

# Simulación de cristalización en el espacio

Ciencia y tecnología en acción

## OBJETIVO

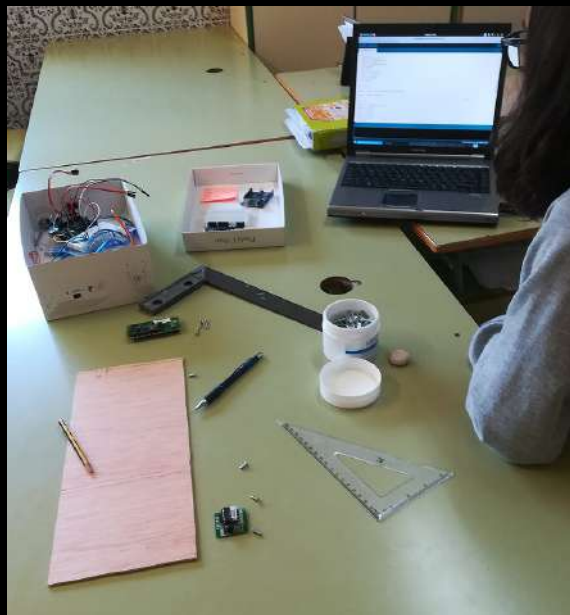
El objetivo del trabajo ha sido estudiar el proceso de cristalización en el espacio y, más concretamente, descubrir los efectos en la cristalización de un entorno de microgravedad, enfrentándolos con los resultados obtenidos en gravedad terrestre.

El término microgravedad se refiere al concepto de ausencia de gravedad. Esto lo podemos conseguir si nos alejamos del campo gravitatorio terrestre, lo que queda fuera de nuestras posibilidades, o bien haciendo girar un objeto a cierta velocidad, de modo que el efecto de la gravedad quede compensado en diferentes ángulos. Esta segunda aproximación es la lo que nosotros hemos desarrollado, llamándolo simulación de microgravedad.

El desarrollo tecnológico ha consistido en la construcción de un dispositivo que puede girar a diferentes velocidades y en su interior podemos colocar una disolución usando material aislante. Se ha procedido a diseñar este dispositivo usando un Arduino para controlarlo.

Procedimos a elegir una sal, el dihidrógeno fosfato de amonio, ADP que forma cristales por enfriamiento lento y realizamos un número suficiente de cristalizaciones para poder obtener datos con los que comparar los resultados anteriores. En este proceso se ha procedido al uso del laboratorio para la preparación de la disolución, la colocación en el dispositivo y las mediciones posteriores.

## TECNOLOGÍA



Diseño y construcción del dispositivo, simulador:

Permite girar a diferentes velocidades, controlado por un Arduino con un mando de fácil uso. Con ello conseguimos que la gravedad no actúe de manera uniforme, una microgravedad que simule estar en el espacio.

Permite introducir una disolución en el interior de un recipiente aislante para obtener cristales por enfriamiento lento.

# El dispositivo gira con un Arduino y hemos diseñado un programa que permite controlar la velocidad de giro.

```
*****  
*                               *  
*           PROGRAMA PARA       *  
*         SIMULADOR DE CRISTALIZACION ESPACIAL *  
*                               *  
* ¿QUE HACE? *  
* Este programa controla la velocidad del motor paso a paso, que mueve el *  
* Simulador de Cristalización Espacial. *  
* El circuito lleva conectado un potenciómetro por la entrada Analógica 0, *  
* con este potenciómetro ajustaremos el tiempo que tardará el simulador *  
* en dar una vuelta completa. *  
*                               *  
* ¿COMO FUNCIONA? El programa sigue la siguiente secuencia: *  
*                               *  
* 1º Al empezar, el programa hace una presentación en la *  
* pantalla, nombre del centro, proyecto.... *  
* 2º Lee el valor del potenciómetro. *  
* 3º Calcula cuanto tiene que esperar entre paso y paso. *  
* 4º Pone en pantalla * DAR UEA VUELTA CADA "el valor leído" Seg. *  
* 5º Da un paso completo y vuelve al paso 2 *  
*                               *  
* ¿QUIEN HA HECHO EL PROGRAMA? Este programa ha sido realizado por *  
* MERA CABEZAS y MIRYAM FUENTES *  
* en la asignatura de TECNOLOGIA de 4º E.S.O. *  
*                               *  
* Secuencia de 1 paso para el motor PaP en modo Semipaso *  
*                               *  
*             IN1 IN2 IN3 IN4 *  
*             1  0  0  0 *  
*             1  1  0  0 *  
*             0  1  0  0 *  
*             0  1  1  0 *  
*             0  0  1  0 *  
*             0  0  1  1 *  
*             0  0  0  1 *  
*                               *  
*                               *  
*****  
*  
#include <Wire.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
  
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);  
  
int PinAnalog = 0; // Entrada Analógica donde conectamos el Potenciómetro  
long Tiempo = 0; // Tiempo leído por el Potenciómetro  
long Espera; // Tiempo de espera entre paso y paso  
int NUno=2; // Patilla donde conectar IN1  
int NDos=4; // Patilla donde conectar IN2  
int NTres=6; // Patilla donde conectar IN3  
int NCuatro=8; // Patilla donde conectar IN4  
  
void setup() {  
  
  pinMode(NUno,OUTPUT);  
  pinMode(NDos,OUTPUT);  
  pinMode(NTres,OUTPUT);  
  pinMode(NCuatro,OUTPUT);  
  
  // Presentación inicial  
  lcd.begin(2,16);  
}
```

```
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print(" I.E.S ");  
  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print(" BEZMILIANA ");  
  delay(3000);  
  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(2,0);  
  lcd.print("SIMULADOR DE");  
  lcd.setCursor(1,1);  
  lcd.print("CRISTALIZACION");  
  delay(2000);  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(4,0);  
  lcd.print("ESFACIAL");  
  lcd.setCursor(5,1);  
  lcd.print("4CCE2");  
  delay(2000);  
}  
  
void loop(){  
  
  Tiempo = map(analogRead(PinAnalog),0,1023,20,600);  
  
  Espera = Tiempo*1000/4096;  
  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print(" UEA REVOLUCION ");  
  lcd.setCursor(3,1);  
  lcd.print("CADA");  
  lcd.setCursor(8,1);  
  lcd.print(Tiempo);  
  lcd.setCursor(12,1);  
  lcd.print("s");  
  delay(10);  
  
  // Secuencia para dar un paso completo  
  //bobina 1  
  digitalWrite(NUno,HIGH);  
  digitalWrite(NDos,LOW);  
  digitalWrite(NTres,LOW);  
  digitalWrite(NCuatro,LOW);  
  delay(Espera);  
  
  //bobina 1y2  
  digitalWrite(NUno,HIGH);  
  digitalWrite(NDos,HIGH);  
  digitalWrite(NTres,LOW);  
  digitalWrite(NCuatro,LOW);  
  delay(Espera);  
  
  //bobina 2  
  digitalWrite(NUno,LOW);  
  digitalWrite(NDos,HIGH);  
  digitalWrite(NTres,LOW);  
  digitalWrite(NCuatro,LOW);  
  delay(Espera);  
}
```

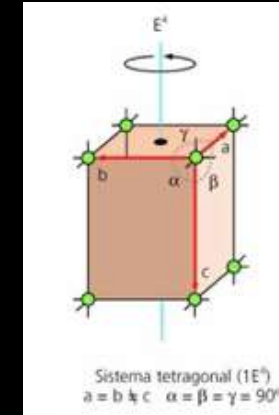
```
  //bobina 2y3  
  digitalWrite(NUno,LOW);  
  digitalWrite(NDos,HIGH);  
  digitalWrite(NTres,HIGH);  
  digitalWrite(NCuatro,LOW);  
  delay(Espera);  
  
  //bobina 3  
  digitalWrite(NUno,LOW);  
  digitalWrite(NDos,LOW);  
  digitalWrite(NTres,HIGH);  
  digitalWrite(NCuatro,LOW);  
  delay(Espera);  
  
  //bobina 3y4  
  digitalWrite(NUno,LOW);  
  digitalWrite(NDos,LOW);  
  digitalWrite(NTres,HIGH);  
  digitalWrite(NCuatro,HIGH);  
  delay(Espera);  
  
  //bobina 4  
  digitalWrite(NUno,LOW);  
  digitalWrite(NDos,LOW);  
  digitalWrite(NTres,LOW);  
  digitalWrite(NCuatro,HIGH);  
  delay(Espera);  
  
  //bobina 4y1  
  digitalWrite(NUno,HIGH);  
  digitalWrite(NDos,LOW);  
  digitalWrite(NTres,LOW);  
  digitalWrite(NCuatro,HIGH);  
  delay(Espera);  
}
```

## CIENCIA

Un cristal es un sólido que presenta una estructura interna ordenada. Forman poliedros con caras planas y ángulos determinados. Es necesario que las sales estén en disolución, con una concentración determinada y unas condiciones de temperatura adecuadas para su formación.

La Sal elegida es el Dihidrogenofosfato de amonio: ADP. Cristaliza en el sistema tetragonal por enriamiento lento y si lleva impurezas tiende a forma flechas.

La concentración adecuada para conseguir buenos resultados de esta sal, es: 375 mL de agua y 250g de esta sal. Calentar hasta los 80°C y luego dejar que enfríe lentamente al menos durante dos días. Las impurezas que vamos a utilizar serán cloruro de cromo(III) o sulfato de hierro (II) y también usaremos algún colorante.



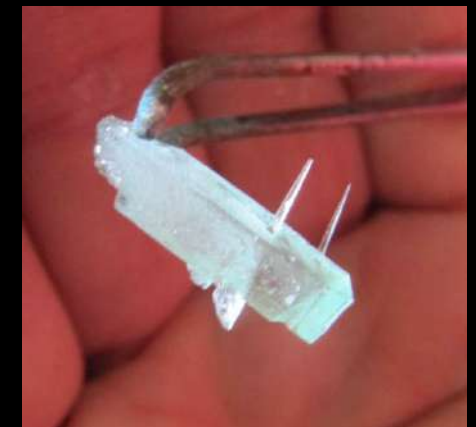
PROCEDIMIENTO: Realizar suficientes número de cristalizaciones para obtener datos y comparar resultados.

1ª Cristalización: Preparamos una disolución dividida en tres recipientes, uno horizontal, uno vertical y otro girando a una revolución cada cinco minutos.

$w=0,2\text{rpm}$



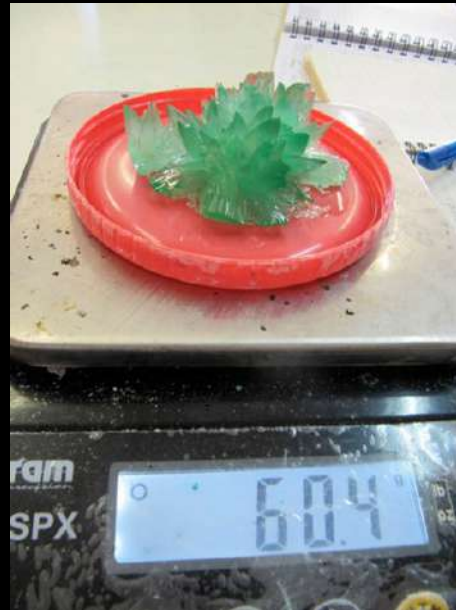
Como podemos observar en las imágenes, en el horizontal y en el vertical tienen forma de flor mientras que el del simulador tiene forma de pequeñas agujas que se dirigen hacia todas las direcciones e incluso se atraviesan entre si.



2ªCristalización Una disolución dividida en dos recipientes, uno vertical y otro en el simulador:

600ml de agua + 384g de sal  
+0,85g de impureza de  $\text{CrCl}_3$

Lo calentamos hasta los  $85^\circ\text{C}$  y uno lo dejamos en vertical y el otro en el simulador girando a 1 revolución cada 5 minutos .  $W=0,2\text{rpm}$



Como podemos observar, esta vez el vertical tiene apariencia de flor como en los primeros resultados pero en este es de aspecto más puntiagudo, mientras que en el del simulador podemos encontrar pequeñas concentraciones puntiagudas, estas se quedaron pegadas a los laterales de recipiente.

3ªCristalización. Medimos 750ml de agua y 500g de sal, sin impureza.



En los resultados del cristal del simulador sin impureza podemos encontrar bolitas individuales de aspecto cristalino sin cohesión.



En el cristal vertical podemos encontrar un bloque pequeño con aspecto de hielo y un bloque grande sin punta con caras lisas.

Conclusiones:

Los resultados obtenidos nos hacen ver que hay mucha diferencia en la forma del cristal, pero que también influye la impureza, para obtener cristales en forma de punta de flechas.



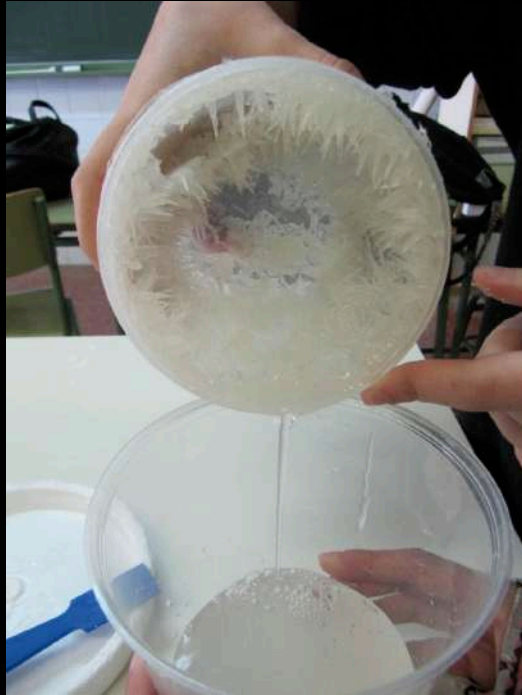
#### 4ªCristalización

Vertical: 375ml de agua + 126,6 de sal + 0,5g de impureza;

Simulador: 375ml de agua + 168g de sal + 0,5g de impureza;

impureza de sulfato de hierro(II)  $\text{FeSO}_4$ .

Usamos los resultados de la tercera disolución como sal.



Cristal del simulador, masa=125,9g



Cristal vertical, masa=127,7g

#### Conclusiones:

Los resultados nos han sorprendido, el cristal obtenido en gravedad normal no tiene las puntas en forma de flechas, y es debido a que no añadimos suficiente impureza, sólo 0,5 g. Pero ya observamos diferencias en los dos entornos.

5ªCristalización    Preparamos dos veces:375ml de agua + 250g de sal + 0,4 de impureza FeSO<sub>4</sub>.



Cristal del simulador, masa 165,7g  
girando a 1 vuelta cada 10 minutos.  
W=0,1rpm

Cristal vertical, masa-137,2g

6ª Cristalización    Preparamos dos veces: 375ml de agua + 250g de sal + 0,4 de impureza  $\text{FeSO}_4$  + azul de metileno.



Resultado  
horizontal: masa,  
119,3g

Hemos obtenido el color debido al azul de metileno que añadimos.



Resultados del  
simulador: Masa 116,7g.  
girando a 1 vuelta cada  
10 minutos,  $w=0,1\text{rpm}$



La masa obtenida es muy similar, pero la forma de los cristales es muy diferente. En gravedad normal salen grandes, pocos, anchos, formado un bloque. Mientras que girando, simulando microgravedad, salen muchos cristales más finos y más transparentes. La masa cristalizada en ambos casos es muy parecida.

7ª Cristalización    Preparamos dos veces: 375ml de agua + 250g de sal + 0,4 de impureza  $\text{FeSO}_4$ .  
+ colorante rojo



Cristal compacto con caras planas y gruesas. Masa 117,2g



Girando muy rápido 1 vuelta cada 10s.  $W=6,25\text{rpm}$

Conclusiones:

La velocidad de giro ha sido muy alta y los resultados han sido diferentes, cristales mucho más pequeños, finos y poco cohesionados. Como ¡un helado cristalino!

8ª Cristalización    Preparamos dos veces: 375ml de agua + 250g de sal + 0,4 de impureza de  $\text{CrCl}_3$



Girando a 2 revoluciones por minuto,  $w=2\text{rpm}$ . Los cristales en el simulador, son los esperados, pequeños y puntiagudos que no forman una masa compacta. Mientras que los que dejamos para actúe la gravedad en una una dirección, son cristales más grandes y gruesos que forman un bloque compacto en vez de cristales independientes.

## Conclusiones

Los resultados de las cristalizaciones que hemos realizado demuestran que hay diferencia en los cristales que obtenemos si los dejamos en una posición para que actúe la gravedad o si los dejamos girando para simular un entorno de microgravedad, como simulando estar en el espacio.

En ambos casos la masa de cristal obtenida es muy similar, pero la forma sí es diferente. En gravedad terrestre, se obtiene un grupo de cristales gruesos, unidos, formando un bloque compacto. En microgravedad se obtienen cristales mucho más finos e independientes y cuánto más rápido gira el simulador, más finos son los cristales.

La forma de los cristales también se ve afectada por la impureza utilizada. Es importante llevar un cuidadoso registro de todo lo realizado, midiendo y anotando resultados y las curiosidades que hemos ido obteniendo.

Cómo anécdota comentar lo difícil que ha sido encontrar una manera para que no se salga la disolución al colocarla en el simulador de giro. Después de varios intentos lo conseguimos.



Trabajo realizado por alumnos de 4º ESO

Coordinados por los profesores.  
Ana M<sup>a</sup> Martínez Martín y  
Aquilino González González.

Del IES Bezmiliana Rincón de la  
Victoria Málaga.