

El modelo cinético-corpúscular y las prácticas científicas: una propuesta basada en la dilatación térmica

Nebot, M R. y Márquez, C.

Grupo LIEC. Departamento de Didáctica de las Ciencias. UAB.

mrnebot@gmail.com

Resumen:

Se han analizado dibujos y explicaciones de fenómenos de dilatación térmica, basados en el modelo cinético-corpúscular, de 85 alumnos de 1º de ESO. En dos grupos la profesora es experta y en otros dos es novel. Se diseñaron actividades para introducir al alumnado en el uso y revisión de modelos y la modelización, a partir de prácticas y trabajo cooperativo. El alumnado debía explicar a nivel escrito y dibujar a nivel micro diferentes fenómenos. Se detectaron distintos niveles de desempeño en las explicaciones, siendo mejores las del alumnado de la profesora experimentada. Los grupos de la profesora novel mostraron dificultades en la causalidad de las ideas sobre energía cinética. En los dibujos, hubo más dificultades en hacerlos que en explicar lo observado en dibujos impresos, especialmente en alumnado de la profesora novel. Es un estudio lineal que continuará durante el curso.

Palabras clave: modelización; modelo cinético-corpúscular; prácticas científicas; explicaciones y prácticas de laboratorio.

Objetivos

Se analiza el uso del modelo cinético-corpúscular en dibujos, descripciones y explicaciones de fenómenos de dilatación térmica observados en el laboratorio y en preguntas de aplicación en respuestas de un examen de alumnado de 1º de ESO. En los dibujos se analiza la precisión de los elaborados por los alumnos y el grado de reconocimiento de las propiedades de las partículas en dibujos proporcionados. En descripciones y explicaciones se registra la completitud y nivel de expresión de ideas clave, elaboradas y consensuadas con el alumnado, a partir de explicaciones de las profesoras, observaciones de las prácticas de laboratorio y un trabajo en grupo cooperativo hecho en clase. Los objetivos son:

1. Analizar las ideas clave que aparecen en dibujos, descripciones y explicaciones que hacen los alumnos al responder preguntas de un examen sobre fenómenos de dilatación térmica, a partir de identificar las ideas clave que utilizan.
2. Analizar la aplicación de las ideas clave en explicaciones de fenómenos cotidianos de dilatación térmica no estudiados en clase.

Marco teórico

El estudio se fundamenta en los campos teóricos sobre prácticas científicas, concretamente en el trabajo con modelos y la modelización y la elaboración de dibujos y explicaciones científicas.

La introducción del modelo cinético-corpúscular de la materia suele realizarse con la descripción de la separación y movimiento de las partículas (sin distinguir entre átomos y moléculas) en sólidos, líquidos y gases, sin enmarcarlo en una sustancia ni en los cambios de estado (Johnson y Papageorgiou, 2010). Esta aproximación quizás no se ha mostrado eficaz

porque es estática, ya que se trabaja a partir de dibujos y listas de propiedades. En nuestra propuesta, la introducción del modelo se realiza observando cambios de tres sustancias (un sólido, un líquido y un gas) durante la dilatación. Los estados se presentan dinámicos, porque se observan cambios de volumen sin cambiar de estado. Más adelante también se verá el dinamismo de los cambios de estado, vistos como un contínuum, como un proceso, no como cambios bruscos.

Primero nos centramos en la descripción de los procesos, en términos de propiedades al nivel que denominamos “macro” (Smith et al., 2006), para continuar con una visión a la que denominamos “micro”, que se concreta en un conjunto de ideas del modelo cinético-corpúscular. Pensamos que de este modo se aprenda a mirar lo que ocurre en el mundo a nivel interpretativo, imaginando cómo suceden los cambios.

Prácticas científicas

Los NGSS (2013) propugnan trabajar desde la perspectiva de la indagación, modelización y argumentación e incluyen hacer preguntas, analizar e interpretar datos, elaborar explicaciones y planificar e implementar investigaciones. De este modo la construcción de las ideas científicas en el aula se asemeja a la manera que lo hace la ciencia. Así, los estudiantes se involucran en actividades que permiten construir, profundizar y aplicar su conocimiento de las ideas clave.

El modelo cognitivo de ciencia escolar (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009) entronca con esta propuesta, ya que considera que el alumno es un científico escolar y las actividades deben ser diseñadas de manera que se aprendan y se apliquen las prácticas de los científicos.

Nuestra propuesta se inicia con la dilatación térmica, pero es el preludio de una progresión en el refinamiento del modelo y de la adquisición de nuevos modelos, que deben integrarse y diferenciarse respecto a los ya existentes, para intentar conseguir una visión científica del mundo que nos rodea.

Metodología

Participantes

El trabajo se ha realizado con 85 alumnos de 1º de la ESO del curso 2017-18, de cuatro grupos-clase de agrupación heterogénea, del Instituto Manuel Blancafort de La Garriga, un municipio de unos 15.000 habitantes de la provincia de Barcelona. Imparten las clases dos profesoras, una novel y una experimentada, que elaboró los materiales didácticos implementados junto con la investigadora. Cada profesora imparte clase en dos grupos. Trabajan en equipo y en contacto con la investigadora.

Actividades

Se inician con prácticas de dilatación térmica de una bola metálica, de un líquido introducido en un matraz con una pipeta de diámetro reducido en el extremo superior, y del aire de un matraz y de un globo encajado en su extremo. Previamente se trabajan los requisitos de una buena explicación científica y se consensuan las ideas clave de la dilatación térmica.

En un trabajo en grupos de tres alumnos, cada uno explica la dilatación de uno de los estados y hace un dibujo a nivel micro, mostrando la separación y movimiento de las partículas. En una puesta en común se comenta el uso de las ideas clave en los dibujos y explicaciones. Para

acabar, los miembros de cada grupo comparten sus trabajos, hacen correcciones y escriben juntos las semejanzas y diferencias de los tres procesos, y elaboran un póster.

En el examen hay distintas tipologías de preguntas, unas más concretas en las que los alumnos deben reconocer la posición y movimiento diferencial de las partículas en dibujos de objetos o hacer descripciones, otras que llevan a hacer dibujos o explicaciones de los resultados de las prácticas y, finalmente, unas preguntas de aplicación.

Durante el curso se aplicará lo aprendido en el ciclo del agua y en explicaciones sobre adaptaciones de los animales a la temperatura.

Instrumento de análisis

A partir de los exámenes, se ha estudiado el uso de ideas del modelo cinético-corpúscular en dibujos y respuestas escritas. Se ha registrado la precisión de los dibujos y si el alumnado sólo describe o explica el fenómeno, incluyendo alguna, muchas o todas las ideas clave (Tabla 1). Se ha considerado una buena descripción aquella que incluye la Idea 1 y una buena explicación aquella que incluye todas las ideas en un orden causal adecuado y sin errores.

Tabla 1. Ideas clave que deben expresar los dibujos y explicaciones sobre dilatación térmica en las sustancias (elaboración propia)

Idea 1.-Relación entre los cambios de temperatura y de volumen de una sustancia (macro).
Idea 2.- Separación diferencial de partículas en sólidos, líquidos y gases.
Idea 3.-Movimiento diferencial de partículas en sólidos, líquidos y gases.
Idea 4.-Relación entre calor y movimiento (vibración, choques) de las partículas de una sustancia.
Idea 5.-Cambios en la energía cinética de las partículas de una sustancia como resultado de transferencia de calor.
Idea 6.-Relación de los cambios de energía cinética (movimiento y separación diferencial de las partículas) con los de volumen de la sustancia y como determinantes de los cambios de temperatura.

Resultados y discusión

A continuación, mostramos algunos de los datos obtenidos, separados en dos apartados: dibujos a nivel micro, y descripciones y explicaciones.

Dibujos a nivel micro

En la Tabla 2, se presentan los resultados del análisis de los dibujos en los que los alumnos tenían que dibujar la separación y movimiento diferencial de las partículas de 6 objetos en diferentes estados: agua del grifo, pirita, helio de un globo, gas de un globo aerostático, un vaso de plástico y zumo de naranja.

En los dibujos de dilatación térmica de un gas, el 60% del alumnado expresó de manera correcta la separación de las partículas de los globos (hinchado y deshinchado) y el 47% de los alumnos dibujó correctamente el movimiento diferencial, siendo el 41% alumnado de la profesora experimentada y sólo el 6% de la profesora novel.

Un 74% del alumnado interpretó de manera correcta dos dibujos proporcionados de un mismo objeto con separación y movimiento diferencial de partículas a causa del aumento de temperatura. El alumnado de la profesora con experiencia superó en un 22% al de la novel.

Tabla 2. Utilización de las ideas clave en dibujos micro de fenómenos de dilatación térmica. (En negrita los resultados de las clases de la profesora con experiencia)

Ítems	Resultado	Nº alumnos por clase y totales	% de los 85 alumnos	
Separación diferencial de partículas en SLG	No o incongruencias	8+3+2+4 = 17	20%	
	Sí: S,L,G	17+20+14+17 = 68	80%	
Movimiento diferencial de partículas SLG	No o incongruencias	6+5+16+19 = 46	54,1%	
	Sí: G	12+9+0+0 = 21	24,7%	45,9%
	Sí: LG	3+8+0+2 = 13	15,3%	
	Sí: SLG	4+1+0+0 = 5	5,9%	

Descripciones y explicaciones

En la dilatación de la bola de metal (Tabla 3) se les pedía la descripción y la explicación del fenómeno. La mayoría del alumnado (89,5%) realizó la descripción de lo que se observó, incluyendo el 69,8% la relación entre los cambios de temperatura y de volumen y su correlación (Idea 1). En las explicaciones, el 89,5% del alumnado incluyó alguna de las ideas de la dilatación térmica, aunque sólo el 39,5% las usó todas, siendo casi el doble el número de alumnos de la profesora experimentada.

Tabla 3. Utilización de ideas clave en la descripción y explicación de la dilatación de un sólido

Ítems	Resultado	% alumnos	
Descripción de los procesos: dilatación de un sólido (nivel macro)	No describen	10,5	
	Sólo descripción	19,7	
	Incluyen Idea 1	69,8	
Explicación de los procesos: dilatación de un sólido (nivel micro)	No explican	10,5	
	Algunas ideas clave	50	89,5
	Todas las ideas clave	39,5	

En la explicación de la dilatación de un gas el 56% de los alumnos de la profesora con experiencia tuvo respuestas adecuadas, pero en los grupos de la profesora novel sólo el 15% realizó explicaciones usando todas las ideas. El problema principal en estos grupos se centra en la energía cinética, porque si no la tuviéramos en cuenta, el 55% de los alumnos de la profesora novel tendría respuestas correctas, número muy similar al de las clases de la otra profesora.

Si comparamos los resultados de la dilatación de la bola metálica vemos que son inferiores a los del globo. Como pasa en los dibujos, la visión dinámica de las partículas se asoció mucho más a los gases que a los sólidos.

En una de las preguntas de aplicación tenían que explicar cómo marcaba un termómetro la fiebre de un niño y en otra tenían que explicar una situación que les hubiera ocurrido en su vida cotidiana relacionada con la dilatación térmica. El porcentaje de alumnos que lo explicó de manera completa y coherente es mucho menor que en otras preguntas (alrededor del 30% en la primera y del 20% en la segunda). Como dato a destacar, el 26% del alumnado de la

profesora novel explicó de manera adecuada, y en ocasiones extensa, algún fenómeno de su vida personal; en cambio sólo un 6% del alumnado de la profesora experimentada lo hizo.

Conclusiones

Reconocer o representar la naturaleza discreta de la materia y la separación diferencial de las partículas en dibujos a nivel micro no presentó dificultades para la mayoría de los alumnos, pero sí las hubo en la representación del movimiento diferencial. Las demandas de un dibujo y un texto escrito no son las mismas, ya que se trata de dos modos comunicativos distintos. En el escrito puedes decir que las partículas se mueven más o menos, pero en el dibujo es necesaria una simbología que lo muestre.

Parece que el problema en las clases de la profesora novel se encuentra la simbología, porque muchos alumnos que incluyen el movimiento en sus explicaciones no lo dibujan. En las clases de la profesora con experiencia, se ha interiorizado la simbología, pero el dinamismo asociado a las partículas de los sólidos fue expresado por muy pocos. Esto contrasta con el hecho de que la mayoría del alumnado supo interpretar el movimiento de las partículas de una bola metálica en un dibujo proporcionado. Proponemos trabajar con más dibujos ya hechos para ayudar a los alumnos a poder plasmar en uno personal como se imaginan que se mueven las partículas.

Muchas descripciones incluyeron causalidad, hecho que consideramos positivo. Teniendo en cuenta que ésta era la primera ocasión en que el alumnado trabajaba con el modelo, consideramos que las actividades les han ayudado a iniciarse en la diferenciación de “lo que pasa” y “por qué pasa”, y en la utilización de ideas relacionadas con las propiedades de las partículas para interpretar fenómenos.

El número de alumnos que usó todas las ideas en sus explicaciones no es elevado, pero sí lo es la cantidad de aquellos que usaron algunas o muchas de ellas, hecho que muestra que se han introducido en la visión micro. Debemos esperar a los siguientes resultados para ver si las explicaciones van mejorando y si aumenta el alumnado capaz de responder de manera adecuada a las preguntas de aplicación, siempre más difíciles de resolver.

Diversos estudios indican que los conceptos estudiados llevan asociadas muchas concepciones alternativas que son difíciles de superar. Es por ello que las ideas se irán revisando y completando para mejorar las producciones, a medida que se adquieran nuevos conocimientos a lo largo del curso. Lo que es importante es detectar las dificultades para ir rediseñando las actividades y adecuarlas a las características y progresión del alumnado.

La investigadora y la profesora experimentada llevan tiempo reflexionando sobre el trabajo con prácticas científicas. La profesora con menos experiencia se acaba de incorporar al equipo y no había trabajado con la metodología empleada y, por tanto, debe aprender también a implementarla con el alumnado.

Las profesoras deben revisar los resultados, junto con el alumnado, para detectar las actividades que actuaron de andamiaje y favorecieron la integración de lo estudiado, y hacer las modificaciones necesarias en los siguientes temas, para mejorar su metodología y las producciones del alumnado, porque las prácticas científicas deben trabajarse a largo plazo, no podemos esperar que se aprendan de manera inmediata (Krajcik y Merrit, 2012).

Agradecimientos

A Elena Gayán Rico y Roser Pratdesaba Moreno, las profesoras participantes.

Investigación financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (con referencia EDU2015-66643-C2-1-P) y realizada en el marco del grupo consolidado ACELEC reconocido por la AGAUR (con referencia 2017SGR1399).

Referencias bibliográficas

Achieve (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: National Academies Press.

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerch, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, Año 4 (3), 40-49.

Johnson, Ph., y Papageorgiou, G (2010). Rethinking the Introduction of Particle Theory: A Substance-Based Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130-150.

Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic-molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 4(1-2), 1-98.