

# EL PROMEDIO DE VIDA PARTE 1: DADOS

## NOTAS PARA EL PROFESOR

### DESCRIPCIÓN

A menudo, los estudiantes de física tienen experiencia con el concepto de vida media de las lecciones sobre la desintegración nuclear. Los maestros pueden introducir el concepto usando M&Ms para modelar un objeto en descomposición. Cuando los estudiantes comienzan su estudio de partículas fundamentales en descomposición, su comprensión del promedio de vida puede ser inestable. La introducción del promedio de vida utilizada por los físicos de partículas puede causar más confusión. Esta actividad utiliza dados como modelo para partículas en descomposición.

Los estudiantes representan "partículas" con dados de seis caras, y determinan el "tiempo de descomposición" usando un histograma del número de dados restantes después de cada tirada de los dados. Los dados se eliminan si su valor coincide con un criterio de "descomposición". Los dados sirven como modelo para ayudar a los estudiantes a visualizar la descomposición de partículas. Los estudiantes encuentran la vida media y el promedio de vida de la gráfica.

### NORMAS ABORDADAS

#### *Estándares científicos de próxima generación*

##### Prácticas de Ciencia e Ingeniería

2. Desarrollo y uso de modelos
4. Análisis e interpretación de datos
5. Uso de las matemáticas y el pensamiento computacional
7. Participar en argumentos a partir de evidencia

##### Conceptos transversales

1. Patrones
2. Causa y efecto: mecanismo y explicación
3. Escala, proporción y cantidad
4. Sistemas y modelos de sistemas
7. Estabilidad y cambio

#### *Normas básicas comunes de alfabetización*

##### Lectura

- 9-12.7 Traducir información cuantitativa o técnica . . .

#### *Estándares básicos comunes de matemáticas*

- MP5. Utilice las herramientas adecuadas estratégicamente.  
MP6. Atender a la precisión.

#### *Estándares de física del IB*

##### Tema 7.1

Entendimientos: Vida media

Aplicación: Investigación de la vida media experimentalmente (o por simulación)

Utilización: Funciones exponenciales

##### Tema 7.3

Entendimiento: Quarks, leptones y sus antipartículas

##### Tema 12.2 (AHL)

Entendimientos: La ley de la desintegración radiactiva y la constante de desintegración

Aplicaciones y habilidades: Resolver problemas relacionados con la ley de desintegración radiactiva para intervalos de tiempo arbitrarios

## ENTENDIMIENTOS DURADEROS

- Las partículas se descomponen de una manera predecible, pero el tiempo para que cualquier partícula individual se desintegre es de naturaleza probabilística.
- Los científicos pueden usar los datos para desarrollar modelos basados en patrones en los datos.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Los estudiantes conocerán y serán capaces de:

- Usando una curva de desintegración, describa cómo la vida media y el promedio de vida pueden explicar cómo las partículas se descomponen aleatoriamente, pero disminuyen en número de una manera predecible.
- Explicar la diferencia en los modelos matemáticos utilizados para determinar la vida media y el promedio de vida.
- Determinar la vida media y el promedio de vida utilizando una curva de decaimiento de un sistema de partículas.
- Haga una afirmación respaldada por evidencia para la elección del promedio de vida para describir la desintegración de partículas.
- Proporcionar evidencia para refutar la afirmación de que "Todas las partículas de un tipo particular se descomponen exactamente en un tiempo descrito por el promedio de vida de la partícula".

## CONOCIMIENTOS PREVIOS

Los estudiantes deben ser capaces de:

- Mantenga registros cuidadosos de las observaciones y agregue números enteros.
- Hacer e interpretar gráficos.
- Comprender las funciones exponenciales.
- Distingue entre una curva que es exponencial, una potencia de  $e$ , y una curva que es cuadrática, una potencia de  $x$ .

## MATERIAL DE REFERENCIA

Cuando las partículas elementales se descomponen en partículas hijas, cada partícula tarda una cantidad diferente de tiempo en descomponerse. El proceso se rige por la probabilidad: diferentes tipos de partículas tienen diferentes tasas probables de descomposición. Por ejemplo  $\pi^+$  o  $\pi^-$  mesón podría tener un promedio de vida del orden de decenas de nanosegundos, mientras que un muon podría tener un promedio de vida en el rango de microsegundos. Esto significa que en el caso del  $\pi^+$  mesón, una muestra inicial  $N_0$  se reducirá a  $N_0/e$  después de un promedio de vida,  $N_0/e^2$  después de dos promedios de vida, etc. Para cualquiera de estos mesones, no podemos predecir cuándo decaerá; Solo podemos predecir el tiempo más probable que tardará en descomponerse.

Mientras que los físicos de partículas usan el promedio de vida de las partículas, otros científicos a menudo usan la vida media, un término relacionado con las mismas matemáticas que las anteriores, excepto que se define como el tiempo (o número de tiradas) para que los dados  $N_0$  "decaigan" a  $N_0/2$  dados, etc. Hay varias similitudes entre encontrar la media vida y el promedio de vida de las partículas, por lo que tiene sentido construir sobre la base de las experiencias anteriores de los estudiantes en la clase de química. Los estudiantes medirán la vida media y el promedio de vida en esta actividad y compararán estos valores con el número medio de tiradas para todos los dados.

Podemos predecir probabilísticamente el comportamiento de desintegración y el promedio de vida, típica de cada tipo de "partícula" utilizando el análisis de una curva de decaimiento exponencial. Usamos datos en esta actividad.

- La *vida media* del muón (generalmente no utilizada por los físicos de partículas, pero útil para comparar con la vida media radiactiva) es el tiempo para que la mitad de la muestra se desintegre de acuerdo con el modelo matemático.

$$N = N_0 2^{-t/T_{1/2}}$$

donde N es el número de muones en la muestra,  $N_0$  es el número inicial de muones, t es el tiempo y  $T_{1/2}$  es la vida media.

- El promedio de vida del muón es el tiempo para que 1/e de la muestra se desintegre de acuerdo con el modelo matemático.

$$N = N_0 (e^{-t/\tau})$$

donde N es el número de muones en la muestra,  $N_0$  es el número inicial de muones, t es el tiempo y  $\tau$  es el promedio de vida.

Justo un dado tiene la misma probabilidad de producir cualquiera de los números disponibles. Podemos usar un dado para modelar una sola partícula. Modelamos esto con dados por cada uno de los estudiantes  $N_0$  que tienen un dado y tiran hasta que él o ella obtiene, digamos, un 6, momento en el que decimos que el dado ha "decaído". El número de tiradas variará. El tiempo medio de vida se define como el tiempo que tarda una muestra de Dados  $N_0$  en "decaer" a  $N_0/e$  dados; se necesitan dos vidas medias para decaer a dados  $N_0/e^2$ , etc.

El modelo matemático para la vida media y el promedio de vida debe describir la misma curva de decaimiento exponencial. Para que esto sea cierto, debe mantenerse la siguiente igualdad:

$$N_0 2^{-t/T_{1/2}} = N_0 e^{-t/\tau}$$

Observe que  $N_0$  se cancela. Ahora sustituya en ambos lados con  $\ln()$ .

$$\frac{-t}{T_{1/2}} \ln(2) = \frac{-t}{\tau}$$

La ecuación que relaciona la vida media con el promedio de vida simplifica a

$$\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)}$$

### IMPLEMENTACIÓN

No proporcionamos un folleto para el estudiante con esta actividad.

En esta actividad, los estudiantes modelan el comportamiento de una población de partículas que se descomponen.

Todos los estudiantes pueden recibir algunos dados. Cree una tabla de datos en la pizarra con las siguientes columnas:

Número de tirada	Número de dados restantes
0	{Ingrese $N_0$ aquí}
1	
2	

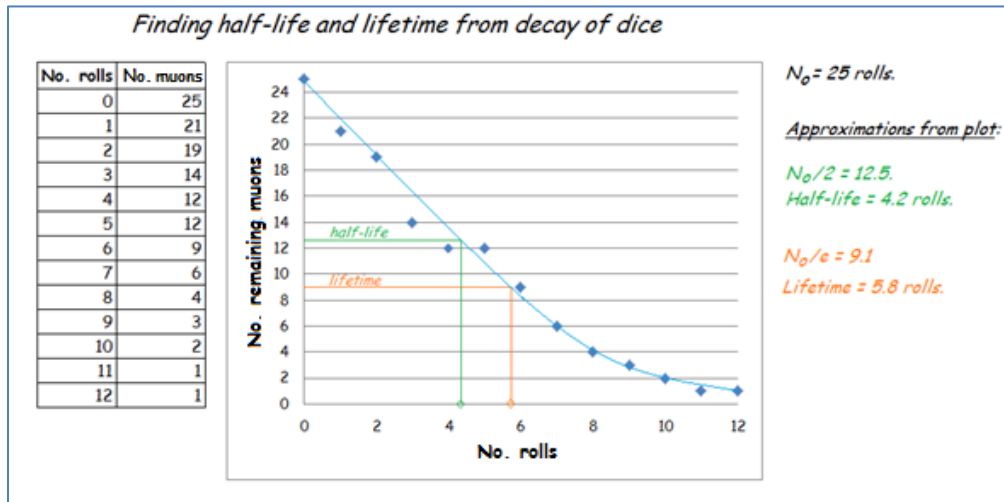
Extienda la tabla para incluir el número de tiradas necesarios para que todas las "partículas" se desintegren. Asegúrese de comenzar la tabla con la tirada 0 e introduzca el valor de  $N_0$  en la columna Número de dados restantes.

Indique el momento de comenzar. Los estudiantes tiran todos los dados. Si un estudiante tira el número deseado en uno o más dados, él o ella quita cada dado que "se descompuso" y coloca esos

dados aparte. Introduce la suma de todos los dados restantes en la tabla para esa tirada. Repita para la tirada 2, tirada 3, tirada 4, etc., hasta que todos los dados estén aparte.

Cuando la última "partícula" se haya desintegrado, haga un histograma en el tablero usando Número de dados restantes en el eje Y y Número de tirada en el eje X.

Aquí hay un ejemplo de una tabla y un gráfico de tiradas de 25 dados:



### ANÁLISIS

Utilizamos la gráfica de muestra para responder a las siguientes preguntas:

1. Encuentra la vida media usando el número de tiradas para bajar de 25 dados a 12.5 dados.
2. Encuentra el tiempo medio de vida usando el número de tiradas para bajar de 25 dados a  $25/e$  o 9.19 dados.
3. En el ejemplo anterior, el primer promedio de vida se encuentra usando el número de tiradas para bajar de 25 dados a 12.5 dados. ¿Cuál es la vida media usando la caída de 12.5 dados a 6.25 dados? Esto se puede llamar la segunda vida media.
4. En el ejemplo anterior, el primer promedio de vida se encuentra utilizando el número de tiradas para bajar de 25 dados a 9.19 dados. ¿Cuál es el promedio de vida usando la caída de 9.19 dados a  $9.19/e$  o 3.3 dados? Esto se puede llamar el segundo promedio de vida.

**Responda las preguntas 1 a 4 utilizando el gráfico de los datos de su clase.**

### EXTENSIONES

1. Usa dados con un número diferente de lados, como en d20. Compare la vida media y el promedio de vida con los resultados de los dados d6 estándar.
2. Si hay varias clases haciendo esta actividad, recopile los datos de todas las clases en una tabla y pida a los estudiantes que tracen y analicen esos datos por su cuenta.
3. Haga que los estudiantes repitan la creación y el análisis de la gráfica usando una hoja de cálculo y una línea de tendencia exponencial con una ecuación como  $N = N_0 e^{-kt}$ . El promedio de vida debe ser  $1/k$  y la vida media debe ser  $(\ln 2)/k$ . Véase el material de antecedentes más arriba.
4. Haga que los estudiantes hagan su propia gráfica a partir de los datos del aula a mano, hagan una curva de mejor ajuste y luego deriven matemáticamente la ecuación, promedio de vida y la vida media.

### EVALUACIÓN

Pida a los alumnos que analicen las gráficas y las discutan en grupos pequeños y luego informen. Deben abordar estas preguntas, así como las suyas propias:

- ¿Qué tan bien encaja cada gráfica usando dos promedios de vida? ¿Con dos vidas medias? ¿Qué dice esto sobre la fiabilidad de la gráfica?  
*El número de tiradas necesarios para que el tamaño de la muestra se reduzca a la mitad es el mismo para cualquier número elegido de partículas. El número de tiradas necesarios para reducir el tamaño de la muestra en 1/e es el mismo para cualquier número elegido de partículas. Los estudiantes deben citar evidencia de su gráfico para proporcionar evidencia de su respuesta.*
- ¿Qué pasaría si se repitiera el experimento? ¿Los estudiantes obtendrían la misma gráfica o la gráfica sería diferente?  
*Cada vez que se repite el experimento, la forma de la gráfica debe ser la misma. El valor de  $N_0$  puede ser diferente, pero el promedio de vida y la media de vida deberían ser los mismos.*
- Dada la vida media de una partícula, encuentre el promedio de vida de la partícula.  
*Usa la ecuación  $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)}$ . La solución de  $T_{1/2}$  produce  $T_{1/2} = \tau \ln(2)$ .*
- Dado el promedio de vida, encuentre la vida media de la partícula.  
*Usa la ecuación  $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)}$ .*
- Usando una curva de desintegración, describa cómo la vida media y el promedio de vida pueden explicar cómo las partículas se descomponen aleatoriamente, pero disminuyen en número de una manera predecible.  
*Si la desintegración de partículas no fuera aleatoria, cada partícula se desintegraría exactamente en la misma cantidad de tiempo. Esa trama sería un solo pico en el valor de por vida. La desintegración de partículas en una variedad de tiempos se muestra por los datos que siguieron una curva de decaimiento exponencial. Esto proporciona evidencia de que la desintegración de partículas se describe mejor utilizando la probabilidad. La vida media es predecible porque cada vez que el tamaño de la muestra se redujo a la mitad, el número de rollos fue el mismo. La vida útil es predecible porque cada vez que el tamaño de la muestra se redujo en 1/e, el número de tiradas fue el mismo.*
- Explicar la diferencia en los modelos matemáticos utilizados para determinar la vida media y el promedio de vida.  
*Siga la derivación en los materiales de fondo.*
- Determinar la vida media y el promedio de vida utilizando una curva de decaimiento de un sistema de partículas.  
*Compruebe el siguiente proceso: Selección de  $N_0$ ; identificar  $N_0/2$  para la vida media o  $N_0/e$  para el promedio de vida; Determine el número de tirada para ese intervalo. El número de tiradas representa la vida media o promedio de vida.*
- Haga una afirmación respaldada por evidencia para la elección de la vida media para describir la desintegración de partículas.  
*El valor medio del ciclo de vida utilizando  $N_0/e$  está muy cerca del valor promedio del tiempo de la vida promedio al encontrar el promedio de todos los datos. Por lo tanto, tiene sentido que los físicos de partículas prefieran el promedio de vida como descriptor de la desintegración de partículas.*

- Proporcionar evidencia para refutar la afirmación de que "Todas las partículas de un tipo particular se descomponen exactamente en un tiempo descrito por el promedio de vida de la partícula".

*Si la desintegración de partículas no fuera aleatoria, cada partícula se desintegraría exactamente en la misma cantidad de tiempo. Esa gráfica sería un solo pico en el valor de por vida. La desintegración de partículas en una variedad de tiempos que se muestra por los datos que siguieron una curva de decaimiento exponencial. Esto proporciona evidencia de que la desintegración de partículas se describe mejor utilizando la probabilidad.*

Los estudiantes también pueden hacer una de las extensiones para evaluación por parte del profesor. Estas extensiones se pueden evaluar utilizando las preguntas enumeradas anteriormente.