

UNA APROXIMACIÓN ACTIVA A LA TEORÍA CINÉTICA DE GASES

Altares Gorris, Magdalena. I.P.F.P. Santa Cruz de Tenerife.

Elórtogui Escartín, Nicolás. I. F. P. Güímar.

RESUMEN - Se propone un conjunto de experiencias en las que, mediante un modelo mecánico de bajo coste, se estudian las principales características de la Teoría Cinética de Gases.

Uno de los modelos fisicoquímicos más utilizados en el nivel didáctico de las Enseñanzas Medias es el definido por la Teoría Cinética de Gases, conectándolo directamente con el modelo atómico-molecular de la materia.

Con ayuda de estos modelos estudiamos con gran sencillez fenómenos como la difusión de un gas, el efecto de la elevación de temperatura sobre los gases o las reacciones químicas en fase gaseosa. Para ello necesitaremos que nuestros alumnos se formen una imagen suficientemente aproximada del comportamiento de la materia a nivel atómico-molecular en cada uno de estos fenómenos.

Siendo evidente que la observación directa queda fuera de nuestro alcance, proponemos aquí una simulación mecánica simple, de bajo coste, que permita a nuestros alumnos formar esa imagen del comportamiento de átomos y moléculas en fase gaseosa.

Objetivos de las experiencias

- Establecer la relación entre la energía interna de la materia y la agitación térmica.
- Reconocer la distribución estadística de los valores que caracterizan el comportamiento de las partículas que forman un gas (velocidad, recorrido libre entre choques y frecuencia de choques con las paredes).
- Reconocer la presión como el efecto macroscópico de los choques de las partículas microscópica contra las paredes del recipiente que las contiene.
- Deducir el efecto de la masa de las partículas y la temperatura sobre la difusión.

Fundamento teórico

La Teoría Cinética de Gases, en su forma más simple, (que considera los gases monoatómicos y por tanto la ausencia de energías de rotación, oscilación u otras, no habiendo sino energía de traslación) determina que:

$$k T = \frac{2}{3} E_k$$

siendo k la constante de Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$) y E_k la energía cinética media de las partículas del gas.

Si introducimos en un recipiente un número elevado de partículas, todas de igual masa, y les suministramos energía mecánica que las obligue a desplazarse bajo condiciones de libertad de movimiento, podemos lograr una situación similar a descrita por la Teoría Cinética de Gases para un gas encerrado en un recipiente, con movimiento al azar, distribución estadística de velocidades de traslación, recorridos libres entre choques, frecuencia de choques contra las paredes del recipiente, etc.

En estas condiciones, cuanta más energía mecánica suministremos al recipiente, mayor será la "temperatura" en su interior. Este razonamiento seguirá siendo válido si hay en el recipiente partículas de diferente masa.

Únicamente hay que hacer la salvedad de que, debido al rozamiento y choques inelásticos, para mantener la "temperatura" debemos suministrar continuamente energía al recipiente, circunstancia que no se da en un gas real, que mantiene su temperatura sin aporte de energía. Así mismo, hay que considerar que el movimiento al azar que obtendremos en la simulación sólo lo es en dos dimensiones (en vertical vendrá afectado por la gravedad en mucho mayor medida que en el caso real).

Diseño experimental

El montaje necesario consiste básicamente en una bandeja rígida que contiene un elevado número de pequeñas partículas más o menos esféricas y situada en un sistema que la agita con frecuencia controlable.

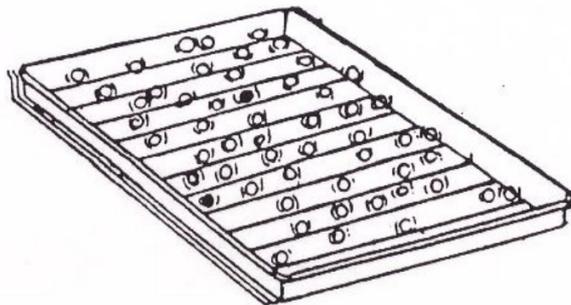
Para ello situaremos la bandeja horizontalmente sobre un soporte en el que sea golpeada por la parte inferior mediante un excéntrico que gira arrastrado por un motor y con una velocidad de giro controlable. Al golpear el excéntrico la base de la bandeja, provoca en esta un movimiento de elevación y caída que se transmite a las partículas situadas en su interior, que alcanzan rápidamente un estado de movimiento aleatorio.

Con este montaje es posible, al menos, hacer experiencias sobre temperatura y agitación térmica, difusión y temperatura, mezclas de gases por difusión y gases en la atmósfera.

- Temperatura y agitación térmica.

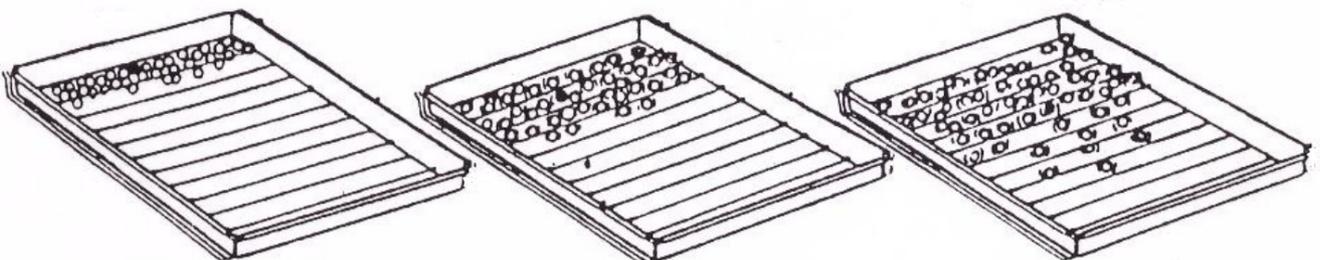
Distribuiremos sobre la bandeja un gran número de partículas esféricas iguales, incluyendo un par de ellas con la misma masa y forma y distinto color para poder seguirlas con facilidad en sus movimientos por la bandeja. Una vez preparado el sistema de agitación y puesto éste en marcha, será fácilmente observable el comportamiento de las partículas a diferentes "temperaturas", que controlaremos mediante la frecuencia de giro del excéntrico.

Es interesante observar que los choques de las partículas con las paredes de la bandeja, atendiendo tanto a su frecuencia como a su violencia. Podremos así hablar de agitación térmica, distribución estadística de velocidades y frecuencias de choque y de presión.



- Difusión y temperatura

Tras montar una bandeja agitada de una forma similar al caso anterior, se acumularán en un extremo de la bandeja gran número de partículas iguales en masa, volumen, forma y color. Una vez puesta en marcha la agitación es fácilmente observable el tiempo que tardan las partículas, bien en llegar al otro extremo de la bandeja, bien en cubrir ésta uniformemente, en función de la frecuencia de agitación (es decir, de la temperatura).



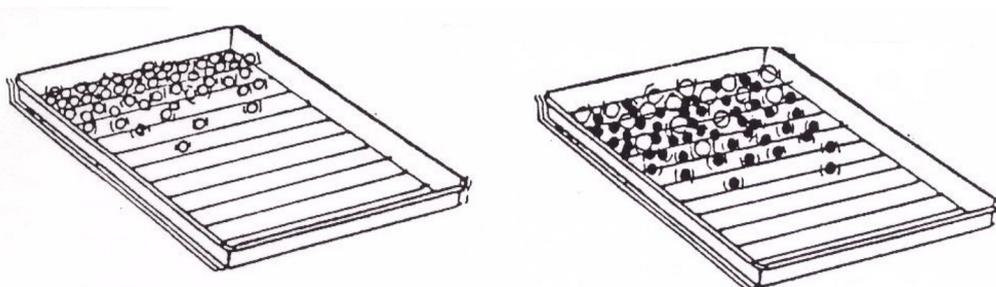
Repitiendo el experimento con partículas de otra masas podremos comprobar el efecto de la masa sobre la velocidad de difusión. Un sencillo planteamiento matemático (considerar masas y velocidades diferentes para los dos tipos de partículas y temperaturas iguales) nos permitirá deducir la ley de Graham de difusión gaseosa, que nos será útil en próximos experimentos.

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

- Atmósfera

Inclinando ligeramente la bandeja provocaremos que sobre las partículas actúe una aceleración gravitatoria que las acumule en las partes más bajas. Mayor inclinación (mayor gravedad) o más agitación (mayor temperatura), así como uno o más tipos de gases (de mayor o menor masa molecular) conformarán diferentes atmósferas de diferentes planetas.

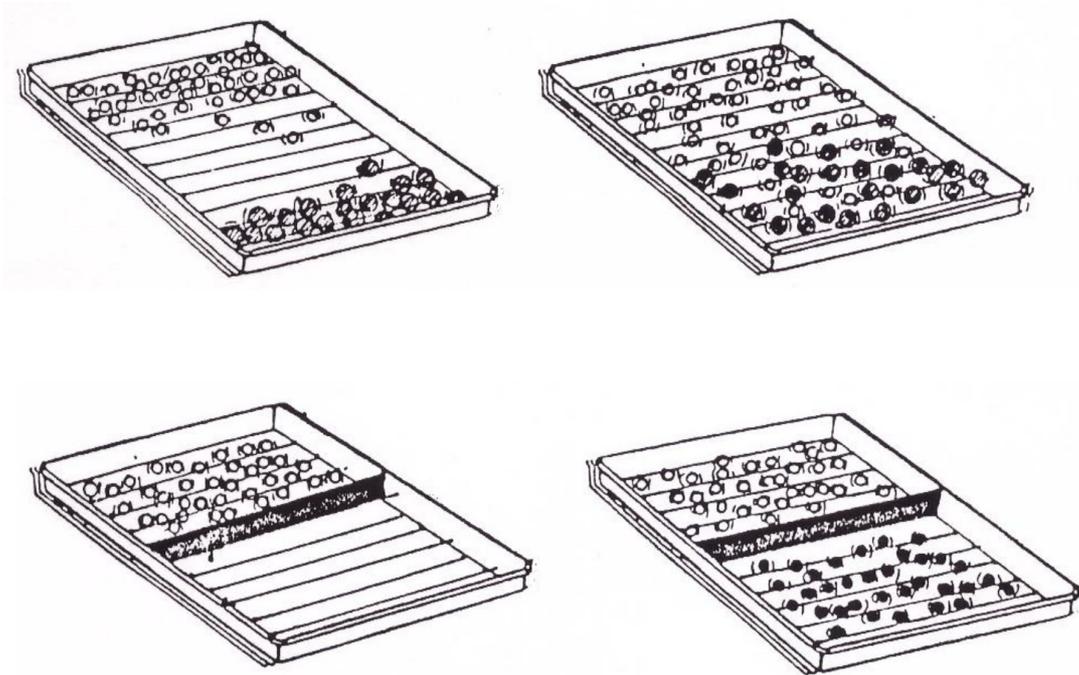
Si nos ayudamos de líneas trazadas en el fondo de la bandeja, será fácil observar la densidad de las partículas en función de la distancia al “suelo” determinado por la inclinación de la bandeja. Podemos así hablar de presiones en función de la aceleración de la gravedad de un planeta, atmósferas que se enrarecen sin acabar en un punto definido o de diferentes concentraciones de gases en función de la altura.



- Mezcla de gases

En este caso se trabajará con dos conjuntos de partículas, de colores diferentes, primero de masas iguales y luego con masas diferentes. Situando cada conjunto en un extremo de la bandeja, pondremos en marcha la agitación, observando tanto las velocidades de difusión como los choques de las partículas con las paredes a diferentes “temperaturas”. Existe aquí la posibilidad de discutir la noción de presión parcial de un gas, separando los dos conjuntos de partículas de la bandeja mediante una barrera que luego eliminaremos. Si uno de los dos conjuntos de partículas tiene mayor número de partículas que el otro, es fácil observar que el número de choques con las paredes del gas más abundante es mayor que el del gas

menos abundante; así mismo será fácil comprender que la presión total es la suma de las presiones parciales.



Tras estas simulaciones se sugiere la realización de la experiencia de hacer reaccionar cloruro de hidrógeno y amoníaco en fase gaseosa en el interior de un tubo de vidrio y comparar así su comportamiento con el de las partículas de la bandeja de simulación.

Bibliografía

- Finn, E.J.; Alonso, M. Física tomo 1 . Ed. Aguilar (1976).
- Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias. Experimentos 2.52 y 2.54. Edhasa (1978).
- Nuffield Foundation. Física Básica. Guía del profesor I, 234-8. Ed. Reverté (1974).
- Nuffield Foundation. Física Básica. Guía de experimentos III, 240.Ed. Reverté (1974).
- Nuffield Foundation. Física Básica. Guía de experimentos IV, 151, 154, 166. Ed. Reverté (1975).

Sugerencias prácticas

- Las partículas pueden ser las bolitas utilizadas para hacer collares, por su uniformidad de masa y forma y la facilidad para conseguirlas iguales y de varios colores.

- Una buena bandeja puede ser la tapa de una caja de bombones o de caramelos rectangular, o una bandeja de revelado de fotografía.

- Como excéntrico vale simplemente algún tipo de saliente acoplado al eje del motor u otro sistema giratorio movido por el motor. Es conveniente que el excéntrico sea lo mas redondeado posible, de lo contrario va arañando la base de la bandeja llegando a engancharse o a deformarla.

- Es conveniente tapar la bandeja con película de plástico transparente del utilizado en alimentación, con lo que evitaremos fatigosas persecuciones de partículas "evaporadas".

- La presencia o ausencia de facetas planas en la superficie de las bolitas afecta en gran manera a su comportamiento, pudiendo provocar que partículas masivas red más rápido que partículas ligeras con facetas.

- Las partículas con facetas tienen la ventaja de que deteniendo la agitación quedan detenidas en la posición que ocupaban, permitiendo con ello "congelar" la imagen a voluntad.

- La forma mas práctica de conseguir la horizontalidad de la bandeja es ponerla bajo agitación con las bolitas y ajustar hasta lograr una distribución uniforme.

- Repetir experiencias en las que se usen partículas de varios tipos es bastante lento, debido a lo engorroso de separarlas. Es conveniente tenerlo en cuenta a la hora de planificar el tiempo de trabajo.

- Seis u ocho bandejas con frecuencias de 4 a 8 golpes por segundo crean un notable estrépito e impiden cualquier comunicación profesor-alumno. Un guión con una descripción clara y exhaustiva es la única alternativa a una poderosa garganta.

GASES, TEMPERATURA Y AGITACIÓN TÉRMICA. ⁽¹⁾

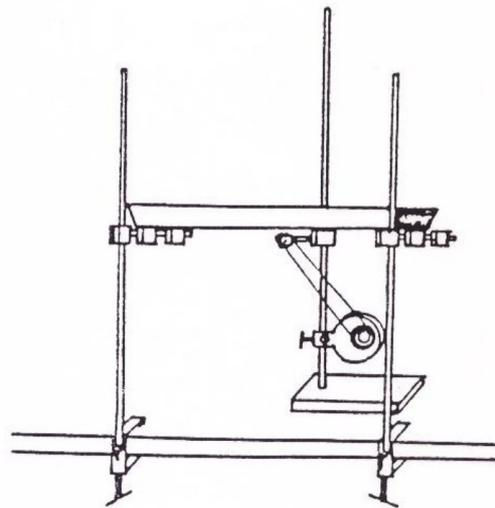
Todos hemos observado que entre las propiedades más características de los gases está su tendencia a ocupar todo el espacio disponible, la ausencia de forma fija y su compresibilidad. Estas propiedades nos obligan a pensar que la unión entre los átomos o las moléculas que formen el gas debe ser muy débil, y por eso se mueven con tanta facilidad.

Por otra parte, recuerda que cuando a la materia se le suministra energía y esta se acumula como energía interna, se observa un aumento de la temperatura.

Vamos a intentar observar el comportamiento de la materia en estado gaseoso al suministrarle energía y al reducir el espacio disponible.

Material. ⁽²⁾

- 2 tornillos de banco.
- 2 barras largas y 2 cortas.
- Base de soporte con su barra.
- Un motor eléctrico.
- Un cono-caja de cambios.
- Un excéntrico y un tambor giratorio.
- Una correa de transmisión.
- Una bandeja.
- 50 bolitas pequeñas.
- Película de plástico de alimentación.



Procedimiento experimental

Coloca las tres barras verticales formando un triángulo de manera que la bandeja quepa entre ellas. Pon en uno de los soportes el motor con el cono-caja de cambios y más arriba el tambor giratorio con el excéntrico acoplado, con el eje horizontal. Conecta cono y tambor con la correa de transmisión y comprueba que al poner el sistema en marcha no se sale la correa, alineando si es necesario.

Pon en las otras barras verticales unas barras cortas horizontales en las que fijaremos nueces que harán las veces de soportes de la bandeja. Todo debe estar a la altura del excéntrico, de manera que éste golpee a la bandeja por debajo.

Recorta un papel del mismo tamaño que la base de la bandeja, traza en él nueve líneas equidistantes paralelas a la base menor de la bandeja y ponlo en su interior bien adaptado al fondo. Extiende por el fondo de la bandeja las bolitas, pintando una con un rotulador de otro color, para poderla seguir con

1 Guión de laboratorio-tipo.

2 Material adaptado al equipo de mecánica de ENOSA.

facilidad. Cubre la bandeja con el plástico de envolver comida y pon en marcha el motor. Regula la altura de las nueces que sujetan la bandeja de manera que las bolitas no tiendan a acumularse en un lado.

Observa el comportamiento de las bolitas a diferentes velocidades de giro del excéntrico y, por tanto, con diferentes frecuencias de golpeteo.

Recorta un trozo de cartón o cartulina que sirva de barrera paralela a las rayas del fondo de la bandeja y ponla en uno de los lados de la bandeja, dejando todas las bolitas al otro lado. Vete moviendo la barrera hacia el otro extremo de la bandeja, reduciendo el espacio disponible para las bolitas (si no se sujeta sola, sujétala con un poco de cinta adhesiva)

Cuestiones

- Tenemos un recipiente hermético y rígido, como una botella; ¿qué sucederá con la temperatura cuando aportemos energía al gas? ¿y con la presión? ¿Cómo podríamos aportarle la energía?

- ¿Cómo se comportan las bolitas cuando aportamos energía a nuestro recipiente mediante los golpes del excéntrico? Observa la velocidad a que se mueven, su dirección y los choques entre ellas y con las paredes en función de la energía suministrada.

- Supongamos que las bolitas son moléculas de un gas encerrado en un recipiente. ¿Podrías relacionar la frecuencia de los golpes en el recipiente, es decir, la energía suministrada, con la temperatura del gas?

- ¿Se comportan las bolitas ocupando todo el espacio disponible y adaptándose a la forma del recipiente que las contiene? ¿Son compresibles? Explica cómo lo puedes comprobar mediante un experimento.

- Imagínate que las paredes del recipiente se pudieran mover con facilidad, sin rozamiento; ¿qué efecto tendrían los choques de las bolitas con las paredes?

- ¿Podrías relacionar la frecuencia de los choques de las bolitas con las paredes con la presión de un gas sobre las paredes del recipiente?

- ¿Qué ocurre con la frecuencia de los choques con las paredes y entre las bolas al aumentar la energía del sistema?

- ¿Qué efecto tiene reducir el volumen disponible para las partículas mediante la barrera? ¿Afecta a los choques?

- Si reducimos al máximo el volumen, ¿las partículas se siguen comportando igual? ¿Qué efecto tendría hacer esto sobre un gas?

- Explica cómo se comportarán las moléculas o los átomos de un gas en un recipiente hermético al suministrarle energía y por tanto aumentar la temperatura.

- ¿Se comportarán las moléculas de gas de igual forma en ausencia de gravedad? ¿Puede un gas ejercer presión contra las paredes del recipiente que lo contiene si no hay gravedad?