



Animacions en *stop-motion*: una oportunitat per aprofundir en el model cineticomolecular de la matèria.

Elisabet Barbero Camps
INS Santa Coloma de Farners (Santa Coloma de Farners)
ebarbe4@xtec.cat

Resum • El model cineticomolecular és primordial per a la interpretació de diversos fenòmens de la matèria i constitueix una base de l'aprenentatge de la química. Però les partícules no són observables i alguns aspectes del model són complexos d'integrar: per exemple, el moviment de les partícules i els seus canvis amb la temperatura tenen molta importància en el model, però difícilment es descriuen en representacions gràfiques. Per superar aquestes dificultats d'aprenentatge a 2n d'ESO s'ha desenvolupat un projecte basat en la creació de vídeos en *stop-motion* amb el qual els alumnes aprendran a planificar un guió per a descriure un fenomen (els estats de la matèria, un canvi d'estat, la dilatació...) i a reproduir amb dibuixos i materials manipulatius el model cineticomolecular per tal de representar la interpretació dels processos microscòpics de diversos fenòmens quotidians.

Paraules clau • Teoria cineticomolecular, projectes, *stop-motion*, matèria

Stop-motion filmmaking technique: an opportunity to deepen in the kinetic-molecular theory of matter.

Abstract • Kinetic-molecular theory is the key for interpretation of diverse matter phenomena, and it is the basis of learning chemistry. However, particles cannot be seen, and some aspects of the model are difficult to acquire: for instance, particle movement related to temperature is very important in interpretations, but it is hardly represented in student's drawings and explanations. To overcome these learning difficulties at 2nd grade, we developed a project consisting in creating a stop-motion video, in which students learn how to plan a script to describe a phenomenon (states of the matter, state changes, dilatation...) and to draw and build kinetic-molecular models that represent the microscopic interpretation of diverse common phenomena.

Keywords • kinetic-molecular theory, PBL, stop-motion, matter



INTRODUCCIÓ

La teoria cineticomolecular interpreta el comportament i propietats macroscòpiques de la matèria a partir d'una descripció estadística dels processos moleculars microscòpics. Aquesta teoria ens permet explicar un gran rang de fenòmens de la natura: els estats de la matèria, els canvis d'estat, els canvis relacionats amb la transferència de calor (dilatació, contracció) i/o amb la pressió (expansió i compressió dels gasos), l'efecte de la temperatura en la dispersió i mescla de substàncies, etc. Es tracta, així, d'una teoria cabdal per a la interpretació de fenòmens quotidians diversos que permet prendre millors decisions vinculades a fenòmens físico-químics i que constitueix, doncs, una base fonamental de l'aprenentatge de la química.

L'estudi d'aquesta teoria a secundària és important per tal que el concepte de matèria progressi en quatre dimensions (Talanquer, 2009): en la dimensió estructura, per passar d'una concepció contínua a corpuscular i formada per partícules; en la dimensió propietats, per interpretar les propietats de les substàncies en relació a la seva estructura interna; en la dimensió dinàmica, per incorporar la idea de moviment intrínsec de les partícules; i en la dimensió interacció, relativa al reconeixement del rol de les forces entre partícules en la determinació de les propietats físiques i químiques dels materials.

El model escolar d'aquesta teoria es resumeix en els següents postulats:

- Tota la matèria està feta de partícules molt petites.
- Les partícules de la matèria es troben en moviment constant, que pot ser tant de vibració com de desplaçament.
- A major temperatura, major velocitat o moviment de les partícules.
- Les partícules tenen forces d'atracció entre elles. Aquestes forces d'atracció existeixen en tots els estats de la matèria, i en els estats agregats són les responsables de mantenir les partícules juntes.

Malgrat la simplicitat dels postulats existeixen dificultats a l'hora de facilitar que els alumnes els

integrin per interpretar fenòmens quotidians. D'una banda, les partícules no són observables, i això fa que si volem un aprenentatge significatiu d'aquest model calgui facilitar estratègies manipulatives i visuals que permetin establir relacions entre els postulats de la teoria i les pròpies experiències del món real. D'altra banda, molts alumnes tendeixen a descriure els canvis d'estat com canvis en la separació de les partícules, sense destacar la importància de l'augment de moviment de les partícules amb la temperatura o la superació de les forces d'atracció per desordenar-se.

Per superar aquestes dificultats d'aprenentatge a 2n d'ESO, s'ha desenvolupat un projecte basat en la creació de vídeos en *stop-motion* per construir un Museu Virtual de la Matèria. L'*stop-motion* és una tècnica d'animació que consisteix en capturar fotografies consecutives d'un objecte, movent-ne algunes parts una mica, entre fotografia i fotografia, de manera que visualitzant-les ràpidament creen la sensació de moviment. Així doncs, la tècnica de *stop-motion* requereix una planificació acurada del guió, previ a l'elaboració de les representacions o imatges mitjançant materials manipulatiu. En aquest projecte els alumnes deduiran els postulats del model cineticomolecular a partir de la interacció amb un simulador, aprendran a descriure el comportament de les partícules i a relacionar-lo amb les observacions macroscòpiques, i aplicaran la interpretació del model cineticomolecular a diversos fenòmens quotidians elaborant vídeos explicatius. Per produir els vídeos, n'elaboraran un guió i en dibuixaran les imatges necessàries per il·lustrar-lo, reproduiran les imatges amb materials manipulatiu, i n'editaran les fotografies en un programa específic, aconseguint simular el moviment de les partícules gràcies a la tècnica *stop-motion*.

Es tracta, doncs, d'una seqüència didàctica que segueix la metodologia ABP, i en la qual s'empren els recursos TIC per a la indagació virtual (simulador) i com a facilitadors del procés de modelització (simulador, edició de vídeo en *stop-motion*), contribuint a sofisticar el model inicial de l'alumnat. Aquest projecte s'ha desenvolupat durant el curs 2021-22 amb alumnes de 2n d'ESO de l'Institut de Santa Coloma de Farners, dins de l'assignatura de Física i Química, i ha contribuït al



treball de competències de l'àmbit científicotecnològic, àmbit artístic, àmbit lingüístic, àmbit social i personal, i àmbit digital.

SEQÜÈNCIA DIDÀCTICA

Les seqüències didàctiques que segueixen ABP es duen a terme en tres fases cada una de les quals inclou activitats i tasques característiques: en la fase inicial es genera el conflicte cognitiu, s'exploren els coneixements previs, s'estableixen objectius d'aprenentatge i criteris d'avaluació, i es treballen continguts necessaris per al desenvolupament del projecte; la fase de desenvolupament es caracteritza per l'elaboració del producte i l'autorregulació; i en la fase de tancament es fa una presentació del producte, es realitzen autoavaluacions o coavaluacions, es realitzen activitats d'estructuració de coneixement, i s'elaboren conclusions. Alhora, aquestes fases completen el cicle d'aprenentatge descrit per Jorba i Casellas (1996), que inicia la seqüència amb activitats d'exploració d'idees prèvies, per procedir després a la introducció de nous continguts, l'estructuració dels coneixements i l'aplicació dels coneixements en contextos nous.

Aquesta seqüència didàctica consisteix en 10 sessions de treball d'una hora, organitzades de la següent forma: les sessions 1 a la 4 formen part de la fase inicial, la fase de desenvolupament s'estén al llarg de les sessions 5 a la 8, i la fase de tancament consta de les sessions 9 i 10.

Distribució de projectes i idees prèvies sobre el fenomen a representar (sessió 1)

En aquesta primera sessió es projecta als alumnes el capítol "*Pingu as a chef*" (Pingu Official Chanel, 2013), de 3 minuts, i a continuació es formulen en veu alta les següents preguntes:

- De quin material estan fets els ninots de l'animació?
- La plastilina es mou? Com s'ha creat un vídeo a partir de plastilina?
- Creieu que seríeu capaços de fer un vídeo emprant la mateixa tècnica d'animació?

Seguidament s'explica en què consistirà el projecte que realitzaran i es demana als alumnes

que formin grups de treball de 3 persones. Un cop formats i reagrupats, se'ls assigna un projecte atenent als seus interessos i complexitat:

- Projectes de complexitat baixa: estats de la matèria sòlid, líquid i gas.
- Projectes de complexitat mitja: fusió, vaporització, sublimació, condensació, solidificació, dilatació de sòlids, dilatació de líquids.
- Projectes de complexitat alta: cristall líquid, canvis de pressió dels gasos en escalfar-se, canvis de pressió dels gasos en reduir el volum.

A continuació cada grup redacta les seves idees prèvies sobre el fenomen a estudiar en un full, responent a les següents preguntes:

- Doneu una definició del fenomen que estudiareu.
- Expliqueu per què creieu que succeeix.
- Doneu exemples quotidians del fenomen (tants com pugueu).

Es demana que una persona de cada grup llegeixi en veu alta les respostes que han escrit i els escrits es recullen, i la professora els guardarà fins a la sessió d'autoavaluació dels projectes. Finalment, es comunica als estudiants el calendari de sessions del projecte i els objectius d'aprenentatge.

Conèixer el model cineticomolecular interactuant amb un simulador (sessió 2)

En aquesta sessió els alumnes es distribueixen en grups, disposant de portàtils i mitjançant la interacció amb els simulador "*States of the matter: basics*" (PhET University of Colorado, 2022) completen en una graella la següent informació sobre els estats sòlid, líquid i gasós:

- Quines propietats té macroscòpicament? (descripció)
- Com s'observa en el simulador? (dibuix)
- Com s'observa en el simulador? (descripció)

Transcorreguts 40 minuts, es fa una posada en comú en veu alta de les respostes. Es planteja als alumnes la qüestió "per què les partícules en menor moviment tendeixen a quedar-se menys separades?", amb l'objectiu que puguin deduir



l'existència de forces d'atracció entre elles. Per elaborar les conclusions d'aquesta activitat amb simulador, els alumnes completen les següents frases:

- Tota la matèria està feta de... (partícules)
- Aquestes estan en... (moviment)
- A més temperatura la seva velocitat és... (major)
- Les partícules es mantenen unides mitjançant... (forces d'atracció)
- En una substància pura, totes les partícules són... (iguals)

Pràctica d'interpretació de fenòmens amb el model cineticomolecular (sessions 3 i 4)

Aquesta activitat consisteix a practicar, en grups, l'observació i descripció del model cineticomolecular a partir de l'observació de fenòmens de canvi amb el simulador de la matèria. Com a bastida a aquesta tasca es refresquen les conclusions de la darrera sessió mitjançant preguntes guiades per la professora, i d'aquesta manera s'estableixen les següents estratègies de relació entre el món macroscòpic i el microscòpic:

- Estats sòlid / líquid / gas de la matèria → Les partícules de la matèria es troben ordenades / desordenades, vibrant / movent-se canviant de posició, amb forces d'atracció intenses / febles, juntes / separades.
- Temperatura d'un sòlid / líquid / gas → Velocitat de les partícules.
- El sòlid / líquid / gas és escalfat / refredat → Les partícules augmenten / redueixen la seva velocitat.
- El sòlid / líquid/gas ocupa més / menys espai → Les partícules tenen major / menor separació entre elles.

Un cop establert aquest vocabulari, els alumnes disposen d'una graella en la qual, per a cinc fenòmens diferents (fusió en augmentar la temperatura, vaporització en augmentar la temperatura, augment de la pressió dels gasos en reduir el volum, dilatació dels sòlids en augmentar la temperatura, dilatació dels líquids en augmentar la temperatura), podran descriure els següents apartats amb l'ajuda del simulador:

- Què s'observa macroscòpicament? (descripció)
- Com s'observa en el simulador? (dibuix de l'observació del simulador)
- Com s'observa en el simulador? (descripció de l'observació del simulador emprant el vocabulari de la bastida)

Els alumnes disposen de 70 minuts per realitzar aquesta tasca treballant en grups, i a continuació es corregeix mitjançant participació oral, havent dedicat en total dues sessions a la pràctica d'interpretació de fenòmens mitjançant el model cineticomolecular.

Planificació del vídeo (sessió 5)

La planificació del vídeo es desenvolupa en una plantilla que consisteix en una divisió vertical de l'espai: la part esquerra es reserva per a la redacció del guió, mentre que la part dreta es reserva per dibuixar les imatges que acompanyarien les seves explicacions.

L'estructura que s'aconsella als alumnes per elaborar el guió és:

1. Descripció del fenomen macroscòpic.
2. Descripció de la situació de les partícules en l'estat inicial (ordre, moviment, separació).
3. Descripció dels canvis en el procés relacionat amb el fenomen (canvis en l'ordre, moviment i separació).

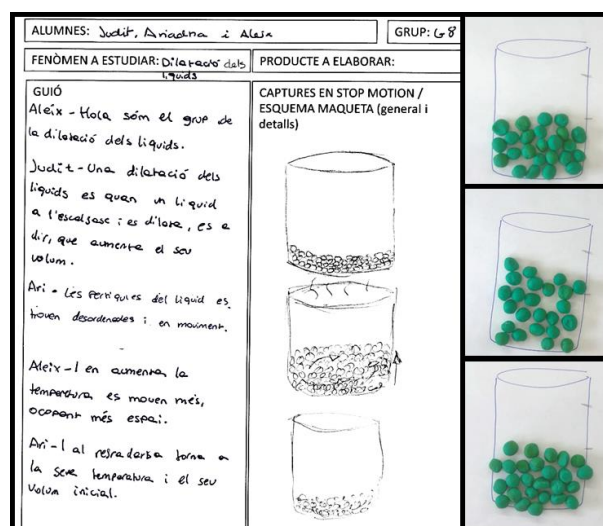


Figura 1: La plantilla de planificació del projecte i fotogrames del producte final (dilatació de líquids).



4. Menció d'exemples o altres informacions que es considerin rellevants.

Aquesta estructura, però, pot patir canvis segons el fenomen que es treballi.

A continuació, cada grup elabora dibuixos de les imatges que es veuran en el vídeo al llarg de l'explicació, aprofitant la part dreta de la plantilla. Així mateix, cada grup decideix quins materials emprarà per al seu projecte: plastilina (opció majoritària), bombons, joguines de construcció, o dibuixos en una pissarra.

Captura d'imatges (sessió 6)

La captura d'imatges es realitza en una única sessió de laboratori. Cada grup disposa de material de suport de laboratori (base, nou i pinça) per subjectar el mòbil en una posició fixa.

En el camp de visió de la càmera del mòbil es realitza el muntatge de la representació de les



Figura 2: Grup treballant en la sessió de captura d'imatges: segueixen el guió per reproduir les imatges amb el model de partícules. Es tracta de captar les imatges que ja s'han planificat en el guió.

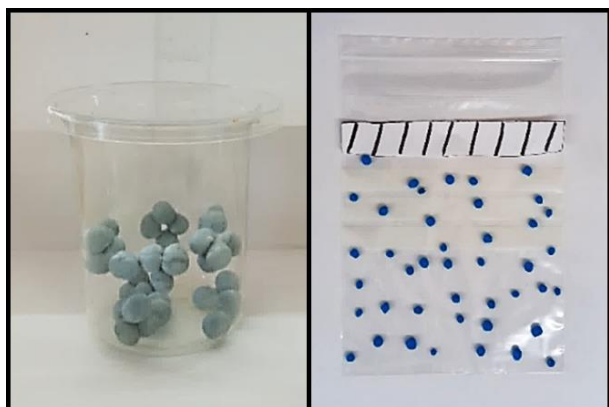


Figura 3: Fotogrames de *stop-motion* de plastilina, un (esquerra) amb muntatge vertical i l'altre (dreta) en pla horitzontal (projectes sobre la pressió dels gasos).

partícules. La major part dels grups van optar per reproduccions plàstiques realitzades en el pla horitzontal de la taula, tot i que també van existir formats verticals.

La captura d'imatges és laboriosa i cal anar per feina. Per tal que les imatges puguin simular el moviment de les partícules en l'*stop-motion*, cal que la posició de les partícules canviï entre presa i presa, i se'n realitzessin diverses per cada estat de la matèria o moment del procés del fenomen que es representa.

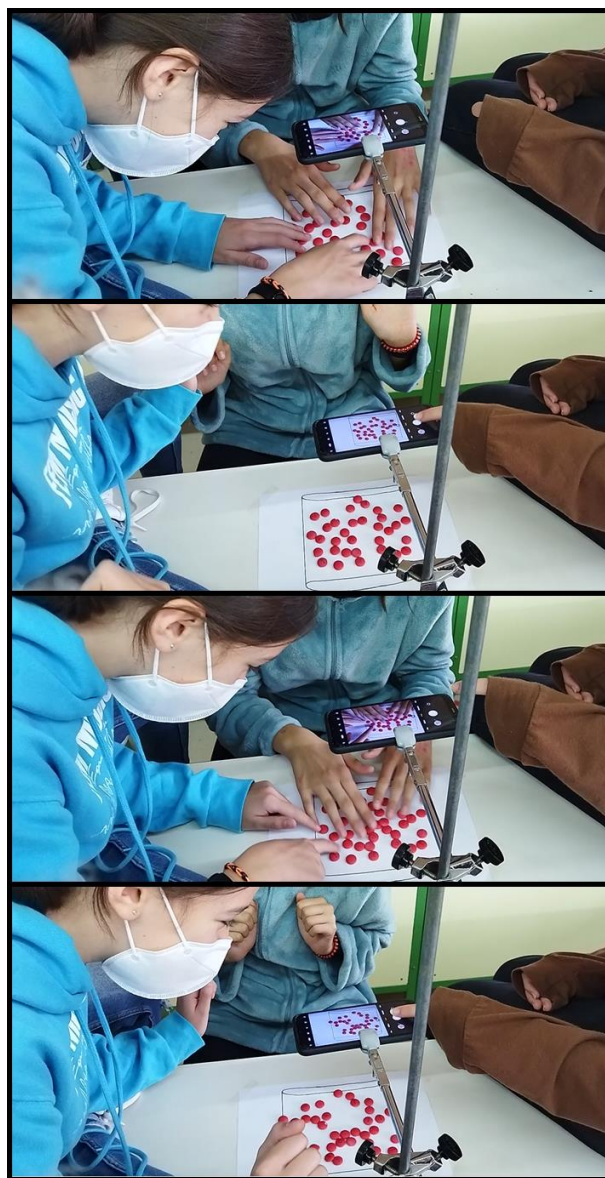


Figura 4: Dinàmica de captura d'imatges: remoure la posició de les partícules i captar la imatge, remoure i captar... permet obtenir imatges útils per a l'edició del vídeo.



Edició de vídeo (sessions 7 i 8)

L'edició del vídeo es fa amb el programa CloudStopMotion (ZuLogic LTD, 2020) ja que és un programari gratuït i que no requereix instal·lació perquè es tracta d'una aplicació online. Per ensenyar als alumnes a usar el programa, s'explica el seu funcionament en 4 passos:

1. Pujar les imatges al programa.
2. Ordenar la seqüència d'imatges en l'editor.
3. Generar repeticions de seqüències de 3-5 imatges.
4. Configurar l'interval de temps entre fotogrames.
5. Enregistrar la narració del vídeo.

Els alumnes disposen de dues sessions de treball a classe per realitzar l'edició del vídeo, guiant-los per fer els tres primers passos en una sessió, i els restants, en la segona.

Tancament del projecte I: visualització conjunta i autoavaluació (sessió 9)

La fase de tancament del projecte consisteix en l'entrega dels vídeos, la seva visualització conjunta, una autoavaluació en grups i l'elaboració d'un escrit col·laboratiu.

La visualització conjunta es realitza a partir de l'entrega en format .mp4 de tots els projectes. A continuació, es projecten els vídeos comentant-ne després de cada visualització aspectes positius a destacar i aspectes relacionats amb l'autoavaluació que faran ells mateixos més tard.

Un cop realitzada la visualització de tots els vídeos, els alumnes es reagrupen amb els companys de projecte i recuperen les respostes que van escriure en la fase d'idees prèvies, per tal d'autoavaluar-se. Rellegint aquesta activitat inicial, els alumnes responen tres preguntes sobre el seu aprenentatge al llarg del projecte i puntuen el seu producte final mitjançant una graella d'avaluació. Les tres preguntes sobre el procés d'aprenentatge són:

- a) Eren correctes les vostres explicacions sobre el fenomen estudiat? Raoneu la resposta i indiqueu totes les correccions que faríeu a l'explicació.
- b) Rellegiu els exemples que va escriure. Coneixeu exemples nous?

- c) Reflexioneu sobre el vostre aprenentatge en aquest projecte. Què heu après? Com ho heu après? Heu gaudit del projecte?

La graella d'autoavaluació consisteix en analitzar el propi vídeo i indicar, per a cadascun dels següents ítems, si es compleix amb molta claredat (2 punts), poca claredat (1 punt) o es troba absent (0 punts):

- d) La matèria es representa feta de partícules.
- e) En aquestes partícules s'hi observa moviment constant.
- f) Els canvis de temperatura en el procés es reflecteixen en canvis de velocitat de les partícules.
- g) Imatges, text i explicacions orals són coherents entre elles. Les explicacions del guió són clares per comprendre el fenomen estudiat.
- h) Es fa una bona autoavaluació del projecte.

Aquesta part de la graella dona una puntuació màxima de 10 punts. Com s'observa, 2 punts de l'autoavaluació (puntuació de l'apartat h) corresponen a mostrar-hi una bona reflexió i fa referència a tot el procés d'autoavaluació. Així, abans de realitzar-la es recomana anticipar als alumnes que si les respostes a les preguntes a-c) no es contesten en profunditat, o si alguns dels ítems d-g) no es puntuen de forma justa, no sols se'ls corregirà aquella puntuació sinó que també perdran la de l'apartat h). Per tal de poder premiar projectes en els quals es pugui observar una creativitat o qualitat molt destacada, s'inclou un darrer ítem (i) que permet obtenir un punt extra:

- i) Creativitat (1 punt extra en projectes molt destacats).

En conjunt l'estratègia d'autoavaluació permet reflexionar sobre tot el procés i obtenir una nota justa.

Tancament del projecte II: elaboració d'un escrit col·laboratiu (sessió 10)

En la darrera sessió del projecte els alumnes elaboren un escrit col·laboratiu que es pugui publicar a la revista de l'institut i a un site anomenat Museu Virtual de la Matèria, descrit a l'apartat de "Participació a l'institut". Per tal que l'escrit elaborat tingui una estructura coherent, es segueix la següent estratègia: es reparteixen per atzar



números de l'1 al 8 de manera que, segons el número assignat, cada estudiant ha de contestar en un paper la pregunta que es correspongués al seu número, segons el següent llistat:

- 1- Presentar el projecte (nom del projecte, assignatura en la que es fa, curs, durada...).
- 2- Com va començar aquesta unitat-projecte? Com us va sentir?
- 3- Quines parts té aquesta unitat-projecte? Què vàreu pensar quan va conèixer totes les parts que faríeu?
- 4- En què va consistir la part I- conèixer la teoria cinètica mitjançant l'ús d'un simulador? Quins aprenentatges en va extreure? Com us va sentir? Què va ser el més difícil d'aquesta part?
- 5- En què va consistir la part II- estudi de fenòmens de la matèria? Quins aprenentatges en va extreure? Com us va sentir? Què va ser el més difícil d'aquesta part?
- 6- En què va consistir la part III – elaboració d'un guió i captura d'imatges per al vídeo en stop-motion? Quins aprenentatges en va extreure? Com us va sentir? Què va ser el més difícil d'aquesta part?
- 7- En què va consistir la part III– edició del vídeo en stop motion i visualització dels vídeos en *stop motion*? Quins aprenentatges en va extreure? Què va ser el més difícil d'aquesta part? Com us va sentir?
- 8- Com ens hem sentit durant la realització d'aquest projecte? El repetiríeu? Hi hauria alguna cosa que hi afegiríeu?

Transcorreguts 10 minuts, es demana als estudiants que s'agrupin segons la pregunta que han estat contestant. Un cop formats els grups, es demana que rellegeixin els escrits que han fet i en consensuin un de més ric i complet. A continuació se'ls proporciona un enllaç digital que els condueix a un document de text obert a l'edició, el qual ja conté les 8 preguntes numerades, i se'ls demana que redactin el seu text enriquit en l'apartat corresponent del document.

Finalment, la professora projecta el document a la pantalla, elimina les preguntes guia del document i dinamitza una lectura conjunta de l'escrit per facilitar esmenar-ne aquelles parts que podrien quedar incompreses o inconnexes en el conjunt.

PARTICIPACIÓ A L'INSTITUT

Per tal de compartir l'experiència amb la comunitat educativa i les famílies es va elaborar una pàgina web titulada "Museu Virtual de la Matèria" la qual contenia la descripció del projecte (text col·laboratiu), un recull dels vídeos realitzats, i les imatges de tot el procés. Tot i que bona part dels vídeos van reflectir un treball satisfactori, molts no es van poder penjar pel fet de no poder-se descarregar en format .mp4, i d'altres es van descartar de la publicació per no induir a errors de comprensió en les persones que els visualitzessin. Aquesta web es va divulgar publicant un article del projecte (text col·laboratiu) a la revista de l'institut.

VALORACIÓ PER PART DELS ALUMNES

La valoració del projecte per part dels alumnes s'ha analitzat a partir de les respostes de l'apartat c) de l'autoavaluació i en les idees descrites en el text col·laboratiu.

En l'apartat c) de l'autoavaluació, la major part dels grups van fer referència a haver gaudit responent "Sí", "Hem gaudit bastant", "Hem gaudit molt", "Sí, moltíssim" o amb expressions com "Tenim ganes de començar un nou repte". Tot i així, 2 grups dels 22 que van desenvolupar el projecte (corresponents a 3 grups classe), van contestar "No" i "No gaire".

En el text col·laboratiu també van poder expressar les emocions que havien sentit en el transcurs del projecte. Es poden agrupar les idees expressades segons fessin referència a les impressions inicials ("vam pensar que era una cosa interessant", "a alguns els hi agradava la idea des del principi", "ens vam sentir intrigats", "vam pensar que era molta feina i que no hi hauria temps per fer-ho"), les dificultats ("el més difícil era fer els dibuixos", "l'aplicació era difícil d'utilitzar", "no ens ha semblat difícil", "no vam trobar cap inconvenient"), el treball i l'aprenentatge ("hem après molt", "ho vam trobar molt útil", "aprenies molt més", "hem fet molt bona feina tots", "ens hem sentit molt treballadores"), la diversió ("ens hem sentit molt contentes", "ho vam gaudir molt", "eren molt divertides", "de manera molt divertida"), el treball en



grup (“ens hem sentit molt bé amb el nostre grup”) i la visió global (“el repetiríem bastantes vegades”, “tot estava molt ben pensat i organitzat” i “no afegiríem res”).

Per tant, podem considerar que la seva valoració ha sigut majoritàriament positiva, i llegir-ho expressat en les seves paraules també ens engresca a seguir treballant així.

CONSIDERACIONS FINALS

La metodologia ABP s'enfoca típicament als conceptes centrals i principis d'una disciplina, i en aquest cas, la modelització és la pràctica científica principal que es desenvolupa. Per la seqüència proposada podem analitzar les característiques que defineixen l'ABP (Hasni *et al.*, 2016): resoldre una qüestió o problemàtica plantejada, desenvolupar un producte final, realitzar activitats creatives d'investigació o disseny, col·laborar entre estudiants i/o professorat, i emprar les TIC. Si bé la major part d'aquests elements s'ha desplegat de forma explícita, no es va presentar als alumnes una qüestió o problemàtica, sinó que es va proposar construir un Museu Virtual de la Matèria. Seria enriquidor, doncs, plantejar prèviament un problema general, per exemple, sobre la comunicació de coneixement científic, o específic amb un context rellevant per cada projecte.

Les animacions *stop-motion* tenen un interès singular per a l'alumnat, ja que els permeten comprendre la producció d'algunes ficcions animades que han vist en la infància (per exemple, el mític Pingu, elaborat en *stop-motion* amb plastilina) i, alhora, els suposa un repte important: és un projecte que requereix una planificació més complexa que la d'un vídeo elaborat en viu. Però més enllà de l'efecte motivador, la implementació de recursos TIC a l'aula de ciències pot significar una millora dels processos d'aprenentatge si aquests recursos desenvolupen una funció específica (López Simó, 2017). En aquesta seqüència didàctica, l'*stop-motion* i l'ús del simulador són una bastida per a la modelització, permetent l'expressió d'un model (la teoria cinetico-molecular) en suport digital, alhora que facilitant la pràctica científica de consensuar i estructurar el coneixement. Si bé ja es

fa modelització a partir de materials manipulables, l'*stop-motion* ens permet anar més enllà en la sofisticació del model, especialment reproduint el moviment.

L'execució d'una seqüència didàctica comporta la presa de decisions sobre aspectes imprevistos, així com el sorgiment de noves idees sobre com millorar-la. És per això que a continuació es revisaran alguns detalls particulars de la seqüència.

En l'activitat d'idees prèvies, els alumnes han de raonar sobre el fenomen que estudiaran però, a més, se'ls podria demanar d'incloure algun dibuix en la seva explicació sobre com s'imaginen que està feta la matèria, previ al contacte amb el simulador. Això ens permetria contrastar millor el resultat del projecte amb les seves idees inicials.

El simulador emprat a la fase inicial del projecte era adequat per interpretar els estats de la matèria segons el model cinetico-molecular; però tenia limitacions, especialment a l'hora de reproduir canvis subtils com la dilatació. Aquest aspecte que podria resultar inconvenient es va utilitzar per donar valor als productes elaborats pels alumnes: atès que els simuladors que existeixen són limitats, un vídeo podrà explicar de forma més precisa determinats processos.

En relació a la planificació del projecte, donar l'opció de tria dels materials a emprar per a l'*stop-motion* és recomanable, tant per l'aspecte creatiu com pel fet que hagin de prendre una decisió conscient sobre la representació de les partícules. En la nostra experiència el material que ha resultat més senzill d'ús van ser els caramels de xocolata, gràcies a que la seva forma ja ve donada i el moviment de les peces en captures successives és ràpid, ja que no s'enganxen al paper, avantatjant en aquests aspectes l'ús de plastilina. Elaborar l'*stop-motion* mitjançant dibuixos en una pissarra blanca requeria fer els dibuixos de nou a cada presa; els alumnes van superar aquest inconvenient elaborant alguns dels dibuixos en un paper, i arrossegant-los per sobre la pissarra amb el dit. Finalment, un dels vídeos es va editar a partir d'imatges elaborades digitalment, i aquesta ha resultat ser l'opció més ràpida però també la menys manipulativa; tot i així, bé podria ser l'opció que permetés adaptar el

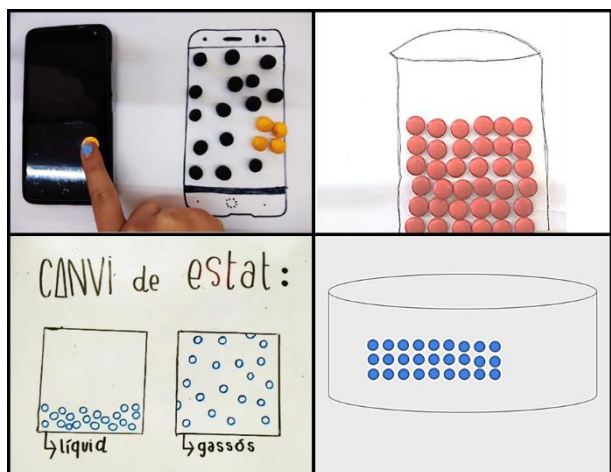


Figura 5: Fotogrames de vídeos *stop-motion* elaborats en el projecte emprant diversos materials: plastilina (cristall líquid), caramels de xocolata (solidificació), pissarra (vaporització) o elaboració digital (fusió).

projecte a contextos educatius en els quals es vulgui prescindir de la part manipulativa.

Els estudiants van haver d'idear estratègies visuals per poder representar els fenòmens: per evidenciar visualment petits canvis en el volum d'un sòlid o un líquid, havien d'incloure referències mètriques en els muntatges; d'altra banda, la il·lustració de processos d'escalfament o refredament es va fer representant fonts de calor o representació de termòmetres. Hi ha un aspecte del

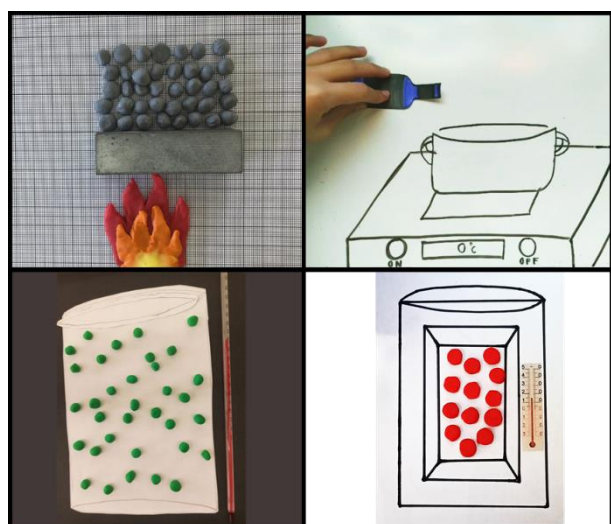


Figura 6: Estratègies visuals emprades: (1) ús d'un full mil·limetrat com a referència mètrica i figura d'un foc amb plastilina (dilatació de sòlids); (2) dibuix d'una placa calefactora (ebullició); (3) i (4) presència de termòmetres manipulats amb retolador vermell (projectes sobre ebullició).

model cineticomolecular que no va quedar representat visualment en els projectes elaborats: les forces d'atracció entre partícules. Si bé es mencionaven en el guió dels vídeos, en cap cas es va idear un element visual per representar-lo, essent doncs més fàcil que pugui caure en l'oblit amb el pas del temps.

En la seqüència s'ha descrit una única sessió de captura d'imatges, tot i que en alguns casos es va optar per fer una sessió addicional de presa de contacte amb la captura d'imatges del *stop-motion*. En aquesta, els alumnes van practicar el muntatge del suport i van prendre algunes imatges de prova. Aquesta experiència és recomanable ja que els grups que van disposar d'aquesta sessió addicional van elaborar, en conjunt, vídeos de major qualitat. En cas de pèrdua de les imatges es pot continuar el projecte emprant diapositives de Microsoft Powerpoint.

Cal dir que el programari d'edició CloudStopMotion va tenir mancances: en un terç dels projectes es van generar errors informàtics en editar-los o descarregar-los, motiu pel qual alguns vídeos es van reproduir directament en l'aplicació en el moment de ser avaluats, o es van editar emprant Wondershare Filmora.

Un dels reptes en l'aplicació de la metodologia ABP en l'àmbit STEM és oferir suficients activitats d'estructuració de coneixements, i d'aplicació-transferència (Domènech-Casal, 2017) per completar el cicle d'aprenentatge (Jorba i Casellas, 1996). D'una banda, atès que es tracta d'un projecte complex, s'ha fet una dedicació especial al seu tancament: s'ha demanat recapitular tot el procés en dues ocasions, en l'autoavaluació i en l'elaboració de l'escrit col·lectiu; i s'ha procurat compartir el producte final amb la resta de l'institut i famílies. D'altra banda, si bé en aquest article s'ha descrit el desenvolupament del projecte, aquest va formar part d'una unitat que es va iniciar explorant les propietats de la matèria al laboratori. Al final de la unitat els alumnes van elaborar un mapa conceptual, es van avaluar de forma individual els hàbits d'aprenentatge emprant una plantilla d'autoavaluació de la llibreta ja descrita anteriorment en el projecte "Geologia viatjant" (Barbero, 2019), i es va realitzar una prova escrita que va incloure



preguntes d'interpretació de fenòmens mitjançant el model cineticomolecular a partir de la seva descripció i elaboració de dibuixos dels processos.

Una altra de les implicacions de l'ABP en el disseny didàctic és una reducció en el temps de dedicació als continguts en favor de la competencialitat: es treballen competències pròpies de l'àmbit relacionades amb la interpretació de la realitat a partir de models; competències transversals d'àmbit social i personal, i d'àmbit digital, així com competències d'altres àmbits, principalment lingüístic i artístic. És per aquest fet que el desenvolupament d'aquest projecte podria ampliar-se involucrant professorat d'altres àmbits, la qual cosa permetria aprofundir i avaluar aquestes competències, alhora que compensar els temps de dedicació.

D'acord amb el currículum actual, el model cineticomolecular és un contingut clau a secundària, i es treballa inicialment a 2n d'ESO en l'estudi de la matèria, s'amplia amb la teoria de les col·lisions a 3r d'ESO i 4t d'ESO (segons itinerari) (Decret 187/2015), i s'estudia en profunditat a Química de batxillerat, on textualment es parla de l' "elaboració del model cineticomolecular per explicar la pressió i les lleis experimentals dels gasos. Ús de simulacions per il·lustrar el model" (Decret 142/2008). Per tant, pot ser d'interès realitzar adaptacions d'aquesta proposta didàctica per traslladar-la a altres nivells educatius.

BIBLIOGRAFIA

- Barbero Camps, E. (2019). Geologia viatjant: proposta didàctica de treball per projectes programada en 5E. *Ciències.La revista del professorat de ciències de primària i secundària*. Recuperat de: <https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.400>
- Departament Educació, Generalitat de Catalunya (2008). Decret 142/2008, de 15 de juliol, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments del batxillerat. *DOGC*. Recuperat de: http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/works/pape/SpacesStore/0059/83149087-e159-41c6-a9b3-a9693cdd8f19/decret_batxillerat.pdf
- Departament Educació, Generalitat de Catalunya (2015). Decret 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria. *DOGC*. Recuperat de: <https://dogc.gencat.cat/ca/document-del-dogc/?documentId=701354>
- Departament d'educació, Generalitat de Catalunya (2016). Competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic. Identificació i desplegament a l'educació secundària obligatòria. Recuperat de: <https://educacio.gencat.cat/ca/departament/publicacions/colleccions/competencies-basiques/eso/ambit-cientificotecnologic/>
- Domènech-Casal, J. (2017). Aprenentatge Basat en Projectes en àmbits STEM. Claus metodològiques i reptes. *Ciències.La revista del professorat de ciències de Primària i secundària*. Recuperat de: <https://revistes.uab.cat/ciencias/article/view/n33-domenech/6>
- Hasni, A., Bousadra, F., Belletête, V., Benabdallah, A., Nicole, M.C. i Dumais, N. (2016). Trends in research on project-based science and Technology teaching and learning at K-12 levels: a systematic review. *Studies in Science Education*. Recuperat de: <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1226573>
- Jorba, J. i Casellas, E. (1996). *La regulació i l'autoregulació dels aprenentatges*. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació de la UAB.
- López-Simó, V., Couso, D., Simarro, C., Garrido-Espeja, A., Grimalt-Álvaro, C., Hernández, M.I. i Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *X Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*. Recuperat de: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/17._el_papel_de_las_tic_en_la_ensenanza_de_las_ciencias_en_secundaria.pdf
- PhET University of Colorado (2022). States of Matter: Basics [Simulador]. Recuperat de: https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_en.html
- Pingu Official Channel (2013). Pingu as a chef [Vídeo]. Recuperat de: <https://www.youtube.com/watch?v=Sct5j7Quo54>



ZuLogic Ltd (2020). CloudStopMotion [Aplicació online].

Recuperat de: <http://cloudstopmotion.com>

Talanquer, V. (2009). On Cognitive Constraints and Learning Progressions: The case of “structure of

matter”. *International Journal of Science Education*, 31-15, 2123-36. Recuperat de:

<http://dx.doi.org/10.1080/09500690802578025>