

UDIE "Gases ideales"

1. Introducción

La enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y la física ha sido siempre una tarea ardua y compleja. Las complicaciones encontradas provienen de varias fuentes: las dificultades que su entendimiento por si mismas requieren, la poca disposición de los alumnos y profesores de esforzarse en comprenderla, la pobre formación matemática, el mal plantamiento de los planes de estudio y de las técnicas de enseñanza, la falta de cultura científica en la sociedad, entre otras. Todo esto ha contribuido a que gran parte de la sociedad sienta incapacidad, frustración, e incluso aversión a participar en cualquier situación que involucre el uso de las herramientas matemáticas que en algún momento de su vida supuestamente aprendió.

Dentro de todas las facetas que este problema presenta, podemos recalcar la falta de motivación que los estudiantes presentan al acercamiento a estas disciplinas (física y matemáticas), y a la falta de visión acerca de la presencia e influencia de éstas en su vida diaria. La solución a estas dos cuestiones no implica la solución de todo el problema sin embargo puede servir de base para un cambio generalizado en el punto de vista acerca de la influencia y necesidad de las matemáticas y la física en la sociedad.

Desde un punto de vista científico, la presencia de las matemáticas y la física en el mundo es ubicua. Sin embargo, para una persona sin mucho interés, conocimiento o cercanía a estos temas, estos pueden pasar completamente desapercibidos, y esto abre la pregunta acerca de qué se puede hacer para acercar a las personas a un mundo que inicialmente ignora, desprecia o evita.

Para romper con la falta de interés y motivación hacia el estudio de ambas disciplinas, el estado actual en el desarrollo de las computadoras y los sistemas de comunicación a través del internet nos ofrecen una herramienta para explotar las técnicas comunes de enseñanza de una manera distinta y para la generación de otras técnicas novedosas. Para lograr esto, será necesaria la participación de personas provenientes de ámbitos muy distintos, tales como pedagogos, científicos (matemáticos, físicos, computólogos), diseñadores gráficos, entre otros, de tal manera que las herramientas creadas, contemplen la mayor cantidad posible de carencias que la enseñanza

de estas disciplinas presenta. El autor de este escrito y los demás desarrolladores y miembros de este proyecto creemos que el desarrollo de Unidades Didácticas Interactivas Ejemplares (UDIEs), pueden ayudar a solventar los problemas planteados.

En esta UDIE se buscará fomentar el interés y comprensión de los alumnos, así como facilitar la enseñanza de los profesores de física, en el tema del gas ideal.

2. Objetivos

Complementar la enseñanza a nivel bachillerato del gas ideal mediante la creación de un conjunto de aplicaciones interactivas que permitan al alumno interesarse y familiarizarse con el tema, así como deducir, entender y aplicar los principios básicos sobre los cuales se fundamenta.

3. Antecedentes

Un gas es un estado de agregación de la materia, y por lo tanto está compuesto de átomos y moléculas. En este, las moléculas tienen poca fuerza de cohesión entre ellas y energía cinética elevada, lo cual les impide agruparse y pueden llenar cualquier espacio que las contenga. Un estudio detallado de las características y la dinámica de un gas es muy complicado, por lo que a lo largo de la historia de la ciencia se han planteado modelos simplificados que han permitido su compresión y análisis. Un modelo muy importante es el del gas ideal, y a lo largo de esta sección desarrollaremos dicho modelo y describiremos parte del contexto en el que fue planteado.

La historia del modelo de gas ideal se remonta al siglo 17, a los experimentos realizados por Robert Boyle (1627 – 1691) y Robert Hooke (1635 – 1703) sobre el cambio de presión que experimentaba un gas cuando se variaba su volumen. Alrededor del año 1660, Hooke, bajo la dirección de Boyle, construyó una máquina neumática, en la cual se comprimía aire y la presión del gas ejercida sobre un émbolo podía ser medida. Con este experimento, Boyle pudo proponer una expresión entre los cambios de presión y volumen. Dicha relación, conocida como la ley de Boyle, plantea que los cambios de volumen en gas generan cambios de presión de manera inversamente proporcional, o dicho en ecuación

$$P \propto \frac{1}{V}. \quad (1)$$

Años después, Edme Mariotte (1620 – 1684) propuso de forma independiente la misma relación, agregando una condición que originalmente Boyle ignoró. Para que esta relación fuese cierta, la temperatura del sistema debería ser constante. Debido al trabajo de Mariotte, la ecuación 1 también se

le denomina como ley de Boyle-Mariotte.

La ecuación 1 plantea que la disminución de volumen de un gas, debe ocasionar un aumento en la presión de este. Un ejemplo claro donde se puede observar este fenómeno es cuando con un dedo se tapa la salida de una jeringa (sin aguja), y se presiona el émbolo en el otro extremo. La reducción del volumen, incrementa la presión interna del gas, hasta un punto que es casi imposible mantener la salida tapada y evitar que se escape el gas.

Ahora nos podemos plantear la siguiente pregunta: ¿cuál es la relación entre la presión y el volumen iniciales (antes de aplicar un cambio al sistema) con respecto a los valores al final? Supongamos que, por la ley de Charles, la presión inicial P_1 es inversamente proporcional al volumen inicial V_1 , y que la constante de proporcionalidad es C , esto es,

$$P_1 = \frac{C}{V_1},$$

entonces

$$P_1 V_1 = C. \quad (2)$$

Sin embargo, para la presión final P_2 y el volumen final V_2 se debe cumplir la misma ley de Boyle, por lo tanto

$$P_2 V_2 = C. \quad (3)$$

Entonces, sustituyendo la expresión para C de la ecuación 2 en la ecuación 3, obtenemos la relación

$$P_1 V_1 = P_2 V_2. \quad (4)$$

El siguiente paso en la construcción de la teoría de los gases ideales fue dado por Jacques Charles (1746 – 1823), al intentar entender como cambiaba el volumen de un gas cuando se sometía a cambios de temperatura. La conclusión a la cual llegó Charles, que correspondía con la descripción realizada por Guillaume Amontons (1663 – 1705) un siglo antes, establecía que el aumento de la temperatura de un gas correspondía con un incremento proporcional en el volumen, siempre y cuando la presión se mantuviera constante, es decir

$$V \propto T, \quad \text{a presión constante.} \quad (5)$$

Esta relación se conoce como la ley de Charles. Usando el mismo argumento para obtener la ecuación que relacionaba los valores iniciales y finales de presión y volumen, podemos establecer una expresión que relacione los volúmenes y temperaturas iniciales con los valores finales. Entonces, para un sistema a presión constante, el cociente entre volumen y temperatura permanece constante, es decir

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}. \quad (6)$$

Con las ecuaciones 1 y 5 se obtenía la relación entre dos pares de variables del sistema (P y V) y (V y T). Sin embargo, faltaba establecer cual sería la relación entre P y T para un gas. En el año 1800 Gay-Lussac realizó una serie de experimentos para medir la presión que ejercía un gas al ser sometido a distintas temperaturas. A partir sus resultados mostró que la presión aumentaba proporcionalmente a los incrementos de temperatura, si se mantenía el volumen constante. Este fenómeno, descrito por la (segunda) ley de Gay-Lussac, se expresa mediante la siguiente relación

$$P \propto T, \quad \text{a volumen constante.} \quad (7)$$

Al igual que en los casos anteriores, la relación entre las variables iniciales y finales, está dado por:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}. \quad (8)$$

A partir de las ecuaciones 4, 6 y 8, podemos construir una relación más general, que permita cambios a las tres variables al mismo tiempo, sin tener que mantener alguna de las tres variables fijas. Para esto, necesitaremos una ecuación que satisfaga las tres ecuaciones, y un primer planteamiento podría ser

$$PV \propto T. \quad (9)$$

Podemos observar que la ecuación 10 cumple con cualquiera de las tres leyes que hemos visto si se mantiene constante alguna de las variables P, V o T , y definiendo K como la constante de proporcionalidad en la ecuación 10, obtenemos la primera versión en nuestro intento de construir la ley de los gases ideales,

$$PV = KT, \longrightarrow \frac{PV}{T} = K, \quad (10)$$

y usando nuevamente un razonamiento anterior, podemos relacionar las variables iniciales P_1, V_1, T_1 y finales P_2, V_2, T_2 de un gas a partir de la relación

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (11)$$

Hasta aquí hemos desarrollado una expresión que describe tres propiedades de un gas: presión volumen y temperatura, sin embargo, no hemos dicho nada acerca de los componentes del gas. Las colisiones de las moléculas del gas con las paredes del contenedor que las encierra son las responsables del

efecto de presión medido en el gas. Entonces parece correcto suponer que si se aumenta el número N de partículas en un gas encerrado, la presión debe aumentar si se obliga al sistema a mantener la temperatura y el volumen constantes, al haber mayor cantidad de moléculas golpando las paredes. Un caso claro de este fenómeno es cuando se infla un balón. Después de cierto punto en el que el balón ya tomó la forma debida, el balón no aumenta de tamaño, pero si va aumentando su dureza (presión interna) conforme se introduce más aire. A partir de lo anterior, podemos proponer la siguiente relación

$$P \propto N, \quad \text{a temperatura y volumen constantes.} \quad (12)$$

Por otro lado, si suponemos una situación similar a la anterior, pero en esta se mantienen constantes la presión y la temperatura, el aumento de partículas debería incrementar el volumen del gas, algo similar al incremento de volumen de un globo al ser inflado (aumento del número de moléculas). Esto nos lleva a proponer la siguiente relación

$$V \propto N, \quad \text{a temperatura y presión constantes.} \quad (13)$$

Con la dependencia propuesta para V y para P del número de moléculas N , es natural proponer, a partir de nuestra relación entre P , V y T ,

$$\frac{PV}{T} \propto N. \quad (14)$$

Con la relación 14, podemos finalmente proponer una ecuación general para los gases ideales. Definiendo (tramposamente) la constante de proporcionalidad para la relación 14 como k_B , tenemos

$$\frac{PV}{T} = k_B N, \longrightarrow PV = Nk_B T, \quad (15)$$

k_B es conocida como la constante de Boltzmann. La ecuación del gas ideal, nos dice que para un gas, el cociente $\frac{PV}{NT}$ siempre es el mismo, por lo que un gas en un estado inicial P_1, V_1, T_1 y N_1 , puede ser llevado a un estado final P_2, V_2, T_2 y N_2 , siempre y cuando las variables cumplan la ecuación

$$\frac{P_1 V_1}{T_1 N_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2 N_2} \quad (16)$$

4. Desarrollo

El esquema de desarrollo planteado para las UDIEs consta de las siguientes 5 partes:

- inicio

- exploración
- formalización
- aplicaciones
- evaluación.

Estas etapas se complementan entre sí y permiten que el alumno vaya desarrollando intuición y entendimiento acerca del concepto estudiado conforme los va recorriendo, de modo que al llegar al final de la unidad, el alumno no tenga problema en contestar la evaluación, pues ha adquirido las herramientas necesarias para atacar este tipo de sistemas.

En las siguientes subsecciones se mostrará el contenido de los interactivos de cada una de 5 las partes de esta UDIE, explicando cual es la intención de los materiales interactivos contenidos en ella y su relación con las metas particulares y con el objetivo global.

4.1. Inicio

4.2. Exploración

Los interactivos en esta sección irán mostrando los conceptos del gas ideal en la misma forma que se presntaron en la sección 3

1. Experimento de Boyle:
se tendrá un sistema físico que simule la ley de Boyle, es decir, un sistema en un baño térmico que mantenga la temperatura constante y que permita al alumno cambiar el volumen del sistema, moviendo un piston dentro de un émbolo para observar el cambio de presión. Se podría poner en términos de un rifle de aire o algo por el estilo, para mostrar que a menor volumen mayor presión y que si requiere de mucha presión para poder expulsar lejos la munición, se necesita comprimirlo mucho.
2. Experimento de Gay-Lussac:
se tendrá un sistema que permita mostrar la relación entre la temperatura y el volumen de un gas ideal.
3. Experimento presión-temperatura:
se mostrará el incremento de la presión al variar la temperatura de un gas, por ejemplo, mediante el calentamiento de un recipiente tapado (volumen constante) para observar cuanta fuerza se tiene que ejercer sobre la tapa (mediante la colocación de algún objeto pesado encima de ella).

4. Experimento de inyección de moléculas:
para observar este fenómeno, se tendrá un sistema en el que se observarán las moléculas. En él se podrán fijar cualquiera de las variables P , V y T , y se podrá inyectar y retirar moléculas, para observar cambios en las otras variables.

4.3. Formalización

Con base en los interactivos de la parte de inicio, el alumno observará el comportamiento (gráfica) de alguna de las variables al cambiar las otras, y propondrá posibles relaciones entre ellas. Con estas relaciones irá construyendo la ecuación general, y esta podrá ser modificada hasta lograr la expresión correcta.

5. Aplicaciones

Se mostrarán experimentos clásicos para que el alumno traté de aplicar los conocimientos adquiridos a la cuantificación y predicción de cantidades involucradas en estos.

1. Un posible interactivo consistirá en un contenedor, el cual tiene una pared interna que lo divide, y con base en algunos valores dados de las variables en los compartimentos, calculará los valores faltantes en el otro compartimento.
2. Efusión
3. * El volumen de un globo: Este experimento permitirá que el alumno calcule el tamaño de un globo a elevarse en la atmósfera, y predecir en que momento explotará. También entender por qué pierden volumen los globos si se enfrían.

6. Evaluación