

GUIA DIDÀCTICA

PRESENTACIÓ DEL TEMA CIENTÍFIC

En estudiar els estats de la matèria des del punt de vista de les seves propietats macroscòpiques (forma, volum, dilatació, canvis d'estat) normalment no es fa incidència en el model microscòpic, llevat del cas dels gasos, en què es va a parar de seguida a una descripció en termes del model microscòpic de partícules per explicar el seu comportament.

Pel fet que en els estudis elementals dels sòlids i dels líquids —per exemple, en tractar la dilatació— no es fa prou referència al model microscòpic, es consolida la tendència de molts nois i noies a concebre la variació de la densitat d'un sòlid o d'un líquid com una variació «de la densitat individual» de les partícules que el formen (o, si es vol dir així, a concebre els fenòmens de dilatació com a resultat de la variació de volum de cadascuna de les partícules).

Una segona conseqüència de la falta de saó del model microscòpic en els alumnes és que no identifiquen prou les implicacions de les discontinuïtats de l'estructura de la matèria en les fases condensades (el problema de la penetrabilitat/impenetrabilitat de la matèria) i, també, que tenen dificultats per captar la diferència entre un recipient que conté un gas i un recipient estrictament buit. Per exemple, quantes vegades no s'ha sentit dir a un adolescent, que mai no n'ha agafada cap, que «una bombona plena de gas butà pesa menys que una de buida»?

Indirectament, en estudiar les característiques bàsiques de la matèria en els diferents estats s'ha de revisar la noció de pressió. Això, per als líquids en particular, facilita una revisió o una primera entrada, segons el cas, al principi o teorema d'Arquímedes i a la llei de la hidrostàtica. També, és clar, no es poden estudiar les característiques bàsiques de la matèria sense fer referència a les lleis dels gasos ideals.

Malgrat el que es diu en el paràgraf anterior, l'enfocament dels continguts a què ens hem referit per als alumnes de 13 a 15 anys (que són els destinataris primers de la novel·la), l'imaginem essencialment qualitatiu. Entre aquests continguts hi ha:

- El comportament macroscòpic de la matèria en els tres estats.
- La dilatació. Les propietats específiques dels gasos. La noció de pressió.
- Les escales termomètriques centígrada i Kelvin.
- La interpretació microscòpica del comportament de la matèria en els diversos estats i dels canvis d'estat. La interpretació microscòpica qualitativa de les nocions de pressió i de temperatura.
- La pressió en els líquids. La llei de la hidrostàtica i el principi d'Arquímedes.

INTRODUCCIÓ A LA TRAMA LITERÀRIA

L'argument d'aquesta novel·la, a banda de voler donar un suport eficaç i entretingut a l'exposició i a la revisió dels conceptes indicats més amunt, ens presenta un triple conflicte d'informació: els tres personatges centrals actuen condicionats per la informació de què disposen i per la que necessiten o voldrien tenir.

El protagonista principal descobreix una nau enfonsada (informació per a ell molt valuosa, que vol controlar en exclusiva) i la vol reflotar, però per fer-ho necessita una informació que no té. L'antagonista arriba a la població on se situa l'inici de l'acció a la recerca d'una certa informació que pensa vendre un cop l'hagi robada. La coprotagonista és una investigadora que treballa, també, a la recerca d'informació.

Des d'aquesta perspectiva, l'argument es basa en un conflicte de caràcter semiòtic: la potència argumental de tots els personatges sorgeix de la informació que dominen, alhora que són víctimes de déficits d'informació. Dit d'una altra manera: els personatges són poderosos en la mesura que *saben*, i són febles en la mesura que *desconeixen*.

Els dos nuclis d'acció dramàtica són: d'una banda, el robatori i la posterior recuperació d'una informació (les fórmules i les receptes de la investigació de la coprotagonista); d'altra banda, la recerca i l'obtenció de la informació precisa per reflotar la nau enfonsada.

Entenem que el tema del valor de la informació és totalment adequat per a l'etapa educativa dels adolescents per als quals està concebuda la novel·la. Entenem que la formació personal en aquestes edats depèn en bona part de la manera com, a tots els àmbits, —científic, familiar, social, relacional, cultural, etc.—, aprenen a processar la informació.

En relació amb els personatges, hem procurat expressament que fossin singulars, però no extraordinaris. No se'ls dibuixa amb personalitats complexes, i les relacions que s'han establert entre ells són més aviat poques i força circumstancials. Tanmateix, es pot observar que quan les relacions estan basades en el recel i l'engany condueixen a un desenllaç negatiu, mentre que quan es basen en la confiança i la col·laboració —quan es comparteix la informació de què es disposa— s'assoleixen els objectius que es pretenien.

Formalment, la novel·la es basa en l'ús —qui sap si l'abús— del diàleg; quasi sempre la veu de la novel·la queda en mans dels personatges, i els lectors són constantment convidats a deduir qui és qui parla a partir de la lògica significativa de la conversa. La intervenció del narrador (o la narrado-

ra?) és escassa, i tenint en compte això el lector o lectora podria deduir els resultats narratius de la seva absència i de la seva presència. Només en un dels quadres del capítol 5, el titulat «No entén res», és la tercera persona qui assumeix de cap a peus el relat de l'acció.

UBICACIÓ A L'EDUCACIÓ SECUNDÀRIA OBLIGATÒRIA

Tant la trama literària com bona part dels continguts científics de *Negraneu amb gas* estan perfectament a l'abast d'una noia o d'un noi de 13 anys, que cursi el final del primer cicle de l'ESO. També se'n pot treure el mateix profit si es fa treballar durant el curs següent, a l'inici del segon cicle. I tampoc el llibre no perdria possibilitats, pel que fa als continguts científics, en qualsevol altre moment posterior d'aquesta etapa.

En tot cas, quan el professorat llegeixi la novel·la en diagonal podrà adonar-se de seguida que part dels continguts científics hi són presentats des del supòsit que el protagonista (en certa manera, el representant del lector dins de la novel·la) ja els sap, mentre que una altra part són realment nous. Amb aquesta tècnica, fàcilment es podrà estendre l'ús didàctic de *Negraneu amb gas* a alumnes amb coneixements diversos i amb finalitats (aprenentatge, repàs o reforç) diferents.

OBJECTIUS GENERALS D'ETAPA

Negraneu amb gas no planteja directament assolir els objectius generals de diverses àrees de l'etapa d'ESO, sinó que busca contribuir-hi des del desenvolupament general de l'alumnat. Els objectius que estan més relacionats amb les activitats de lectura, treball i reflexió proposades per la novel·la són:

De l'àrea de Llengua

- Entendre bé discursos escrits adequats a les necessitats socials pròpies de l'edat.
- Servir-se autònomament de la lectura com a font d'informació, de lleure i de projecció personal.
- Fer servir el llenguatge per entendre i expressar els móns interior i exterior.
- Adequar el nivell d'ús de la llengua i els seus registres al context en què s'usa.

De l'àrea de Tecnologia

- Valorar els avantatges i els inconvenients de l'ús d'objectes, de processos tecnològics i de recursos naturals.

De l'àrea de Ciències de la Naturalesa

- Demostrar que s'ha adquirit la terminologia científica i la simbologia bàsica necessàries per entendre textos científics adequats a l'edat i per descriure o explicar els coneixements i les opinions sobre temes relacionats amb la ciència.
- Reconèixer que l'univers està constituït per unitats discretes de matèria.
- Reconèixer els canvis que contínuament es produeixen a l'entorn.

OBJECTIUS TERMINALS

De l'àrea de Ciències de la Naturalesa

- Extreure les idees bàsiques de textos científics senzills.
- Interrogar-se davant de fenòmens i fets per buscar-ne l'explicació científica i rebutjar les explicacions supersticioses o mítiques.
- Descriure les propietats d'un sistema material, d'acord amb el model corpuscular de la matèria, i explicar com varia la temperatura en els processos d'escalfament que comporten canvis d'estat.
- Explicar, en una primera aproximació, el model corpuscular de la matèria, i saber-ne assenyalar el seu caràcter discret.

De l'àrea de Tecnologia

- Habituar-se a observar, analitzar i utilitzar l'entorn tecnològic.
- Selecció i ordenar la informació necessària que permeti resoldre un determinat problema tecnològic.

De l'àrea de Llengua

- Analitzar missatges orals rebuts en registres diversos.
- Expressar opinions raonades sobre l'entorn vital.
- Produir missatges coherents i adequats al context.
- Produir relats de fets o accions que resultin comprensibles a tercers.
- Identificar i distingir el sentit figurat de les expressions col·loquials i iròniques.
- Apreciar el valor de poder-se comunicar en llengües diferents de la pròpia.

OBJECTIUS DIDÀCTICS

- Descriure verbalment les diferències i les similituds que hi ha entre les diferents fases o estats de la matèria.
- Usar correctament la terminologia relativa als canvis d'estat.
- Enunciar amb paraules i simbòlicament les lleis de Boyle-Mariotte i de Charles i Gay-Lussac dels gasos ideals.
- Descriure macroscòpicament la noció de pressió a les parets del recipient que conté un fluid.
- Descriure les característiques del model microscòpic de la matèria.
- Interpretar les propietats de forma i volum de les diverses fases de la matèria a partir del model microscòpic.
- Interpretar qualitativament la noció de pressió en un fluid (a les parets i a l'interior) en termes del model microscòpic.
- Associar augments (o disminucions) de temperatura a l'augment (o la reducció) de la velocitat de desplaçament o de vibració de les partícules que formen un material.
- Descriure el fenomen qualitatiu de l'augment de la pressió d'un fluid amb la profunditat i interpretar, a partir de la llei de la hidrostàtica, la importància diferent d'aquest fenomen en líquids i gasos.
- Enunciar el teorema o principi d'Arquímedes.

CONTINGUTS TRANSVERSALS

- Possibilitats de desenvolupament personal sense discriminació per raó de sexe.
- Importància de la col·laboració interpersonal per al treball en equip.
- Virtuts del treball conjunt i necessitat de la responsabilitat i l'esforç individual.
- Ús de l'anglès com a llengua de relació internacional.

ACTIVITATS D'APRENENTATGE

Aquesta proposta que presentem ara és genèrica, no segueix estrictament l'ordre de desenvolupament de la trama de *Negraneu amb gas*. Treballar unes activitats o unes altres dependrà de l'ús metodològic que es vulgui fer del text narratiu; si es vol fer servir el material com a equivalent a tot un

crèdit variable de l'ESO (presumptament a primer cicle, potser com a crèdit de reforç), valdria la pena dur a terme totes les activitats proposades, i encara altres de similars. En qualsevol altre cas, caldrà fer-ne una selecció.

1. Relació de qüestions referides a la comprensió del model microscòpic i a raonaments a partir d'aquest:

- a) El quars és un material sòlid que forma uns cristalls maquíssims, normalment en forma de prismes i piràmides de base hexagonal. En canvi, la sal de mar, si l'observem sòlida i no ha estat molta, podrem veure que forma uns cristalls cúbics, normalment d'aspecte més anodí. En general, cada substància que forma cristalls els fa sempre de la mateixa forma, diferent, potser, dels d'una altra substància. Com es pot entendre, això?
- b) Quan dissols una mica de sal (o de sucre) a l'aigua, desapareix la fase sòlida (la sal o el sucre) i al final només tenim una fase líquida (aigua salada o dolça). Com imagines que funciona el procés de dissolució des de la perspectiva del model microscòpic?
- c) L'aire és una barreja de gasos (oxigen, nitrogen i diòxid de carboni, i altres gasos en proporcions menors). Se sap que la part de la pressió de l'aire deguda a l'oxigen és aproximadament del 20 % del total, i que la part deguda al nitrogen és aproximadament del 80 % de la pressió de l'aire. Què en pots dir, del nombre de partícules d'oxigen, de nitrogen i de diòxid de carboni presents a l'aire?
- d) Els gasos que tenen les partícules molt petites a vegades són capaços d'escalar-se a través de les parets del recipient que els conté, perquè poden passar pels espais que hi ha entre les partícules que formen el sòlid de què estan fetes les parets del recipient. D'aquest fenomen, se'n diu *difusió*. Esbrina quin és el gas que té les partícules més petites, i dedueix-ne quin serà el gas que més fàcilment es difondrà a través de les parets dels recipients si no s'han triat materials adequats per emmagatzemar-lo.
- e) Quan un líquid s'evapora, la part de gas que forma pot tornar a convertir-se en líquid (imagina que alguna de les partícules del gas en el seu moviment torna a penetrar en el líquid), fins que s'arriba a una situació en què les partícules passen de la fase líquida a la fase gasosa i recíprocament al mateix ritme. En aquesta situació d'equilibri, la fase gasosa té una pressió. Aquesta pressió s'anomena *pressió de vapor del líquid*. Quin líquid s'evapora més fàcilment, l'aigua o l'alcohol? Quin dels dos tindrà més gran la pressió de vapor a la mateixa temperatura?

- f) Un company et vol fer creure que els gasos no pesen. A partir de raonaments basats en el model microscòpic, convince'l tu a ell que els gasos sí que pesen, encara que un volum determinat de gas (per exemple, 1 litre) sempre pesarà menys que el mateix volum (també 1 litre) de líquid del mateix material.
 - g) Durant molts segles, abans que no es donés per bo el model microscòpic de la matèria, els pensadors consideraven que, d'acord amb l'experiència comuna, la matèria en fase sòlida era impenetrable. Posa algun exemple que demostrï que això no és així, i raona que els sòlids són penetrables. I els líquids?
 - h) Què deu voler dir l'expressió *agitació tèrmica* aplicada a les partícules que formen un material qualsevol?
2. Exercici per saber si es té un criteri clar sobre algunes de les característiques del model microscòpic de la matèria.
- Digues quina de les dues afirmacions dels parells següents és la correcta:
- a1) Quan, escalfant un material, s'arriba al punt de fusió, cadascuna de les partícules que forma el sòlid es converteix en líquid.
 - a2) Quan, escalfant un material, s'arriba al punt de fusió, es desfà la xarxa de partícules que formaven el sòlid, però cada partícula, a la fase líquida, és idèntica a la partícula que hi havia a la fase sòlida.
 - b1) Quan un sòlid s'escalfa i es dilata, les seves partícules se separen una mica.
 - b2) Quan un sòlid s'escalfa i es dilata, les seves partícules es fan més grosses.
 - c1) Mentre s'està fonent, encara que donem calor al sòlid aquest no augmenta de temperatura.
 - c2) Mentre s'està fonent, si donem calor al sòlid aquest augmenta de temperatura.
 - d1) La pressió atmosfèrica és la pressió que té l'aire de manera natural a la superfície de la Terra.
 - d2) La pressió atmosfèrica és la pressió que té l'aire quan el posem dins d'un globus i el comprimim.

3. Lleis dels gasos.

Un recipient pot canviar de volum si modifiquem la pressió a què està sotmès. Imagina, per exemple, un cilindre que té la base superior substituïda per un èmbol que pot pujar i baixar segons la pressió. A dins hi ha una quantitat de gas a la temperatura ordinària del cos humà, i l'è-

bol està en una posició tal que el gas ocupa un volum de 10 litres i té una pressió d'1 atmosfera (que és la pressió atmosfèrica normal).

- a) Quin volum ocuparà el gas si doblem la pressió?
- b) Quina pressió haurem de donar al gas perquè només ocupi un volum d'1 litre? Com ho podem aconseguir?
- c) Si escalfem el gas que hi havia inicialment al recipient de manera que arribi a una temperatura que, si es tractava del cos humà, diríem que és de quaranta graus de febre, quina pressió tindria el gas si no el deixàvem canviar de volum?
- d) Si, a partir del gas inicial, l'escalfem com en l'apartat anterior però deixem que l'èmbol es pugui moure de manera que la pressió del gas sigui sempre la mateixa, què farà l'èmbol, pujar o baixar? Quin serà el volum final del gas?

4. Estudi gràfic de les lleis dels gasos.

En paper graduat, es tractaria d'usar gràfics corresponents a les lleis de Boyle-Mariotte i Gay-Lussac (que hauria de donar el professorat), i també que l'alumnat en construis a partir d'unes dades com les que segueixen; amb la lectura de les dades s'hauria d'estimar el comportament del gas en condicions diferents de les conegudes. En una segona passada, seria bo veure que els gràfics de les lleis de Charles i Gay-Lussac no es poden usar a temperatures gaire baixes, quan el material deixa d'estar en fase gasosa. El següent exercici és una mostra del que es podria fer:

- a) En paper mil·limetrat, construeix el gràfic corresponent a la llei de Boyle-Mariotte d'una quantitat de gas que és a 50 °C i que ocupa un volum de 4 l quan la seva pressió és de 3 atmosferes; construeix després els gràfics de les lleis de Charles i Gay-Lussac de la mateixa quantitat de gas i determina gràficament quin volum ocuparà, quina pressió tindrà i a quina temperatura estarà en les situacions següents:

	<u>Pressió</u>	<u>Volum</u>	<u>Temperatura</u>
cas I)	6 atm		323 K
cas II)		12 l	323 K
cas III)	3 atm		373 K
cas IV)		4 l	373 K

5. La llei de la hidrostàtica.

Considera tres tubs molt llargs, de 10 metres, plens, respectivament, de mercuri, aigua i aire. Busca als llibres la densitat dels tres fluids a tem-

peratura ambient (normalment, es considera que la temperatura ambient és de 25 °C) i determina la diferència de pressió entre la part de dalt i la part de baix dels tres tubs aplicant la llei de la hidrostàtica. Tingues compte amb les unitats amb què expresses les quatre magnituds implicades (densitats, distàncies, acceleració de la gravetat i pressió)! Quan acabis, fixa't que en el cas de l'aire, i per culpa de la seva petita densitat, la diferència de pressió entre els dos extrems del tub és molt menor que en els altres dos casos. A quina cosa que es diu al text de la narració pots associar aquest resultat?

6. Observació de la constància de la temperatura en un canvi d'estat.

Amb l'ajut de l'instrumental de laboratori adequat, es proposa als alumnes el treball experimental de fer bullir aigua i observar que, tot i que es continua donant calor al sistema durant l'ebullició, la temperatura de l'aigua no continua pujant mentre està bullint. Es pot aprofitar el mateix treball per determinar aproximadament la temperatura d'ebullició de l'aigua. Convindrà registrar les temperatures en moments successius per poder fer, en acabar, les discussions pertinents sobre els gràfics temperatura-temps que s'hagin elaborat.

7. Observació de la progressiva adaptació a la forma del recipient dels materials sòlids cada cop més finament triturats.

Una de les característiques de les fases líquides, per oposició a les sòlides, és la de no tenir forma pròpia, sinó d'adoptar la del recipient que conté el líquid. Aquesta propietat s'interpreta, en el model microscòpic, com a conseqüència del fet que les partícules que formen el líquid no ocupen un lloc fix, sinó que es poden desplaçar lliurement. Una representació aproximada d'aquesta situació s'obté amb la trituració progressiva dels sòlids. Pot ser útil visualitzar-ho.

8. Les dimensions de les partícules del model microscòpic.

Són unes dimensions molt petites, pel fet que es tracta de partícules d'uns 10^{-10} m de dimensió lineal. Per copsar aquest valor tan petit i, per tant, la dificultat d'imaginar-les a partir de l'experiència sensible, val la pena fer alguns exercicis de calcular quines dimensions macroscòpiques tindrien si les dimensions microscòpiques fossin les dels objectes petits habituals:

- a) Quina mida tindria la filera de partícules que forma l'aresta d'un cristall de sal d'1 cm, posades a tocar l'una de l'altra, si tinguessin una mida similar a la d'una cirera petita (diàmetre 1 cm)?

- b) Quin nombre és més gran, el de partícules en una ampolla d'aigua d'1 litre (en el text es diu quantes n'hi ha) o el de cabells de tots els alumnes de la classe (comptant uns 200 cabells per centímetre quadrat)?
- c) Tenint en compte el nombre de partícules que hi ha en 1 litre d'aigua, si agaféssim un nombre de partícules d'aigua igual al nombre d'habitants de la Terra, quin volum d'aigua tindríem? N'hi hauria prou per fer passar la set a una persona normal en un moment determinat?
9. Si es vol continuar aprofundint en el món microscòpic, es pot fer una activitat expositiva d'introducció a la terminologia i a les nocions de mol·lècula i d'àtom, i entrar en la distinció entre substància simple i composta.

VOCABULARI BÀSIC

Científic: aliatge, canvi d'estat progressiu, canvi d'estat regressiu, coeficient de dilatació, condensació, densitat, dilatació, ebullició, escuma, estat, evaporació, fase, fase condensada, fase fluida, fusió, gas, líquefacció, líquid, metall, plàstic, sòlid, solidificació, sublimació, temperatura, volum

D'argot: acollir, a tot drap, bòfia, bola, bicoca, cuques, enrotllar-se, guiri, heavy, in albis, insti, manso, merder, mitjamerda, molar, ordenata, paio, passota, pasta, peles, pel morro, pinxo, polis, presumit de merda, profes, quartos, rotillo, sonat, tele, tinglado, trasto, tio, xaval, zombi

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, J.; SENENT, F. *Cuestiones de Física*. Barcelona: Reverté, 1980.
- ASIMOV, I. *Introducción a la Ciencia*. Barcelona: Plaza y Janés, 1977.
- BONSFILLS, A.; FREIXES, M. D.; FERRAN, M. A. S. *Estructura de la matèria* (crèdit variable ESO). Barcelona: Castellnou, 1997.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. *Educació Secundària Obligatoria. Ordenació curricular*. DOGC 13/5/92.
- LANDAU, J.; KITAIGORODSKI, A. *Física sin secretos* (vol. I i II). Madrid: Doncel, 1971.
- ROBERTS, R. M. *Serendipity (Accidental discoveries in Science)*. Nova York: Wiley, 1989.