

¿CÓMO MEDIR EL CALOR?

Se acerca el invierno. En una casa nueva, hay que instalar un calefactor. Debemos elegir entre varios modelos, con diferentes mecanismos. ¿Cuál es el más adecuado para nuestro cuarto? ¿Por qué algunas estufas calientan más que otras? ¿Cómo se puede medir cuánto calienta una determinada estufa?

Hay muchas formas de calentar cosas: estufas a gas, eléctricas, hornos, calentadores, termotanques. Incluso las cosas se calientan por exposición al sol, por la presencia de gente (calor humano) o también, desde luego, por acción del fuego, como cuando estamos alrededor de un fogón. No sólo calentamos cosas para cocinar, bañarnos o mantener nuestras habitaciones a una temperatura agradable. Muchos procesos industriales requieren que se calienten cosas, como por ejemplo la fundición de metales.

Como cuando debemos decidir qué tipo de estufa comprar, calcular exactamente cuánto calentar algo en la industria es una cuestión monetaria. Poder medir el poder “calentador” de algo, o cuánto calor produce, no es solamente un problema científico de enorme interés, sino una necesidad práctica en muchas actividades humanas.

Tengamos esto en cuenta cuando nos hacemos estas preguntas. ¿Cuál es mejor combustible para calentar algo, un kilo de madera o un kilo de kerosene? ¿Tienen diferente “poder de calentar” diferentes tipos de madera, como por ejemplo eucalipto y quebracho?

Para la discusión:

¿En qué se gasta más: en calentar la comida de un día o el agua para bañarse?

1. UNA CUESTIÓN DE TIEMPO

Vamos a plantear como objetivo determinar el “poder calentador” de una vela para poder evaluar si dos velas diferentes tienen distintos poder calentador. Veremos en el camino que esto no es tan fácil y que hay que hacer varios experimentos previos para alcanzar este objetivo.

Las siguientes actividades deben hacerse en grupos de tres o cuatro integrantes. Armen un equipo de modo de tener un vaso de agua sobre una vela encendida. Es esperable que de este modo el agua en el vaso se vaya calentando.

1.1. PREGUNTAS PRELIMINARES

Pregunta 1. ¿Qué instrumento vas a usar para medir cuánto se calienta el agua del vaso?

Pregunta 2. Supongamos que tomás nota de la temperatura del agua apenas encendés la vela y luego la temperatura después de unos minutos. ¿Qué número te dice cuánto se calentó el agua, la temperatura inicial, la temperatura final o alguna otra cosa?

Pregunta 3. Si lo que queríamos era averiguar el poder calentador de un combustible como el kerosene, ¿por qué trabajamos aquí con una vela?

Pregunta 4. Para estudiar los efectos de nuevos medicamentos, se realizan experimentos en animales como las ratas. ¿Qué similitudes encontrás con nuestra situación de la vela?

Pregunta 5. Supongamos que tenemos dos grupos de estudiantes (o de investigadores) trabajando a la vez. Imaginemos que uno de ellos calienta el vaso con agua durante dos segundos y el otro durante dos minutos. ¿Qué tengo que hacer para poder comparar ambas velas de manera justa, es decir, para poder concluir que las diferencias en los resultados que obtengo se deben a los diferentes poderes calentadores de las velas y no a otra cosa como diferentes tiempos?

1.2. PRIMER EXPERIMENTO

Ahora bien, uno puede decidir calentar el agua en el vaso por exactamente un minuto. Pero existe otra duda importante que influye en el posible resultado de este experimento. ¿Será el poder calentador de una vela el mismo en el primer minuto que en el segundo minuto o en el tercer minuto?

1. Piensen una manera experimental de contestar la pregunta anterior y discutan su diseño experimental en el grupo y con el docente. Respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Cuál es la pregunta que intento responder con este experimento?

b. ¿Qué mediciones voy a hacer? ¿Cada cuánto tiempo? ¿Cómo voy a tomar esos datos?

c. ¿Qué resultados espero obtener? ¿Qué otros resultados son posibles pero espero no obtener? Tengan cuidado acá de dedicarle cierto tiempo a pensar en equipo otras posibilidades, por más disparatadas que puedan parecer.

2. Lleven adelante el experimento diseñado.

3. ¿Qué resultados obtuvieron? Presenten estos resultados de la manera más comunicable posible, es decir, que sea legible y fácil de entender. Pueden usar tablas, gráficos, narraciones, dibujos.

4. ¿Cuál son sus conclusiones? (es decir, ¿cuál es la respuesta a la pregunta original?)

1.3. HACIA EL CONCEPTO DE CALOR

Ahora que hemos completado este primer experimento podemos concluir varias cosas importantes.

Primero y principal, en nuestro sistema experimental, la temperatura del agua se eleva en forma lineal durante una fracción significativa del tiempo y de rango de temperaturas. Es importante notar que esto no tenía por qué haber sido así y el experimento realizado por ustedes ha descubierto algo sobre el funcionamiento de la naturaleza.

1. ¿Qué quiere decir que hay un aumento lineal de la temperatura con el tiempo?
Explicalo con palabras familiares y sencillas, como si se lo tuvieras que enseñar a tu abuela. Podés usar matemática, pero sin tecnicismos.
2. ¿Cómo se hace, con los datos que tomaste, para averiguar la temperatura en un instante en el que justo no tomaste datos (por ejemplo, entre medio de dos de tus mediciones)?
3. ¿Pensás que la temperatura seguirá aumentando linealmente en forma indefinida? ¿Por qué sí o por qué no?
4. Los científicos suponen en este caso que la vela le está entregando “algo” al agua. Teniendo en cuenta el resultado de tu experimento anterior, ¿podrías decir que el agua recibe más de ese “algo” en el primer minuto que en el segundo minuto o en el tercero?

2. UNA CUESTIÓN DE CANTIDAD

Nuestro objetivo original era comparar el poder “calentador” de dos velas diferentes. Ahora podemos expresar nuestro problema más precisamente.

Nuestra pregunta es si dos velas diferentes entregan diferente cantidad de *calor* a sus respectivos vasos por unidad de tiempo.

Para determinarlo deberíamos usar vasos similares y tomar nota del tiempo transcurrido. No es necesario realizar el experimento en ambas velas por la misma cantidad de tiempo porque ya sabemos que la temperatura varía linealmente con tiempo así que podemos tomar un tiempo y después dividir por ese número para obtener la cantidad de calor en un segundo o en un minuto o lo que sea.

Pero supongamos que dos investigadores diferentes en distintos laboratorios quieren comparar el calor que son capaces de entregar dos velas diferentes y cada uno usa para eso cantidades distintas de agua. ¿Influye esto en el resultado final?

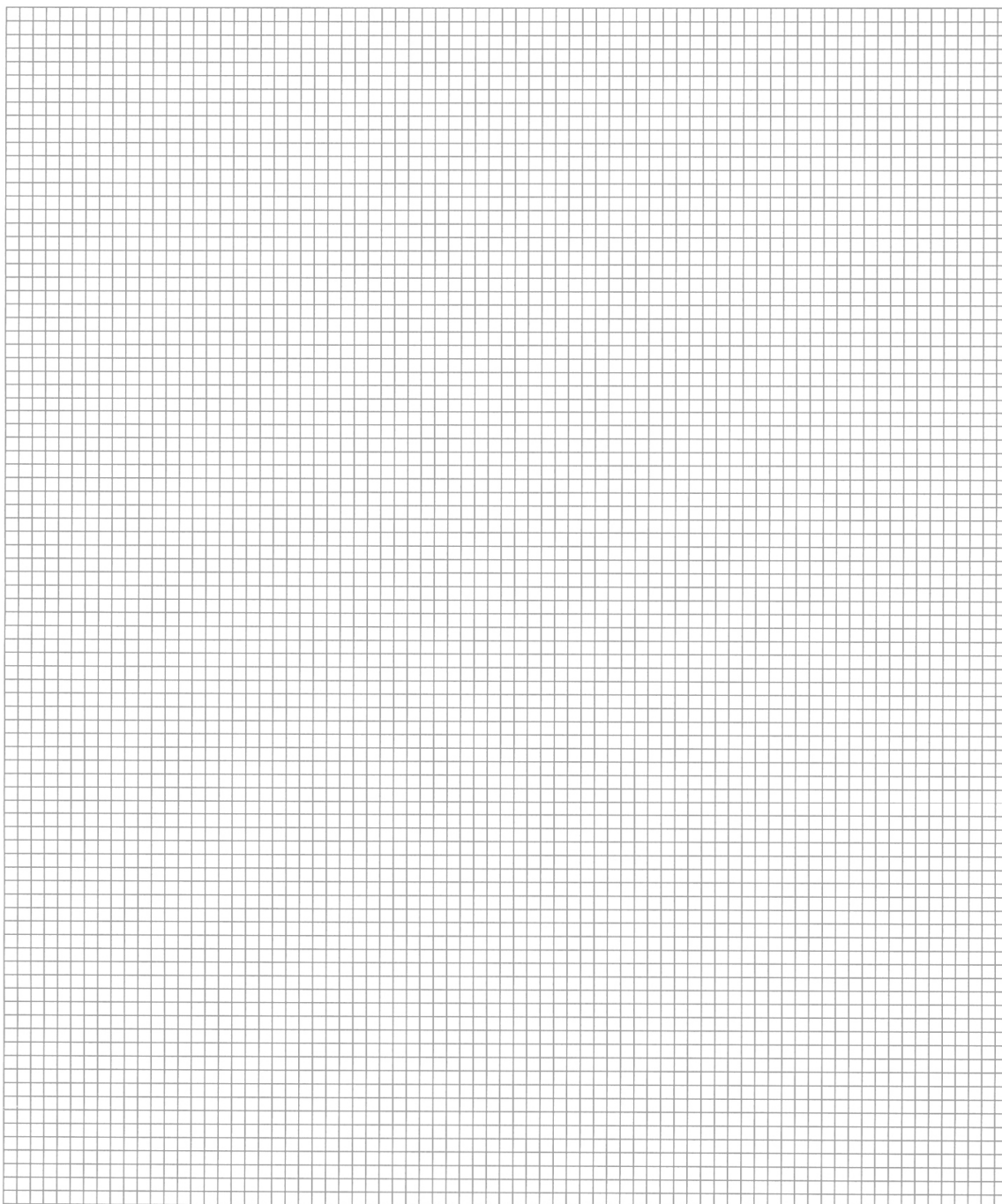
2.1. SEGUNDO EXPERIMENTO

Para poder investigar esta variable, vamos a usar la misma vela con diferentes cantidades de agua.

1. En un vaso van a poner 80 mL de agua a temperatura ambiente y lo van a calentar con una vela por 5 minutos tomando la temperatura con un termómetro cada 30 segundos. Hagan un gráfico de T versus t . Repitan el experimento con la misma vela pero esta vez con 160 mL de agua a temperatura ambiente. Grafiquen sus resultados.
2. ¿En qué difieren los gráficos?
3. ¿Cuánto más rápidamente aumenta la temperatura en un caso que en el otro?
4. ¿Qué relación tiene esto con los volúmenes de agua usados?

5. ¿Qué conclusión sacarías si la pendiente de ambas curvas fuera exactamente la misma?

6. Las rectas, ¿tienen la misma ordenada al origen? ¿Qué significa esto?



7. ¿Podemos estudiar el poder calentador de dos velas distintas sin fijarnos en cuánta agua calentamos con cada una? ¿Por qué? Escriban la respuesta de la manera más comprensible que puedan.

8. En base a los resultados de diferentes equipos, ¿cuál de las velas usadas entrega la mayor cantidad de calor?

2.2. EL CALOR EN NÚMEROS

El experimento anterior nos da herramientas muy poderosas para pensar en términos de calor. Los siguientes problemas son un precalentamiento para convencernos de que podemos calcular cosas muy precisas que antes de hacer los experimentos no podíamos hacer.

Problema 1. Supongamos que sobre la misma vela tenemos primero un vaso con 50 mL de agua y después un vaso idéntico con 100 mL de agua. En ambos casos dejamos los vasos sobre la vela por 2 minutos exactamente. ¿Cuál recibió más calor? ¿Cuál experimentará el cambio de temperatura más grande?

Problema 2. Supongamos que un vaso sobre una vela con 120 mL de agua experimenta en cierto tiempo un aumento de la temperatura de 10°C . ¿Cuál sería el aumento de temperatura si con la misma vela, y durante el mismo período de tiempo, calentáramos un vaso idéntico al anterior con 90 mL de agua?

Problema 3. Dos muestras de agua se colocan sucesivamente por el mismo tiempo sobre el mismo mechero en un lugar sin ráfagas de aire. La muestra A experimenta una suba de temperatura de 15°C y la muestra B de 75°C . ¿Cuál muestra tiene más cantidad de agua? ¿Cuántas veces más cantidad: el doble, el triple, etc? Si la muestra B es de 72 mL, ¿cuánta agua hay en la muestra A?

Problema 4. Supongamos que un vaso sobre una vela con 122 mL de agua experimenta en cierto tiempo un aumento de la temperatura de 17°C . ¿Cuál sería el aumento de temperatura si con la misma vela calentamos un vaso idéntico al anterior con 43 mL de agua durante en el mismo período de tiempo? Si la temperatura inicial de agua en el segundo vaso era de 19°C , ¿cuál será la temperatura final?

Problema 5. Dos muestras de agua se colocan sucesivamente por el mismo tiempo sobre el mismo mechero en un lugar sin ráfagas de aire. La muestra M experimenta una suba de temperatura de $7,5^{\circ}\text{C}$ y la muestra N de 21°C . ¿Cuál muestra tiene más cantidad de agua? ¿Cuántas veces más cantidad: el doble, el triple, etc? Si la muestra M es de 98 mL, ¿cuánta agua hay en la muestra N?

3. UNA UNIDAD PARA MEDIR EL CALOR

En base a estas nociones podemos establecer una unidad para la medición del calor. Así como medimos las longitudes en metros o en centímetros y los volúmenes en mL o las temperaturas en grados centígrados, podemos establecer una medida del calor que entrega la vela al agua. El metro es una longitud igual a un patrón guardado en Francia. El litro es el volumen que cabe en un cubo de 10 cm de lado. El grado centígrado es un centésimo de la diferencia de temperaturas entre la fusión y la ebullición del agua.

Vamos a definir **caloría** como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado.

1. Vuelvan a su experimento original con la vela y calculen cuántas calorías entrega su vela por minuto. Comparen sus resultados con los de otros equipos.
2. ¿Cuántas calorías se necesita para elevar la temperatura de 1540 gramos de agua en 42°C ?
3. Si le entrego 28 calorías a un vaso con 150 mL de agua, ¿cuál será la variación en temperatura?
4. Si le entrego 35 calorías a una muestra de agua y su temperatura se eleva en 4°C , ¿cuál es su masa?

4. EXPERIMENTO FINAL

Ahora podemos usar los conocimientos ganados para medir la capacidad de calentar que tienen diferentes combustibles.

Tu docente te ofrecerá alcohol, nafta y kerosene. Tu misión —si deseas aceptarla— es determinar cuál calienta más (cuál libera mayor cantidad de calor).

1. ¿Qué cosas vas a variar entre un experimento y otro?
2. ¿Qué cosas vas a mantener constantes?
3. ¿Qué cosas vas a medir y cómo?
4. Escribí cómo vas a llevar adelante el experimento, haciendo dibujos si es necesario. Anotá tus resultados y tus conclusiones.

Nota final. A lo largo de esta guía hemos ido explorando la idea de calor. Al principio lo definimos vagamente como eso que absorbe un objeto cuando aumenta su temperatura. Luego conseguimos describir una manera de medirlo y eso también es una definición. Podríamos decir que calor es aquello que genera un aumento de temperatura en una cantidad dada de cosa. Estas no son malas definiciones, pero este proceso de refinación de una idea puede continuar. La idea de calor es más compleja aun que esto, porque, entre otras cosas, existen casos de objetos que no aumentan su temperatura a pesar de que claramente están absorbiendo calor (por ejemplo porque tienen una vela debajo), y cuánto aumenta esa temperatura es diferente para el agua que para otros materiales. La idea de calor cambió mucho en la historia de la ciencia y no es sorprendente que cambia a lo largo de tu propia educación. Las ideas no son inmutables. Por suerte.

La presente secuencia didáctica fue desarrollada por los autores dentro del equipo de Expedición Ciencia, y es propiedad intelectual de los autores y de la Asociación Civil Expedición Ciencia.

Expedición Ciencia autoriza la reproducción, total o parcial, de esta secuencia en medios digitales o impresos, como su uso con fines docentes. En todos los casos deberá aclararse el origen del material aclarando los nombres de los autores y mencionando explícitamente el nombre de Expedición Ciencia.

Los nombres “Expedición Ciencia”, “ExpC” y los logos correspondientes son marcas registradas de la Asociación Civil Expedición Ciencia.

Bibliografía consultada

Arons, A. (1996). *Teaching introductory physics*. Wiley.

Arons, A. (1997). *The various language*. Oxford University Press.

Rogers, E. (1960). *Physics for the Inquiring Mind: The Methods, Nature, and Philosophy of Physical Science*. Princeton University Press.

Roller, D (1965): *The early development of the concepts of heat and temperature*, en “Harvard case histories in experimental science”, de James B. Conant. Harvard University Press.