

# La Simulación de la Fusión

**Parte de una serie de actividades en la física el plasma y  
fusión para acompañar la carta:  
*Fusión: Física de una fuente de energía  
fundamental***

**Robert Reiland, Shady Side Academy, Pittsburgh, PA**

Presidente, comité de desarrollo de las actividades del plasma del proyecto contemporáneo de la educación de la física (CPEP)

**Ayuda editorial:** G. Samuel Lightner, Westminster College, New Wilmington, PA and Vice-President of Plasma/Fusion Division of CPEP

**Consejo y ayuda:** T. P. Zaleskiewicz, University of Pittsburgh at Greensburg, Greensburg, PA and President of CPEP

Preparado con la ayuda del Ministerio de Energía, oficina de las ciencias de la energía de la fusión, Contract #DE-AC02-76CH03073.

## **Prefacio**

Esta actividad se piensa para el uso en la escuela secundaria y los cursos introductorios de la universidad de suplir los asuntos en la carta de enseñanza, *Fusión: Física de una fuente de energía fundamental*, producida por el proyecto contemporáneo de la educación de la física (CPEP). CPEP es una organización no lucrativa de profesores, de educadores, y de físicos que desarrolla los materiales relacionados con del la comprensión actual de la naturaleza la materia y energía, incorporando los resultados principales de las últimas tres décadas. CPEP también patrocina muchos talleres para los profesores. Vea el homepage: [www.CPEPweb.org](http://www.CPEPweb.org) para más información sobre CPEP, sus proyectos y los materiales didácticos disponibles.

Este paquete de la actividad consiste en la actividad del estudiante seguida por las notas para el profesor. Las notas para profesores incluyen la información de fondo, información del equipo, contaban con resultados, y respuestas a las preguntas que se hacen en la actividad del estudiante. Un apéndice a las notas para profesores demuestra la alineación de la actividad con los estándares nacionales de la ciencia y con las pruebas patrones de AAAS. La actividad del estudiante es autónoma para poderla ser copiada y distribuir a los estudiantes. La página y la figura números en las notas para profesores se etiquetan con un prefijo de T, mientras que no hay prefijos en la actividad del estudiante. Convertido conjuntamente con el laboratorio de la física de plasma de Princeton y financiado a través de la oficina de las ciencias de la energía de la fusión, el Ministerio de ESTADOS UNIDOS de Energía, esta actividad ha sido campo probado en los talleres con los profesores de la escuela secundaria y de la universidad. Quisiéramos la regeneración en esta actividad. Envíe por favor cualquier comentario a:

Robert Reiland  
Shady Side Academy  
423 Fox Chapel Road  
Pittsburgh, PA 15238

e-mail: [robreiland1@comcast.net](mailto:robreiland1@comcast.net)  
voice: 412-968-3049

# La Simulación de la Fusión

**Parte de una serie de actividades en la física el plasma y fusión para acompañar la carta:**  
*Fusión: Física de una fuente de energía fundamental*

En esta actividad la fusión nuclear será simulada, el ensamblar junto de dos núcleos para formar un nuevo núcleo, e investiga cómo la fusión depende de un número de diversas variables. Esta simulación utilizará un modelo físico para generar los datos análogos a los acontecimientos que ocurren en un reactor de fusión verdadero.

## Fondo general:

Para los núcleos particulares en cierta cantidad de tiempo el número de las fusiones (simbolizadas como "N") que ocurre en un reactor depende del nivel en el cual la fusión ocurre, que depende de los núcleos llanos" choca "o viene cerca bastante para que la fusión ocurra. También depende encendido bastante energía cinética a dar lugar a los núcleos que vienen cerca junto a pesar de las fuerzas eléctricas entre los núcleos positivos que repelen. En las altas temperaturas necesarias para alcanzar la energía cinética requerida, un plasma forma. Un plasma consiste en partículas cargadas libremente móviles, en este caso los núcleos.

El número total de colisiones depende en parte del tiempo durante el plasma está bastante caliente para que ocurran las colisiones. Represente el tiempo con el símbolo " $\tau$ ." El índice de colisiones también depende de cuántos núcleos allí están en un volumen dado. Ésta es la densidad de la partícula. Represente la densidad de la partícula con el símbolo "n."

El índice de colisiones debe depender de cómo rápidamente los núcleos se están moviendo. Sin embargo, en un experimento verdadero uno no puede medir velocidades de núcleos individuales. En lugar necesitamos una variable que se relacione con el plasma en su totalidad que depende de velocidad y es mensurable. Esta variable es temperatura. Represente la temperatura con el símbolo "T."

La meta fundamental en la actividad siguiente es desarrollar y utilizar un modelo con manos de núcleos que chocan para determinarse experimental cómo el número de fusiones en un reactor de fusión depende de tiempo de la interacción, de  $\tau$ , y de la concentración de la partícula, n, en una temperatura particular. Usted modelará partículas con las tapas de la botella (con el velcro unido en) y las confinará una caja o bolso. Puesto que la temperatura se relaciona con la velocidad de las partículas, usted simulará temperatura por cómo usted sacudare rápidamente su sistema de las partículas (tapas de la botella).

## Materiales:

Una caja o un bolso cerradiza para simular un reactor de fusión y dos tamaños de la botella remata para simular dos diversos tipos de núcleos. Las tapas de la botella deben tener cinta del velcro en un lado.

**Procedimientos:**

1. No se pueda modelar temperatura muy cuantitativo, pero para guardar la temperatura simulada de ser una variable inintencional, será importante controlar la temperatura simulada practicando sacudariendo el sistema en una tarifa casi constante, repetidas veces, hasta que usted puede hacer tan reproducibly.

Se debe comenzar con cerca de 50 de cada tipo de núcleo en su reactor y sacudariir suavemente por 10 segundos. Abra el reactor, y cuente cuántos de los núcleos se han fundido juntos. Cuente cada combinación como una fusión.

Después de separar los núcleos que se fundieron y substituyéndolos en la caja o el bolso, repita esto algunas veces de conseguir un sentido de cómo es repetible son los resultados. Las cuentas de shakings repetidos han llegado a ser una vez bastante constantes, los últimos números de fusiones se deben hacer un promedio como el número,  $N$ , de fusiones simuladas durante 10 s.

2. Se debe variar el tiempo que sacudare,  $\tau$ , mientras que lleva a cabo sacudariir constante del vigor y de la densidad de la partícula. Se pudo utilizar épocas además de los 10s que se han hecho ya, como 20s, 30s, 40s, 50s y 60s. Se debe hacer cada uno de estas por lo menos tres épocas de conseguir un buen promedio.

3. Represente el número gráficamente de fusiones,  $N$ , contra  $\tau$ .
4. Para variar la concentración de la partícula,  $n$ , aumenta o disminuye el número de uno de los tipos de núcleos. Por ejemplo, si 50 de cada tipo se utiliza inicialmente, guarde uno en 50, y varíe el otro a 25, entonces a 75 y entonces a 100. Guarde el tiempo iguales, utilice 10s para cada ensayo, sacudariendo en la manera que fue encontrada el más fácil reproducirse en los

ensayos anteriores (utilice los datos para 10s y  $n = 50$  de la primera parte como uno de los puntos de referencias para esta parte). Haga esto por lo menos tres veces para cada concentración y encuentre un promedio.

5. Represente el número gráficamente de fusiones,  $N$ , contra  $n$ .
6. Debe ahora haber dos gráficos que relacionan el número de fusiones con otras variables. En el gráfico demostrado en la "realización de la fusión condicional" en la derecha del fondo de la fusión: La física de una carta fundamental de la fuente de energía, observa que el producto de  $n$  y de  $\tau$  está trazado contra  $T$ . Puesto que  $T$  no ha variado, mire un valor de  $T$  que esté bajo óvalo para la "fusión sostenida." Los reactores de fusión serán acertados si el número de fusiones,  $N$ , es bastante grande.

¿Son las relaciones entre  $N$  y  $n$  y entre  $N$  y  $\tau$  constantes con el gráfico del  $n\tau$  contra  $T$ ? (es decir, hace el gráfico de la carta indican que el número de fusiones dependería de  $n$  y de  $\tau$  la manera el experimento ?)

En el gráfico del  $n\tau$  contra  $T$ , para una gama de temperaturas menos de de  $10^8$  K a cerca de  $4 \times 10^8$  K, el  $N\tau$  del producto necesitó alcanzar gotas acertadas de la operación del reactor (el fondo del óvalo consigue más bajo).

¿Qué sugiere esto sobre el efecto de aumentar temperatura en esta gama en el logro de la operación acertada del reactor?

Más allá de cierta temperatura, cerca de  $4 \times 10^8$  K, el  $n\tau$  del producto necesitaron alcanzar aumentos acertados de la operación del reactor (el fondo del óvalo consigue más arriba).

¿Qué esto sugiere sobre el efecto de aumentar temperatura en esta gama en el logro de la operación acertada del reactor?

Mire el gráfico "coeficientes de la carta de la tarifa de la fusión" (un izquierdo más bajo de la carta).

¿ Hace el diagrama del coeficiente de la tarifa (indica la probabilidad de la reacción) contra la temperatura para reacción de D + de T (deuteron + tritón) explicaron este efecto?

El resultado final puede ser encontrado combinando las dos proporcionalidades.

**Preguntas:**

1. ¿De qué maneras el modelo de sistema un reactor de fusión verdadero?

2. ¿De qué maneras el modelo de sistema un reactor de fusión verdadero incorrectamente?

**Actividad Opcional:**

El índice de la reacción de la fusión debe depender de la temperatura, y ésta esto es así que se demuestra en el gráfico "coeficientes de la carta de la tarifa de la fusión." En la actividad que fue hecha no fue pedido que el modelo de la tapa de la botella esté utilizado para descubrir cómo la tarifa de la reacción de la fusión depende de temperatura. Ése es el tema de esta actividad adicional.

**Procedures:**

1. (Nota que éste es igual que #1 en la actividad original. Utilice los resultados que se obtienen ya si no es posible repetir esto.) Comience con cerca de 50 de cada tipo de núcleo en su reactor y sacudara suavemente por 10 segundos. Abra el reactor, y cuente cuántos de los núcleos se han fundido juntos. Cuente cada combinación como una fusión.

Después de separar los núcleos que se fundieron y substituyéndolos en la caja o el bolso, repita esto algunas veces de conseguir un sentido de cómo es repetible son los resultados. Guarde el hacer de esto hasta que la capacidad de repetición de los resultados es satisfactoria.

2. Separe otra vez los núcleos los substituyen, y repiten el antedicho con levemente un más vigoroso, pero la constante, sacudariendo para representar dos veces la temperatura del primer sistema de ensayos. Realmente para conseguir cerca de doblar T, intente conseguir un sentido para qué aumentará la velocidad en el cerca de 40%. Registre los resultados de cada ensayo y calcule otra vez un promedio.

3. Repita los un o dos más tiempos antedichos con sacudair más vigoroso inmóvil. Para los que realmente piensan que pueden hacer esto, el intento para partículas más rápidas del 70% por 3 veces el T original y dos veces la velocidad por 4 veces el T original. Registre los resultados.

4. Construya un gráfico del número medio de fusiones, N, contra T.

5. De los tres gráficos (dos de la actividad anterior) del número de fusiones contra las variables  $\tau$ , n y T determinan tres proporcionalidades y utilizan éstos con la dirección del profesor para determinarse cómo el número de fusiones depende de  $\tau$ , de n y de T en la combinación.