solar podem observar gotetes d'aigua a la part de sota del paper transparent. Quan aquestes gotes es van fent més grosses, rellisquen pel paper de plàstic transparent i cauen al got, de manera que el got es va omplint, de mica en mica, amb aigua.

La sal que teníem dissolta a l'aigua es comporta diferent. La sal no s'evapora, per tant les partícules de sal no fan el viatge que hem explicat en relació amb les partícules d'aigua. Una dissolució d'aigua amb sal és líquida i, al nivell de partícules, ens la podem imaginar com partícules de sal lliures disposades enmig de partícules d'aigua (figura 19). A mesura que l'aigua s'evapora, les partícules d'aigua "abandonen" la dissolució, de manera que les partícules de sal van perdent els espais on situar-se entre les partícules d'aigua i, de mica en mica, s'uneixen entre elles i tornen a l'estat sòlid inicial. Per això, quan tota l'aigua s'ha evaporat podem observar la sal sòlida al fons del contenidor de plàstic.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Un cop muntat el destil·lador solar, podem plantejar als alumnes que ens expliquin: "Què et sembla que passarà amb la dissolució d'aigua amb sal que hi ha al fons del contenidor? I amb la sal?" Seria bo demanar-los que dibuixessin i expliquessin per escrit què els sembla que passarà, com si fos un còmic fet amb diferents vinyetes. Després, comentar les diferents propostes i destacar allò que tenen en comú i allò que les distingeix. De moment, no es tracta d'explicar perquè passa el que els sembla que passarà, sinó de descriure què pensen que passarà.

Mentre tinguem el destil·lador a l'aula, podem indicar als diferents grups de nens i nenes que observin el que passa al destil·lador i anotin com va canviant: nivell

d'aigua que baixa, presència de gotetes d'aigua sota el paper transparent, presència d'aigua a dins del got, cristal·lització de la sal, etcètera. Un cop fetes les observacions pertinents, les posem en comú i construïm unes vinyetes conjuntament, que ara mostraran no el que pensem que passarà, sinó el que realment ha passat. Durant tot aquest procés és interessant fer preguntes com ara: "Què ha passat amb el nivell de l'aigua del contenidor? Ha canviat? Com ha canviat? Quan heu observat que hi havia gotetes d'aigua a sota del paper transparent? L'aigua que observem a dins del got, d'on prové? Què deu ser això blanc que veiem al fons del contenidor?".

En aquesta part de l'activitat ens interessa establir els fets, de manera que de totes les observacions i detalls que els nens i nenes plantegin, hem de seleccionar uns fets clau, que seran els que els proposarem que expliquin posteriorment basant-se en el model de partícules. Aquests fets són:

- el nivell de l'aigua del contenidor baixa.

- a sota del paper transparent es formen gotes d'aigua, que finalment rellisquen i cauen al got.

- la sal, un altre cop sòlida, queda dipositada al fons del contenidor.

Aquests són els fets bàsics que els proposarem que expliquin a partir de preguntes, com ara: "Com és que el nivell de l'aigua del contenidor baixa? Què explica que es formin gotes d'aigua a sota del paper transparent? Per què quan ja no tinc aigua al contenidor puc tornar a veure la sal en estat sòlid?".

Orientacions per guiar l'explicació

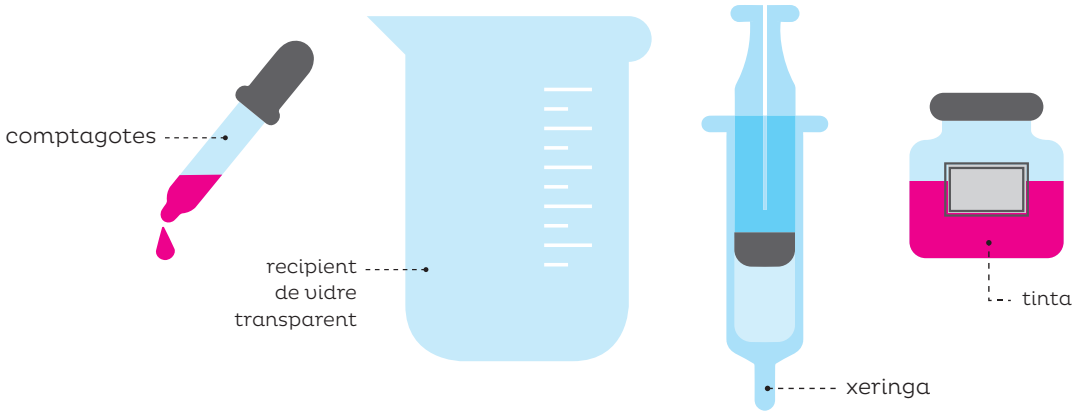
Explicar els tres fets anteriors no és fàcil, i menys usant el model de partícules que els nens i nenes tot just comencen a construir.

A l'hora d'explicar, és bo que no deixem que els nens i nenes responguin amb un simple terme. Per exemple, a la pregunta: "Com és que el nivell de l'aigua del contenidor baixa?", no ens podem conformar amb la resposta "perquè s'evapora". Cal que els preguntem què vol dir que l'aigua s'evapora, i és aquí on el model de partícules ens pot ajudar. El mestre, o els mateixos nens, pot ser que diguin: evaporar-se vol dir que l'aigua passa de líquid a gas o a vapor. Si tots estem d'acord amb aquesta definició, aleshores el mestre pot suggerir als alumnes que busquin el model de líquid i de gas, que van fer en l'experiment de les xeringues (experiment 7), i que els posin l'un al costat de l'altre. Aleshores, pot fer la reflexió següent: "Com és que l'aigua passa d'estar així [assenyala el dibuix que correspon al model líquid] a estar així [assenyala el dibuix que correspon al model gas]?"Aquí cal deixar que els nens i nenes facin les seves propostes i, basant-se en aquestes propostes, anar-los ajudant. Per exemple, es pot comentar: "Com pot desfer-se una partícula del líquid per passar a gas?" Si alguns nens fan referència al fet que es necessita energia, es pot comentar: "D'on ve aquesta energia?" Per subratllar que és la calor que es transfereix des de l'aire de l'habitació a l'aigua del contenidor, es pot fer pensar en: "L'habitació està més calenta o més freda que l'aigua que hem agafat de l'aixeta? Pot ser que la calor sigui l'energia que fa moure les partícules de l'aigua i fa que es tornin vapor?".

Aquest tipus de diàleg es pot establir per explicar els altres fenòmens que hem assenyalat.

Experiment 12

EL MOVIMENT DE LES PARTÍCULES



Material per a un grup de 4 persones:

1 xeringa, 1 comptagotes, tinta o colorant alimentari, 8 recipients de vidre transparent amb les parets ben llises, aigua calenta i aigua freda.

Descripció de l'experiment

1. Dels vuit recipients, n'omplirem quatre amb aigua freda i els altres quatre amb aigua calenta.

2. Amb el comptagotes, deixem caure una gota de tinta en un dels recipients amb aigua calenta i fem el mateix en un que contingui aigua freda.

3. Repetim el mateix en els diferents pots i constatarem que, sobretot en l'aigua calenta, la difusió del colorant segueix formes molt diferents i irregulars, més que en l'aigua freda.

Idees per treballar

Les idees científiques

Idea clau 5. La matèria està feta de partícules que estan lligades més o menys fortament entre elles.

Idea clau 6. La calor fa agitar més intensament les partícules i en provoca la dilatació i el canvi d'estat.

Idea clau 7. Les partícules estan en moviment constant. La temperatura es la mesura del canvi de moviment entre partícules.

Les idees dels infants

Probablement, els infants no faran una explicació pròpiament dita i faran referència, una altra vegada, a les observacions fetes, com per exemple, "la tinta es barreja amb l'aigua" o "la tinta no es desfà amb l'aigua". És difícil que ho facin sense haver treballat el model de partícules.

L'explicació científica

Dos líquids es barregen a causa del moviment continu de les seves partícules. Com que aquest moviment es fa més intens amb la temperatura, si els líquids estan calents, es mesclaran més ràpidament que si estan freds.

Si l'aigua està calenta, les seves partícules s'agiten intensament, colpejant el feix de tinta que cau a través d'ella. Aquest impacte intens i repetit de les partícules d'aigua a sobre de les de tinta fa moure les partícules de tinta, les separa de les altres i les empeny en totes direccions, cosa que provoca que la tinta es difongui ràpidament per tot el volum d'aigua, fins que queda totalment tenyida.

Si l'aigua és freda, el bombardeig de les partícules d'aigua a sobre de les de tinta és molt petit i aquestes es poden mantenir durant molta més estona. Tot i això, a poc a poc, la tinta s'anirà escampant (difusió) per l'aigua a causa dels impactes de les partícules (tant de tinta com d'aigua) i acabarà tenyint tota l'aigua. En tots dos casos, l'estat final serà el mateix i les partícules de tinta acabaran barrejades uniformement amb les partícules de l'aigua.

Orientacions didàctiques

Orientacions per guiar l'observació

Cal que els nens observin atentament la tinta mentre cau a través de l'aigua; pot ser interessant que facin un dibuix del que han vist en cada cas. Feu-los repetir l'observació diverses vegades.

Observarem que, en aigua freda, el procés que fa la tinta és sempre força similar: cau cap al fons i es manté més o menys unida, sense tenyir l'aigua del voltant; veiem ben diferenciada la tinta de l'aigua. El procés de difusió de la tinta és lent, però, a poc a poc, la tinta comença a tenyir l'aigua del voltant, i si s'espera prou estona, tota l'aigua acabarà acolorida.

En canvi, la tinta que cau en l'aigua calenta segueix un procés diferent i ja d'entrada no veiem una clara separació entre la tinta i l'aigua, perquè, des del primer moment, es comença a difondre per l'aigua, es mescla i l'aigua adquireix molt ràpidament la tonalitat del colorant. Com abans, si s'espera prou estona, tota l'aigua acabarà acolorida.

Orientacions per guiar l'explicació

Aquest experiment ens ha de servir per treballar la idea que les partícules sempre es mouen. Si el model de líquid que hem treballat (per exemple, en l'experiment 7 i 9) estigués estàtic, difícilment podríem explicar què passa amb la tinta i amb l'aigua quan es barregen.

Una manera de treballar-ho és a través d'una representació corporal. Podem demanar als nens i nenes de la classe que la meitat representin les partícules d'aigua, que podem vestir amb una armilla d'un color, i l'altra meitat representin les partícules de tinta, que podem vestir amb una armilla d'un altre color. L'única manera que tenen per explicar la barreja de les dues coses és que totes dues es comencin a moure. Si els nens i nenes no es comencen a moure, els dos colors no es podrien barrejar. A continuació, podem preguntar quin efecte deu tenir la temperatura de l'aigua. D'aquesta manera, hauran de bellugar-se més ràpid per ajudar a entendre que l'aigua i la tinta es barregin més ràpid.

Referències:

Acher, A.; Arcà, M.; Sanmartí, N. (2004) *Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in primary science education.* Science Education, 91, 398-418.

Chalmers, A. F. (1992). *La ciencia y cómo se elabora.* Madrid: España editores

Couso, D. (2014). *De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelitzar: una reflexión crítica.* XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Huelva (Andalucía).

Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias.* Madrid: Molino.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2000). *Modelos didácticos,* a Perales, F. J. i Cañal, P. (eds). *Didáctica de las ciencias experimentales,* p. 45-60.

Izquierdo, M.; Grup Kimeia (2011) *Química a infantil i primària. Una nova mirada.* Barcelona: Graó.

Martí, J. (2012) *Aprendre ciències a l'educació primària.* Barcelona: Graó.

NRC (2007) *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8.* Washington DC: National Academies Press.

Ogborn, J.; Kress, G.; Martins, I.; McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar: La enseñanza de las ciencias en secundaria.* Madrid. Santillana.

Smith, C.L.; Wiser, M. (2008) *Learning and teaching about matter in elementary grades: what conceptual changes are needed.* In Vosniadou, S. (ed.) *International handbook of research in conceptual change.* London: Routledge.

Bibliografia recomanada

Feynman, R. (2006). *Seis piezas fáciles. La física explicada por un genio.* Barcelona: Crítica.

The inquiry project [pàgina a internet]. Washington DC. Disponible a:

http://inquiryproject.terc.edu/

Índex

3 Presentació
4 Introducció
5 1. Aprendre a investigar, investigar per comprendre
9 2. Entendre la matèria des del punt de vista del model de partícules
15 3. Idees dels nens i nenes sobre l'estructura de la matèria
19 4. Investigar l'estructura de la matèria amb els nens i nenes de primària
20 De la teoria a la pràctica
22 Experiment 1. El pes de l'aire
24 Experiment 2. Un globus estrany
26 Experiment 3. El globus en el pot de buit
28 Experiment 4. Abans d'entrar deixeu sortir
30 Experiment 5. El pes dels glaçons quan es desfan
33 Experiment 6. Observem sòlids, líquids i gasos
35 Experiment 7. Les xeringues
39 Experiment 8. Dilatació dels sòlids
42 Experiment 9. Dilatació dels líquids
44 Experiment 10. Dilatació dels gasos
47 Experiment 11. Inventem un destil·lador solar
50 Experiment 12. El moviment de les partícules

Edita:
Ajuntament de Barcelona
Institut Municipal d'Educació de Barcelona

Consell d'Edicions i Publicacions de l'Ajuntament de Barcelona:
Gerardo Pisarello Prados, Josep M. Montaner Martorell, Laura Pérez Castallo, Jordi Campillo Gámez, Joan Llinares Gómez, Marc Andreu Acebal, Águeda Bañón Pérez, José Pérez Freijo, Pilar Roca Viola, Maria Truñó i Salvadó, Anna Giralt Brunet

Text:
Arnau Amat, Jordi Martí i Víctor Grau, membres del grup de recerca CoDi (Coneixement i Didàctica) de la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya

Coordinació:
Direcció de Promoció Educativa de l'Institut Municipal d'Educació de Barcelona

Col·laboració:
Marcel Costa i Jordi Mazón

Agraïments:
A Xus de Miguel Vallejo, mestra i tècnica del CRP de Sants-Montjuïc per fer una lectura crítica. Als docents que han participat a Petits talents científics el curs 2015-16 amb el seu alumnat. Les seves preguntes, els seus projectes i les seves presentacions ens han ajudat a escriure aquest llibre.

Disseny gràfic, maquetació i il·lustracions:
Jordi Salvany

Impressió:
Jeba SL

Barcelona, setembre de 2016
© de l'edició: Ajuntament de Barcelona
© dels textos i les imatges: els autors esmentats

ISBN: 978-84-9850-915-1
DL: B-20705-2016

Imprès en paper ecològic

Institut Municipal d'Educació de Barcelona
Plaça d'Espanya, 5. 08014 Barcelona
Tel. 934023663
imebatencio@bcn.cat
barcelona.cat/educacio