

¡Experimenta en Física y Química!

ISSN: 2990-0271

Grupo Especializado de **Didáctica** e **Historia** de la **Física** y la **Química**

Real Sociedad Española de Física

R.S.E.F.

RSEQ Real Sociedad Española de Química

Al servicio del ***profesorado*** *desde 1986*

Faraday. Boletín de Física y Química

Número especial con motivo de los 40 años del GEDH de la RSEF y la RSEQ

FARADAY

BOLETÍN DE FÍSICA Y QUÍMICA

- Segunda época –

¡EXPERIMENTA EN FÍSICA Y QUÍMICA!

NÚMERO MONOGRÁFICO PUBLICADO CON MOTIVO DE LOS 40 AÑOS DEL GEDH DE LA RSEF Y LA RSEQ

Luis Moreno Martínez (ed.)

ISSN: 2990-0271
Madrid, 2026

Dialnet

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química
Real Sociedad Española de Física
R.S.E.F.
RSEQ Real Sociedad Española de Química
Al servicio del profesorado desde 1986

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN **3**

DE LAS EXPERIENCIAS DE CÁTEDRA A LA CIENCIA RECREATIVA. EL VALOR DIDÁCTICO, HISTÓRICO Y DIVULGATIVO DE LAS DEMOSTRACIONES EXPERIMENTALES PARA EL PROFESORADO DE FÍSICA Y QUÍMICA · LUIS MORENO MARTÍNEZ 3

DEMOSTRACIONES EXPERIMENTALES DE FÍSICA **8**

EN BUSCA DEL FOCO DE VAN EYCK. MEDIR LA CURVATURA DE UN FAMOSO ESPEJO CONVEXO DEL SIGLO XV · SARA M. ALONSO RUIZ Y RAÚL SUÁREZ GARCÍA 8

¿SE CONSERVA LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO EN LOS CHOQUES? · ANTONIO PÉREZ VICENTE Y JOSÉ GONZÁLEZ LÓPEZ DE GUEREÑU 13

THOMAS SEEBECK Y LA TERMOELECTRICIDAD · CÉSAR SANCHO MARTÍN 17

RADIACTIVIDAD: MEDIDA DE DOSIS RADIACTIVAS Y TIPO DE PARTÍCULAS · EMILIO GONZÁLEZ GALINDO 19

LA CARRERA DEL CALOR: ¿QUÉ METAL GANARÁ? · CARLOS ALONSO ARIAS, AGUSTÍN CEBA HERRERO, CARME LLITERAS SEÑAN Y LLUCIA SANCHO DE LA JORDANA LLABRÉS 23

DEL INVISIBLE AL VISIBLE · CARLOS ALONSO ARIAS, AGUSTÍN CEBA HERRERO, CARME LLITERAS SEÑAN Y LLUCIA SANCHO DE LA JORDANA LLABRÉS 27

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL VALOR DE LA VISCOSIDAD DINÁMICA DE GELES HIDROALCOHÓLICOS CON DISTINTO PORCENTAJE DE ACEITE ESENCIAL DE ROMERO · JOSÉ PLAZA CATALÁN 31

INERCIA E IMPULSO MECÁNICO: ¡TIREMOS DE LA MANTA! · ÁLVARO RANCAÑO BAMBACH 34

FÍSICA A LO BESTIA: INERCIA · ÁLVARO RANCAÑO BAMBACH 36

CUATRO EXPERIENCIAS CON LA FUERZA CENTRÍPETA · FERNANDO CASADEVANTE PANIAGUA, CARMEN MARTÍNEZ HERREROS Y PABLO CASSINELLO ESPINOSA 37

EL FUEGO EN LA COCINA · JESÚS VERDEJA GALÁN 41

LOS HUEVOS DE COLÓN Y TESLA · CÉSAR SANCHO MARTÍN 43

LA TETERA CAPRICHOSA · GUILLERMO MONTERO DOMBRIZ 45

La luz: Cuando la física se convierte en matemáticas · Iván Nadal Latorre 47

Generación de corriente eléctrica con una dinamo: Del laboratorio de Faraday al aula de Energías Renovables · Patricia Simal Campos ... 50

«¡Un video, Galileo!» Videos de Física con orientación didáctica · Germán Ros Magán e Iñigo Rodríguez Arteche 52

Equilibrio estático en palancas · Almudena de la Fuente Fernández .. 59

Tres experimentos con productos caseros para el invierno · Josep Corominas Viñas 64

DEMOSTRACIONES EXPERIMENTALES DE QUÍMICA 69

El agua revela sus secretos · Rafael Cabrera Moscoso 69

La jarra del arcoíris · Guillermo Montero Dombriz 74

Experiencias didácticas con dióxido de carbono e hidrógeno · Jesús Verdeja Galán 78

Fenolftaleína en condiciones extremas · Carlos Moreno Borrallo .. 81

¿Podemos confiar en la etiqueta? · José Juan Sirvent Carbonell 85

El cambio químico · Ana María Carretero Calvo y Noemi Salardón Jiménez 88

Huellas escondidas · David Moldes Plaza 92

La química detrás del espejo · María Teresa García Segura 95

Una luz intensa para iniciar el aprendizaje de la química: La combustión del magnesio en distintos niveles de interpretación · Gabriel Pinto Cañón 99

Simulación del test de alcoholemia con reacciones redox · Jorge Alonso 104

Evaluación del potencial antimicrobiano de plantas medicinales frente a bacterias · Martín Dos Santos, David Leal y Mario Díaz 107

Construcción de pilas con monedas · José Antonio Martínez Pons 112

INTRODUCCIÓN

De las experiencias de cátedra a la ciencia recreativa. El valor didáctico, histórico y divulgativo de las demostraciones experimentales para el profesorado de Física y Química · Luis Moreno Martínez

La experimentación es seña de identidad de la ciencia pasada, presente y futura. Sin embargo, no siempre es el elemento más representativo de su enseñanza. La dispar existencia de desdobles de laboratorio en los centros educativos (realidad en algunos y anhelo en otros), la transformación de laboratorios escolares en aulas por falta de espacios, la escasez de medios, la inexistencia de horas reconocidas para preparar prácticas en el horario lectivo, la ratio o la extensión de los temarios son solo algunos de los muchos factores que condicionan la experimentación en las aulas de Física y Química. Esta problemática no es en absoluto novedosa, pues hunde sus raíces en la historia del profesorado de Física y Química como colectivo profesional.

Desde la creación de los institutos de segunda enseñanza en el ecuador del siglo XIX y la consiguiente conformación de Física y Química como materia escolar (ora enlazada ora disociada), la experimentación ha sido uno de los emblemas de su enseñanza. Así, el gabinete de Física y el laboratorio de Química se conformaron como el "hábitat natural" para el aprendizaje de ambas ciencias. En este marco, las experiencias de cátedra cobraron especial protagonismo. Ante un atento público discente, el docente (muchas veces con ayuda auxiliar) llevaba a cabo diversas experiencias que permitían visionar fenómenos y procesos físicos y químicos que se debían describir e interpretar. Este aspecto es clave, pues ejecutar experimentos ante una audiencia interesada no ha sido, en modo alguno, algo exclusivo del contexto escolar. Así, desde el siglo XVIII, la ciencia (filosofía natural hasta la década de 1830) protagonizó no pocas jornadas y veladas en salones y exhibiciones públicas. Los fenómenos físicos y químicos se convirtieron en divertimentos despertando fascinación, asombro e incluso temor entre los asistentes. Estas experiencias de ciencia recreativa también cristalizaron en numerosas obras de divulgación científica en las que, a través de experimentos, se daban a conocer nociones básicas de diversas cuestiones científico-técnicas. Las demostraciones experimentales, ya sea en su forma de experiencia de cátedra o de ciencia recreativa, son pues prácticas didácticas y divulgativas con un protagonismo dilatado en la historia de la ciencia.

En el ámbito educativo, como sigue ocurriendo en la actualidad, era la disposición del docente ante los medios del centro uno de los factores determinantes para hacer de la experimentación rutina o excepción. Especial mención merecen las primeras décadas del siglo XX. En un contexto de escasez de medios materiales y dados los elevados costes de numerosos artefactos, materiales y reactivos, algunos docentes alzaron la voz para huir de los costosos gabinetes y materiales de laboratorio procedentes de casas comerciales, impulsando una especie de «manualismo científico». Así, a partir de útiles cotidianos, residuos y herramientas fáciles de encontrar en el día a día, el alumnado debía construir artefactos sencillos que permitiesen vislumbrar de forma más clara fenómenos complejos. Esta apuesta didáctica por gabinetes construidos y no prefabricados fue una seña de identidad de la enseñanza de la Física y Química en el primer tercio del siglo

XX, presente tanto en escuelas primarias como en institutos de segunda enseñanza y escuelas normales. En este sentido apuntan diversas fuentes, como los manuales dedicados a la construcción de artefactos a partir de útiles cotidianos. Algunos ejemplos en esta línea son *El gabinete de Física* (1924) de Modesto Bargalló Ardévol, profesor de la Escuela Normal de Maestros de Guadalajara, o *La construcción de un gabinete de Física en la escuela* (1934) de Santiago Díaz Ricarte, maestro nacional de Bilbao. Ambos textos fueron avalados y alabados por la inspección educativa como ejemplos de iniciativas didácticas que se debían promover. Las fuentes hemerográficas también apuntan hacia la promoción de la experimentación con útiles cotidianos como una apuesta didáctica del profesorado de la época. En un artículo publicado en octubre de 1925 en *Revista de Segunda Enseñanza*, José de la Puente Larios, catedrático de Física y Química de instituto en Barcelona, presentaba los artefactos construidos junto a sus estudiantes afirmando que «es evidente que uno de los medios más eficaces para fomentar en un alumno la afición a las ciencias es inducirle a que él mismo construya y realice experimentos con material a su alcance o de fácil adquisición». Esta simplificación y «cotidianización» de la experimentación en Física y Química fue defendida por otros docentes, entre los que cabe destacar a José Estalella Graells, catedrático de Física y Química de instituto que ejerció la docencia en Madrid, Girona, Tarragona y Barcelona. En una serie de dos artículos publicados también en *Revista de Segunda Enseñanza* (órgano de expresión del profesorado de instituto entre 1922 y 1928) en los que relató diversos experimentos de Física y Química, concluía que no se necesitaba «ninguna sustancia extraña» ni «ningún aparato raro» para promover la enseñanza experimental.

Precisamente el caso de Estalella es de gran interés, pues ilustra cómo las experiencias de ciencia recreativa podían ser empleadas también con fines educativos. En su celebérrima obra *Ciencia recreativa* (1918) compartió múltiples demostraciones experimentales en forma de «frivolidades, experimentos vistosos, curiosidades y entretenimientos» para que los estudiantes se aficionasen, pues «las frivolidades a veces han despertado latentes inteligencias» e «insospechadas aptitudes y vocaciones». Esta faceta divulgativa de Estalella osciló en fase con su labor como docente de Física y Química, enriqueciéndose mutuamente. Sin duda ni exageración, un ejemplo a imitar en la actualidad desde la escuela primaria a las enseñanzas universitarias.



Figura 1. Algunas obras para el fomento de la experimentación en Física y Química publicadas en la primera mitad del siglo XX por docentes de distintas etapas educativas.

Este telegráfico recorrido histórico nos muestra las múltiples sinergias entre didáctica y divulgación de la ciencia. También ilustra la pertinencia de conectar ambas áreas con la historia de la ciencia, que nos permite recuperar experiencias de gran valor actual para enseñar y comunicar ciencia a través de la experimentación. Aunque loables, la obra de estos profesores no puede extrapolarse al conjunto del colectivo docente de su época. Así, pese a sus empeños, la experimentación en las aulas solo fue realidad cuando el empeño del docente así lo lograba. Decía Don Manuel Bartolomé Cossío, «dadme un buen maestro y él improvisará el local de la escuela, él inventará el material». Estos docentes son buen ejemplo de ello. Sus manuales y artículos permiten apuntar otra cuestión de gran relevancia y pertinencia: promover la experimentación en Física y Química exige de la circulación de materiales, prácticas y experiencias. En esta línea, la circular de las prácticas experimentales encontró varios problemas, como la falta de formación experimental del profesorado (especialmente en el caso de los maestros) y las dificultades propias de la reproducibilidad de todo experimento científico. Para tratar de paliar ambas, las descripciones detalladas a modo de guion y las ilustraciones de artefactos y experimentos fueron de gran utilidad para compensar la inseguridad inicial del profesorado ante el trabajo experimental y para reducir el efecto del conocimiento tácito inherente a la ejecución de cualquier práctica a partir de un guion establecido.

Desde estas valiosas lecciones que nos brinda la historia de la ciencia y de su didáctica, el Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (GEDH), común a la Real Sociedad Española de Física (RSEF) y la Real Sociedad España de Química (RSEQ) ha convocado los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química en 2026, con motivo de sus 40 años de historia. Dichos premios invitaban al profesorado de Física y Química de Enseñanza Secundaria a compartir demostraciones experimentales elaborando el pertinente guion y vídeo. Los guiones han dado lugar a varios de los artículos incluidos en este número especial de *Faraday. Boletín de Física y Química*. En ellos se incluyen informaciones de interés para reproducir las experiencias en clase. Los vídeos de las demostraciones experimentales se encuentran disponibles en https://www.youtube.com/playlist?list=PLBL8ouD_CO3Q, así como en el código QR de la Figura 2.



Figura 2. Acceso a las demostraciones experimentales presentadas a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química 2026.

El material audiovisual cumple un papel destacado para el uso didáctico y divulgativo de las demostraciones experimentales. Por un lado, permite contribuir a garantizar la reproducibilidad de las mismas, al ilustrar al profesorado cómo pueden llevarlas a cabo en sus clases. Además, puede ser en sí mismo un valioso recurso didáctico si se lleva a cabo su visionado en clase o bien se facilitan los vídeos al alumnado para que pueda verlos en casa, permitiendo así complementar las explicaciones teóricas y ayudar a la comprensión de los distintos conceptos, modelos, leyes y teorías de nuestra materia.

Las líneas anteriores han mostrado cómo la experimentación ha sido entendida de muy diversas formas a lo largo de la historia. Las experiencias de cátedra, a veces asociadas a una enseñanza enciclopédica que asume un rol pasivo en el alumnado, han sido en ocasiones denostadas en aras de promover un aprendizaje más activo y experimental. Las experiencias de ciencia recreativa también han sido cuestionadas, pues si no vienen acompañadas de la pertinente reflexión sobre lo ocurrido corren el riesgo de ser mero espectáculo. Ni siquiera las prácticas de laboratorio al uso han resistido la crítica, habiendo sido calificadas en algunos casos como «recetas de cocina» de las que había que huir en aras de fomentar la indagación, una de las tendencias actuales en la didáctica de las ciencias experimentales. Quien estas líneas escribe no alberga duda alguna: las demostraciones experimentales son valiosas aliadas para el profesorado de Física y Química, cuyo uso debe potenciarse y explorarse. Es en dicho uso didáctico donde está la clave. Muchas demostraciones experimentales, como las que incluye este número especial, pueden ser ejecutadas directamente por el docente, haciendo que el alumnado atienda, presente atención a lo que ocurre y tome nota, cultivando así la observación, una destreza científica básica. Las demostraciones experimentales también pueden ser ejecutadas por alumnos, bajo la atenta mirada de la clase y del docente, e incluso pueden transformarse en experiencias de indagación y prácticas de laboratorio o dar lugar a la participación en una feria científica. Un recurso, las demostraciones experimentales, se convierte así en sustrato de una amplia pléyade de experiencias didácticas que el docente puede desplegar. Para ello es fundamental que abramos nuestras aulas, que recuperemos la demostración experimental como seña de identidad de nuestra asignatura y que apostemos por hacer de la experimentación algo cotidiano y no una excepción en clase de Física y Química. Es, sin duda, un esfuerzo que redundará en una mejor formación científica de nuestro alumnado y en el que, como en tantas otras facetas de la vida y de la docencia, la clave está en la generosidad de compartir. Este número especial da buena cuenta de dicha generosidad por parte del profesorado, tanto de quienes han participado en el certamen enviando sus propuestas como de otros docentes que han enviado artículos sobre el fomento de la experimentación en sus clases. A todos ellos, como a quienes lo hicieron décadas ha, mi sincera admiración y gratitud.

Luis Moreno Martínez
Profesor de Física y Química del IES Enrique Tierno Galván de Parla (Madrid)
Presidente del GEDH RSEF-RSEQ y editor de *Faraday. Boletín de Física y Química*
Contacto: luis.morenomartinez@educa.madrid.org

Bibliografía

- Moreno Martínez, L. (2026). «Ciencia no vista nacer y formar por quien en ella va a iniciarse es ciencia muerta». La física en las aulas españolas de la década de 1920, un legado por divulgar. *Revista Española de Física,* 40(1), pp. 15-21.
- Bargalló, M. (1924). *El gabinete de Física.* Reus: Sardá
- Díaz Ricarte, S. (1934). *La construcción de un gabinete de Física en la escuela.* Bilbao: Caja de Ahorros y Monte de Piedad Municipal.
- Estalella, J. (1918). *Ciencia recreativa.* Barcelona: Gustavo Gili.
- De la Puente Larios, J. (1925). El material de nuestras clases. *Revista de Segunda Enseñanza*, 17, p. 503.
- Estalella, J. (1926). La simplificación del material escolar de Física y Química. Segunda parte: Simplificaciones en la experimentación química. *Revista de Segunda Enseñanza*, 20, p. 81.



DEMOSTRACIONES EXPERIMENTALES DE FÍSICA

En busca del foco de Van Eyck. Medir la curvatura de un famoso espejo convexo del siglo XV · Sara M. Alonso Ruiz y Raúl Suárez García

Esta experiencia ha sido galardonada con el PRIMER PREMIO en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración nace de un cuadro. En el *Retrato de Giovanni Arnolfini y su esposa* (Jan van Eyck, 1434) hay un pequeño espejo convexo que devuelve la habitación entera. Un ejercicio de nuestro libro de texto de 2.º Bachillerato da las medidas del cuadro y pide calcular el radio de curvatura de ese espejo. Con sus datos sale R ≈ 77 cm. Nosotros medimos espejos convexos reales para preguntarnos si ese número puede ser cierto. Con ello se pretende que el alumnado:

- **Distinga imagen real de imagen virtual por sus consecuencias**, no por su definición: viendo en directo que la imagen de un espejo cóncavo se recoge en una pantalla y la de uno convexo no.
- **Comprenda cómo se mide lo que no se puede tocar**: la imagen virtual se fotografía, se mide sobre la foto y de cada fotografía se despeja la focal con la ecuación del espejo.
- **Trate una medida como lo que es**: un conjunto de valores con dispersión. La media de las focales de cada foto y su desviación son el resultado, y la incertidumbre forma parte de él, no es un adorno.
- **Descubra que del papel al laboratorio hay un trecho**: el instrumento (la cámara) deja su huella en los datos, y esa huella se modela y se descuenta en lugar de ignorarse.
- **Valore la validación por un método independiente**: el radio del espejo grande se contrasta con una medida puramente geométrica (la sagita), y se discute la discrepancia con sus incertidumbres.
- **Ponga la física en diálogo con el arte**: el campo de visión de un espejo convexo permite contrastar el resultado de un ejercicio con lo que el pintor representó, y entender por qué el espejo de 1434 tenía que ser como es.

Fundamento

Imagen virtual. Un espejo convexo forma siempre una imagen virtual, derecha y menor, situada detrás del espejo. Se ve, porque el ojo o el objetivo hacen converger los rayos divergentes, pero no existe ningún punto del espacio donde esos rayos se corten: no puede recogerse en una pantalla ni localizarse con una regla. El método clásico de enfocar sobre una pantalla, válido para lentes y espejos cóncavos, aquí no sirve.

La ecuación del espejo. Con el convenio de signos DIN (luz de izquierda a derecha, distancias positivas hacia la derecha del vértice), la ecuación del espejo esférico y el aumento lateral (A) son:

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f'} \qquad A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \tag{1}$$

En el espejo convexo el centro de curvatura queda detrás ($R > 0$), el objeto delante ($s = -|s|$) y la imagen detrás ($s' = |s'|$). Sustituyendo $s' = A \cdot |s|$ en (1), la distancia imagen desaparece: la focal queda en función de dos cosas medibles, el aumento y la distancia del objeto:

$$\frac{1}{A} = 1 + \frac{|s|}{f} \tag{2}$$

De cada fotografía, con su $|s|$ y su A, se despeja una focal f; con ella, $R = 2f$. No hace falta medir nunca dónde está la imagen.

La cámara también cuenta. La altura y' no se mide sobre la imagen, sino sobre una fotografía, usando el diámetro del espejo como escala. Pero el borde del espejo está a una distancia D de la cámara y la imagen virtual está más lejos, a $D + |s'|$; en cualquier foto lo más lejano sale más pequeño, así que la imagen medida aparece reducida en el factor $D/(D + |s'|)$. Al incorporar esto a (2) y usar que $|s'|/A = |s|$, el término de perspectiva no depende de f y la relación completa es:

$$\frac{1}{A} = 1 + |s| \left(\frac{1}{f} + \frac{1}{D}\right) \tag{3}$$

La corrección es exacta, no añade parámetros libres y solo pide medir D con la cinta. Su peso es f/D: un 6 % con la cámara a 5 m del espejo grande, un 28 % con la cámara a 70 cm del espejo pequeño. Omitirla haría que la focal dependiera de dónde se coloca la cámara, lo que no tiene sentido físico.

El patrón mecánico: la sagita. Un espejo convexo es un casquete esférico. Si se apoya una regla sobre él, toca solo el vértice y en el borde queda un hueco h (la sagita o flecha). Con el radio del espejo (media cuerda), el triángulo rectángulo entre el centro de la esfera, el vértice y el borde da por Pitágoras $(R - h)^2 + a^2 = R^2$, es decir:

$$R = \frac{a^2}{2h} + \frac{h}{2} \tag{4}$$

Es una medida independiente de la óptica, pero hipersensible: como $R \approx a^2/2h$, el error relativo de R es el de h, y un milímetro en la sagita del espejo grande mueve el radio un 6 %. En el espejo pequeño la sagita es de tres décimas de milímetro y no puede medirse; ahí solo queda el método óptico.

Cuánto mundo cabe en un espejo. Para un observador lejano, los rayos que llegan al ojo son paralelos al eje. En el borde del espejo la normal pasa por el centro de la esfera y forma con el eje un ángulo α tal que $\operatorname{sen} \alpha = a/R$; el rayo reflejado sale a 2α del eje, y el del borde opuesto a -2α. El campo abarcado es por tanto

$$campo = 4\, arcsen\left(\frac{a}{R}\right) \tag{5}$$

No depende del tamaño del espejo sino de qué trozo de esfera es. Un espejo plano ($R \to \infty$) solo devuelve lo que tiene enfrente; media esfera lo devuelve todo.

Contexto histórico. La reflexión en espejos esféricos la estudia de forma sistemática Ibn al-Haytham (Alhacén, s. XI) en su *Kitāb al-Manāẓir*; traducido al latín, funda la óptica perspectivista medieval (Bacon, Witelo, Pecham), que es la que se enseñaba en Europa cuando Van Eyck pinta en 1434. La noción de imagen virtual y la aproximación paraxial llegan con Kepler (1604). Un dato técnico es decisivo aquí: en el siglo XV no se sabía fabricar espejos planos de calidad. Un espejo se hacía soplando un globo de vidrio, vertiendo dentro metal fundido y recortando un casquete. El resultado era necesariamente convexo y pequeño; su forma no es una elección estética sino una consecuencia tecnológica.

Materiales

- Espejo convexo del banco óptico ENOSA conservado en el departamento (Ø 2,89 cm), y espejo cóncavo del mismo banco para el contraste inicial.
- Espejo convexo de seguridad, de ferretería (Ø 29,3 cm).
- Objeto de altura conocida para cada espejo (3,485 cm para el ENOSA; 72,8 cm para el grande), pantalla blanca.
- Teléfono móvil con teleobjetivo, sobre trípode, con exposición, enfoque y zoom bloqueados; cinta métrica, regla y calibre.
- Ordenador con ImageJ (software libre) y hoja de cálculo. Reproducción en gran formato del cuadro.

Procedimiento experimental

0. **El cuadro y la pregunta.** Se presenta el *Retrato de Giovanni Arnolfini*: qué es, cuándo se pintó, y el papel del espejo convexo en él (amplía el campo de visión y mete en la escena la calle, al pintor y a los testigos). Se cuenta que el cuadro estuvo en el Alcázar de Madrid, que Velázquez pudo estudiarlo y que su huella está en *Las meninas*. Y se plantea la pregunta que guía la demostración: ¿cómo se determina el radio de curvatura de un espejo así, y era posible que un espejo de 1434 mostrase lo que el pintor mostró en el cuadro?
1. **Ver y no poder atrapar.** Con el espejo cóncavo se recoge en la pantalla la imagen de una ventana o de una bombilla; con el convexo se intenta lo mismo, delante y detrás, y no aparece nada, aunque la imagen se vea con claridad. Se fija con el alumnado la diferencia entre ver una imagen y recogerla.
2. **Montaje.** Espejo, objeto y cámara alineados a la misma altura. Se mide con la cinta la distancia cámara–vértice D (70 cm en el pequeño, 5,00 m en el grande) y con el calibre el diámetro de la zona reflectante. La cámara no se toca entre tomas.
3. **Serie de fotografías.** Cinco distancias objeto–vértice $|s|$ (de 10 a 40 cm en el ENOSA, de 1 a 4 m en el grande). Antes de cada toma se pide al alumnado anticipar si la imagen crecerá o menguará.
4. **Medida sobre la foto.** En ImageJ se fija la escala con el diámetro del espejo y se mide la altura de la imagen y' en cada fotografía. Se calcula $A = y'/y$.

5. **Análisis.** De cada fotografía se despeja su focal con (3): $1/f = (1/A - 1)/|s| - 1/D$. Se obtienen cinco valores de f; el resultado es su media, y la desviación típica de los cinco es la incertidumbre. $R = 2f$.
6. **Contraste mecánico.** En el espejo grande se mide la sagita apoyando una regla en el vértice y midiendo el hueco en el borde con el calibre; se calcula R con (4), con su incertidumbre, y se compara con el valor óptico.
7. **Vuelta al cuadro.** Con (5) se calcula el campo de visión de cada espejo y el que necesitaría el espejo del matrimonio Arnolfini para mostrar lo que muestra.

Conclusiones

Resultados. Espejo ENOSA: las cinco fotografías dan focales que coinciden entre sí dentro de un 4 %; **f = 19 ± 1 cm, R = 39 ± 2 cm**. Es la primera determinación de este espejo, y la única posible: su sagita sería de 0,3 mm. Espejo grande: las cinco focales coinciden dentro de un 3 %; **f = 30 ± 1 cm, R = 60 ± 2 cm**. La sagita medida (h = 1,61 cm, a = 14,65 cm) da R = 67 ± 4 cm, donde los ± 4 cm vienen casi enteros del milímetro de incertidumbre en h. Los dos intervalos no se solapan, pero la diferencia, 7 ± 4 cm, es compatible con cero a 1,6σ: los métodos son coherentes dentro de sus errores. El sospechoso es el mecánico, por su sensibilidad a h y porque bastan 2 mm de sagita (una regla apoyada en el marco y no en el vidrio) para explicar la diferencia. Presentar los dos y discutir la discrepancia enseña más que un solo número que «sale bien».

Del papel al laboratorio. Sin la corrección de perspectiva, el espejo pequeño habría dado 15 cm en vez de 19, con cinco focales igual de coherentes entre sí: la dispersión no avisa de un sesgo que afecta a todas las fotos por igual. La lección es que el modelo del experimento incluye al instrumento que mide, y que un resultado bonito no es garantía de resultado correcto.

El cuadro. Aplicando (5):

Espejo	Ø	R	a/R	Campo
Espejo convexo de seguridad (medido)	29,3 cm	60 cm	0,244	56°
El del cuadro, con el R del ejercicio del libro	30 cm	77 cm	0,195	45°
El del cuadro, con lo que Van Eyck pinta	30 cm	26 cm	0,574	140°

Tabla 1. Resultados obtenidos.

Nuestro espejo grande mide 29,3 cm de diámetro y las cinco fotografías dan f = 30 ± 1 cm, es decir, R = 60 ± 2 cm: con (5), un campo de visión de 56°. El del Arnolfini tiene un diámetro parecido —unos 30 cm, deducidos del tamaño de los esposos— y en él caben las dos paredes, la ventana, la cama, el techo y la puerta por la que entran dos personas: unos 140°, dos veces y media lo que abarca el nuestro. Con ese diámetro, 140° exigen un radio de unos 26 cm; no un espejo casi plano, sino un casquete profundo, con el radio por debajo de su propio diámetro ($R \approx 0{,}87$ Ø, sea cual sea la escala). La forma encaja con la técnica del siglo XV, que cortaba el casquete de un globo de vidrio soplado. Lo que no encaja es el tamaño: ese globo mediría 52 cm, y los sopladores de entonces trabajaban con globos de menos de diez centímetros, de los que salían espejos de mano.

El ejercicio del libro de texto de Física de 2.º Bachillerato de la Editorial Casals, que plantea justamente el cálculo de este radio, llega a R ≈ 77 cm; con 30 cm de diámetro eso son 45°, y con 45° no cabrían en el espejo ni la ventana ni la cama. El desajuste tiene causa: (2) es una aproximación paraxial y este espejo trabaja a 70° del eje. Así que Van Eyck no se saltó la óptica —el espejo que pintó es coherente consigo mismo—, pero difícilmente pudo existir: el catálogo de la National Gallery ya advierte que está pintado más grande de lo que se sabía fabricar entonces (Campbell, 1998), y nuestras cuentas dicen por qué. Queda además lo más útil en clase: el tamaño de un espejo no dice nada de su curvatura, y con la Física de 2.º Bachillerato se puede contrastar un resultado publicado. La física del aula corrige al ejercicio y confirma al pintor.

Lo que hemos aprendido nosotros. Cuando se quiere enseñar un concepto llevándolo a un caso práctico, lo que se le muestra al alumnado es la parte real de la física: la que explica el mundo, pero no con verdades absolutas ni rígidas, sino con aproximaciones que sirven para la gran mayoría de los casos. Al ponerse a estudiar un caso concreto aparecen sus dificultades (una imagen que no se deja medir, una cámara que deforma, una regla que apoya donde no debe) y hay que aplicar lo aprendido para seguir aproximándose. Diseñar esta demostración nos ha obligado a recorrer ese camino entero, y creemos que eso es precisamente lo que merece la pena que el alumnado vea.

Sara M. Alonso Ruiz* y **Raúl Suárez García**
IES Alisal, Santander
*Contacto: alonsoruizsara@gmail.com

Biografía

- Apio, J. Manel- Gómez, P. (2019). Física, 2.º Bachillerato. Casals Unidad 8, «Física en contexto: El matrimonio Arnolfini, de Jan van Eyck», p. 288.
- Criminisi, A., Kemp, M. y Kang, S. B. (2004). Reflections of Reality in Jan van Eyck and Robert Campin. *Historical Methods*, 37(3), 109–122.
- González-Cano, A. (2015). Alhacén: una revolución óptica. *Arbor,* 191(775), a262.
- Kemp, M. (2000). *La ciencia del arte. La óptica en el arte occidental de Brunelleschi a Seurat.* Akal.
- Panofsky, E. (1934). Jan van Eyck's Arnolfini Portrait. *The Burlington Magazine*, 64, 117–127.
- National Gallery, Londres. The Arnolfini Portrait, ficha NG186.
- Experimento en el que nos hemos inspirado: práctica de banco óptico «Reflexión en espejo convexo» (PHYWE), de la que se toma la idea de medir el aumento a varias distancias.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial. Se han empleado herramientas de IA generativa (Claude) como apoyo en el análisis de los datos, en la deducción de la corrección de perspectiva, en la generación de las figuras y animaciones con Python, en la elaboración de los documentos de apoyo y como apoyo y revisor de este guion. El diseño de la demostración, la toma de medidas, la interpretación física y las decisiones sobre el contenido son de los autores.

¿Se conserva la cantidad de movimiento en los choques? · Antonio Pérez Vicente y José González López de Guereñu

Esta experiencia ha sido galardonada con el SEGUNDO PREMIO en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

El objetivo fundamental de la experiencia es comprobar la conservación de la cantidad de movimiento en un choque. El contenido puede incluirse en el currículo de 4º de ESO y de 1º de Bachillerato.

Fundamento

La cantidad de movimiento, o momento lineal, $\boldsymbol{p} = m \cdot \boldsymbol{v}$, es una magnitud de fácil comprensión para el alumnado, ya que les parece "lógico" que dependa de forma directamente proporcional de la masa, m, y de la velocidad, v. Descartes, a mediados del s. XVII, fue el primero en plantear este concepto, pero fue Newton quien lo formalizó y lo definió como una magnitud vectorial. Esta magnitud, en ausencia de fuerzas externas (o si la resultante de las fuerzas externas es nula), permanece constante; es el Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Formalmente, lo podemos deducir a partir de la 2ª ley de Newton: $\boldsymbol{F} = d\boldsymbol{p}/dt$. Si $\boldsymbol{F}_{ext} = 0$, implica que $d\boldsymbol{p}/dt = 0$ y, por tanto, $\boldsymbol{p}$ = cte. En el caso de los choques: $m_1 \cdot \boldsymbol{v}_1 + m_2 \cdot \boldsymbol{v}_2 = m_1 \cdot \boldsymbol{v}_1' + m_2 \cdot \boldsymbol{v}_2'$. Sin embargo, que dicha magnitud se conserve en los choques, tanto elásticos como inelásticos, plantea dudas al alumnado, ya que la energía cinética no lo hace en los choques inelásticos y la pérdida de dicha energía la suelen asociar a que también puede haber una pérdida de cantidad de movimiento. Por ello, es interesante aproximarnos a dicho principio de una forma experimental.

Materiales

Se han utilizado los materiales del PSSC (*Physical Science Study Committee*), en concreto el denominado colisión en dos dimensiones (*collision in two dimension kit* nº 400) que consta de un soporte de metal al que se acopla una regla flexible para conseguir una rampa. Se incluyen también varias esferas de acero, tornillos tope, plomada y elementos de sujeción para colocar el dispositivo en una banqueta o similar. Otros materiales empleados son: cronómetro, papel milimetrado, papel calco y pieza separadora de esferas. En el IES Isabel La Católica de Madrid disponemos de un completo conjunto de materiales de laboratorio (27 kits diferentes con varias unidades de cada uno) desarrollados para el proyecto PSSC a principios de los años 60 en EE.UU. y distribuidos en algunos centros educativos de España. La característica fundamental de los materiales es su sencillez de diseño y funcionalidad: con componentes en algunos casos muy simples se pueden realizar experiencias con las que investigar una gran variedad de fenómenos físicos.



Figura 1. Montaje experimental.

Procedimiento experimental

Se dispone de una rampa con una regla adosada situada sobre una banqueta. Se deja caer una bola desde lo alto de la rampa y, al llegar a la base, chocará con otra esfera colocada sobre un soporte, ligeramente desplazado. Esto hará que en el choque las bolas salgan con direcciones distintas y caigan hasta una zona donde hemos puesto papel milimetrado y papel de calco para que, al golpear en el suelo, podamos medir qué distancias alcanzan. El tiempo de caída libre de ambas bolas es el mismo, por lo que, midiendo los alcances de cada una, podemos calcular sus velocidades horizontales justo después del choque.



Figura 2. Detalle del procedimiento experimental.

Resultados: ¿Se conservará la cantidad de movimiento en el choque de las dos bolas?

Para comprobarlo, hacemos una experiencia previa:

1. Cálculo de la cantidad de movimiento antes del choque: $p_0 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot 0$. Dejamos caer la bola 1, sin que choque con la bola 2, y medimos su alcance (distancia en horizontal desde el punto de caída). Repetimos la experiencia cuatro veces y calculamos el valor medio de los alcances. La velocidad horizontal en la base de la rampa, v_1, la podemos calcular de dos modos, tal y como se recoge en la Figura 3.

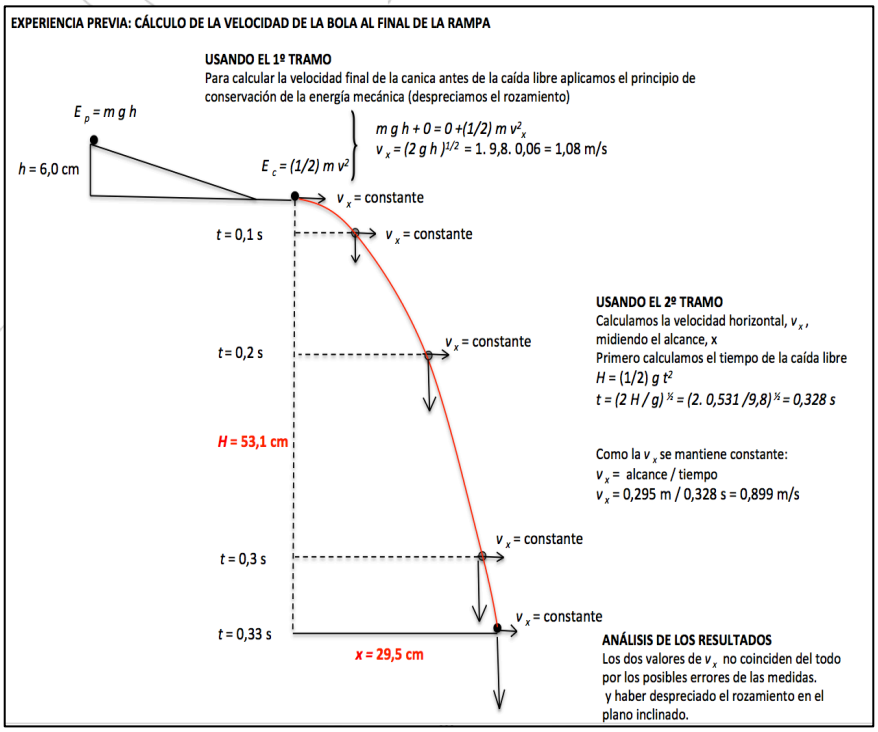


Figura 3. Estudio cinemático de la experiencia previa.

2. Cálculo de la cantidad de movimiento después del choque: $p_f = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$

Para ello, llevamos a cabo la experiencia del choque de las dos bolas.

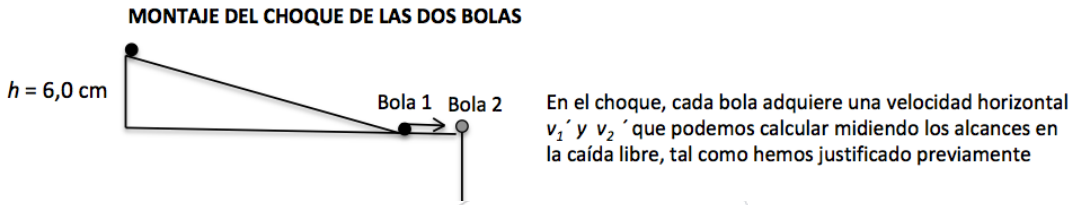


Figura 4. Detalle del montaje del choque de las dos bolas.

Para calcular la cantidad de movimiento final necesitamos conocer las velocidades justo después del choque. Como ya hemos descrito anteriormente, el tiempo de caída es el mismo para las dos bolas, por lo que las velocidades horizontales, v_1' y v_2' después del choque serán proporcionales a los alcances. A partir de los puntos de caída de las bolas (4 medidas) podemos representar gráficamente los vectores cantidad de movimiento para las dos esferas, calcular la suma de ambos y compararlo con la cantidad de movimiento inicial (Figura 5). Gráficamente se observa que la cantidad de movimiento, p, prácticamente se conserva: $p_0 = p_f$

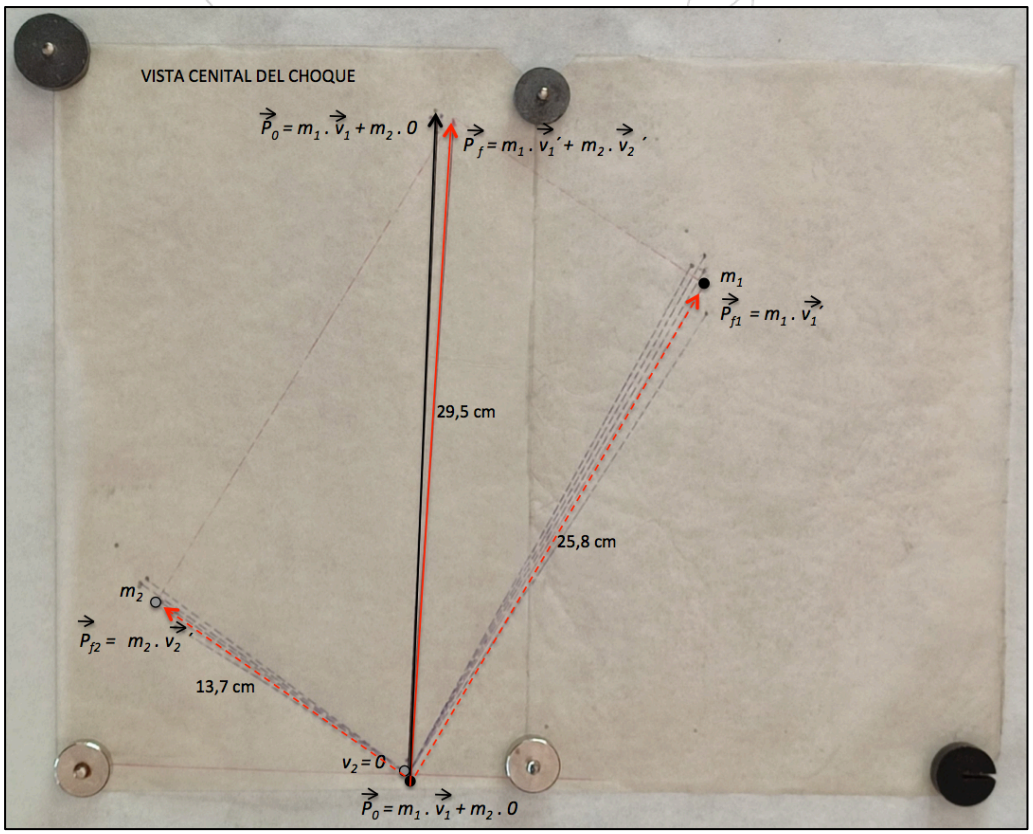


Figura 5. Representación gráfica de los vectores cantidad de movimiento para las dos esferas que permite colegir su conservación.

Adicionalmente, se pueden medir los ángulos y, aplicando la trigonometría, comprobar cuantitativamente el principio de conservación de la cantidad de movimiento. Las dos canicas son iguales, por lo que no hace falta el valor de sus masas para demostrar el principio de conservación (al ser la misma, se eliminan a ambos lados de la igualdad), pero si se quiere calcular el módulo de cada cantidad de movimiento, habría que medirlas en una balanza.

Conclusiones

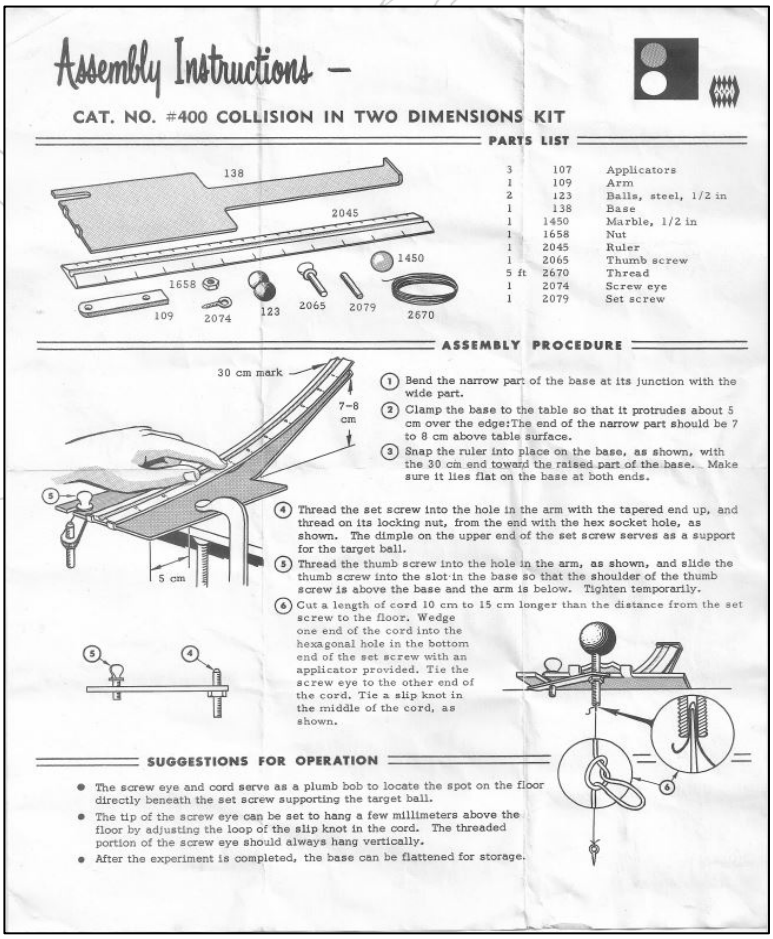
La experiencia permite comprobar el principio de conservación de la cantidad de movimiento en un choque, usando conocimientos de cinemática (lanzamiento horizontal, caso especial del tiro parabólico) y/o el principio de conservación de la energía mecánica. En el vídeo se puede observar también que el tiempo de caída de las dos esferas de acero es el mismo, independientemente de la velocidad horizontal de cada bola, hecho que sorprende a los alumnos y que capta su interés.

Antonio Pérez Vicente* y **José González López de Guereñu**
IES Isabel La Católica, Madrid
*Contacto: antoniopv4@gmail.com

Bibliografía

- *Guía del laboratorio de Física, PSSC* (1977). (Trad. J. Aguilar Peris). (edición internacional). Reverte.
- *Física PSSC* (1966). (Trad. J. Aguilar Peris). (2ª edición). Reverte.
- *Guía del profesor de Física, PSSC* (1972). (Trad. J. Aguilar Peris). (edición internacional). Reverte.

Se han utilizado las instrucciones de montaje del kit nº 400 del PSSC, que muestran el listado de los materiales y describen cómo realizar una experiencia similar (Figura 6).


Assembly Instructions —

CAT. NO. #400 COLLISION IN TWO DIMENSIONS KIT

PARTS LIST

3	107	Applicators
1	109	Arm
2	123	Balls, steel, 1/2 in
1	138	Base
1	1450	Marble, 1/2 in
1	1658	Nut
1	2045	Ruler
1	2065	Thumb screw
5 ft	2670	Thread
1	2074	Screw eye
1	2079	Set screw

ASSEMBLY PROCEDURE

1. Bend the narrow part of the base at its junction with the wide part.
2. Clamp the base to the table so that it protrudes about 5 cm over the edge: The end of the narrow part should be 7 to 8 cm above table surface.
3. Snap the ruler into place on the base, as shown, with the 30 cm end toward the raised part of the base. Make sure it lies flat on the base at both ends.
4. Thread the set screw into the hole in the arm with the tapered end up, and thread on its locking nut, from the end with the hex socket hole, as shown. The dimple on the upper end of the set screw serves as a support for the target ball.
5. Thread the thumb screw into the hole in the arm, as shown, and slide the thumb screw into the slot in the base so that the shoulder of the thumb screw is above the base and the arm is below. Tighten temporarily.
6. Cut a length of cord 10 cm to 15 cm longer than the distance from the set screw to the floor. Wedge one end of the cord into the hexagonal hole in the bottom end of the set screw with an applicator provided. Tie the screw eye to the other end of the cord. Tie a slip knot in the middle of the cord, as shown.

SUGGESTIONS FOR OPERATION

- The screw eye and cord serve as a plumb bob to locate the spot on the floor directly beneath the set screw supporting the target ball.
- The tip of the screw eye can be set to hang a few millimeters above the floor by adjusting the loop of the slip knot in the cord. The threaded portion of the screw eye should always hang vertically.
- After the experiment is completed, the base can be flattened for storage.

Figura 6. Instrucciones del kit nº 400 del PSSC.

Thomas Seebeck y la termoelectricidad · César Sancho Martín

Esta experiencia ha sido galardonada con el TERCER PREMIO en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

A veces en una demostración experimental utilizamos herramientas más complejas y modernas que aquello que tratamos de presentar. Ocurre entonces que desdibujamos lo que pretendemos. Por eso, es importante reconstruir el montaje original del investigador y así ver su mérito y las condiciones en que se produjo el descubrimiento. Thomas Seebeck (1770 – 1831), licenciado en medicina, pero estudioso e investigador en física, descubrió en 1826 que podía producirse una fuerza electromotriz por procedimientos puramente térmicos en un circuito compuesto por dos metales distintos cuyas soldaduras se mantienen a temperaturas diferentes. Este efecto lleva su nombre.
Esto ocurrió en una época de grandes avances en el electromagnetismo. Su investigación fue impulsada por el, entonces, descubrimiento de Oersted (1820).

Objetivos

El conocimiento del efecto Seebeck como uno de los fenómenos termoeléctricos ha sido la base de un instrumento tan importante como el termopar determinante en variadas aplicaciones de medición. Y, por supuesto, como me refería antes, al reconocimiento del trabajo de investigadores de ocho siglos atrás que conseguían avances con un mínimo de medios y gran esfuerzo. La demostración como conocimiento de apoyo al programa de física es más propio del segundo de bachillerato en su tema de electromagnetismo. Pero como curiosidad científica dentro de la historia podría utilizarse desde 4.º ESO.

Fundamento

La fuerza electromotriz se produce por el hecho de que la densidad de electrones libres en los metales difiere de uno a otro y, para un metal dado, depende de la temperatura.
Cuanto más alta sea la temperatura, en un metal, los electrones libres vibran más, tienen más energía térmica. Al calentar un extremo de una barra de metal los electrones de ese extremo se moverán más. Por tanto, se separarán más en ese extremo que en el otro.
Así que cuando se unan dos metales distintos para formar dos soldaduras y estas se mantienen a temperaturas diferentes, la difusión de electrones en las soldaduras se produce a ritmos distintos. Entonces hay un movimiento neto de electrones, como si estos fueran accionados por un campo electrostático y se estableciera una diferencia de voltaje. Un experimento que efectuó por primera vez Oersted en 1820 demuestra que una corriente que conduce un conductor produce un campo magnético. La dirección de ese campo se deduce de la ley de Ampere. Si el conductor se agarra en la mano derecha con el pulgar en dirección de la corriente, los dedos dan vuelta en la dirección del campo en la forma que se desvía una aguja magnética. Nótese que en este caso la aguja se encuentra debajo de la corriente.

Materiales

- Listón de cobre de 33 cm de largo y listón de hierro o acero de 23 cm. Los anchos son los que se consigan porque no son críticos.
- Tornillos y tuercas para unir los metales y así evitar la soldadura que es compleja y costosa.
- Termopar como suplemento del multímetro. Jeringuilla de plástico a la que se le agujerea para pasar la soldadura.
- Mechero de butano de cualquier clase y cubitos de hielo para cada extremo de las barras.
- Aguja magnética y alfiler para soportarla.

Procedimiento experimental

Es tan sencillo como se indica en el video en el que también se propone otro montaje más simple y como se representa en la imagen.

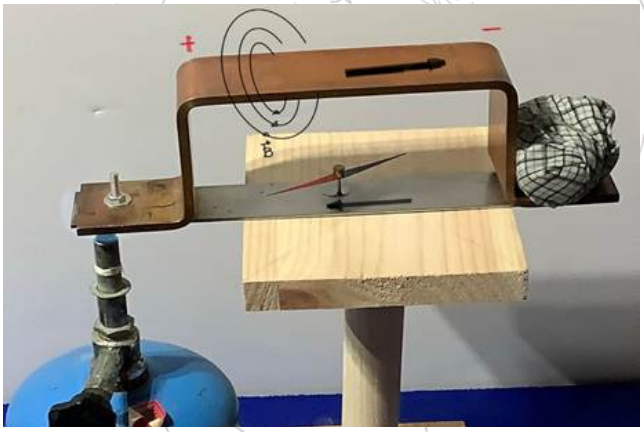


Figura 1. Montaje experimental para la demostración del efecto termoeléctrico.

Conclusión

Tanto la reconstrucción, lo más aproximada posible, como el uso del reciclaje son valores añadidos a una demostración sobre experiencias de la física. Es descubrir un descubrimiento con permiso de la repetición.

Y si hacemos uso de la historia de la ciencia, la demostración, adquiere mayor sentido.

César Sancho Martín
IES Benjamín (Tudela, Navarra)
Contacto: csancho25@gmail.com

Referencias:

- Física. Sears- Zemanski. Editorial Aguilar.
- Física. Serway. Editorial Mc Graw Hill.
- Electricidad, Museo de las ciencias de Londres. Editorial Altea.
- Introducción a la ciencia. Asimov, Editorial Plaza y Janés.

Radiactividad: Medida de dosis radiactivas y tipo de partículas · Emilio González Galindo

Esta experiencia ha sido galardonada con una MENCIÓN DE HONOR en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental está dirigida a alumnado de 4.º ESO, dentro del bloque de modelos atómicos y estructura atómica. Además, se aborda el desarrollo de competencias específicas como la interpretación de fenómenos físicos, el análisis de datos experimentales y la aplicación del conocimiento científico a contextos reales. En ella, se concretan los siguientes objetivos:

- Comprender la naturaleza de la radiactividad como proceso de desintegración nuclear espontánea.
- Diferenciar los tipos de radiación (α, β y γ) en función de su poder de penetración e ionización.
- Interpretar datos experimentales, desarrollando habilidades de análisis y tratamiento de datos.
- Relacionar los resultados experimentales con modelos teóricos (en este caso, modelo nuclear de Rutherford).
- Aplicar el conocimiento científico a la resolución de un caso real contextualizado (caso Litvinenko).
- Desarrollar el pensamiento crítico mediante la formulación de múltiples hipótesis, entendiendo que en ciencia no siempre existe una única solución cerrada.
- Valorar la importancia de la radiactividad en la sociedad actual (medicina, energía, industria), y sus implicaciones en seguridad y salud.

Fundamento

La radiactividad es un fenómeno físico descubierto de manera accidental en 1896 por el físico francés Henri Becquerel, al observar que ciertas sales de uranio emitían radiación de forma espontánea. Este hallazgo fue posteriormente desarrollado por Marie y Pierre Curie, quienes aislaron nuevos elementos radiactivos como el polonio y el radio, sentando las bases de la física nuclear moderna.
A comienzos del siglo XX, Ernest Rutherford profundizó en el estudio de la radiactividad y clasificó las emisiones en tres tipos fundamentales según su naturaleza y comportamiento (ver Figura 1):

- **Radiación alfa (α)**: formada por núcleos de helio (dos protones y dos neutrones). Presenta un alto poder de ionización, pero una baja capacidad de penetración, siendo detenida fácilmente por una hoja de papel o incluso por la piel humana.

- **Radiación beta (β)**: constituida por electrones o positrones emitidos a gran velocidad. Posee una capacidad de penetración intermedia, pudiendo atravesar el papel, pero siendo frenada por láminas finas de aluminio.
- **Radiación gamma (γ)**: radiación electromagnética de alta energía, sin masa, ni carga. Tiene un alto poder de penetración, siendo necesario el uso de materiales densos como el plomo para atenuarla significativamente.

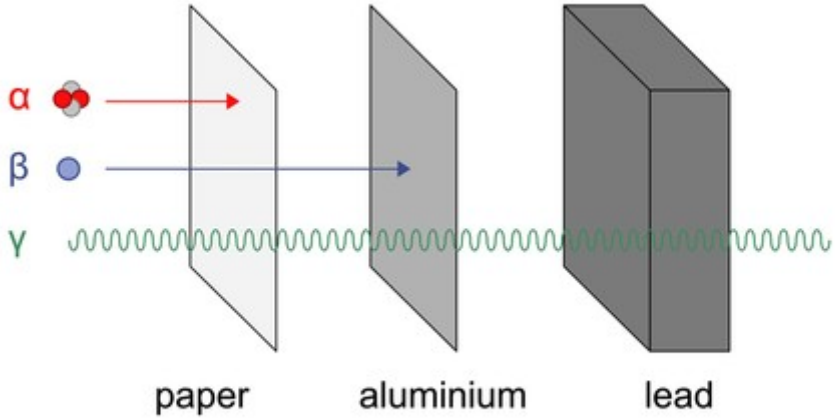


Figura 1. Tipos de partículas radiactivas y poder de penetración

Estos estudios fueron fundamentales para comprender la estructura interna del átomo, contribuyendo directamente al desarrollo del modelo atómico de Rutherford, abriendo el camino a la física nuclear y transformando profundamente la ciencia del siglo XX.

Materiales y procedimiento experimental

En esta práctica vamos a estudiar la naturaleza de la radiación emitida por distintas muestras radiactivas, analizando su comportamiento al atravesar diferentes materiales. Para ello se empleará un dispositivo llamado contador Geiger-Müller, que está diseñado para generar una señal acústica cada vez que lo atraviesa una partícula radiactiva. Emplearemos las unidades estándar en esta disciplina: $\frac{\mu Sv}{h}$.

Para la realización de la práctica se emplean los siguientes materiales:

- Contador Geiger-Müller y sistema de registro de datos.
- Fuentes radiactivas: Cobalto-60, Americio-241 y Estroncio-90.
- Filtros de diferentes materiales: papel, hoja/disco de aluminio y disco de plomo.
- Ordenador o dispositivo digital con acceso a Internet.

La práctica se desarrolla mediante un laboratorio remoto, lo que permite al alumnado interactuar con un sistema real de medida de radiación en condiciones controladas. El procedimiento se describe a continuación, paso a paso:

1. Elegir una de las fuentes radiactivas disponibles (Americio-241, Estroncio-90 o Cobalto-60).
2. Fijar la distancia entre la fuente radiactiva y el detector en 15 mm, y seleccionar un tiempo de integración de 10 s y un número de 3 repeticiones.
3. Realizar una primera medida sin aplicar ningún filtro.
4. Repetir la medida, pero ahora colocando sucesivamente los diferentes filtros: hoja de papel, hoja de aluminio, disco de aluminio y disco de plomo.
5. Replicar todo el procedimiento para las otras dos muestras radiactivas y determinar el valor medio de las desintegraciones, según cada filtro aplicado (en la Tabla 1 aparece una propuesta para organizar los datos de forma ordenada, para cada muestra).
6. Representar gráficamente los datos obtenidos:
   - Una gráfica por cada muestra (desintegraciones Vs tipo de filtro).
   - Comparativa: los datos de las 3 muestras en una sola gráfica.

Muestra radiactiva:				
Filtro	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida	Promedio $\left(\frac{\mu Sv}{h}\right)$
Sin filtro				
Papel				
Papel aluminio				
Disco Aluminio				
Disco Plomo				

Tabla 1. Propuesta de organización para los datos recogidos de cada muestra

Conclusiones

A partir del análisis de los resultados experimentales obtenidos, se extraerán las siguientes conclusiones, recogidas en un informe científico (incluyendo las gráficas):

- Identificar el tipo de radiación emitida por cada muestra, en función de su comportamiento frente a distintos materiales.
- Aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución del caso Litvinenko, dando respuesta razonada a las siguientes cuestiones:
  - ¿Qué tipo de partículas emite el polonio?
  - ¿Cómo influye en el cuerpo humano ingerirlo disuelto en un líquido?
  - ¿Pudieron verse afectados los que manipularon esta sustancia, incluso usando recipientes de plástico?
- Para la puesta en común: valorar el papel de la radiactividad en la sociedad actual, en cuanto a aplicaciones, riesgos e implicaciones éticas.

Emilio González Galindo
Colegio La Asunción (Granada)
Contacto: *emiliogonzalez@asunciongranada.es*

Bibliografía

- LabsLand Remote Laboratories. https://labsland.com
- Knoll, G. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). https://www.iaea.org
- Contexto del caso Litvinenko (basado en hechos reales, ampliamente documentados): adaptado con fines didácticos para promover el aprendizaje significativo y el pensamiento crítico.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial. Se ha utilizado IA para generar varias de las imágenes que aparecen en el vídeo.



¡Una comunidad de docentes, para docentes!

Más información en: *https://sites.google.com/view/scienceonstagespain-andorra/inicio*

La carrera del calor: ¿qué metal ganará? · Carlos Alonso Arias, Agustín Ceba Herrero, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés

Esta experiencia ha sido galardonada con una MENCIÓN DE HONOR en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Observar los efectos de la transferencia de calor por conducción.
- Diferenciar los conceptos de conductor y aislante térmico.
- Mostrar al alumnado que una réplica de un instrumento del siglo XIX (el aparato de Ingenhousz) permite comprobar las diferencias de conductividad térmica entre materiales.
- Concienciar sobre la importancia de conservar el patrimonio científico educativo.

Esta demostración se puede aplicar en 2.º, 3.º y 4.º ESO y en 1.º Bachillerato (bloque de Energía), así como en la materia optativa de Técnicas Experimentales de 3.º de ESO (currículo de las Illes Balears).

Fundamento

Jan Ingenhousz (1730-1799) fue un médico, botánico, fisiólogo y químico británico de origen neerlandés, considerado el descubridor de la fotosíntesis vegetal. Inventó lo que actualmente se conoce como aparato de Ingenhousz. Se trata de un dispositivo que permite comparar la conductividad térmica de diferentes materiales. Consta de una cubeta metálica con mango, unida a una serie de varillas de distintos materiales, todas ellas de la misma longitud y diámetro. La conductividad térmica mide la capacidad de un material para transmitir el calor a través de su interior. Para un material homogéneo e isótropo, la conductividad térmica es una magnitud escalar, caracterizada por el coeficiente de conductividad térmica (k). Este aparato se conserva en diferentes institutos históricos, ya que fueron creados a mediados del siglo XIX (Museo Cabrera Pinto, s. f.).

La demostración que se presenta es el resultado de un proyecto en curso de puesta en valor del patrimonio y recuperación de los usos didácticos de la colección de instrumentos científicos antiguos del IES Ramon Llull de Palma. El proyecto pretende construir réplicas y elaborar un conjunto de demostraciones experimentales, en la línea de otras iniciativas existentes (Ferrer et al., 2013). Cuanto mayor es el valor de (k) (expresado en unidades del SI, W/(m·K)), mejor conductor del calor es un material. En la siguiente tabla se muestran los valores de la conductividad térmica de algunos materiales (Young y Freedman, 2009).

Material	cobre	latón	aluminio	acero	madera	vidrio
k (W / m·K)	385,0	109,0	205	50,2	0,12-0,04	0,8

Tabla 1. Valores de la conductividad térmica de algunos materiales.

Materiales

- Aparato de Ingenhousz (réplica).
- Placa calefactora.
- Olla con agua.
- Cera de una vela, mantequilla o algún material de punto de fusión bajo.

Procedimiento experimental

1. Calentamos agua en una olla con la placa calefactora hasta alcanzar el punto de ebullición.
2. Mientras tanto, colocamos un material con un punto de fusión bajo en los extremos de cada varilla. Si se desea utilizar cera, se funde la cera de las velas en uno de los recipientes metálicos.
3. Con el aparato de Ingenhousz vacío, sumergimos las varillas en la cera fundida y las retiramos con cuidado. Esperamos a que la cera se solidifique sobre las varillas.
4. Vertemos el agua caliente en el aparato de Ingenhousz.
5. Esperamos a que el calor se transfiera a través de todo el aparato.



Figura 1. Aparato de Ingenhousz

Consejos para el docente

- Sumergir las varillas en cera y esperar a que esta se solidifique implica que el experimento solo puede realizarse una vez por sesión. Se puede sustituir la cera por mantequilla, que es más fácil de aplicar y permite repetir el experimento muchas veces.
- Colocar un paño absorbente debajo del aparato por si se producen derrames de agua, mantequilla o cera.
- Tener cuidado al manipular la placa calefactora y transportar el agua hirviendo. Mantener estos elementos alejados del alumnado.

Aplicación didáctica

Parte 1: El aparato

En primer lugar, se presenta el aparato y se explica que se ha encontrado en un armario del centro una réplica de un instrumento antiguo que no se puede utilizar, ya que data del siglo XIX y podría deteriorarse. Se pide al alumnado que describa la forma del instrumento, sus partes, los materiales que podrían haberse empleado en su construcción y, finalmente, para qué se utilizaba. El profesor o la profesora irá proporcionando pistas, como pedirles que se fijen en las inscripciones, hasta explicar quién era Jan Ingenhousz, las características del aparato que inventó y su finalidad didáctica.

Parte 2: Trabajo practico con el aparato

Se adopta una metodología didáctica POE (Predicción, Observación y Explicación), siguiendo el procedimiento experimental descrito anteriormente (Corominas, 2013).

Predicción

1. Orden de fusión de la cera

Teniendo en cuenta los valores de conductividad térmica de la tabla, ¿en qué orden prevés que se fundirá por completo la cera de las diferentes varillas? ¿Qué material será el más rápido y cuál el más lento?

2. Proporcionalidad de la fusión de la cera según la conductividad

Si una varilla tiene el doble de conductividad térmica que otra (por ejemplo, si comparamos el latón con el aluminio), ¿crees que la longitud de cera fundida será aproximadamente el doble en el mismo intervalo de tiempo? El alumnado debería.

3. Aislantes vs. conductores

¿Qué ocurrirá con las varillas de madera y vidrio? ¿Llegará a fundirse la cera en algún momento? ¿Por qué crees que se utilizan estos materiales en la construcción de viviendas?

Observación

La demostración experimental consiste en observar las varillas y comprobar en qué medida se funde el material depositado sobre ellas. Si se ha utilizado cera y se ha recubierto toda la varilla con ella, observamos qué longitud de cera se funde en cada una. Una variante consiste en colocar gotas de cera o mantequilla sobre cada varilla, a la misma distancia de la fuente de calor, y observar qué gota se funde primero y cae al suelo. De este modo, la demostración puede realizarse más rápidamente.

Explicación

Tras explicar el fundamento del aparato, se pueden plantear las siguientes cuestiones:

- Pregunta sobre las variables de control: ¿Por qué es importante que todas las varillas del aparato de Ingenhousz tengan exactamente el mismo diámetro (grosor) y la misma longitud expuesta a la fuente de calor? ¿Qué ocurriría si una varilla fuera mucho más gruesa que las demás?
- Pregunta de reflexión: ¿Cómo varía la temperatura a lo largo de la varilla a medida que nos alejamos de la fuente de calor central?

Conclusiones

La varilla de cobre es la mejor conductora del calor. Se ha podido comprobar que el orden en que se funde la cera coincide con los valores del coeficiente de conductividad térmica de la tabla 1. La metodología POE, basada en la formulación de preguntas, estimula la curiosidad del alumnado y favorece la construcción del conocimiento por parte de los propios estudiantes. Por otra parte, la elaboración de la réplica ha permitido evitar el deterioro de un aparato del siglo XIX que resulta muy atractivo para el alumnado debido a su forma inusual y que se había utilizado durante las jornadas de puertas abiertas del IES Ramon Llull. Finalmente, cabe destacar que el análisis de este instrumento también forma parte de la demostración, ya que no constituye una «caja negra», sino que permite al alumnado comprender cómo funciona.

Carlos Alonso Arias
IES Josep Maria Llompart (Palma)
Agustín Ceba Herrero*, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés
IES Ramon Llull (Palma)
*Contacto: *agustincebaherrero@iesramonllull.net*

Bibliografía

- Corominas, J. (2013). Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, (74)69-75.
- Ferrer-Roca, C. *et al* (2013). *La Colección de Demostraciones Experimentales de Física para el Aula de la UVEG: la recuperación de un recurso docente*. En P. García Pilan (Coord.), Anejos de @tic. Vol. 4. Iniciatives d'innovació educativa de la Universitat de València (pp. 64-73). Universitat de València.
- Aparato de Ingenhousz del Museo del IES Canarias Cabrera Pinto: *https://museocabrerapinto.es/blascabrera/museo-virtual/instrumentos?id=12*
- Young, H. D. i Freedman, R. A. (2009). *Sears-Zemansky Física universitaria* (12.ª Ed.) Volumen 1. Pearson Educación.

Del invisible al visible · Carlos Alonso Arias, Agustín Ceba Herrero, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:
- Demostrar la dilatación lineal de los metales.
- Comprobar que la dilatación varía según el tipo de metal.
- Mostrar al alumnado que una réplica de un instrumento del siglo XIX (pirómetro de cuadrante) permite comprobar la dilatación de los metales.
- Concienciar sobre la importancia de conservar el patrimonio científico educativo.

Esta demostración se puede aplicar en 2.º, 3.º y 4.º ESO y en 1.º Bachillerato, así como en la materia de Técnicas Experimentales de 3.º de ESO (currículo de las Illes Balears).

Fundamento

El pirómetro de cuadrante es un instrumento diseñado para medir la dilatación lineal de los metales cuando se someten a una fuente de calor. Fue inventado por Pieter van Musschenbroek hacia finales del siglo XVIII. Consta de una estructura metálica en la que se coloca una varilla metálica fijada por uno de sus extremos. En el otro extremo se encuentra una escala semicircular (cuadrante). En la parte inferior hay un tubo donde se puede colocar algún material combustible, como algodón impregnado en alcohol. El fenómeno de la dilatación lineal de los metales puede explicarse desde el punto de vista cinético-corpuscular de la siguiente manera: al calentar la varilla, las partículas vibran y se mueven más rápidamente. Este aumento de energía cinética hace que las partículas necesiten más espacio para moverse. El resultado colectivo es un empuje mecánico sobre una palanca situada en el extremo libre de la varilla y conectada a una aguja. El sistema funciona como un amplificador visual: una expansión física minúscula se traduce en un desplazamiento amplio de la aguja sobre el cuadrante.

La fórmula de la dilatación lineal de los metales es: $\Delta L=\alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$; donde:
$\Delta L \rightarrow$ incremento de longitud (cuánto se alarga el metal), que se relaciona con el ángulo observado según $\Delta L \approx D \cdot \Delta\theta$; donde $D \rightarrow$es la distancia entre el pirómetro y el objeto y $\Delta\theta$ la variación del ángulo, expresada en radianes
$\alpha \rightarrow$ coeficiente de dilatación lineal del material (depende del metal)
$L_0 \rightarrow$ longitud inicial
$\Delta T \rightarrow$ cambio de temperatura ($T_{final} - T_{inicial}$)

Este aparato se conserva en diferentes institutos considerados históricos, ya que fueron creados a mediados del siglo XIX (Ideal en Clase, 2020; IES San Isidoro, s. f.). La demostración que se presenta es el resultado de un proyecto en curso de puesta en valor del patrimonio y recuperación de los usos didácticos de la colección de instrumentos científicos antiguos del IES Ramon Llull de Palma.

El proyecto pretende construir réplicas y elaborar un conjunto de demostraciones experimentales, en la línea de otras iniciativas existentes (Ferrer et al., 2013).

Materiales

- Pirómetro de cuadrante.
- Alcohol.
- Cerillas.
- Varillas de diferentes metales.

Procedimiento experimental

1. Verter una cantidad suficiente de alcohol en el recipiente inferior.
2. Encender el alcohol y esperar hasta conseguir una llama estable.
3. Esperar el tiempo suficiente para que la varilla metálica se caliente y comience a dilatarse.
4. La varilla ejercerá presión sobre una palanca que elevará la aguja hasta marcar un ángulo en el cuadrante.
5. Anotar el ángulo observado y calcular el coeficiente de dilatación del metal mediante la fórmula correspondiente.



Figura 1. Pirómetro de cuadrante.

Consejos para el docente

- Como combustible se puede utilizar alcohol de farmacia. Llenar el recipiente hasta la mitad.
- Antes de encender el alcohol, conviene calentar durante unos minutos el tubo que lo contiene, aplicándole una llama, hasta que esté bien caliente. De lo contrario, el alcohol no combustiona correctamente.
- Esperar hasta conseguir una llama homogénea. Es entonces cuando la varilla metálica comienza a calentarse adecuadamente.

Aplicación didáctica

Parte 1: El aparato

En primer lugar, se presenta el aparato y se explica que se ha encontrado en un armario del centro una réplica de un instrumento antiguo que no se puede utilizar, ya que data del siglo XIX y podría deteriorarse. Se pide al alumnado que describa la forma del instrumento, sus partes, los materiales que podrían haberse empleado en su construcción y, finalmente, para qué se utilizaba. El profesor o la profesora irá proporcionando pistas, como pedir al alumnado que se fije en las inscripciones. También explicará que un cuadrante es la cuarta parte de una circunferencia, es decir, un arco de 90 grados.

Parte 2: Trabajo práctico con el aparato

Se adopta una metodología didáctica POE (Predicción, Observación y Explicación), siguiendo el procedimiento experimental descrito anteriormente (Corominas, 2013).

Predicción

Efecto del calentamiento de las varillas metálicas: ¿Qué creéis que ocurrirá cuando calentemos una varilla metálica en el pirómetro de cuadrante? ¿Se dilatarán todas las varillas por igual o habrá diferencias según el material?

Observación

Realizad el experimento con diferentes varillas metálicas. ¿Qué ocurre con cada varilla cuando se calienta? ¿El movimiento de la aguja (o indicador) es el mismo en todos los casos? Describid las diferencias que observáis entre los materiales. Anotad en una tabla el material de cada varilla y la dilatación observada, medida a partir del ángulo descrito por la aguja.

Explicación

Tras explicar el fundamento del aparato, se pueden plantear las siguientes cuestiones:

- Dibujad el pirómetro de cuadrante, identificad sus partes (varilla metálica, soporte, sistema de indicación —aguja y escala— y fuente de calor) y escribid junto a cada una la función que desempeña.
- Imaginad que podéis observar las partículas del metal. ¿Cómo están antes de calentarlo? ¿Cómo están después? Haced un dibujo que represente ambas situaciones, antes y después del calentamiento.
- Recordad que las partículas vibran más intensamente y se separan ligeramente. Utilizad el modelo cinético-corpuscular para explicar el fenómeno.
- ¿Por qué creéis que en estructuras como los puentes o las vías del tren se dejan espacios entre las piezas? ¿Es el aluminio un buen material para construir un motor? ¿Y para fabricar una caldera de gas?

Conclusiones

Con esta demostración se consigue apreciar la dilatación, ya que, aunque sea muy pequeña, su efecto se amplifica y resulta claramente visible. La demostración también permite analizar las propiedades del aluminio, puesto que en el vídeo se observa que la varilla de este material se rompe. Esto se debe a que la temperatura de fusión de este elemento es de 660 °C, mientras que el latón —que es una aleación— y el hierro presentan

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

temperaturas de fusión más elevadas: entre 900 y 940 °C en el caso del latón y 1538 °C en el del hierro puro. La metodología POE, basada en la formulación de preguntas, estimula la curiosidad del alumnado y favorece la construcción del conocimiento por parte de los propios estudiantes. Por otra parte, la construcción de la réplica ha permitido evitar el deterioro de un aparato del siglo XIX que resulta muy atractivo por su forma inusual y que se había utilizado durante las jornadas de puertas abiertas de nuestro centro.

Carlos Alonso Arias
IES Josep Maria Llompart (Palma)
Agustín Ceba Herrero*, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés
IES Ramon Llull (Palma)
*Contacto: agustincebaherrero@iesramonllull.net

Bibliografía

- Corominas, J. (2013). Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, (74)69-75.
- Ferrer-Roca, C. *et al* (2013). *La Colección de Demostraciones Experimentales de Física para el Aula de la UVEG: la recuperación de un recurso docente*. En P. García Pilan (Coord.), Anejos de @tic. Vol. 4. Iniciatives d'innovació educativa de la Universitat de València (pp. 64-73). Universitat de València.
- Elemento de la semana del Museo de Ciencias del IES Padre Suárez: https://en-clase.ideal.es/elemento-de-la-semana-del-museo-de-ciencias-del-ies-padre-suarez-6-pirometro-de-cuadrante/
- Gabinete de Física y Química del IES San Isidoro de Sevilla (incluye pirómetros de cuadrante): https://www.institutosanisidoro.com/gabinete-fisica-quimica/

Estudio experimental del valor de la viscosidad dinámica de geles hidroalcohólicos con distinto porcentaje de aceite esencial de romero · José Plaza Catalán

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

A algunos geles hidroalcohólicos se les añade aceite esencial de romero para aromatizar y aumentar el efecto antiséptico. La cantidad de aceite esencial añadido puede variar entre porcentajes en masa que van desde el 1% al 5 %. La experiencia práctica va incluir la formulación y elaboración de dos geles hidroalcohólicos con distinta concentración de aceite esencial de romero y la medida de la densidad y la viscosidad de cada uno de los geles.

En esta demostración experimental el principal objetivo ha sido determinar el valor de la viscosidad dinámica de dos geles hidroalcohólicos con diferente concentración de aceite esencial de romero. La medida de la viscosidad la hemos realizado con un viscosímetro Ostwald.

Fundamento

La viscosidad dinámica es la medida de la resistencia interna que opone un fluido a deformarse o fluir cuando se le aplica una fuerza cortante. Representa la «fricción interna» entre las capas adyacentes del fluido en movimiento: a mayor viscosidad dinámica, más lento y difícil es su desplazamiento. La unidad de medida en el SI es el Pa·s. Indicaremos la temperatura a la cual realizamos las experiencias ya que la viscosidad varía considerablemente con la temperatura.

El viscosímetro de Ostwald es un instrumento de vidrio diseñado para determinar la viscosidad relativa de fluidos newtonianos y transparentes midiendo el tiempo de flujo a través de un tubo capilar bajo la acción de la gravedad. La viscosidad dinámica será directamente proporcional al producto de la densidad del fluido por su tiempo de vaciado. Compararemos viscosidades conociendo la densidad y viscosidad de un fluido conocido como es el agua, su tiempo de vaciado se realiza de forma experimental. (η_1, d_1, t_1): $\eta_1/(d_1 \cdot t_1) = \eta_2/(d_2 \cdot t_2)$. La viscosidad dinámica del aceite esencial de romero tiene valores comprendidos entre los 1,5 a 3,5 mPa·s (o centipoise, cP).

Material y procedimiento experimental

Formulación y preparación de los geles hidroalcohólicos

Se trabaja con dos muestras:

- Muestra A: 70 g de etanol de 96º, 20 g de glicerina, 9 g de agua destilada y 1 g de aceite esencial de romero. (67,2% etanol puro, 20 % glicerina, 11,8% agua y 1% aceite esencial de romero)
- Muestra B: 70 g de etanol de 96º, 20 g de glicerina, 5 g de agua destilada y 5 g de aceite esencial de romero (67,2% etanol puro, 20 % glicerina, 7,8% agua y 5% aceite esencial de romero)

Para la preparación de las muestras:

- Preparación de la muestra A: Sobre un vaso de precipitados vacío y previamente tarada la balanza, añadimos 20 g de glicerina, 70 g de etanol de 96º, 9 g de agua destilada y 1 g de aceite esencial de romero.
- Preparación de la muestra B: Repetimos el mismo proceso que para la muestra A, pero añadiendo 5 g de agua y 5 g de aceite esencial de romero.

Medida de la densidad y viscosidad de las muestras

Para medir la densidad utilizamos un matraz aforado de 50 ml y una balanza de precisión (+/- 0,01g), siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Se mide la masa del matraz aforado vacío.
2. Se llena y enrasa con la muestra A.
3. Se pesa el matraz aforado con la muestra.
4. Se repite el proceso tres veces para hallar un valor experimental medio de la masa de las tres experiencias, ya que el enrasado del matraz puede llevar a un error experimental.
5. Repetimos el proceso para la muestra B y para el agua destilada. Con cada cambio de muestra hay que limpiar muy bien el matraz aforado y dejar secar. Se recomienda utilizar agua destilada y después acetona.

Para medir la viscosidad hemos utilizado un viscosímetro Ostwald de 0,7 mm de diámetro interno del capilar. Necesitaremos también un soporte, una pipeta graduada de 10 ml y un aspirador para la pipeta y el viscosímetro. Se sigue el siguiente procedimiento experimental:

1. Se llena el depósito grande del viscosímetro con 8 ml de la muestra y se procede al llenado del depósito pequeño por aspiración.
2. Taponamos con el dedo el tubo, soltamos y cuando pase por la línea superior ponemos en marcha el cronómetro y medimos el tiempo de vaciado hasta que sobrepase la línea inferior del depósito. Repetimos la operación tres veces y tomamos el tiempo medio de las tres experiencias.
3. Repetimos el proceso para la muestra B y el agua destilada.
4. Hay que limpiar muy bien el viscosímetro (agua destilada y empleo de acetona).

Conclusión

Los resultados obtenidos se recogen en las Tablas 1 y 2. Se observa que no hay una diferencia cuantitativa notable en el valor de la viscosidad para ambas muestras en el rango de esas concentraciones de aceite esencial de romero. La muestra al 5 % presenta una viscosidad ligeramente inferior. La adición de aceite esencial de romero ha disminuido muy ligeramente la viscosidad de la mezcla. Podríamos comprobar esta tendencia por ejemplo, sustituyendo la totalidad del agua por aceite esencial. Conociendo los valores de viscosidad de los componentes, el más viscoso es la glicerina, y su concentración, sí que es un factor determinante en el valor de la viscosidad en este tipo de geles hidroalcohólicos a los que no hemos añadido más componentes.

Muestra	Masa matraz vacío (g)	Masa matraz + muestra (g)	Masa muestra (g)	Volumen (cm^3)	**Densidad d = m/V (g/cm^3)**
Agua destilada	36,45	86,77	50,32	50	**1,006**
Muestra A	36,45	81,25	44,80	50	**0,896**
Muestra B	36,45	81,17	44,72	50	**0,894**

Tabla 1. Valores obtenidos para el cálculo de la densidad: (muestras a 24,3 °C).

Muestra	Tiempo de vaciado (s)	Densidad (g/cm^3)	**Viscosidad (mPa·s) o (cP)**
Agua destilada	25	1	**1**
Muestra A	95	0,896	**3,40**
Muestra B	93	0,894	**3,32**

Tabla 2. Valores obtenidos para el cálculo de la viscosidad: (muestras a 24,3 °C).

José Plaza Catalán
Colegio San José de la Montaña (Cheste, Valencia)
Contacto: *pepe.plaza@sjmcheste.org*

Bibliografía

- Cengel, Y. A., y Cimbala, J. M. (2018). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones* (4.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Mott, R. L., y Untener, J. A. (2015). *Mecánica de fluidos* (7.ª ed.). Pearson Educación.
- Atti-Santos, A. C., *et al.* (2005). Physico-chemical evaluation of Rosmarinus officinalis L. essential oils. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 1035-1039.

Inercia e impulso mecánico: ¡Tiremos de la manta! · Álvaro Rancaño Bambach

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

El principal objetivo de esta demostración de cátedra (aunque se puede hacer un estudio más detallado en el laboratorio) es ilustrar de forma cualitativa (incluso en el caso de no disponer de laboratorio) los conceptos de inercia, primera y segunda leyes de Newton y el concepto de impulso mecánico con una experiencia bastante llamativa que pueden realizar los alumnos y alumnas una vez que se les explique.
Asimismo, se puede comprobar qué saben y qué desconocen acerca de la fuerza de rozamiento y sus características. Para aprovechar bien esta experiencia y poder reflexionar adecuadamente acerca de lo que sucede, conviene realizarla con alumnado de 4.º ESO o 1.º Bachillerato, ya que conviene que hayan visto las Leyes de Newton en relación con la cantidad de movimiento o momento lineal y no solo en la forma más habitual que es la única que suelen ver en 3.º ESO. También deben conocer el concepto de impulso mecánico, aunque esta experiencia les puede servir como introducción a dicho concepto.

Fundamento

En muchas ocasiones, en experiencias similares a esta, dónde se pone en evidencia la tendencia de un objeto en reposo a mantener su estado de reposo, se explica el resultado del experimento usando solamente la Primera Ley de Newton. Pero no se indica la influencia del tiempo en el proceso, cuando claramente, si se tira del mantel despacio, el resultado no es el mismo. Otras experiencias similares son las de tirar rápido de un papel con una moneda de pie encima, o de un aro con un objeto encima y un vaso debajo, comprobando que al retirar el aro rápido, el objeto cae en el vaso. Conviene, tras hacer la experiencia por primera vez el profesor y antes de que la hagan los estudiantes, hacerles algunas preguntas de este tipo:

- ¿Por qué no se cae la vajilla tras tirar del mantel?
- ¿Por qué si tiramos despacio se caen los objetos? ¿No funciona la Primera Ley de Newton en este caso?
- ¿Se podría saber cuánto vale la fuerza de rozamiento antes de tirar del mantel? ¿Hay fuerza de rozamiento en ese momento?
- ¿Hacia dónde va la fuerza de rozamiento cuando estoy tirando del mantel?
- ¿Cómo podríamos medir el tiempo que hemos tardado en retirar el mantel?
- ¿Cómo podríamos calcular de forma cuantitativa el valor del coeficiente de rozamiento entre el mantel y uno de los objetos (vaso, plato...)?
- ¿Qué coeficiente de rozamiento, el estático o el cinético, es el que más me importa obtener en este caso? ¿Por qué?

La relación entre el impulso mecánico y la cantidad de movimiento es la siguiente:

$$I = F\cdot\Delta t = m\cdot a\cdot\Delta t = m\cdot(v_f - v_0) = p_f - p_0 = \Delta p$$

Es decir, que el impulso ($F \cdot \Delta t$) causa un cambio en el momento líneal y, por tanto, en el estado de movimiento del objeto. Si el tiempo es prácticamente cero, no habrá prácticamente cambio en el estado de movimiento y los platos seguirán en su sitio. La fuerza implicada aquí, la que puede cambiar el estado de movimiento de los platos y hacerlos caer, es la fuerza de rozamiento. Dicho coeficiente de rozamiento se puede obtener experimentalmente inclinando la mesa y midiendo el ángulo necesario para que el plato comience a moverse. La tangente de dicho ángulo es igual al coeficiente de rozamiento estático.

Materiales

Mesa, mantel, plato, vaso, jarra, botella, etc.

Procedimiento experimental

1. Se trata simplemente de enseñar al alumnado cómo tirar del mantel. Deben de tener cuidado de no "cojer carrerilla" levantando los brazos antes de tirar (como se ve en el vídeo). Simplemente deben tirar rápido hacia atrás y hacia abajo.
2. Si se desea tener un dato cuantitativo del tiempo, se puede grabar con una cámara que permita usar cámara lenta (la mayoría de los móviles lo permiten) y un cronómetro que se vea en la grabación para estimar ese dato.
3. Si se desea obtener el coeficiente de rozamiento entre el plato (por ejemplo) y el mantel, se puede hacer inclinando la mesa y ver para qué ángulo el plato comienza a moverse. Para medir dicho ángulo se puede usar un transportador de ángulos fijado horizontalmente a la mesa y con una plomada. El ángulo que nos interesa, es obviamente el complementario al que obtenemos con la plomada.
4. Se puede deducir fácilmente que el coeficiente de rozamiento es igual a la tangente del ángulo de inclinación de la mesa.

Conclusiones

Aunque se puede realizar la experiencia de forma más cuantitativa, es muy interesante realizarla aunque sea de forma cualitativa para ilustrar fenómenos cotidianos y relacionarlos con los conceptos que estamos estudiando en clase.

Álvaro Rancaño Bambach
IES Carmen Martín Gaite (Moralzarzal, Madrid)
Contacto: *alvaro.rancano@educa.madrid.org*

Física a lo bestia: Inercia · Álvaro Rancaño Bambach

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

El objetivo de esta experiencia de cátedra es demostrar de una forma bastante llamativa el concepto de inercia, la 1ª y 2ª ley de Newton en 3.º ESO.

Fundamento

Richard Feynman llamaba a la masa "coeficiente de inercia" al explicar la segunda ley de Newton en sus famosas Feynman Lectures, ya que cuanta mayor masa tiene un objeto, menor es su tendencia a cambiar su estado de movimiento. Me gusta usar esta demostración para ilustrar el hecho de que una fórmula que aparece en un libro de Física es una representación matemática de algo que sucede en la naturaleza, o como dijo Galileo, "el gran libro de la naturaleza está escrito con el lenguaje de las matemáticas", ya que en este caso, si la masa es muy grande, con la misma fuerza consigo una aceleración en el yunque muy pequeña (su cambio en el estado de movimiento es muy pequeño y no siento dolor). Todo ello aparece expresado en la fórmula de la 2ª ley de Newton. Usando los tamaños de las letras para representar el valor de la magnitud, se ilustra muy bien la idea, como hace Paul Hewitt en su libro "Física conceptual": F = m· a. Además, se puede mencionar el hecho de que al tener el yunque una base amplia, la presión sobre mi estómago es menor.

Materiales

Yunque de 11 kg (o similar), maza o martillo, bloque de madera, clavo.

Procedimiento experimental

Hay dos modalidades para esta demostración:

- En la primera una persona apoya el yunque en su estómago y la segunda persona golpea el yunque con una maza, observando que no le hace daño.
- Puesto que la segunda demostración es más delicada, es el profesor el que apoya el yunque en su propia cabeza. Sobre el yunque se coloca un bloque de madera en el que se clava un clavo usando un martillo. El profesor no sufre dolor ya que la gran inercia del yunque le está protegiendo.

Conclusiones

Se puede aprovechar para hablar de seguridad vial y de cómo un accidente en un vehículo pequeño, de menor masa resulta más peligroso para sus integrantes que para los de un vehículo de mayor masa. La segunda modalidad de la experiencia está basada en una propuesta de Paul G. Hewitt, autor del célebre libro sobre física conceptual.

Álvaro Rancaño Bambach
IES Carmen Martín Gaite (Moralzarzal, Madrid)
Contacto: alvaro.rancano@educa.madrid.org

Bibliografía

- Hewitt, P. (1997). *Conceptos de Física.* México: Limusa.

Cuatro experiencias con la fuerza centrípeta · Fernando Casadevante Paniagua, Carmen Martínez Herreros y Pablo Cassinello Espinosa

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Las demostraciones experimentales presentadas tienen por objetivos:

- Visualizar cuatro movimientos circulares distintos debidos a la fuerza centrípeta.
- Reconocer en cada caso las fuerzas responsables de esta fuerza centrípeta.
- Comprobar que el cálculo de la fuerza centrípeta puede realizarse mediante las fuerzas implicadas, o bien utilizando la fórmula de masa por aceleración normal.
- Clarificar mediante ejemplos que la fuerza centrípeta es la responsable de un mua y no la fuerza centrífuga.
- Clarificar que la fuerza centrípeta es una fuerza real, mientras que la centrífuga es imaginaria.

Se puede llevar a cabo en los cursos de ESO en que se aborda el movimiento circular, pero es en 4.º ESO y 1.º Bachillerato cuando se estudia con mayor profundidad la fuerza centrípeta.

Fundamento

La fuerza centrípeta actúa sobre un objeto resultando un movimiento curvilíneo. Está dirigida siempre hacia el centro de su trayectoria. Es necesaria para mantener los cuerpos en curvas. Causa un cambio en la dirección del vector velocidad. La fuerza centrípeta puede ser una fuerza o una combinación de dos o más fuerzas. Por ejemplo, cuando una bola pasa por el punto más bajo de un looping la fuerza centrípeta es la diferencia entre la fuerza normal ejercida por la base y la fuerza peso. En general, la fuerza resultante de un cuerpo que gira se pude descomponer en una componente radial o centrípeta y en otra perpendicular tangencial. Pero en el movimiento circular uniforme la fuerza centrípeta es la única responsable del movimiento. No es una fuerza fácil de identificar por lo que conviene realizar experiencias en que se analiza. Es un error muy extendido confundir la fuerza centrípeta con la centrífuga. Mientras que una es real, la segunda es ficticia. La fuerza centrífuga solo existe desde el punto de vista del cuerpo que gira, es una fuerza imaginaria. Pero, se confunden porque tienen el mismo valor. En Secundaria y Bachillerato, acertadamente no es conveniente utilizar la fuerza centrífuga en la resolución de problemas de Dinámica. Pero en cursos elevados sí se utiliza. Por ejemplo, para problemas relacionados con los de la experiencia B en montañas rusas.

También es un error por parte del alumnado, considerar que la centrípeta es una fuerza más a añadir. En el caso de un movimiento circular uniforme, hay que insistir en que se trata de la fuerza resultante de las presentes. Por ejemplo, en el movimiento de la luna alrededor de la tierra se cree que hay dos fuerzas: la de gravedad que ejerce la tierra y por otro lado la fuerza centrípeta porque está girando. No es así, hay que aclarar que la fuerza centrípeta es la fuerza resultante de todas las que se manifiestan. Así en este caso, la fuerza

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

centrípeta es igual a la fuerza de gravedad que ejerce la tierra sobre la luna. Lo mismo ocurre en la experiencia en que los vasos con agua están girando. La fuerza de gravedad sobre el agua en el punto más alto equivale a la fuerza centrípeta cuando gira con velocidad mínima. La fuerza centrípeta es igual a la masa por la aceleración normal: $F= m\ a_n = m\ v^2 / R$.

Materiales y procedimiento experimental

Hemos realizado 4 experiencias distintas para explicar la fuerza centrípeta.

A) Giro horizontal de objeto atado a una cuerda con peso colgado.
B) Giro en looping de bola en montaña rusa
C) Giro recipiente con agua.
D) Giro horizontal de canicas en copa

- Para la experiencia A se necesita una cuerda atada a una pelota de tenis, y a un peso por el otro extremo. También un tubo con tapón horadado. Se pasa la cuerda por el tubo con el tapón horadado, dejando el peso en la parte inferior. Cuando se gira se observa que el peso va subiendo hasta que la fuerza centrípeta que actúa sobre la bola es igual a la tensión de la cuerda e igual al peso.
- Para la experiencia B necesitamos 4 vasos de plástico con agua que se disponen en una bandeja que tiene atadas 3 cuerdas para poder colgar y que permanezca horizontal. Se trata de girar rápido verticalmente la bandeja de tal manera que el agua de los vasos no caiga.
- Para la experiencia C, necesitamos realizar una montaña rusa que tenga un looping. El material utilizado consiste en los tubos de porexpán para proteger los tubos metálicos exteriores. Como se detallará después, para salvar el tirabuzón, se debe iniciar el recorrido con una altura mayor a 2,5 veces el radio del looping.
- Para la experiencia D, se necesita una copa grande. Se pueden levantar las canicas de la mesa sin tocarlas haciendo girar la copa.

Aplicaciones didácticas

Experiencia A: Giro horizontal de pelota atada a una cuerda con peso colgado

En este caso, la fuerza centrípeta es proporcionada por la tensión de la cuerda. Al principio de dar vueltas la tensión de la cuerda es mayor que el peso que cuelga, por lo que el peso va subiendo hasta que se alcanza un equilibrio en que la tensión es igual al peso que cuelga e igual a la fuerza centrípeta, si se supone que la masa de la cuerda es despreciable, y por tanto las tensiones en ambos extremos son iguales. En ese momento es muy fácil hallar el valor de la fuerza centrípeta. En nuestro caso es 1,55 N. El movimiento obtenido es, aproximadamente, circular uniforme. Es muy didáctico que el alumnado calcule este valor también utilizando la fórmula: $F= m\ a_n = m\ v^2 / R$. En el propio vídeo se da el valor de la masa de la pelota que gira (58,2 g), la medida del radio (29 cm) y se sugiere que el alumnado halle el periodo como ejercicio práctico. Para facilitarlo se ralentiza la grabación a un tercio. Se les dice que obtienen una medida más exacta si hallan el tiempo que corresponden a un número grande de vueltas (por ejemplo, 8) y que dividan el tiempo entre este número. Si así lo hacen obtienen un tiempo de 15,6 s que al dividirlo entre 3 (por la ralentización del vídeo) da un tiempo real de 5,2 s. Al

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

dividirlo entre 8 se llega al valor del periodo, que es 0,65s. Así que, si realizan bien los cálculos se obtiene:
$F = m\ a = m\ w^2\ R = 58{,}2\ /1000\ (2\pi i\ /\ 0{,}65)^2\ 0{,}29 =$ 1,58 N. No es exactamente el peso y la fuerza centrípeta, 1,55 N, pero se aproxima bastante.

Experiencia B: Giro en looping de bola en montaña rusa
La fuerza centrípeta en el *looping* es proporcionada por la fuerza normal y por la fuerza de gravedad. La fuerza centrípeta en el punto más alto del looping tiene que ser como mínimo igual a la de la gravedad de la canica. Si la bola va lentamente y la fuerza de gravedad es mayor que la se obtiene con la fórmula de la fuerza centrípeta, $F=m\ v_L^2\ /R$, entonces, la fuerza de gravedad no hace girar a la bola, sino que provoca su caída. Así que, en el punto más alto del *looping* (L), tiene que girar suficientemente rápido para que se cumpla al menos: $F = mg = mv_L^2/R$. Sustituyendo este valor del peso, en la igualdad que determina el principio de conservación de la energía entre el punto más alto del *looping* y las condiciones iniciales:

$$Ecin_L + Epot_L = E\ pot\ inicial; \qquad 1/2\ m\ v_L^2 + mgh_L = mghi$$
$$1/2mv_L^2 + (mv_L^2/R)\ h_L = (mv_L^2/R)\ hi$$

Dividiendo por mv_L^2: $\frac{1}{2} + h_L/R = 1/R\ hi$
Como hL = 2R queda: $\frac{1}{2} + 2R\ /R = 1/R\ hi$; $R/2 + 2R = hi$; Altura inicial: hi = 2,5 R

Así que la bola debe dejarse caer desde una altura igual o superior a 2,5 veces el radio del *looping*. En el caso grabado en el vídeo, el radio es 16,2 cm. Así que la altura inicial debe ser mayor a 40,5 cm, Ahora bien, como hay pérdidas de energía mecánica en forma de calor debido al rozamiento, se debe lanzar un poco más alto de 40,5 cm. En el vídeo de la demostración experimental se observa que se logra que la bola realice el *looping*, dejando caer la bola inicialmente desde 55 cm de altura.

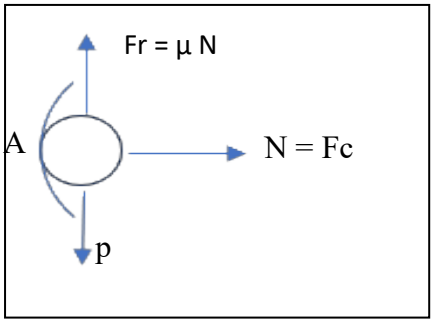
Experiencia C: Giro de un recipiente con agua
No es un movimiento circular uniforme. La tensión de la cuerda no es constante. Cuando se gira la bandeja, en el punto más alto, los vasos con agua no caen porque existe una fuerza centrípeta que obliga a girar al conjunto. La bandeja, en este punto, no cae gracias a la fuerza de tensión de las cuerdas y a la fuerza peso, que proporcionan la fuerza centrípeta. En el caso de los vasos con agua la fuerza centrípeta sobre el agua es debida a la fuerza normal (ejercida por el vaso) y a la fuerza de gravedad o peso. Lógicamente, el agua no cae si el valor mínimo que presenta la fuerza centrípeta sobre ella es igual al peso del agua. Para conseguirlo hay que voltear la bandeja con los vasos suficientemente rápido. La velocidad mínima es:

$$F = mg = mv^2/R;\ v = \sqrt{rg}$$

Puede explicarse lo que ocurre con un ejemplo sencillo referido al movimiento de la luna. La luna gira gracias a la fuerza centrípeta proporcionada por la fuerza gravitatoria de atracción de la tierra. Lo mismo le ocurre al agua en los vasos de esta experiencia en el punto más alto, cuando giran a la velocidad mínima sin verter, la fuerza gravitatoria de atracción de la tierra, el peso del agua, realiza la fuerza centrípeta necesaria para que el agua no caiga y gire. Si se mueven lentamente, la fuerza gravitatoria provocará la caída del agua y no su giro.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Experiencia D: Giro horizontal de canicas en copa



Se propone un reto al alumnado: Levantar rápidamente (unos 50 cm) cuatro bolas sin tocarlas. Se consigue realizando un movimiento rotatorio de una copa invertida con las canicas sobre la mesa. Estas adquieren un movimiento circular que llega a ser aproximadamente MCU cuando las canicas giran en la parte más vertical de la copa (punto A del dibujo). Entonces se equilibran las fuerzas verticales y puede levantarse la copa con las bolas: Peso = F_{roz} = μ N.

Figura 1. Diagrama de fuerzas.

La fuerza centrípeta es igual a la normal ejercida por la superficie aproximadamente vertical del lateral de la copa . N = F_c La velocidad que adquieren las canicas se deduce que es: $v = \sqrt{Rg/\mu}$ Efectivamente, p = F_{roz} (o F_r); mg = μ N = μ m v^2/R ; $v = \sqrt{Rg/\mu}$ ¡No influye la masa de las canicas!

Conclusiones

Es de interés y valor didáctico que el alumnado visualice estos cuatro ejemplos de movimiento circular causados por una fuerza centrípeta. Sirven para aclarar en qué consiste esta fuerza, cómo se calcula y qué aplicaciones prácticas puede tener. Son cuatro casos espectaculares e impactantes, en que, en un caso, el agua no cae, en otro la fuerza centrípeta se mantiene por el peso que cuelga, en el tercero, se realiza un looping a toda velocidad sin que caiga una canica y en el cuarto, se consigue levantar canicas gracias a su giro en una copa. Además de despejar dudas sobre cómo es y actúa la fuerza centrípeta, creemos que se contribuye a que el alumnado no considere la física como una asignatura teórica y aburrida, sino que tiene aplicaciones prácticas interesantes. Además, con este tipo de experiencias se favorece a que el alumnado se interese por la ciencia y se fomentan las vocaciones científicas.

Fernando Casadevante Paniagua*, Carmen Martínez Herreros y Pablo Cassinello Espinosa
IES Diego Velázquez (Torrelodones, Madrid)
*Contacto: fcasadevante@educa.madrid.org

Bibliografía

- Beichner, R. J., R. Serway, R. (2001). *Física para Ciencias e Ingeniería.* McGraw Hill.
- Bloomfield. L. A. (2001). *How things work.* Ed. John Willey & Sons.
- Tipler; P., G. Mosca., G. (2005). *Física para la Ciencia y la Tecnología".* Reverté.

El fuego en la cocina · Jesús Verdeja Galán

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Dar a conocer las herramientas de extinción de fuego más adecuadas, desmintiendo la idea errónea de que todos los fuegos se apagan con agua.
- Comprender los conceptos de densidad y cambios de estado desde la teoría atómica.
- Concienciar al alumnado de la necesidad de tener conocimientos científicos básicos y su aplicación en la vida cotidiana.

Esta demostración está enfocada en 2.º y 3.º ESO especialmente, puesto que contribuye a una alfabetización científica del alumnado. No obstante, se puede realizar en cursos superiores demostrando la aplicabilidad de la ciencia en el día a día.

Fundamento

Según el artículo *Las sartenes provocan uno de cada cuatro incendios domésticos* de La Vanguardia, el 74% de los incendios en el hogar están causados por dejarse una sartén olvidada en el fuego, según datos del año 2019. Esta demostración experimental muestra de forma controlada un fenómeno físico peligroso que ocurre cuando se intenta apagar un fuego de aceite (u otra sustancia análoga) con agua. El agua tiene una mayor densidad que la parafina líquida (que actuará como el aceite o grasa de una sartén), por lo que al entrar en contacto, el agua queda bajo la parafina líquida. Cuando arde la parafina de una vela, la llama alcanza una temperatura superior a 300 ºC y la temperatura de ebullición del agua es de 100 ºC, por lo que al entrar en contacto el agua líquida con parafina ardiendo, rápidamente pasa a estado gaseoso, expandiéndose. Como el agua previamente se ha hundido por su densidad, arrastra a la parafina en llamas y se genera una gran llamarada.

Materiales y reactivos

Los materiales necesarios son: un recipiente de vidrio o metal, vela pequeña, soplete, agua y pipeta Pasteur. Se recomienda tener a mano un cazo o tapadera para apagar el fuego al finalizar la demostración o en caso de emergencia.

Procedimiento experimental

Para llevar a cabo esta demostración es necesario dejar una distancia de seguridad con el alumnado y que el lugar esté bien ventilado.

Se prepara el recipiente que contiene la vela con un cuarto de la vela en su interior para comenzar a derretirla haciendo uso del soplete. Una vez derretida la cera de la vela, se debe seguir calentando hasta que comience a arder.

Con precaución se toma agua con la pipeta Pasteur y se deja caer sobre el fuego una sola gota de agua manteniendo las medidas de seguridad. Al llegar la gota al fuego se observa una gran llamarada resultante.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Conclusiones

Esta demostración es impactante y segura tomando las medidas necesarias y contribuye a la concienciación del alumnado sobre la necesidad de tener conocimientos científicos básicos para evitar accidentes. Además de una reflexión sobre la importancia del saber científico, la experiencia se puede explicar desde un punto de vista cinético molecular a través de los conceptos de densidad y los cambios de estado.

Jesús Verdeja Galán
IES Bezmiliana (Málaga)
Contacto: *jesusverdejagalan@gmail.com*

Bibliografía

- *Las sartenes provocan uno de cada cuatro incendios domésticos.* Noticia publicada en La Vanguardia el 20 de enero de 2020: *https://www.lavanguardia.com/seguros/hogar/20200120/472975160453/sartenes-provocan-cuatro-incendios-domesticos.html*

Los huevos de Colón y Tesla · César Sancho Martín

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Dar a conocer la historia apócrifa del huevo de Colón y su curiosa respuesta del huevo de Tesla.
- Repasar los principios que rigen el electromagnetismo desde sus orígenes hasta la aparición de sus aplicaciones prácticas fundamentales en el desarrollo y modo de vida.
- Por otra parte, el uso de herramientas para modificar piezas en aparatos retirados y susceptibles de reciclaje. Y también el valor ecológico que eso tiene.
- El uso de la demostración encaja en prácticas llevadas a cabo en segundo de bachillerato y en curiosidades tecnológicas de cualquier curso sobre todo en lo referente a huevo de Colón-Tesla.

Fundamento

El modelo de Tesla para conseguir el campo magnético tenía una construcción polifásica usando corrientes alternas con un desfase entre ellas. Así es como aparece en los distintos museos en que se encuentra. Pero también es posible con un motor monofásico que consiste en un núcleo con ranuras donde se encajan bobinas concéntricas en serie formando el círculo y que recibe el nombre de bobinado principal. No obstante, con una sola bobina en campo no gira, sólo oscila, así que se coloca un segundo bobinado llamado auxiliar desfasado noventa grados con respecto al anterior mediante un condensador en serie para facilitar el arranque giratorio como se ve en el video

Procedimiento experimental

- De un motor de lavadora eliminamos el rotor y nos quedamos con el estátor. Es una operación sencilla pero ha de hacerse con cuidado para no estropear los bobinados. Es un motor monofásico.
- Del estátor salen cinco hilos cuyos colores están más o menos normalizados. Dos de ellos, marrón y amarillo se pueden obviar porque su responsabilidad son velocidades como la del centrifugado u otras.

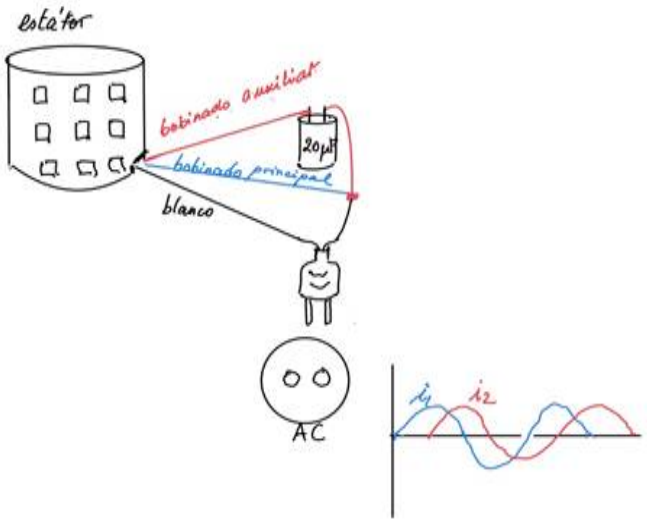


Figura 1. Esquema-resumen del montaje.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

En la presentación de su campo magnético rotatorio, Tesla quiso evocar la historia del huevo de Colón en la que se cuenta como Cristóbal Colón desafió a unos nobles a mantener un huevo en pie. Tesla usó un huevo de cobre para evitar el ferromagnetismo.

Materiales

- Motor de lavadora preferentemente.
- Condensador de arranque de 20 microfaradios y opcionalmente un voltímetro/amperímetro.
- Latas u otros objetos de aluminio como esferas o la famosa peonza tippy top.

Conclusión

Tanto la reconstrucción, lo más aproximada posible, como el uso del reciclaje son valores añadidos a una demostración sobre experiencias de la física. Es descubrir un descubrimiento con permiso de la repetición. Y si hacemos uso de la historia de la ciencia, la demostración, adquiere mayor sentido.

César Sancho Martín
IES Benjamín (Tudela, Navarra)
Contacto: csancho25@gmail.com

Referencias:

- Asimov, I. (1977). *Introducción a la ciencia.* Plaza & Janés.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W. (1966). *Física.* Aguilar.
- Beichner, R. J., R. Serway, R. (2001). *Física para Ciencias e Ingeniería.* McGraw Hill

La tetera caprichosa · Guillermo Montero Dombriz

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La presente demostración se puede plantear para el nivel de 4.º ESO, aunque también se puede adaptar a 1.º Bachillerato, y tiene por objetivos:

- Comprender el concepto de presión atmosférica y cómo actúa sobre la superficie de los líquidos
- Analizar el papel de la tensión superficial en la retención de líquidos dentro de conductos estrechos
- Comprender las fuerzas intermoleculares de cohesión en un líquido
- Fomentar el pensamiento crítico y el método científico mediante la observación de un fenómeno aparentemente "mágico"

Fundamento

La "tetera del asesino" (o tetera de doble cámara) es un recipiente cerámico antiguo que posee dos compartimentos internos independientes. Cada compartimento tiene una entrada de aire oculta cerca del asa y un canal que comunica con el pico vertedor. El experimento se basa en la combinación de dos principios físicos fundamentales:

- **Presión atmosférica.** Cuando llenamos un compartimento y tapamos su agujero de ventilación exterior con el dedo, el líquido no puede salir de forma continua por el pico. Para que el líquido fluya hacia fuera, es necesario que entre aire que ocupe su lugar. Al sellar el agujero, se genera un ligero vacío interno. Si el líquido intenta bajar; la presión atmosférica externa empuja el líquido hacia dentro del pico de la tetera, impidiendo que caiga.

- **Tensión superficial.** ¿Por qué el líquido no cae si el aire pudiese entrar al mismo tiempo por el propio pico vertedor? Aquí entra en juego la tensión superficial que se encarga de minimizar la superficie del líquido. Si entrase aire por la boca de la tetera permitiendo que saliese el líquido, la superficie de este aumentaría (proceso energéticamente desfavorable). A nivel microscopico, las moleculas que estan en la superficie de un liquido poseen un exceso de energia en comparacion con las que estan en el interior. El estado de minima energia del liquido corresponde a aquel en que el numero de moleculas en la superficie es minimo, lo que implica que el liquido tiende a reducir al minimo su superficie. En el seno del liquido, cada molecula esta rodeada por moleculas vecinas que ejercen sobre ella fuerzas intermoleculares de cohesion. Estas fuerzas se ejercen en todos sentidos y direcciones por lo que la resultante es nula. Sin embargo, las moleculas de liquido en la superficie también interaccionan con las moléculas de aire del exterior y esta interacción es mucho menor, con lo que las moléculas de la superficie sufren una fuerza neta dirigida hacia el interior del liquido, minimizando así la superficie del líquido (menisco).

Materiales y reactivos

- Tetera del asesino (se puede adquirir fácilmente a un precio muy asequible).
- Disoluciones de colorante alimentario azul y rojo.
- 4 vasitos pequeños tipo chupito (o cualquier otro que sea adecuado).

Procedimiento experimental

Preparación previa (sin presencia de los alumnos):

1. Se preparan disoluciones acuosas de 80 mL aprox. de los colorantes azul y rojo.
2. Se introducen con cuidado las disoluciones con colorante por cada uno de los orificios de la tetera que comunican con las dos cámaras.

Ejecución de la demostración (delante de los alumnos):

1. Se puede empezar mostrando la tetera a los alumnos y explicando que es una "tetera caprichosa" que obedece las órdenes del dueño. Se colocan los 4 vasitos en fila.
2. Se vierte el primer líquido (p.ej. azul) teniendo cuidado de cubrir bien el agujero que comunica con la cámara del otro líquido (rojo) y dejar libre el que comunica con la cámara del líquido azul (sólo saldrá este).
3. Se vierte el segundo líquido (el rojo) cubriendo ahora el agujero que comunica con la cámara de líquido azul, impidiendo que salga, y dejando libre el agujero de la cámara que contiene el líquido rojo (sólo saldrá este).
4. En el siguiente vasito se vierten ambos líquidos si no tapamos ninguno de los agujeros, obteniendo así un líquido de color mezcla entre rojo y azul, dando la apariencia de otro líquido diferente.
5. Por último, si se tapan ambos orificios a la vez, al intentar verter líquido en el cuarto vasito, no saldrá líquido.

Conclusiones

El uso de demostraciones en el laboratorio es un instrumento ideal para despertar la fascinación y el interés del estudiantado por la ciencia, en particular la física y la química. De esta forma, los alumnos y alumnas consiguen conectar los tan frecuentemente abstractos conceptos de la física y la química con algo que conecta con sus experiencias sensibles Comprender de forma tan visual un concepto tan teórico como la presión atmosférica, la tensión superficial y las fuerzas intermoleculares les acerca a la ciencia como algo tangible y real que tiene aplicaciones concretas

Guillermo Montero Dombriz
IES Profesor Domínguez Ortiz (Guadalajara)
Contacto: guillermontdombriz@yahoo.es

Bibliografía

- Perelman, Y. (2003). *Física recreativa*. Martínez Roca.

Nota del autor: La presente demostración es una adaptación de «La curiosa tetera del asesino» de Steve Mould*: https://www.youtube.com/watch?v=jJL0XoNBaac&t=78s*

La luz: Cuando la física se convierte en matemáticas · Iván Nadal Latorre



Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La propuesta parte de la observación de diferentes fenómenos relacionados con la luz y plantea una conexión entre Física y Matemáticas. Sus objetivos generales son:

- Valorar la importancia de la comprensión interdisciplinar de distintos fenómenos relacionados con la luz.
- Aplicar, en el ámbito de las matemáticas y, en concreto, en las funciones de primer grado, la representación gráfica de estos fenómenos.
- Analizar los datos obtenidos a partir del estudio de imágenes fotográficas que permiten asociar la propagación de luz a formas lineales.
- Trabajar de manera cooperativa, siendo crítico con la metodología seguida y los resultados obtenidos.

La actividad pretende tener un contexto interdisciplinario. Para ello se vincula con las competencias específicas:

- Física y Química: relacionadas con la interpretación de fenómenos y con el desarrollo y comunicación de procesos científicos.
- Matemáticas: relacionadas con la representación, el razonamiento, las conexiones entre representaciones y la aplicación de las matemáticas en otras disciplinas.

La idea propuesta se resume en la siguiente secuencia: La fotografía provoca → La Física explica → Las Matemáticas modelizan. La realización de la actividad está pensada para 2º de ESO en adelante. Finalmente, la duración prevista de la misma es de 4 h semanales distribuidas en 4 sesiones.

Fundamento

En la naturaleza existen numerosos ejemplos para explicar la transmisión de la luz. Es fácil observar cómo su propagación sigue una línea recta si ponemos una fuente de luz detrás de una superficie opaca y sólo abierta por un agujero muy pequeño. También podemos verlo en los primeros rayos solares del día. Por último, como un rayo láser permite medir una distancia determinada. La propagación rectilínea de la luz se produce mientras se propaga en un mismo medio. Cuando ocurre de un medio a otro, puede cambiar su velocidad y dirección, fenómeno llamado refracción. Es el caso de ver una cuchara "torcida" cuando se observa media fuera y la otra parte dentro del agua. Por último, la propagación rectilínea de la luz también se puede estudiar en un espejo. Además, el fenómeno que se produce, llamado reflexión, permite obtener imágenes como "suma" de los puntos de reflexión de los diferentes rayos que devuelven desde la superficie del espejo y que son interpretados por nuestro cerebro para formar la imagen especular.

Por tanto, podemos ver que la luz es un tema interdisciplinar que se puede explicar desde la física o la biología (fisiología humana, funcionamiento del ojo...). Y entonces, ¿dónde actúan aquí las matemáticas? Pues, para empezar, puede asociarse la transmisión rectilínea de la luz con una función de primer grado, a una recta. Si consideramos que esta recta que, por definición, es infinita, tiene un origen definido, el Sol, puede hablarse de semirrecta. A partir de ahí, la limitación de su longitud permite estudiar los segmentos. Si se produce una refracción, podemos hablar de segmentos concatenados (por ejemplo, en una cañita de beber). O también, en un espejo, además de estos segmentos, también pueden tratarse los ángulos, o trabajar con fenómenos de convergencia o divergencia.

La propuesta se inicia con un fragmento del episodio sobre Newton de la serie *Érase una vez... Los inventores*, que presenta las investigaciones de Newton sobre la luz y permite situar el estudio de la óptica en su contexto histórico. A partir de esta introducción, el alumnado pasa de la observación de fenómenos luminosos a su explicación física y a su representación matemática.

Materiales

Para la demostración experimental asociada: recipiente transparente, agua, varilla metálica recta u objeto similar y dispositivo para hacer fotografías.

Para el desarrollo de los retos: herramientas de dibujo (colores, reglas...), GeoGebra, hoja de cálculo, papel milímetro y dispositivos digitales (tabletas/ordenadores).

Procedimiento experimental

Demostración experimental asociada:

- Llenar parcialmente un vaso de precipitados con agua. Introducir una varilla recta de manera inclinada, dejando una parte dentro del agua y otra fuera. Observar la varilla desde una posición lateral.
- Comprobar que la parte sumergida parece desplazarse respecto a la parte que permanece fuera del agua. Modificar ligeramente el punto de observación para comprobar que se trata de un efecto óptico. Fotografiar el montaje.
- Se explica que la aparente discontinuidad de la varilla no corresponde a una deformación real, sino al efecto de la refracción de la luz.

Desarrollo de los retos:

En total se han diseñado **6 retos de complejidad creciente** cuya metodología se describe brevemente, aunque se puede consultar en el material docente indicado en la bibliografía:

- **Preparativos**: Se forman grupos de 3-4 alumnos, se introduce el tema mediante un fragmento del vídeo sobre Newton y se trabaja con fotografías, papel de acetato o GeoGebra.

- **Reto 1. Un rayo de luz**: Se representan sobre unos ejes de coordenadas distintos puntos obtenidos de una fotografía y se identifica el cuadrante en el que se sitúan.
- **Reto 2. Haces de luz**: Se representan las semirrectas de los haces de luz y se determinan sus ecuaciones y pendientes, identificando imagen y antiimagen.
- **Reto 3. Divergencia matinal**: Se representan los rayos de luz, se determinan sus puntos de corte con el horizonte y se analiza la posición de éstos en los cuadrantes.
- **Reto 4. Discontinuidad**: Se analiza la apariencia de discontinuidad producida por la refracción y se determinan las ecuaciones de los dos tramos representados.
- **Reto 5. Roto, plegado**: Se estudia la refracción asociada como una función definida a trozos, se calculan las pendientes y se comprueba el paralelismo entre segmentos.
- **Reto 6. ¿Reflexionamos?**: Se representan los rayos incidente, refractado y reflejado, se calculan sus pendientes y se determinan las ecuaciones de las rectas asociadas.

Además, con el propósito de que la actividad sea lo más inclusiva posible, cada reto presenta tablas y preguntas de dificultad creciente siguiendo la idea del semáforo. Finalmente, cada grupo rellena el bloque de trabajo realizado, y de autoevaluación y coevaluación, indicando también posible uso o no de herramientas IA.

Conclusiones

Entre las conclusiones más importantes, caben destacar:

- La demostración transforma un fenómeno óptico cotidiano en una situación de aprendizaje interdisciplinaria.
- La observación de una varilla aparentemente rota permite formular una pregunta: ¿podemos representar matemáticamente aquello que estamos observando?
- La fotografía se convierte en una fuente de información; la Física permite explicar el fenómeno y las Matemáticas proporcionan herramientas para representarlo, analizarlo y comunicarlo.
- La propuesta muestra la progresión desde la observación hacia la modelización: fotografía → fenómeno físico → representación matemática → interpretación.
- Además de trabajar contenidos de Física y Matemáticas, la actividad incorpora trabajo cooperativo, herramientas digitales y procesos de autoevaluación y coevaluación.

Iván Nadal Latorre
Institut Carles Vallbona (Granollers, Barcelona)
Contacto: ivan.nadal@icv.cat

Bibliografía

- Erase una vez... Los inventores. Newton: https://youtu.be/-AhD_ZzLt_g
- Materiales del autor: https://drive.google.com/file/d/1scWahPp31X2LUd3Zi0-HA5nBYYjJ4clC/view?usp=sharing

Generación de corriente eléctrica con una dinamo: Del laboratorio de Faraday al aula de Energías Renovables · Patricia Simal Campos

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La presente demostración experimental se desarrolla en el marco del primer curso del Ciclo Superior de Energías Renovables, en el módulo de Prevención de riesgos eléctricos, y tiene por objetivos:

- **Ciencia aplicada:** Comprender el principio de inducción electromagnética como base del funcionamiento de un aerogenerador mediante una analogía con la dinamo.
- **Seguridad:** Identificar y evaluar riesgos electromecánicos (atrapamientos por elementos rotativos, superficies calientes y contactos eléctricos) en dispositivos de generación.
- **Modelización:** Observar la relación directa entre la velocidad angular de rotación y la intensidad de la corriente inducida (brillo de la lámpara), que permite entender el funcionamiento interno de un aerogenerador de forma simplificada.

Fundamento

La generación de electricidad se basa en la **Ley de Faraday-Lenz**, que establece que una variación en el flujo magnético (**Φ**) a través de una espira induce una fuerza electromotriz (ε). En 1831 Michael Faraday construyó el primer generador electromagnético (el Disco de Faraday), demostrando que el movimiento mecánico podía transformarse en flujo eléctrico constante.

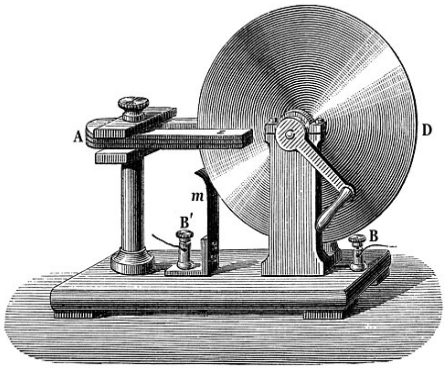


Figura 1. Disco de Faraday. Fuente: Wikipedia (Dominio público).

Años después, en 1871, Zénobe Gramme perfeccionó este diseño creando la primera dinamo comercial capaz de alimentar la industria parisina. Su gran hallazgo fue la reversibilidad: una dinamo puede funcionar como motor y viceversa, concepto crítico en el mantenimiento de aerogeneradores que hoy estudian nuestros alumnos. En nuestra práctica, la rotación de la rueda del patinete proporciona la energía mecánica necesaria para variar el flujo magnético.

Materiales

- Dinamo de fricción (alternador de bicicleta).
- Lámpara incandescente de corriente continua 6V / 3W.
- Patinete eléctrico (utilizado como motor de accionamiento externo para la rueda).
- Cables de conexión y terminales.
- Equipos de Protección Individual (EPIs): Guantes de protección mecánica.

Procedimiento experimental

Se conectan los terminales de la dinamo a la lámpara mediante cables conductores y se sitúa la cabeza de fricción de la dinamo en contacto con la rueda del patinete eléctrico. Posteriormente se acciona el patinete a diferentes velocidades y se observa cómo el brillo de la bombilla aumenta proporcionalmente a la velocidad de la rueda (velocidad angular).

Durante el proceso, el alumnado debe identificar los principales riesgos de la práctica:

- Mecánico: atrapamiento en el punto de fricción rueda - dinamo.
- Térmico: elevada temperatura por fricción continua.
- Eléctrico: contacto indirecto en terminales no aislados.

Conclusiones

La práctica demuestra visualmente la conversión de energía cinética en eléctrica. En el contexto de las energías renovables, permite al alumno entender que un fallo en el sistema de frenado de un aerogenerador (sobrevelocidad) no solo es un riesgo mecánico, sino que puede generar picos de tensión peligrosos, integrando así la física teórica con la prevención laboral real. Además, el uso del patinete eléctrico como "motor primario" conecta la física clásica con un elemento cotidiano del estudiante, aumentando su conexión con la realidad y la motivación por la realización de la práctica.

Patricia Simal Campos
IES Virgen de la Paloma (Madrid)
Contacto: *patricia.simal@educa.madrid.org*

Bibliografía

- Tipler, P. A., Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología*. Reverté.

«¡Un video, Galileo!» Videos de Física con orientación didáctica · Germán Ros Magán e Iñigo Rodríguez Arteche

La enseñanza de la física en Educación Primaria y Secundaria se enfrenta a un reto constante: cómo transformar conceptos de difícil comprensión en aprendizajes memorables y significativos. En un contexto educativo en ocasiones saturado de teoría y de recursos digitales que pueden resultar abstractos, la experimentación debe ocupar un lugar central en el aprendizaje. En ambas etapas educativas, la comprensión de los fenómenos físicos requiere un tránsito gradual de lo concreto a lo abstracto, proceso que puede favorecerse mediante la experimentación cuando esta se plantea de manera que, además de promover una dimensión activa (*hands-on activities*), implique al alumnado en procesos de razonamiento y construcción de explicaciones (*minds-on activities*) (Osborne, 2019).

Precisamente por ello, la incorporación de experimentos de bajo coste en la formación del profesorado, desde un enfoque adecuado para su enseñanza, puede contribuir al desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido (Carlson et al., 2019), favoreciendo que el profesorado establezca relaciones explícitas entre el conocimiento disciplinar y las estrategias específicas para su enseñanza.

En la búsqueda de experiencias para el aula, los docentes a menudo se enfrentan a diversas dificultades. Con frecuencia, no disponen de los materiales ni de los espacios de laboratorio necesarios para desarrollar prácticas tradicionales, cuya realización demanda una modificación de los horarios o desdobles. Ante estas limitaciones, recurren en ocasiones a experiencias de tipo demostrativo o al uso de videos de experimentos. En el primer caso, las prácticas de laboratorio tradicionales se alejan habitualmente de las recomendaciones de la didáctica de las ciencias, ya que suelen plantearse como actividades de tipo «receta», dejando poco espacio para la indagación y para una auténtica construcción de modelos científicos escolares. En el segundo, es común encontrar videos con experimentos sorprendentes pero ausentes de explicación, o bien propuestas con aproximaciones muy teóricas y sin la necesaria transposición didáctica. En ambos casos, además, la intencionalidad didáctica no siempre está claramente definida ni orientada al aprendizaje científico.

Es precisamente para dar respuesta a esta necesidad que nace «*¡Un video, Galileo!*» canal de Youtube con una colección de vídeos que está disponible en el siguiente enlace: *https://youtube.com/playlist?list=PLv4KVtP071cOBguakJ3LDggu9LnjeprzT&si=72hiM78oMH8-cBhg*. Se trata de un espacio dirigido a docentes de Educación Primaria y Secundaria, tanto en ejercicio como en formación, que ofrece experiencias prácticas accesibles (*low-cost*), realizables en el aula y atractivas para el alumnado. Las propuestas están conectadas con los conceptos científicos que se pretenden trabajar, incorporan una explicación adaptada tanto al docente como a su alumnado y responden a una intención didáctica explícita.

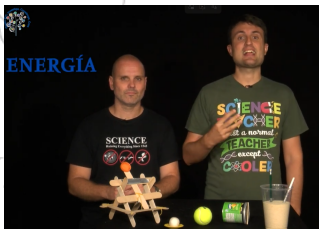
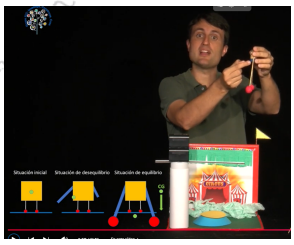
En la Figura 1 se muestra el logo del canal, así como los bloques temáticos que lo integran actualmente, cuya ampliación se encuentra en proceso. El canal recibió en 2024 el Premio de Divulgación, en la categoría «Mejor iniciativa de divulgación en formato audiovisual», otorgado por la Universidad de Alcalá (UAH).



Figura 1. Canal «*¡Un video, Galileo!*» del Grupo Investiga, Construye, Crea (ICC) de la Universidad de Alcalá.

La eficacia del uso de videos en la enseñanza cuenta con un amplio respaldo teórico. Desde la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia, Mayer (2021) justifica su valor pedagógico al explicar cómo la combinación del procesamiento visual y auditivo (principio de doble codificación) y la reducción de la carga cognitiva favorecen la retención conceptual. Así, tanto en la visualización directa dentro del aula como en su trabajo previo o posterior, los recursos audiovisuales constituyen un soporte valioso para la comprensión.

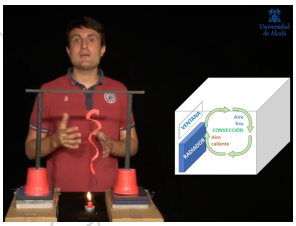
Sin embargo, el reto fundamental no radica únicamente en disponer de buenos materiales, sino en determinar cómo integrarlos de manera adecuada en el aula. En este sentido, los videos de experimentos con materiales caseros no solo resultan útiles para la demostración conceptual o el aprendizaje autónomo previo, sino que también actúan como inspiración y guía para que estudiantes y docentes lleven a cabo la experimentación directa en el aula. De este modo, según el propósito formativo, los videos se pueden articular de diversas formas. En la Figura 2 ofrecemos diversas posibilidades (enfoques), indicando en cada caso el rol que juegan el alumnado, el propio video y el docente, así como algunas estrategias para su integración en el aula y ejemplos concretos de videos del canal.

Ejemplificar prácticas de indagación	Videos de ejemplo
Rol del estudiante. Propone variables influyentes, plantea hipótesis acerca de la situación del video y analiza los resultados. Rol del video. Ilustra el procedimiento: muestra cómo se plantea una pregunta, se controlan variables o se miden datos en un contexto cotidiano o de laboratorio. Rol del docente. Guía: orienta el análisis de la situación científica sin dar las respuestas de antemano. Revisa las variables en juego y consensúa a la vista de los resultados la veracidad o no de las hipótesis. Estrategias clave en el aula. Identificación de preguntas investigables, puesta en común de posibles variables, comparación de hipótesis, reflexión sobre cómo el proceso permite construir conocimiento científico, etc.	 6. Masa y tiempo de caída.
Favorecer la construcción y revisión de modelos	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Reflexiona sobre sus explicaciones tentativas del fenómeno, comparte su modelo científico, lo pone en juego y lo reconstruye para avanzar hacia uno más avanzado. Rol del video. Herramienta para el cambio conceptual: el video provoca un conflicto cognitivo con el modelo inicial del alumnado. Rol del docente. Mediador del cambio conceptual: ayuda al alumnado a avanzar en la construcción y progresión de sus modelos. Estrategias clave en el aula. Preguntas guía, dibujo de esquemas y representaciones, uso de analogías, reflexión sobre los límites del modelo inicial y ventajas del nuevo modelo, etc.	 Videos del 17 al 21 sobre energía cinética y potencial.
Ilustrar planteamientos didácticos (Secuencias de enseñanza-aprendizaje, Ciencia en contexto, ...)	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Aprendiz en contexto, que confronta y revisa sus ideas a partir de situaciones cotidianas. Rol del video. Anclaje contextual: aporta contextos del mundo real que se convierten en situaciones de aprendizaje.	

Rol del docente. Contextualizador y moderador: conecta el contenido curricular con la situación contextual planteada. Estrategias clave en el aula. Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) estructuradas alrededor de los vídeos.	Secuencia de videos del 9 al 16 sobre centro de gravedad.

Desencadenar un conflicto cognitivo	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Agente activo que hipotetiza, argumenta y contrasta sus ideas previas. Rol del video. Estímulo disruptivo: muestra un resultado inesperado, contraintuitivo o una paradoja que rompe la intuición. Rol del docente. Provocador de disonancia: gestiona la discusión, haciendo aflorar las ideas previas o errores conceptuales y cuestionándolos. Estrategias clave en el aula. Estrategia Predecir-Observar-Explicar (POE): congelar el video justo antes del desenlace, registrar predicciones individuales y discutir en pequeño y gran grupo antes de ver el desenlace.	 8. Huevos a presión. 16. Caja que sube. 31. Conductores y aislantes térmicos.
Explicar fenómenos cotidianos y el funcionamiento de aplicaciones tecnológicas	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Observador analítico que conecta la ciencia teórica con el entorno cotidiano y la tecnología. Rol del video. Puente de conexión: visibiliza los principios físicos dentro de dispositivos tecnológicos y en fenómenos del día a día. Rol del docente. Integrador: guía la deconstrucción de la tecnología o fenómeno para revelar las leyes físicas subyacentes. Estrategias clave en el aula. Diagramas y esquemas explicativos, conexión con los fundamentos teóricos, retos de ingeniería conceptual inversa, etc.	 39. ¿Cómo se construye y funciona un electroimán? 41. Motor de inducción.

Realizar demostraciones interactivas	Videos de ejemplo
Rol del estudiante. Observador activo que relaciona los conocimientos teóricos previos con la demostración. Rol del video. Soporte de la teoría o del laboratorio: permite mostrar una experiencia como apoyo a la explicación teórica o como sustituto de un experimento que no puede realizarse por falta de medios. Rol del docente. Explicativo: relaciona la experiencia en conexión con los fundamentos teóricos. Estrategias clave en el aula. Fomento de la curiosidad a través de preguntas y de la participación (*plickers*, a mano alzada, discusión entre pares, etc.).	 Videos 1 al 5 sobre fuerzas y leyes de Newton.
Promover la creación de videos por el alumnado	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Creador, comunicador y divulgador del conocimiento científico. Rol del video. Producto final y evidencia de aprendizaje: refleja el dominio conceptual y la competencia digital del alumnado. Rol del docente. Asesor y evaluador: proporciona rúbricas, orienta en la elaboración del guion y revisa el rigor científico. Estrategias clave en el aula. Creación de videos explicativos, animaciones *stop motion* de procesos abstractos, minidocumentales sobre proyectos de investigación, etc.	Los estudiantes elaboran sus propios videos sobre fenómenos científicos, tomando los del canal como modelo. Esta práctica se desarrolla con el alumnado de la UAH, aunque los materiales no están disponibles en abierto.

Implementar un enfoque de aula invertida	Videos de ejemplo
Rol del estudiante. Aprendiz autónomo que procesa la información teórica previa a su propio ritmo. Rol del video. Recurso para la presentación de contenidos básicos y soporte de preparación previa a la clase presencial. Rol del docente. Diseñador del entorno de aprendizaje y facilitador de actividades de afianzamiento y transferencia de los aprendizajes durante las clases presenciales. Estrategias clave en el aula. Inserción de preguntas con corrección automática, análisis de las dudas expresadas antes de la clase y dinamización de las actividades presenciales.	 Por ejemplo, los videos sobre fuerzas (1 al 8), energía (17 al 21), calor y temperatura (27 al 32) o magnetismo (37 al 41) pueden servir como materiales previos al aula.

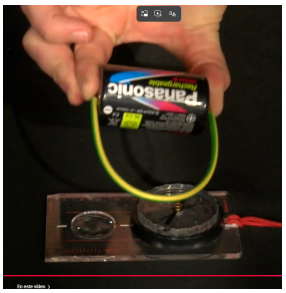
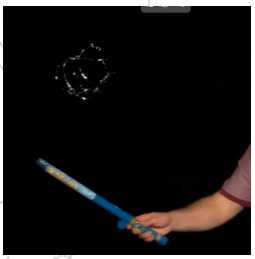
Reproducir experimentos históricos	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Analista del desarrollo histórico de la ciencia y la construcción de conceptos. Rol del video. Reconstrucción histórica: muestra montajes originales o réplicas de experiencias científicas históricamente relevantes. Rol del docente. Historiador de la ciencia: contextualiza la época, los medios disponibles y las ideas científicas de ese periodo. Estrategias clave en el aula. Análisis crítico del contexto histórico, discusión sobre la evolución de los instrumentos de medida y réplica, análisis cualitativo del diseño experimental original, etc.	 38. El experimento de Oersted.
Fomentar la ciencia recreativa y la divulgación científica	**Videos de ejemplo**
Rol del estudiante. Aprendiz motivado que conecta la ciencia con el ocio, la curiosidad y la *magia* de los fenómenos. Rol del video. Gancho emocional y lúdico: presenta la ciencia mediante retos, trucos aparentes, juguetes o efectos visuales impactantes. Rol del docente. Presentador: dirige el entusiasmo visual hacia la explicación rigurosa del fenómeno observado. Estrategias clave en el aula. «Desmontar el truco»: análisis científico de vídeos virales o de magia, recreación del experimento y retos de «hazlo tú mismo en casa».	 21. El bote mágico. 28. Globo que no explota. 30. Moneda saltarina. 36. Levitación electrostática.

Figura 2. Posibles enfoques para la utilización de «*¡Un video, Galileo!*» en el aula.

Esta lista de videos fue inaugurada en YouTube en septiembre de 2023. Desde entonces, ha acumulado casi 19000 visualizaciones, de las cuales cerca de 6000 proceden directamente de la propia lista (18956 y 5990, respectivamente, a fecha de 29/09/2026). La Figura 3 muestra la evolución del número de visualizaciones procedentes de la propia lista para los 5 videos más visitados (*¿Cómo funcionan los engranajes?*, *Coche a propulsión*, *Polea simple y compuesta*, *Experiencias sobre fuerzas* y *Magia con huevos*). Como puede apreciarse, el número de visitas se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo. Además, la lista cuenta actualmente con 170 suscriptores y recibe visitas procedentes de diversos lugares del mundo.

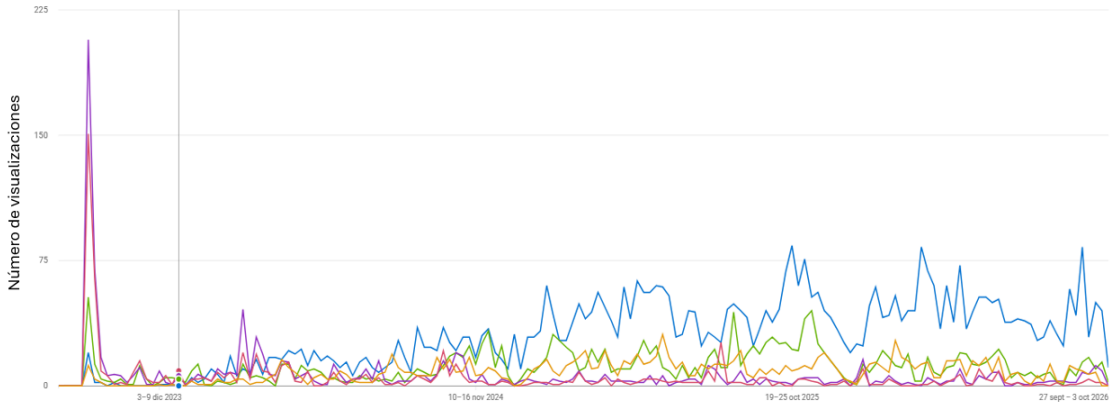


Figura 3. Número de visualizaciones del canal «*¡Un video, Galileo!*» desde la propia lista. Cada color representa uno de los cinco videos más visitados de la lista. Fuente:

En definitiva, las posibilidades de uso de los videos son múltiples y dependen tanto de los objetivos de aprendizaje como de las preferencias del docente. Sin embargo, cabe destacar que estos recursos funcionan como andamios cognitivos especialmente eficaces cuando se integran en los enfoques activos que se han sugerido, esto es, cuando se acompañan de preguntas y/o tareas guiadas que permitan al alumnado formular hipótesis, confrontar sus ideas previas, cuestionar sus modelos científicos y, en definitiva, generar una disonancia cognitiva. Así, los creadores del marco pedagógico *Interactive Lecture Demonstrations* (Sokoloff y Thornton, 2004) ya demostraron que la visualización pasiva de un experimento apenas modifica las concepciones erróneas de los estudiantes; el aprendizaje real ocurre cuando el alumnado predice los resultados, observa las demostraciones y discute en grupo las discrepancias detectadas. Por tanto, el potencial educativo de los videos no reside únicamente en lo que muestran, sino en las oportunidades de reflexión, discusión y reconstrucción conceptual que se generan a partir de su visualización.

Germán Ros Magán Universidad de Alcalá Contacto: *german.ros@uah.es*	**Iñigo Rodríguez Arteche** Universidad de Almería Contacto: *inigorar@ual.es*

Bibliografía:

- Carlson, J. *et al.* (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. En: Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-94). Springer.
- Mayer, R. E. (2021/2024). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3ª ed.). Cambridge University Press.
- Osborne, J. F. (2019). Not "hands on" but "minds on": A response to Furtak and Penuel. *Science Education, 103*(5), pp. 1280-1283.
- Sokoloff, D. R., Thornton, R. K. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley & Sons.

Equilibrio estático en palancas · Almudena de la Fuente Fernández

El objetivo fundamental de la experiencia es comprobar si se verifica la condición de equilibrio de rotación en palancas de primero, segundo y tercer género a partir del cálculo de los momentos de las fuerzas aplicadas. De forma cuantitativa, la demostración práctica es adecuada para 1º Bachillerato. No obstante, la experiencia podría adaptarse a 2º de ESO para la demostración de la ley de la palanca, dentro del bloque "La interacción".

Fundamento

Una palanca es una máquina simple que consiste esencialmente en una barra rígida que puede girar en torno a un punto de apoyo fijo llamado fulcro. Su función principal es transmitir fuerza y desplazamiento para vencer una resistencia.

Desde la prehistoria, de forma intuitiva, nuestros antepasados ya empleaban palos y ramas rígidas para mover grandes rocas o desenterrar raíces. En el Antiguo Egipto y Mesopotamia, esta tecnología se refinó para la ingeniería civil y la agricultura, destacando la invención del *shaduf* (o cigoñal), un sistema de palanca de primer género con contrapeso utilizado para extraer agua de los ríos de manera eficiente. Sin embargo, el verdadero nacimiento de la palanca como objeto de estudio científico y geométrico no ocurriría hasta el siglo III a.C. en la Antigua Grecia, de la mano del célebre matemático e ingeniero Arquímedes de Siracusa. Arquímedes fue el primero en formalizar las leyes físicas que rigen el comportamiento de las palancas en su tratado *Sobre el equilibrio de los planos*. A él se le atribuye la famosa frase histórica que define el poder de la multiplicación de la fuerza: *"Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo"*. Con esta afirmación, Arquímedes ilustró de forma extrema el concepto de ventaja mecánica: teóricamente, no existe masa lo suficientemente grande que un ser humano no pueda levantar si dispone de una palanca lo suficientemente larga y un fulcro perfectamente rígido. Durante el Renacimiento y la Ilustración, científicos como Galileo Galilei e Isaac Newton reformularon estas observaciones geométricas bajo los conceptos modernos de fuerza, momento de una fuerza y equilibrio estático, conectando las intuiciones de la antigüedad con las leyes de la mecánica clásica.

Dependiendo de la posición relativa del fulcro, la resistencia (F_1) y la fuerza motriz (F_2) las palancas se clasifican en tres géneros:

- **Primer género:** El fulcro se encuentra entre la fuerza motriz y la resistencia (por ejemplo, unas tijeras o una balanza).
- **Segundo género:** La resistencia (F_1) se encuentra entre el fulcro y la fuerza motriz (F_2) (por ejemplo, una carretilla).
- **Tercer género:** La fuerza motriz (F_2) se encuentra entre el fulcro y la resistencia (F_1) (por ejemplo, unas pinzas de depilar).

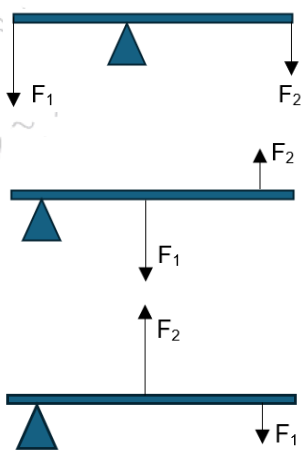


Figura 1. Tipos de palancas.

Para que un cuerpo rígido (como la barra de una palanca) se encuentre en equilibrio estático, se deben cumplir simultáneamente dos condiciones mecánicas:

- **Primera condición de equilibrio (equilibrio de traslación):** La suma vectorial de todas las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo debe ser igual a cero ($\Sigma\vec{F}$ =0).
- **Segunda condición de equilibrio (Equilibrio de rotación):** La suma vectorial de todos los momentos de fuerza o torques ($\vec{M}$) respecto a cualquier punto de giro (en este caso, el fulcro) debe ser igual a cero ($\Sigma\vec{M}$ =0).

El momento de una fuerza mide la capacidad de dicha fuerza para producir una rotación y, cuando la fuerza es perpendicular al eje de giro, su módulo se calcula como el producto de la fuerza por su distancia a dicho eje de giro, en este caso el brazo de palanca ($M = F \cdot r$). Por convenio, los momentos que producen giros antihorarios se consideran positivos y, los que producen giros horarios, negativos. Si la barra de la palanca posee una masa significativa, su propio peso (F_B) actúa como una fuerza distribuida. A efectos analíticos, toda la fuerza del peso de la regla se considera concentrada en su centro de gravedad (punto medio geométrico si la barra es homogénea). En estos casos, para determinar el momento resultante hay que tener en cuenta el momento de dicha fuerza respecto al fulcro ($M_B = F_B \cdot r_B$) siendo r_B la distancia desde el centro de gravedad de la barra al fulcro.

Materiales

Para realizar esta demostración experimental, se han empleado los siguientes materiales:

- Regla graduada de aluminio de 50 cm con 7 orificios equidistantes (1).
- Soporte construido con dos trozos de madera perpendiculares entre sí, provisto de un tornillo y una tuerca que actúan como fulcro (2).
- Balanza digital de precisión (3).
- Dinamómetro calibrado de rango 0−2,5 N (4).
- Bolsa pequeña de plástico ligera y clip de sujeción (5).
- Sal común (6) y espátula (7).
- Objeto de ensayo de unos 50-100 g que pueda colgarse de uno de los orificios (p. ej. llavero) para emplear como resistencia

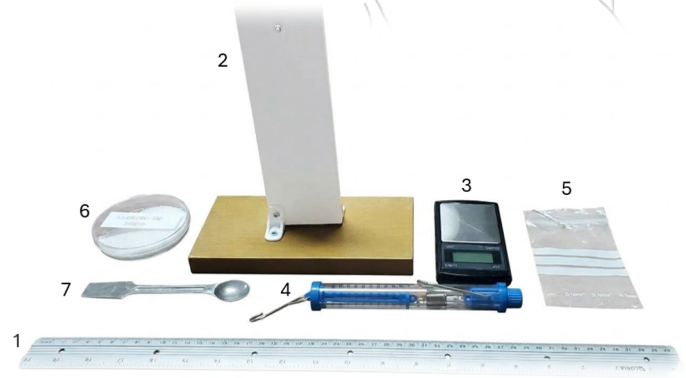


Figura 2. Material necesario para el desarrollo de la experiencia.

Procedimiento experimental

- Determinar la masa de la regla en la balanza digital.
- Multiplicar este valor por la aceleración de la gravedad para obtener el peso de la regla (F_B).

Palanca de primer género:

1. Unir la regla al soporte colocando el punto de apoyo en una posición desplazada respecto al centro de gravedad de la regla. Medir y anotar la distancia (r_B) desde el fulcro hasta el centro de la regla.
2. Pesar el objeto de ensayo en la balanza para calcular F_1, colgarlo en un extremo de la regla y medir su distancia (r_1).
3. En el extremo opuesto de la regla, colgar la bolsa vacía con un clip y medir su distancia al punto de apoyo (r_2).
4. Utilizando la espátula, añadir sal paulatinamente dentro de la bolsa hasta que la regla quede perfectamente horizontal y en equilibrio estático.
5. Retirar con cuidado la bolsa con la sal y el clip y pesarla en la balanza para la fuerza motriz (F_2).
6. Modificar la posición de la bolsa a otras dos distancias r_2 diferentes y repetir los pasos 4 y 5 para completar tres mediciones distintas. Registrar todos los datos en una tabla y comprobar en cada caso que se cumple que el momento resultante es aproximadamente nulo.

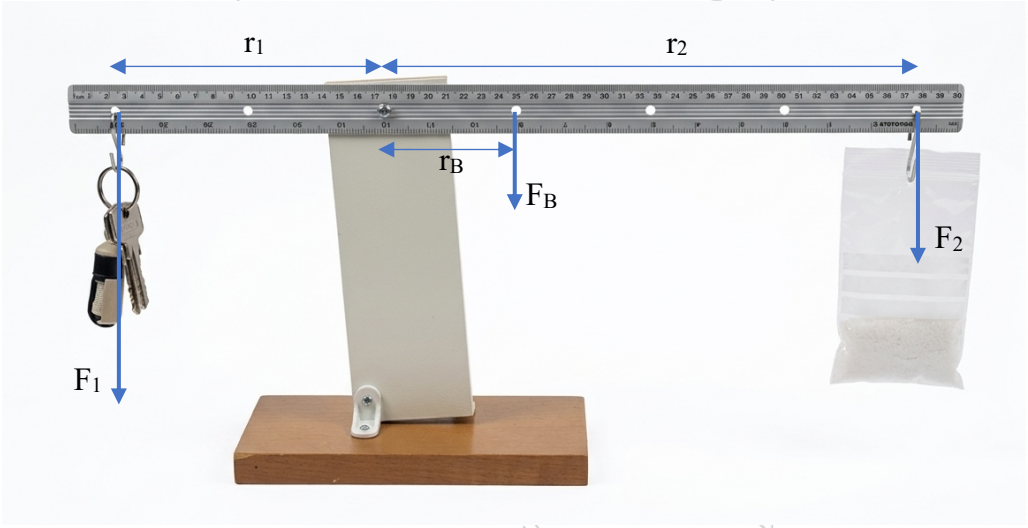


Figura 3. Estudio experimental de una palanca de primer género.

Palanca de segundo género:

1. Acoplar el punto de apoyo en uno de los extremos de la regla. Medir y anotar la distancia (r_B) desde el fulcro hasta el centro de la regla.
2. Colgar el objeto de peso conocido F_1 en un punto intermedio cercano al fulcro y anotar la distancia (r_1).
3. Enganchar el dinamómetro verticalmente en la posición más alejada del apoyo y tirar hacia arriba hasta que lograr la posición horizontal de equilibrio. Registrar la fuerza experimental indicada (F_2).

4. Variar la posición del objeto a otras dos distancias anotando las lecturas correspondientes de fuerza y distancia. Registrar todos los datos en una tabla y comprobar en cada caso que se cumple que el momento resultante es aproximadamente nulo.



Figura 4. Estudio experimental de una palanca de segundo género.

Palanca de tercer género:

1. Mantener el fulcro en el extremo de la regla igual que en la experiencia anterior.
2. Colgar el objeto de peso conocido F_1 del otro extremo de la regla y registrar su distancia r_1.
3. Colocar el dinamómetro en una posición intermedia (r_2) y tirar verticalmente hacia arriba con el dinamómetro hasta estabilizar la regla en equilibrio horizontal. Anotar la fuerza medida F_2.
4. Repetir la operación variando la posición del dinamómetro para dos valores más de r_2. Registrar todos los datos en una tabla y comprobar en cada caso que se cumple que el momento resultante es aproximadamente nulo.

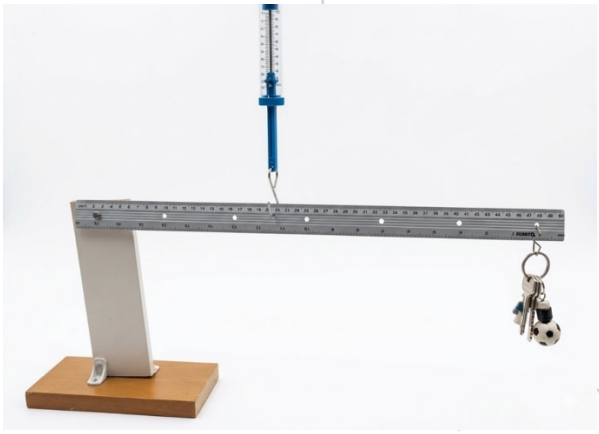


Figura 5. Estudio experimental de una palanca de tercer género.

Almudena de la Fuente Fernández
Colegio Nuestra Señora de los Ángeles (Madrid)
Contacto: almudena_f@nsangelesmdmadrido365.educamos.com

Bibliografía

- Tipler, P. A.,, Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 1: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica*. Editorial Reverté.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., y Freedman, R. A. (2013). *Física universitaria. Vol. 1*. Pearson Educación.
- Asimov, I. (1993). *Cronología de los descubrimientos científicos*. Editorial Ariel.
- Hann, J. (1991). *Ciencia en tus manos: Proyectos y experimentos que revelan los secretos de la ciencia.* Plaza & Janés. Fundació Caixa, Museu de la Ciencia.



Tres experimentos con productos caseros para el invierno · Josep Corominas Viñas

Este artículo reúne tres demostraciones experimentales: el primero, relacionado con el frío que se supone típico de la época invernal, a continuación, cómo usar la gelatina para fabricar unas lentes y para finalizar, un dulce experimento con chocolate con curiosas propiedades de difracción

Los caballos congelados de Stalingrado

> *Se cuenta que, durante uno de los inviernos más crudos de la Segunda Guerra Mundial, cuando el termómetro marcaba treinta grados bajo cero, ocurrió un episodio que todavía hoy se transmite como una leyenda. En las afueras de la ciudad de Stalingrado, (actualmente Volgograd) un establo había comenzado a arder. Los caballos, enloquecidos por el olor del humo y el crepitar del fuego, rompieron sus ataduras y huyeron al galope sin rumbo fijo. Delante de ellos se extendía una inmensa superficie blanca. La nieve recién caída ocultaba el hielo y un cercano lago de aguas poco profundas parecía una llanura infinita, silenciosa y segura. Sin vacilar, la manada se lanzó sobre aquella extensión helada. Entonces sucedió algo que los que estaban cerca nunca olvidarían. Al cabo de unos metros, el galope cesó de golpe. Uno tras otro, los animales comenzaron a desplomarse. Simplemente caían congelados y atrapados en el hielo. El agua del lago perfectamente quieta, estaba a una temperatura algo inferior a los 0 °C. En el momento que los caballos tocaron el agua, esta se congeló de repente, atrapando a los animales.*

Este relato se ha transmitido oralmente, no es un hecho históricamente documentado. Para empezar el relato lo sitúa en las afueras de Stalingrado. No hay cerca de la ciudad este tipo de lagos.

Los caballos murieron por que el agua líquida estaba en estado de sobrefusión y se congeló al entrar los caballos. Esa es una hipótesis muy llamativa, pero no es probable. El agua en estado de sobrefusión (o super enfriada) es agua líquida que se mantiene por debajo de 0 °C porque no ha encontrado un punto donde empezar a formar cristales de hielo (Figura 1) Cuando se perturba, puede congelarse de forma muy rápida. Sin embargo, en un lago como el del relato, o en cualquier lago de gran tamaño, es prácticamente imposible que toda una masa de agua permanezca en estado de sobrefusión.

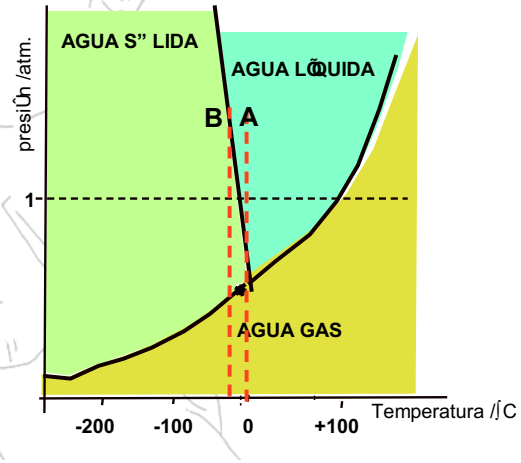


Figura 1. Diagrama de fases del agua. El gráfico p vs. T muestra los 3 estados del agua. Las líneas marcan las fronteras entre cada uno de los estados: se ve que el agua congela a 0 °C (línea **A**) y hierve a 100 °C a presión de 1 bar. El agua subenfriada, por debajo de 0 °C, debería ser sólida, cuando todavía está líquida (línea **B**).

Entre las posibles causas, hay demasiadas impurezas, corrientes, y superficies donde el hielo puede comenzar a formarse. Además, aunque el agua se congelara rápidamente al ser perturbada, eso no mataría instantáneamente a los caballos. La cristalización del agua libera calor (calor latente de fusión), por lo que el proceso de congelación no produce un "golpe de frío" adicional. Los animales podrían quedar parcialmente atrapados por el hielo si este siguiera formándose, pero no morirían en el mismo instante. Lo más probable es que los caballos sufrieran un brutal choque térmico y murieran por hipotermia y ahogamiento

Experimento. ¿Cómo tener agua subenfriada?

Objetivo

Observar la cristalización del agua subenfriada

Material

- Vaso de precipitados o recipiente equivalente con una mezcla frigorífica de hielo a -18ºC y sal.
- Termómetro digital o sonda de temperatura conectada a un equipo de captación de datos.
- Tubo de ensayo con 5 mL de agua destilada.

Procedimiento

1. Poner el tubo de ensayo con los 5 mL de agua bien en contacto con la mezcla frigorífica.
2. Colocar el termómetro o la sonda de temperatura dentro del agua. (Figura 2)
3. Durante todo el experimento, hay que evitar cualquier vibración tanto del montaje como de la mesa de trabajo.
4. Al inicio del experimento, el agua está a 20 °C. La mezcla de hielo y sal enfriará el agua del interior del tubo de ensayo.
5. El agua puede permanecer en estado líquido a una temperatura negativa. Y, a partir de ese momento, una agitación o un movimiento brusco sobre la mesa hará que la temperatura suba a 0 °C y, por lo tanto, que el agua solidifique.

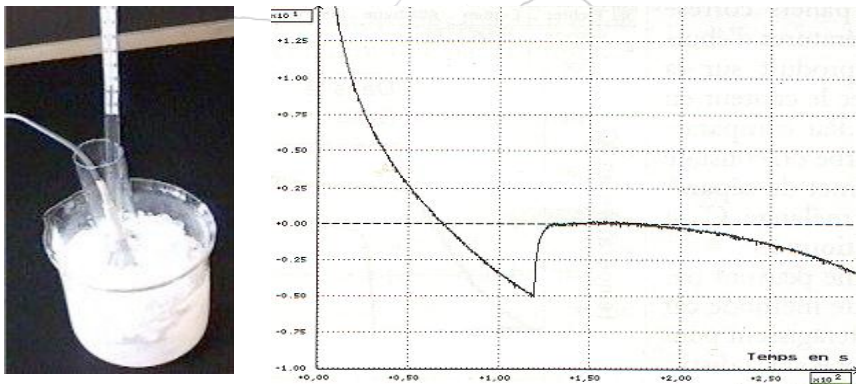


Figura 2. Izquierda: montaje del experimento. Derecha: gráfica obtenida con la sonda de temperatura. El agua se ha enfriado hasta -0,5ºC. Al congelarse, la temperatura sube a 0ºC. En el proceso se libera calor. Después el hielo formado se sigue enfriando. Fuente: *https://chemfyi.com/es/experiment/instant-freeze-supercooled-water/*

Una variante más sencilla es poner una botella de 250 mL con agua destilada o desionizada en el congelador. Esperar en torno de una hora. Al sacar la botella, sin moverla bruscamente, el agua todavía es líquida. Un pequeño golpe y se verá la formación de hielo en todo el volumen de agua.

La lente de Nimrud

> *En el año 1850 en Nimrud o Kalkhu, antigua capital asiria, situada junto al río Tigris, a unos 30 km al sudeste de Mosul en el actual Irak, se halló en el palacio del noroeste del emperador asirio Ashurnasirpal II una lente de cristal de roca, ligeramente ovalada de punto focal a unos 11 cm del lado plano y una distancia focal de unos 12 cm, que corresponden a unas 8 dioptrías. Se discute si los asirios pudieron usarla como lupa, si formó parte del más antiguo telescopio conocido o si su uso fue meramente ornamental.*

En casa tenemos una posibilidad fácil de fabricar nuestras lentes con algo que utilizamos para preparar pasteles: la gelatina

Experimento: Fabricar lentes con gelatina

Objetivo

Obtener una dispersión sólida transparente de gelatina para, cortándola adecuadamente, tener secciones de lentes ópticas.

Material

- Hojas de gelatina transparente
- Bandeja de fondo plano
- Agua caliente
- Cuchillo.
- Si se dispone de algunos moldes de pastelería de sección circular, pueden servir para cortar la gelatina en formas que correspondan a secciones de lentes curvas.
- Nevera

Procedimiento

1. Disolver las hojas de gelatina según las instrucciones indicadas en el producto
2. Verter la solución en la bandeja de fondo plano, de manera que llegue a 1,5-2 cm de altura. Evitar la formación de burbujas
3. Dejar enfriar, si es posible en una nevera, hasta solidificación.
4. Cortarla en secciones en forma de lentes convergentes y divergentes, mejor usar moldes de pastelería de formas curvas.
5. Con un láser, investigar la marcha de los rayos a través de las secciones de estas lentes. (Figura 3)

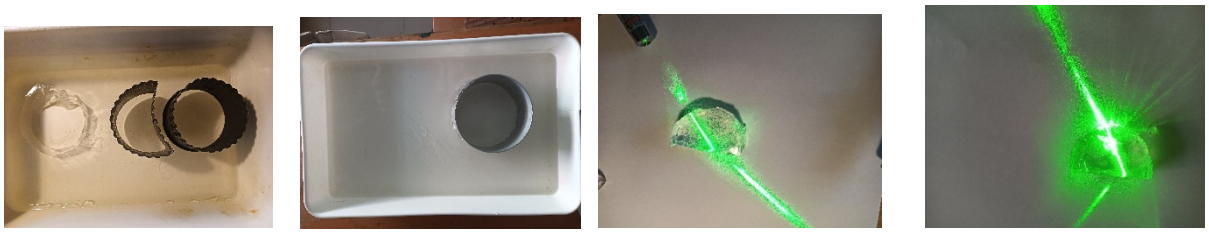


Figura 3. Izquierda: bandejas con gelatina y moldes para cortar. Derecha: Secciones de lentes plano convexas.

Y terminamos con un postre de "chocolate arco iris"

> *La historia del chocolate se remonta a hace más de 5.000 años, cuando el árbol del cacao se cultivó por primera vez en lo que hoy es Ecuador. Poco después, el árbol se introdujo en lo que hoy es Méjico, donde las bebidas de cacao cobraron importancia como bebida de élite entre las culturas maya y azteca. El cacao se consideraba un regalo de los dioses y se utilizaba como moneda, medicina y en ceremonias.*

Experimento: Chocolate arco iris

Objetivo

Obtener chocolate que se comporta como red de difracción.

Material

- Chocolate negro para fundir
- Red de difracción, como mínimo 500 rallas/mm
- Cazo para fundir al baño María
- Termómetro de cocina
- Espátula de pastelería y pinzas
- Secador de pelo.

Procedimiento

1. Usar el baño maría para fundir el chocolate sin pasar de los 40°C
2. Extender una capa gruesa de chocolate sobre una superficie lisa, por ejemplo, el mármol de la cocina. Dejar enfriar ligeramente hasta unos 30°C. este proceso permite que la manteca de cacao cristalice en la forma que mejor permite la formación de una red de difracción.
3. Usando espátulas anchas de pastelería, depositar el chocolate en un cazo.
4. Con el secador de pelo, dirigir la corriente de aire suavemente para ablandar de nuevo la masa de chocolate.
5. Verter, una vez suficientemente ablandado el chocolate, sobre la red de difracción (Figura 4), se deja solidificar.
6. Cuando se haya enfriado, usando pinzas o espátula con cuidado, separar el chocolate de la red de difracción.
7. Observar los colores del arco iris por difracción en el chocolate del lado que ha quedado en contacto con la red (Figura 4).

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

8. Guardar enseguida en la nevera. Los colores desparecen fácilmente si se deja a temperatura ambiente o se toca con las manos.





Figura 4. Izquierda: Una vez fundido el chocolate, se vierte encima de la red de difracción. Derecha: Cuando se ha solidificado, las rallas de la red de difracción han quedado marcadas en el chocolate. La pieza se ha convertido en "chocolate arco iris". Fuente: Canal del divulgador científico Tommy Technetium. Describe esta experiencia en: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=7drO2tOSXoA

Conclusión

Estas actividades muestran cómo proponiendo un breve contexto, extraído de relatos o leyendas se puede fomentar la lectura, al mismo tiempo que realizar un experimento con material que se encuentra en todas las casas, pero que permite profundizar en conceptos básicos de Física y Química.

Josep Corominas Viñas
Centre Didàctic de Ciències Experimental
Col·legi de Llicenciats de Catalunya
Contacto: *jcoromi6@xtec.cat*

Bibliografía:

- Corominas, J. (2025). *Leyendas, mitos e historias ilustradas con experimentos de química y de física*. Aula Magna.
- Atkins, P. (1992) *Química general.* Omega
- Martusciello, M. *et.al.* (2026). Photonic Chocolate: A Sweet Holistic Playground To Explain Crystallization. *Journal of Chemical Education,* 103 (8), pp. 4225–4236.

DEMOSTRACIONES EXPERIMENTALES DE QUÍMICA

El agua revela sus secretos · Rafael Cabrera Moscoso

Esta experiencia ha sido galardonada con el PRIMER PREMIO en la categoría Demostraciones de Química de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La demostración en torno a la electrolisis del agua aquí planteada como una actividad experimental de repaso para los alumnos de 2º Bachillerato que cursan las asignaturas de Física y de Química. Esta experiencia tiene por objetivos:

- Interpretar la formación de hidrógeno y oxígeno a partir de la estequiometría de la reacción, relacionando la proporción de gases con lo observado en los electrodos.
- Reconocer cómo electrólisis permitió demostrar que el agua es un compuesto y una herramienta para relacionar la electricidad con la transformación de la materia.
- Explicar por qué la descomposición del agua no es espontánea en condiciones estándar y requiere energía eléctrica;
- Identificar ánodo y cátodo, y relacionarlos con oxidación, reducción y polaridad de la fuente de alimentación
- Interpretar la formación de hidrógeno, oxígeno y cambios locales de pH a partir de las semirreacciones redox ajustadas.
- Observar cualitativamente cómo un campo magnético puede modificar el transporte de materia asociado a la carga de los iones.
- Relacionar las observaciones con conceptos de química y física estudiados durante el curso.

Fundamento

A finales del siglo XVIII, una de las cuestiones fundamentales de la química era determinar qué sustancias podían considerarse simples y cuáles estaban formadas por otras sustancias más elementales. El agua, pasó a ocupar un lugar importante en este debate. En 1784, Henry Cavendish publicó sus *Experiments on Air*, donde demostró experimentalmente que al hacer reaccionar "aire inflamable" (hidrógeno) con "aire desflogisticado" (oxígeno) se producía agua. Estos resultados proporcionaron una evidencia experimental de que el agua podía formarse a partir de otras sustancias. Lavoisier reinterpretó estos resultados y sostuvo explícitamente que el agua no era una sustancia simple. En su memoria sobre la composición y descomposición del agua y posteriormente en el *Traité élémentaire de chimie* (1789), defendió que el agua podía ser formada y descompuesta, convirtiéndola en una prueba importante de la distinción entre elementos y compuestos.

La posibilidad de recorrer el camino inverso adquirió así una enorme importancia. En 1789, Jan Rudolph Deiman y Adriaan Paets van Troostwijk consiguieron descomponer agua mediante descargas de electricidad estática. El procedimiento era difícil de mantener

de forma continua, pero constituye el principal antecedente de la electrólisis del agua. El cambio decisivo llegó en 1800 con la pila de Volta que proporcionó una fuente de corriente continua. Poco después, William Nicholson y Anthony Carlisle utilizaron el nuevo dispositivo para provocar la descomposición eléctrica del agua. La importancia del hallazgo trascendía al propio agua, la electricidad aparecía como una nueva herramienta capaz de producir transformaciones químicas y ayudar a investigar la composición de las sustancias

Humphry Davy. explotó esta nueva posibilidad que aportaba la corriente eléctrica. En su *Bakerian Lecture* (1808), Davy presentó la descomposición eléctrica de los álcalis (NaOH, KOH) y consiguiendo aislar nuevas sustancias, entre ellas potasio y sodio. Describió el procedimiento como una forma de "análisis electroquímico" capaz de proporcionar información sobre los "verdaderos elementos de los cuerpos". La electricidad dejaba así de ser solamente un fenómeno físico para convertirse en una herramienta de análisis químico. Permitía descomponer muchas sustancias que hasta entonces había resistido a otros procedimientos químicos y también descubrir elementos que hasta entonces eran desconocidos, pero formaban parte de los compuestos. Décadas más tarde, Michael Faraday convirtió la relación entre electricidad y transformación química en una relación cuantitativa. Sus investigaciones sobre la descomposición electroquímica, publicadas en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, condujeron a las leyes de la electrólisis y mostraron que la cantidad de materia que se transformaba estaba relacionada con la cantidad de electricidad que atravesaba el sistema. De este modo, la electrólisis pasó de ser una observación experimental a convertirse en una herramienta para investigar cuantitativamente la materia.

Esta progresión histórica muestra bien la forma en la que avanza el conocimiento científico, nuevos experimentos obligan a revisar ideas anteriores, nuevos instrumentos permiten formular preguntas que antes no podían plantearse y una técnica inicialmente novedosa termina contribuyendo a conceptos fundamentales como la distinción entre elementos y compuestos.

Materiales

- Fuente de corriente continua regulable con limitación de corriente.
- Placa Petri transparente.
- Dos electrodos iguales de grafito.
- Disolución de Na_2SO_4(aq) 0,10 M.
- Fenolftaleína;
- Cables con pinzas de cocodrilo aisladas.
- Soportes para mantener los electrodos.
- Imán de neodimio.

Se necesitan gafas de seguridad y material absorbente

Procedimiento experimental

1. Preparar una disolución de Na_2SO_4 0,10 M y verter 60–80 mL en la placa Petri, hasta alcanzar unos milímetros de profundidad.
2. Colocar los electrodos de grafito verticales, paralelos, a igual profundidad y separados aproximadamente 4–5 cm.
3. Conectar la fuente respetando la polaridad y aumentar la tensión progresivamente. Observar el inicio del burbujeo y registrar el voltaje.
4. Identificar el cátodo por la mayor producción esperada de hidrógeno.

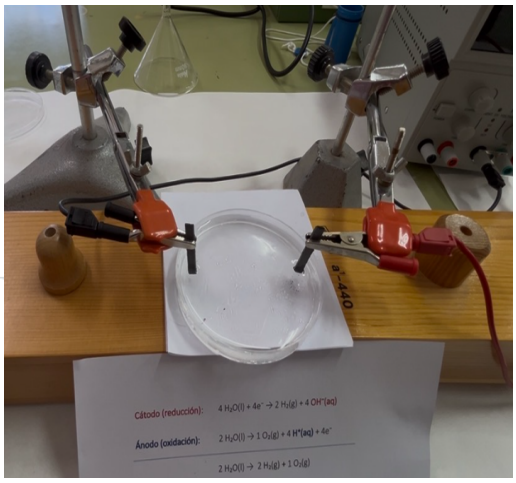


Figura 1. Montaje experimental.

5. Añadir unas gotas de fenolftaleína como indicador en ambos electrodos y observar la aparición de la zona rosa alrededor del cátodo.
6. Colocar el imán centrado bajo la placa, fijando su posición y anotando la orientación de sus polos. Desplazar el imán de posición para ver el desplazamiento de cargas, invertir el imán para ver la inversión de la corriente.

Aplicación didáctica

Estabilidad y espontaneidad (actividad previa a la realización de la práctica)

La ecuación de descomposición del agua es: $H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

- Determina el valor de la energía libre de reacción a una temperatura de 298 K y presión constante a partir de los siguientes datos.

Sustancia	$\Delta_f H°$ (kJ mol^{-1})	$S°$ (J mol^{-1} K^{-1})
$H_2O(l)$	−285,83	69,91
$H_2(g)$	0	130,68
$O_2(g)$	0	205,15

Tabla 1. Datos termoquímicos a 298 K.

- A la vista del resultado que has obtenido, ¿el proceso será espontáneo o no espontáneo?
- Pude cambiar esta situación con la temperatura, ¿a qué temperatura cambiaría el proceso si esto es posible?

Proceso Redox (actividad a realizar en el laboratorio)

- La electrólisis del agua es un proceso de oxidación-reducción. En él se forma gas hidrógeno y oxígeno.
- Ajusta las dos semirreacciones redox que ocurren en el cátodo y en el ánodo, una transcurre en medio ácido y otra en medio básico. Una vez que las hayas ajustado, ajusta la ecuación molecular.

Cátodo (reducción): $H_2O(l) \rightarrow H_2(g)$
Ánodo (oxidación): $H_2O(l) \rightarrow O_2(g)$

- Calcula el potencial de celda, ¿qué indica el signo del potencial que obtienes?

$$\Delta_r G^\circ = -nF\, E^\circ celda$$

- ¿Qué voltaje mínimo hay que poner en la fuente de alimentación para que el proceso comience? ¿Lo subirás o lo bajarás? ¿Qué ocurre cuanto más nos separamos del valor de inicio?

Proceso ácido-base (actividad a realizar en laboratorio durante la experiencia)

- Tras ajustar las semirreacciones, determina el pH en las inmediaciones del cátodo.
- Tras ajustar las semirreacciones, determina el pH en las inmediaciones del ánodo.
- ¿Qué papel juega la fenolftaleína en este proceso? ¿Por qué los colores no se hacen más intensos, si cada vez se liberan más iones hidróxido y oxidanio?

Interacción con el campo magnético

Cuando una partícula cargada penetra en una región donde hay un campo magnético uniforme, de acuerdo con la ley de Lorentz, sobre la partícula actúa una fuerza perpendicular a su velocidad. La fuerza solo modifica su trayectoria curvándola. El sentido en que gira la partícula depende del signo de la carga y del sentido de los vectores v y B.

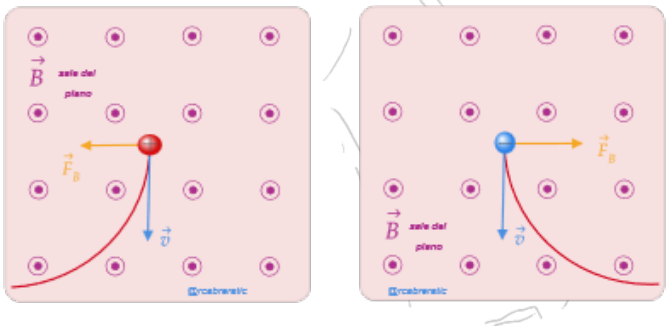


Figura 2. Aplicación de la ley de Lorentz a partículas con carga positiva y negativa.

- Antes de colocar el imán debajo de la placa Petri, describe el movimiento de los colores de la fenolftaleína.
- Coloca el imán debajo de la placa Petri, ¿observas alguna diferencia?
- Invierte la polaridad del imán, ¿ha cambiado algo?
- Desplaza con la mano el imán debajo de la Placa Petri, ¿observas algún cambio?

Rafael Cabrera Moscoso
IES Marqués de Comares (Lucena, Córdoba)
Contacto: *rcabreratic@gmail.com*

Bibliografía

- Cavendish, H. (1784). *Experiments on Air*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 74, pp. 119–153.
- Lugares Emblemáticos Internacionales en la Historia de la Química de la ACS. Antoine-Laurent Lavoisier: La Revolución Química: https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/historia-quimica/lavoisier.html
- Nicholson, W. Carlisle, A. (1800–1801). Account of the new Electrical or Galvanic Apparatus of Sig. Alex. Volta, and Experiments performed with the same. *Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, 4, pp. 179–187.
- Davy, H. (1808). *The Bakerian Lecture: On Some New Phenomena of Chemical Changes Produced by Electricity, Particularly the Decomposition of the Fixed Alkalies, and the Exhibition of the New Substances Which Constitute Their Bases; And on the General Nature of Alkaline Bodies*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 98, 1–44.
- Faraday, M. (1834). *On Electro-Chemical Decomposition.* Philosophical Transactions of the Royal Society of London.
- Smolinka, T., Bergmann, H., Garche, J. & Kusnezoff, M. (2022). *The history of water electrolysis from its beginnings to the present*. En Electrochemical Power Sources: Fundamentals, Systems, and Applications: Hydrogen Production by Water Electrolysis (pp. 83–164). Elsevier.

La jarra del arcoíris · Guillermo Montero Dombriz

Esta experiencia ha sido galardonada con el SEGUNDO PREMIO en la categoría Demostraciones de Química de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La presente demostración se puede plantear para el nivel de 4.º ESO, aunque también se puede adaptar para 2.º Bachillerato.

Para la materia de Física y Química de 4.º ESO, esta demostración tiene por objetivos:

- Identificar el carácter ácido o básico de una disolución utilizando indicadores visuales cualitativos.
- Comprender la escala de pH como la medida que nos indica si una sustancia es ácida, neutra o básica.
- Aprender el uso correcto del material de laboratorio y la importancia de la seguridad en el laboratorio al manipular sustancias corrosivas como el hidróxido de sodio y el ácido sulfúrico.

En el caso de la materia de Química de 2.º Bachillerato, los objetivos son:

- Comprender el concepto de equilibrio químico aplicado a las reacciones ácido-base.
- Explicar el funcionamiento de los indicadores de pH como ácidos o bases débiles cuyas formas conjugadas presentan distintos colores.
- Comprender que el color depende de cómo la estructura molecular absorbe la luz.
- Visualizar de forma práctica el efecto de los cambios drásticos de pH mediante virajes de color.

Fundamento

Un indicador ácido-base es, por lo general, un ácido o una base orgánicos débiles (HIn) que experimenta un cambio de color reversible al ionizarse en disolución acuosa:

$$HIn \rightleftharpoons In^- + H^+$$

La forma molecular (HIn) tiene un color diferente al de su forma ionizada (In^-). Al añadir una fuente de iones OH^- (base) o de H_3O^+ (ácido) el equilibrio responde desplazándose hacia la derecha o la izquierda respectivamente, haciendo que predomine el color de la forma ionizada o de la molecular. Al cambiar la estructura molecular la forma protonada o desprotonada absorbe luz en longitudes de onda distintas, cambiando así su color.

Los indicadores empleados son:

- ***p*-nitrofenol:** incoloro en medio ácido/neutro → amarillo en medio básico

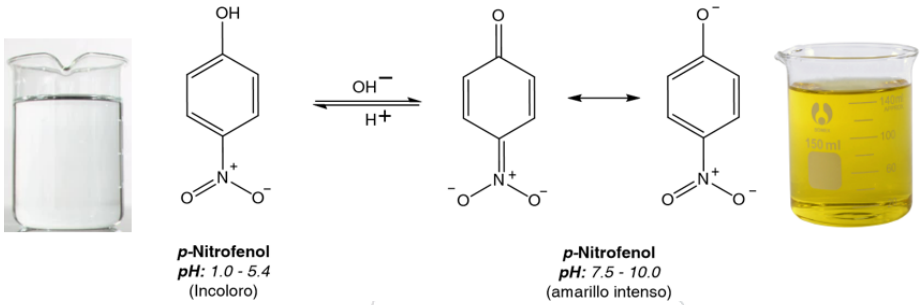


Figura 1. Viraje del p-nitrofenol. Fuente: Science Magic.

- **Timolftaleína:** incolora en medio ácido/neutro → azul en medio básico

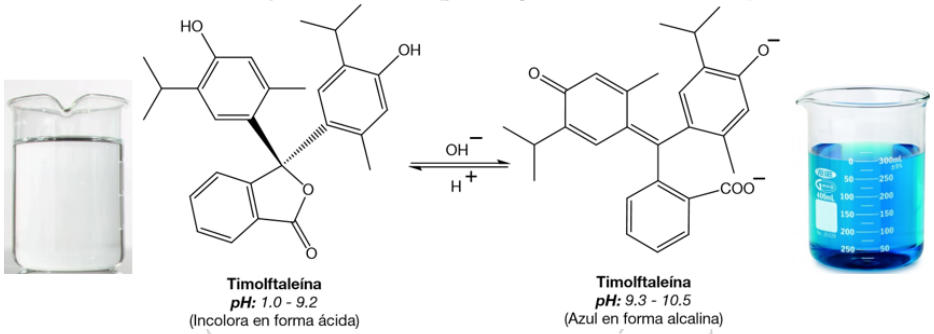


Figura 2. Viraje de la timolftaleína. Fuente: Science Magic.

- **Fenolftaleína:** incolora en medio ácido/neutro → fucsia en medio básico

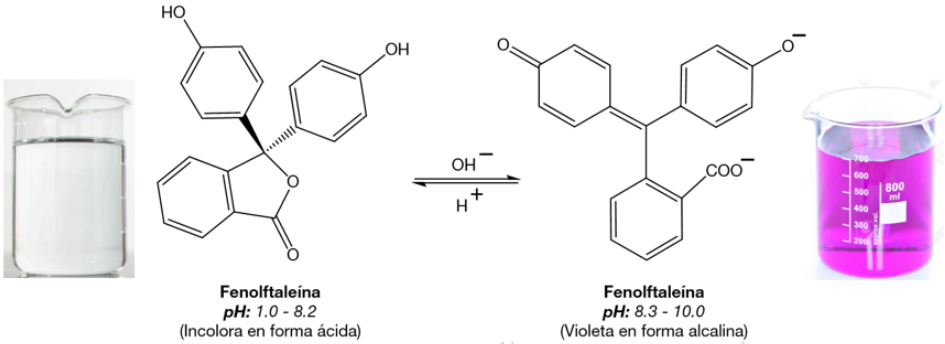


Figura 3. Viraje de la fenolftaleína. Fuente: Science Magic.

Al verter la disolución de NaOH sobre cada uno de los vasos que contienen distintas combinaciones de los indicadores el equilibrio se desplaza hacia la forma desprotonada obteniéndose los colores de los indicadores puros o bien mezclados (amarillo, verde, azul, morado y fucsia), simulando así un arcoíris.

Finalmente, al mezclar el contenido de los vasos en un único recipiente (la jarra con ácido sulfúrico) el equilibrio se desplaza a la forma incolora, haciendo así que los colores desaparezcan.

Materiales y reactivos

- 2 jarras de vidrio de 1 L ó 1,5 L.
- 5 vasos altos de vidrio (o cualquier otro recipiente adecuado).
- Disolución de hidróxido de sodio 0,05 M.
- Disolución de ácido sulfúrico 2,5 M.
- Disolución de *p*-nitrofenol al 2% EtOH/H_2O.
- Disolución de timolftaleína al 0,1% EtOH/H_2O.
- Disolución de fenolftaleína al 1% EtOH/H_2O.

Procedimiento experimental

Antes de comenzar la demostración se preparan los vasos "trucados", añadiendo unas gotas de los indicadores como se indica:

1. La primera jarra contiene 1 L de disolución de NaOH 0,05 M. Al ser completamente transparente parecerá que simplemente es agua.
2. La segunda jarra contiene 20 mL de H_2SO_4 2,5 M. Al ser una pequeña cantidad parecerá que está vacía.
3. En los vasos se añade las siguientes cantidades de los indicadores:
   - **Vaso 1 (amarillo):** 8 gotas de p-nitrofenol.
   - **Vaso 2 (verde):** 8 gotas de p-nitrofenol y 12 gotas de timolftaleína.
   - **Vaso 3 (azul):** 15 gotas de timolftaleína.
   - **Vaso 4 (morado):** 4 gotas de fenolftaleína y 10 gotas de timolftaleína.
   - **Vaso 5 (fucsia):** 10 gotas de fenolftaleína.

Se deja a la creatividad del docente la historia que se mostrará para realizar la demostración (agua mágica, poderes extraordinarios, jarra que contine todos los colores del arcoíris, etc.). Es interesante realizar la demostración con la participación de los alumnos.

1. Se muestra la primera jarra llena de una disolución transparente (NaOH).
2. Se vierten cantidades iguales en cada vaso (aproximadamente hasta la mitad) de manera que comiencen a aparecer la gama cromática referida en la serie de vasos.
3. Finalmente se vierte el contenido de los vasos a la segunda jarra que contiene el medio ácido, desapareciendo instantáneamente los colores dando así una apariencia mágica o sorprendente.

Conclusiones

- El uso de demostraciones en el laboratorio es un instrumento ideal para despertar la fascinación y el interés del estudiantado por la ciencia, en particular la física y la química.
- De esta forma, los alumnos y alumnas consiguen conectar los tan frecuentemente abstractos conceptos de la química con algo que conecta con sus experiencias sensibles.
- Comprender de forma tan visual un concepto tan teórico como el equilibrio químico y el cambio de color en relación con la estructura química les acerca a la ciencia como algo tangible y real que tiene aplicaciones concretas.

Guillermo Montero Dombriz
IES Profesor Domínguez Ortiz (Guadalajara)
Contacto: guillermontdombriz@yahoo.es

Bibliografía

- Aguilar, M; Fernández, M, Durán C. (2011); Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Eduq*, 8, pp. 23-34.

Experiencias didácticas con dióxido de carbono e hidrógeno · Jesús Verdeja Galán

Esta experiencia ha sido galardonada con el TERCER PREMIO en la categoría Demostraciones de Química de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Observar e identificar reacciones químicas sencillas en las que se formen gases.
- Demostrar experimentalmente algunas propiedades como es la densidad de los gases y la diferencia de densidad entre H_2, CO_2 y el aire.
- Diferenciar el comportamiento químico del CO_2 y H_2 al exponerlos a una llama.

La demostración consta de dos experimentos sencillos y muy visuales, se puede dirigir al alumnado de ESO o primero de Bachillerato, en función de los conceptos teóricos que se deseen trabajar. Para 2.º y 3.º ESO se trabaja la reacción química y las propiedades que tienen el CO_2 y el H_2, demostrando que los gases son materia, aunque muchos no se vean. También se comprueban las diferentes reactividades entre ambos, introduciendo el triángulo del fuego. Para 4.º ESO y 1.º Bachillerato, se pueden trabajar conceptos más avanzados de estequiometría, como la demostración del reactivo limitante o los tipos de reacciones químicas.

Fundamento

La demostración consta de dos partes, en las que se obtienen como productos dos gases con propiedades y reactividades distintas.

- **Obtención de CO_2.** El CO_2 fue estudiado en el siglo XVIII por el médico y químico escocés Joseph Black, quién descubrió su existencia y la diferenció del aire atmosférico. Gracias a sus experimentos con CO_2 y velas, pudo refutar la teoría del flogisto de la combustión. Para la obtención del CO_2 en el experimento, se lleva a cabo una reacción ácido-base entre el ácido acético y el bicarbonato de sodio:

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + CO_2 + H_2O$$

  El CO_2 es más denso que el aire, por lo que, al introducirlo en un vaso, desplaza el aire del interior de ese vaso.
- **Obtención de H_2.** El científico Henry Cavendish fue un científico que sentó las bases para otros muchos de gran relevancia que vinieron detrás. Su primer gran descubrimiento fue la composición del agua, recogido en el artículo *Experiments on Factitious Air*, en el que relató como aisló algunos gases, entre ellos el hidrógeno. La reacción llevada a cabo en el experimento es una redox entre el zinc y el ácido clorhídrico:

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

  El hidrógeno, al acercarle una llama, reacciona fácilmente con el oxígeno del aire, produciendo agua:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Materiales y reactivos

- Los reactivos necesarios para la experiencia son: vinagre de limpieza (ácido acético), bicarbonato de sodio, ácido clorhídrico 2M (se puede emplear agua fuerte), zinc en granalla, agua y jabón líquido.
- Los materiales necesarios son: Kitasato con tapón, tubo de goma, vasos de precipitados, cristalizador, velas, mechero o cerillas y cuchara de metal.

Procedimiento experimental

El montaje previo consiste en conectar un tubo de goma a un Kitasato como aparece en la imagen:



Figura 1. Montaje experimental.

1. **Obtención de CO_2.** Se coloca una vela encendida en un vaso de precipitados. En el Kitasato se añade bicarbonato de sodio en exceso, y posteriormente se introduce el vinagre, tapando el Kitasato rápidamente. El CO_2 que se obtiene como producto de la reacción, viaja por el tubo de goma hasta el vaso que contiene la vela, apagándola, puesto que el CO_2, por su densidad desplazará al aire. Al no haber oxígeno en el vaso, se apaga la vela, ya que desaparece uno de los componentes del triángulo del fuego. El CO_2 sigue en el vaso por su densidad, y se puede verter a otro vaso con otra vela encendida consiguiendo apagarla y demostrando el movimiento del gas aunque no se vea.
2. **Obtención de H_2.** Se prepara previamente un cristalizador con una mezcla de agua y jabón. En el Kitasato (limpio tras la primera parte), se introduce el zinc en granalla y posteriormente el ácido clorhídrico, tapándolo acto seguido. El extremo abierto del tubo de goma debe estar bajo la mezcla de agua jabonosa, y por él burbujea el gas hidrógeno procedente de la reacción química que se desarrolla en el Kitasato. Se toman pompas de jabón rellenas de hidrógeno con una cuchara metálica. Al acercarles fuego, el hidrógeno reacciona con el oxígeno del aire produciendo agua y mostrando la alta inflamabilidad del hidrógeno.

Conclusiones

La demostración permite visualizar la existencia de gases (incoloros) a partir de su comportamiento. Resulta muy motivador y estimulante para el alumnado ver una demostración experimental de conceptos abstractos, como es la densidad de fluidos y contrastar de una forma sencilla y visual el comportamiento químico de ambos gases.

Jesús Verdeja Galán
IES Bezmiliana (Málaga)
Contacto: *jesusverdejagalan@gmail.com*

Bibliografía

- Joseph Black y el CO_2, un gas irrespirable. Documental de RTEV emitido el 8 de octubre de 2010: *https://www.rtve.es/noticias/20101008/joseph-black-co2-gas-irrespirable/360062.shtml*
- Rodríguez, H. (2023). Henry Cavendish, tras los pasos de un genio en la sombra. National Geographic España. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/henry-cavendish-tras-pasos-genio-sombras_20162



Fenolftaleína en condiciones extremas · Carlos Moreno Borrallo

Esta experiencia ha sido galardonada con una MENCIÓN DE HONOR en la categoría Demostraciones de Química de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La fenolftaleína es probablemente uno de los indicadores ácido-base más conocidos en la enseñanza de la química. La explicación que habitualmente recibe el alumnado es sencilla: es incolora en medio ácido y rosa en medio básico. Sin embargo, esta afirmación solo es válida dentro de un intervalo determinado de condiciones químicas. Cuando la fenolftaleína se somete a medios extremadamente básicos, el característico color rosa desaparece y la disolución vuelve a hacerse incolora. En el extremo contrario, cuando se introduce en ácido sulfúrico concentrado, deja de ser incolora y aparece una llamativa coloración naranja o rojo-anaranjada. Esta experiencia pretende aprovechar ese comportamiento inesperado para mostrar una de las ideas fundamentales de la química: las propiedades macroscópicas de una sustancia dependen de su estructura molecular y de la distribución de sus electrones. El color no es, por tanto, una propiedad inmutable de la fenolftaleína. Cada medio químico favorece una estructura diferente, con distinto grado de conjugación y deslocalización electrónica. La experiencia conecta de manera visual conceptos de química orgánica, equilibrio ácido-base, estructura molecular, espectroscopía y química analítica con la historia de la farmacia.

La presente demostración experimental tiene por objetivos:

- Comprobar experimentalmente que el comportamiento de la fenolftaleína es más complejo que el modelo escolar «incolora en ácido / rosa en base».
- Relacionar los diferentes colores observados con las distintas estructuras moleculares de la fenolftaleína.
- Explicar el papel de la conjugación y de la deslocalización electrónica en la aparición del color.
- Mostrar cómo condiciones químicas extremas pueden generar especies diferentes a las observadas en las condiciones habituales de laboratorio.
- Introducir las limitaciones del concepto convencional de pH cuando se trabaja con ácidos muy concentrados.

Fundamento

¿Por qué vemos color?

Una molécula presenta color cuando absorbe determinadas longitudes de onda de la región visible del espectro electromagnético. En las moléculas orgánicas, esta absorción está frecuentemente relacionada con la existencia de sistemas conjugados: secuencias de orbitales p que pueden interaccionar entre sí y permitir que determinados electrones se encuentren deslocalizados sobre una región extensa de la molécula. Cuando la conjugación se extiende, la separación energética entre determinados estados electrónicos puede disminuir hasta corresponder a la energía de fotones de la región visible. La

molécula absorbe entonces ciertas longitudes de onda y observamos el color complementario de la radiación absorbida.

Las cuatro formas estructurales de la fenolftaleína

En medio ácido o neutro: H_2In

Forma lactónica cerrada – INCOLORA

En medios ácidos, neutros y ligeramente básicos, la fenolftaleína se encuentra predominantemente en su forma lactónica, que puede representarse como H_2In. El anillo lactona permanece cerrado y la geometría del carbono central impide que los sistemas aromáticos formen un único sistema conjugado extenso. La deslocalización electrónica queda limitada y la molécula no absorbe significativamente en la región visible.

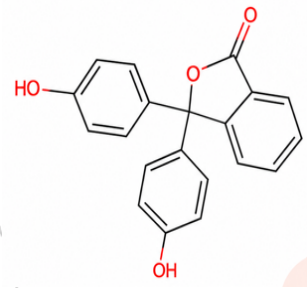


Figura 1. Forma H_2In.

H_2In → forma lactónica cerrada → conjugación limitada → incolora.

En medio básico moderado: In^{2-}

Forma quinoide dianiónica – ROSA/FUCSIA

Al aumentar la basicidad, la fenolftaleína pierde protones de sus grupos fenólicos y se produce una reorganización estructural. Se forma predominantemente una especie dianiónica que puede representarse mediante distintas estructuras resonantes, entre ellas una importante forma quinoide. Esta estructura permite una deslocalización electrónica mucho más extensa y aparece el característico color rosa-fucsia.

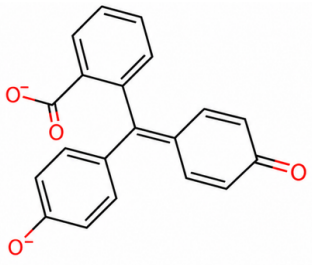


Figura 2. Forma In^{2-}.

$H_2In \rightleftharpoons In^{2-}$ → forma quinoide conjugada → rosa/fucsia

En medio fuertemente básico: $In(OH)^{3-}$

Forma carbinol o pseudobase – INCOLORA

Si la concentración de hidróxido aumenta mucho, un ion OH^- puede adicionarse al carbono central de la especie coloreada. Ese carbono pasa a una geometría aproximadamente sp^3 y se forma la especie carbinol o pseudobase, $In(OH)^{3-}$. El nuevo centro sp^3 interrumpe la comunicación electrónica entre los sistemas aromáticos y se pierde la extensa conjugación responsable del color.

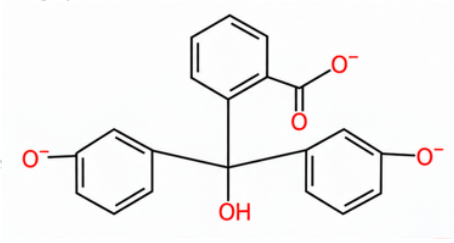


Figura 3. Forma $In(OH)^{3-}$.

$In^{2-}+OH^- \rightleftharpoons In(OH)^{3-}$ → pérdida conjugación → incolora

En ácido sulfúrico concentrado: H_3In^+

Forma catiónica — NARANJA/ROJO-ANARANJADA

En ácido sulfúrico concentrado, la fenolftaleína se encuentra en un medio de acidez extrema. Tras protonación de la lactona se produce apertura del anillo y se genera una especie catiónica que puede describirse como un catión triphenylmethyl (tritilio) estabilizado por resonancia. La deslocalización electrónica se extiende de nuevo y la absorción se desplaza a la región visible, originando una coloración naranja o rojo-anaranjada.

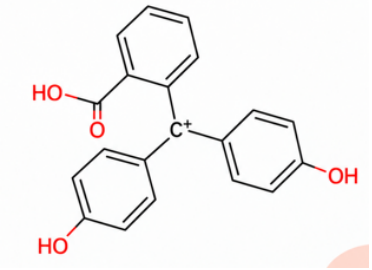


Figura 4. Forma H_3In^+.

$H_2In + H^+ \rightleftharpoons H_3In^+ \rightarrow$ catión conjugado estabilizado por resonancia → naranja/rojo-anaranjada.

Materiales

- 4 tubos de ensayo de vidrio resistente.
- Vasos de precipitados.
- Varillas de vidrio.
- Recipientes específicos para residuos ácidos y básicos.

Reactivos

Fenolftaleína al 1 % en etanol

- Agua destilada
- Hidróxido sódico
- Ácido sulfúrico concentrado, aproximadamente 95–98 %

Procedimiento experimental

Experimento A — Fenolftaleína en agua

1. Introducir aproximadamente 5 mL de agua destilada en un tubo.
2. Añadir 2–3 gotas de disolución de fenolftaleína.
3. Observar y registrar el color.
4. Resultado esperado: la disolución permanece incolora. Predomina la forma lactónica H_2In.

Experimento B — Medio básico habitual

1. Introducir aproximadamente 5 mL de NaOH 0,1 M en un segundo tubo.
2. Añadir 2–3 gotas de fenolftaleína.
3. Agitar suavemente y observar.
4. Resultado esperado: aparece inmediatamente una intensa coloración rosa/fucsia. Predomina la especie dianiónica In^{2-}.

Experimento C — Medio fuertemente básico

1. Introducir unos 5 mL de NaOH concentrado (aprox. 4 M) en un tubo.
2. Añadir unas gotas de fenolftaleína.
3. Observar inicialmente la aparición de color.
4. Dejar reposar y comparar con la muestra de NaOH diluido.
5. Resultado esperado: la coloración rosa disminuye progresivamente hasta desaparecer o quedar muy atenuada, por formación de la especie carbinol $In(OH)^{3-}$.

Experimento D — Medio de acidez extrema

1. Realizar exclusivamente por el docente y en campana extractora.
2. Introducir aproximadamente 1 mL de ácido sulfúrico concentrado en un tubo seco y resistente.
3. Añadir con pipeta una sola gota de fenolftaleína etanólica al 1 %.
4. No agitar violentamente. Observar inmediatamente el cambio de color.
5. Resultado esperado: aparece una coloración naranja o rojo-anaranjada asociada a la especie protonada H_3In^+.



Carlos Moreno Borrallo
Agora International School (Andorra)
Contacto: *carlos.moreno@agoraandorra.com*

¿Podemos confiar en la etiqueta? · José Juan Sirvent Carbonell

Esta experiencia ha sido galardonada con una MENCIÓN DE HONOR en la categoría Demostraciones de Química de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La demostración está dirigida a alumnos de 1.º Bachillerato y se basa en una práctica de valoración ácido-base adaptada para poner el foco en la elección del indicador y en la interpretación del resultado experimental. Sus objetivos son:

- Aplicar una valoración ácido-base para determinar experimentalmente la concentración de una disolución.
- Relacionar el volumen de titulante consumido con la estequiometría de la reacción.
- Comprender la función de los indicadores ácido-base y la diferencia entre cambio de color y punto final.
- Valorar la importancia de la elección del indicador en la obtención e interpretación de resultados experimentales.
- Contrastar experimentalmente la información del etiquetado de un reactivo.

Fundamento

La valoración ácido-base permite determinar la cantidad o concentración de una especie química mediante la adición controlada de una disolución de concentración conocida. La valoración no fue una técnica creada por una única persona. Su desarrollo se produjo progresivamente desde el siglo XVIII. François-Antoine-Henri Descroizilles desarrolló instrumentos graduados para determinaciones volumétricas. Posteriormente, Joseph Louis Gay-Lussac contribuyó a convertir la titrimetría en un método analítico sistemático y al desarrollo de la bureta. Karl Friedrich Mohr contribuyó a consolidar y difundir los métodos de valoración mediante su tratado de 1855. Esta evolución permite relacionar el material empleado actualmente con el desarrollo de la química analítica.

El punto de equivalencia corresponde al momento en que el titulante ha reaccionado con el analito de acuerdo con la estequiometría de la reacción. El indicador permite reconocer experimentalmente un punto final próximo a esa situación.
En esta experiencia se analiza ácido sulfúrico mediante una disolución de NaOH de concentración aproximada 0,4 mol·L^{-1}, ya que no se ha estandarizado. Para la neutralización completa se considera la reacción:

$$H_2SO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O \quad (1)$$

La muestra inicial, etiquetada como H_2SO_4 4,0 mol·L^{-1}, se diluye previamente en una relación 1:10. Se comparan dos indicadores, fenolftaleína y púrpura de m-cresol. Este último indicador presenta más de una zona de cambio de color, lo que permite mostrar que un viraje no debe confundirse automáticamente con el punto final adecuado para el cálculo. La experiencia parte de una práctica habitual de valoración ácido-base de 1.º de Bachillerato, pero introduce una cuestión adicional, no solo se pretende calcular una concentración, sino analizar hasta qué punto el resultado experimental depende de cómo se identifica el punto final de la valoración.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Materiales y reactivos

- Ácido sulfúrico etiquetado como 4,0 mol·L^{-1}.
- NaOH 0,4 mol·L^{-1}.
- Bureta y soporte.
- Pipeta de 10,0 mL y material de aforo.
- Matraz Erlenmeyer.
- Agua destilada.
- Fenolftaleína.
- Púrpura de m-cresol.
- Material de protección individual y de laboratorio.

Procedimiento experimental

Se toman 10,0 mL de la disolución de ácido sulfúrico etiquetada como 4,0 mol·L^{-1} y se diluyen hasta 100,0 mL. De la disolución obtenida se toman 10,0 mL y se valoran con NaOH 0,4mol·L^{-1}. Se realiza la experiencia utilizando fenolftaleína y, en una segunda valoración, púrpura de m-cresol, observando y registrando los cambios de color.

Con fenolftaleína se registra un consumo de 20,5 mL de NaOH que según la reacción corresponde a una concentración calculada de 4,1 M. Con púrpura de m-cresol se observan dos cambios de color, uno a 17,9 mL y otro a 22,2 mL de NaOH, que proporcionan, respectivamente, 3,6 M y 4,4 M.

INDICADOR	Volumen de NaOH (mL)	Concentración calculada (M)
Fenolftalína	20,5	4,1
Purpura *m*-cresol	17,9	3,6
Purpura *m*-cresol	22,2	4,4

Tabla 1. Resultados de la valoración ácido-base.

Conclusiones

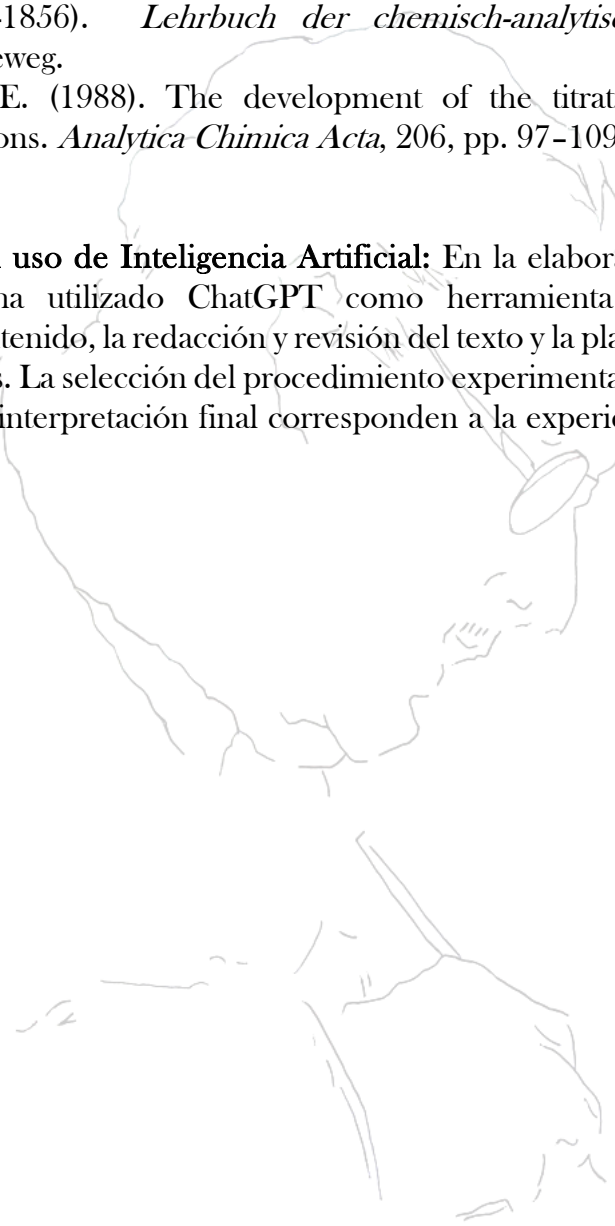
La experiencia permite contrastar experimentalmente la concentración indicada en una etiqueta mediante una valoración ácido-base. El resultado obtenido con fenolftaleína se aproxima a la concentración nominal de 4,0 mol·L^{-1}. Al utilizar púrpura de m-cresol aparecen dos cambios de color y se obtienen resultados diferentes según el punto de viraje considerado. La principal conclusión didáctica es que medir un volumen y realizar un cálculo no es suficiente, es necesario interpretar la reacción, identificar adecuadamente el punto final y seleccionar un indicador apropiado para el sistema estudiado.

José Juan Sirvent Carbonell
Colegio HH. Maristas Sagrado Corazón (Alicante)
Contacto: jjscq@hotmail.com

Bibliografía

- IUPAC (2025). *Compendium of Chemical Terminology (Gold Book).* Entradas: "titration", "equivalence-point" y "acid–base indicator".
- Szabadváry, F. (1978). Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850) and analytical chemistry. *Talanta*, 25(11–12), pp. 611–617.
- Duval, C. (1951). François Descroizilles, the inventor of volumetric analysis. *Journal of Chemical Education*, 28(10), p. 508.
- Mohr, F. (1855-1856). *Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode.* Braunschweig: Vieweg.
- Rancke-Madsen, E. (1988). The development of the titration methods: Some historical annotations. *Analytica Chimica Acta*, 206, pp. 97–109.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial: En la elaboración del vídeo y del presente guion se ha utilizado ChatGPT como herramienta de apoyo para la estructuración del contenido, la redacción y revisión del texto y la planificación de algunos recursos audiovisuales. La selección del procedimiento experimental, los datos obtenidos en el laboratorio y la interpretación final corresponden a la experiencia realizada por el autor.



El cambio químico · Ana María Carretero Calvo y Noemi Salardón Jiménez

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Las demostraciones experimentales están diseñadas para trabajar las transformaciones de la materia, haciendo hincapié en el cambio químico, en los niveles de 3º y 4º ESO.

- En 3º ESO se busca que los alumnos entren en contacto con el trabajo de laboratorio, relacionando el aspecto teórico con el experimental, que entiendan qué es el cambio químico, aprecien cambios de propiedades (color, temperatura y cambios de estado) e identifiquen sustancias por su carácter ácido, neutro y básico de sustancias cotidianas.

- En 4º ESO se profundiza en el cambio químico, queremos consolidar el ajuste de las reacciones químicas, cálculos estequiométricos, e introducir los conceptos: calor de reacción (reacciones endotérmicas y exotérmicas), velocidad de reacción y catálisis.

Fundamento teórico

Un cambio químico o reacción química, altera la naturaleza de las sustancias químicas, desaparecen unas sustancias iniciales (reactivos) y aparecen otras nuevas al final del proceso (productos). Este proceso se representa mediante una ecuación química: Reactivos → Productos. A finales del siglo XVIII, Antoine Lavoisier observó que la masa total de los productos al finalizar la reacción química era la misma que la masa total de los reactivos al iniciarla. Este proceso supone una reorganización de átomos, para ello, se rompen enlaces en los reactivos (con absorción de energía), y se forman enlaces nuevos generándose los productos (con liberación de energía), del balance energético final del proceso, la reacción puede resultar endotérmica si la reacción absorbe energía o exotérmica si la libera. La energía, absorbida o liberada, puede ser en forma de calor, luz o sonido. Hay muchos tipos de reacciones, pero por su importancia destacamos la rección ácido-base o reacción de neutralización, dónde:

Ácido + base → sal + agua.

Ácido es la sustancia que en disolución es capaz de ceder protones (H^+) y base es la sustancia capaz de captarlos. Esta ecuación química no se cumple siempre. No obstante, cuando la base es un hidróxido (como la sosa), sí aplica.

El papel indicador permite conocer si una disolución es ácida o básica, en el primer caso toma colores rojizos y en el segundo azulados, de distinta intensidad dependiendo del grado de acidez o basicidad. El agua tiene pH=7 (neutro). Una disolución acuosa de un ácido tiene pH<7. En el caso de las bases, pH>7. También se puede identificar el carácter ácido o básico de una sustancia mediante el uso de sustancias indicadoras, capaces de cambiar de color según el medio, como el líquido de cocción de la lombarda.

Material

- Tubos de ensayo y gradilla.
- Vaso de precipitados
- Probeta.
- Erlenmeyer.
- Espátula.
- Cerillas, vela y globos.

Reactivos

- **Experimento. 1:** bicarbonato ($NaHCO_3$) y vinagre (CH_3-COOH).
- **Experimento 2:** Virutas de magnesio (Mg) y disolución de ácido clorhídrico (HCl). **Experimento 3**: agua oxigenada (H_2O_2) y yoduro de potasio (KI).
- **Experimento. 4: disoluciones de** Cloruro de sodio (NaCl), zumo de limón, bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$), vinagre (CH_3-COOH), agua destilada, amoniaco (NH_3), ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de sodio (NaOH).

Procedimiento experimental:

Experimento 1:

1. Coloca dos cucharadas de bicarbonato en un pequeño trozo de papel de filtro doblado por la mitad y con cuidado y con ayuda del papel, coloca el bicarbonato dentro del globo.



Figura 1. Montaje experimental

2. Mide en la probeta 20 ml aproximadamente de vinagre y échalo en el matraz Erlenmeyer
3. Coloca el extremo del globo en la boca del matraz erlenmeyer y sube con cuidado el globo para dejar que el bicarbonato se mezcle con el vinagre.
4. Toca el matraz erlenmeyer una vez haya terminado la reacción.
5. Deja salir del globo un poco del gas formado sobre una vela encendida.

Experimento 2:

Al hacer reaccionar un ácido con un metal se produce un desplazamiento de los hidrógenos del ácido para formarse una sal y se desprende hidrógeno ($H_{2\,(g)}$):

Ácido + metal → sal + hidrógeno

1. Ponemos en un tubo de ensayo unas pocas virutas de magnesio (**Mg**).
2. Añadimos ácido clorhídrico (**HCl**), 2 ml aproximadamente y tapamos el tubo de ensayo para evitar que salga el gas.
3. Con cuidado, giramos el tubo de ensayo sobre un vaso de precipitados con agua y destapamos el tubo, de esta forma saldrá la disolución de sal y el ácido clorhídrico que no reaccionó.

4. Sacamos el tubo de ensayo que contiene el gas, comprobaremos que se trata de hidrógeno porque al acercarlo a la vela encendida escucharemos una pequeña detonación.
5. Fíjate en las paredes del tubo de ensayo tras la detonación.

Experimento 3:

1. Colocamos un poquito de KI en un globo, 3 mL de agua oxigenada (30% en masa) en el erlenmeyer y a continuación, el extremo del globo en la boca del erlenmeyer.
2. Sube con cuidado el globo para dejar que el yoduro de potasio se mezcle con el agua oxigenada
3. Toca el matraz erlenmeyer una vez haya terminado la reacción.
4. Deja salir del globo un poco del gas formado sobre una vela encendida.

Este paso lo realizamos en la pila y nos apartamos por si hay posibles proyecciones. Añadimos 3 mL de agua oxigenada con un poco de lavavajillas, a un matraz erlenmeyer y con cuidado, verteremos la disolución del yoduro de potasio. Observa qué ocurre al acercar una cerilla encendida.

Experimento 4

1. Coloca unas gotas de cada disolución tocando con el extremo de la varilla en el papel indicador y compara el color que se obtiene con el de la rueda de pH, anota el pH que corresponda.
2. El agua de cocción de la lombarda es un indicador natural del carácter ácido o básico. Observa y anota su comportamiento cuando se le añaden sustancias distintas.

Sustancia	NaCl	Zumo de limón	$NaHCO_3$	CH_3-COOH	H_2O	NH_3	HCl	NaOH
Papel de pH								
Valor de pH								
Color lombarda								
Medio ácido, básico o neutro								

Tabla 1. Evidencias experimentales.

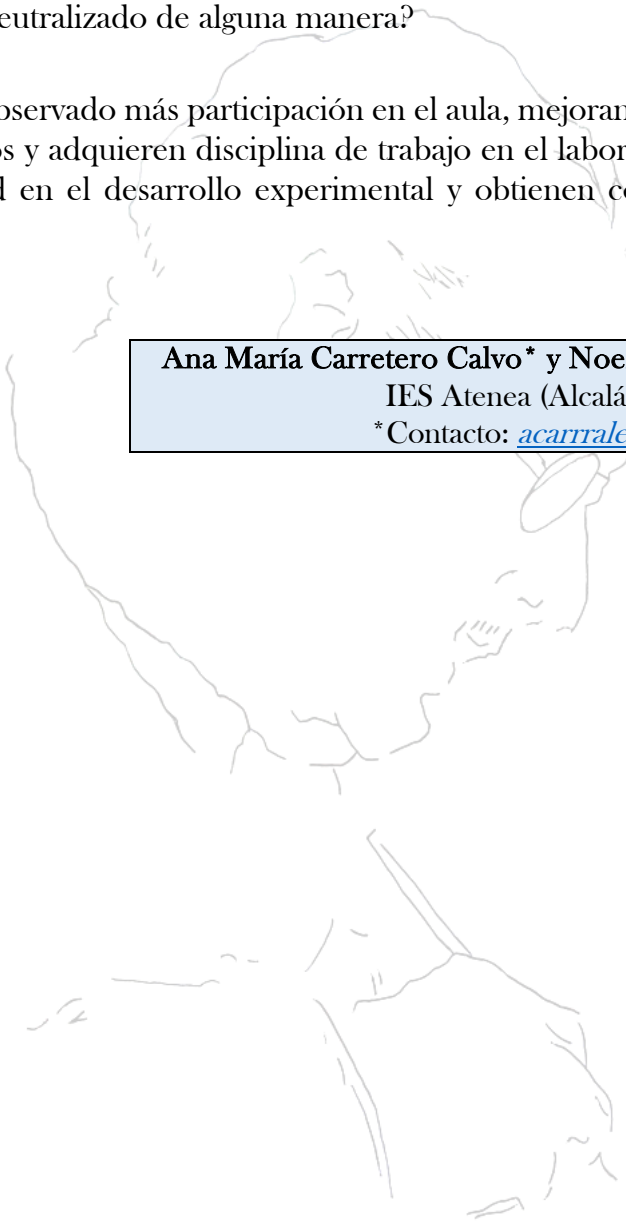
Conclusiones

Los alumnos trabajan con sus guiones en los experimentos 1 y 4. En estas actividades participan activamente, siendo un buen elemento motivador. Los experimentos 2 y 3, son experiencias de cátedra que deben observar para responder a las cuestiones que se les planteará en función de su nivel como, por ejemplo:

- ¿Se comportan los tres gases de la misma forma al acercarles a la vela? ¿Cómo lo hacen cada uno de ellos?

- En el experimento 2, quedaron unas gotitas en el tubo de ensayo tras la detonación, ¿qué crees que se pudo formar?
- Al finalizar los experimentos 1 y 3, tocaste los matraces erlenmeyer ¿Qué reacción liberó calor? ¿Cuál lo absorbió? ¿Qué función tiene el KI en el experimento 3?
- ¿Presentan todas las sustancias el mismo grado de acidez? De las sustancias que has investigado ¿Cuál es el ácido más débil? ¿y el más fuerte?
- ¿Cuál crees que es la función del ácido clorhídrico segregado por el estómago? ¿Es posteriormente neutralizado de alguna manera?

Por último, hemos observado más participación en el aula, mejoran en la compresión de los conceptos teóricos y adquieren disciplina de trabajo en el laboratorio: mantienen las normas de seguridad en el desarrollo experimental y obtienen conclusiones, dándole sentido a la materia.



Ana María Carretero Calvo* y Noemi Salardón Jiménez
IES Atenea (Alcalá de Henares, Madrid)
*Contacto: acarrralero@educa.madrid.org

Huellas escondidas · David Moldes Plaza

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Dirigida a alumnado de 2.º y 3.º ESO, esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Comprender, de forma visual, los cambios de estado progresivos y regresivos, concretamente la sublimación y la sublimación inversa.
- Observar que la materia está formada por partículas que pueden interactuar (las grasas de la piel disuelven el yodo).
- Conectar la química con aplicaciones reales y cercanas, como las ciencias forenses y la criminalística.
- Fomentar el rigor en el diseño experimental y la evaluación de la seguridad, trabajando con sistemas cerrados para evitar la emisión de vapores tóxicos.

Fundamento

La sublimación es el paso directo del estado sólido al gaseoso sin pasar por el estado líquido. El yodo molecular (I_2) sublima fácilmente al aplicarle un calor suave, generando unos llamativos vapores de color violeta. Si somos rigurosos con el diagrama de fases, afirmar que el yodo molecular sublima a presión atmosférica es un abuso del lenguaje común en los libros de texto. El punto triple del yodo se encuentra a 113,5 °C y 0,12 atm (por debajo de la presión atmosférica de 1 atm, a diferencia del CO2, cuyo punto triple está a 5,1 atm). Por tanto, al calentar I2 a 1 atm, este sí pasa por la fase líquida (funde a 113,7 °C). Sin embargo, su presión de vapor en estado sólido es tan alta que pasa rápidamente a estado gas, sin apenas estar en estado líquido generando la nube violeta. De hecho, prestando mucha atención al calentar, se puede observar algo de yodo líquido en el fondo. En definitiva, lo que está pasando es un fenómeno parecido a la evaporación (paso de líquido a gas sin alcanzar el punto de ebullición) pero en los sólidos (paso de sólido a gas)

Cuando los vapores de yodo entran en contacto con el papel, el yodo se disuelve en los residuos de ácidos grasos, sales y sebo que los poros de la piel han dejado impregnados al tocarlo, tiñendo la huella dactilar de un color pardo/anaranjado. Al enfriarse el sistema, el exceso de vapor de yodo vuelve a depositarse (sublimación inversa).

El yodo fue descubierto accidentalmente en 1811 por el químico francés Bernard Courtois en pleno contexto de las Guerras Napoleónicas. Su familia fabricaba salitre (nitrato de potasio) para la pólvora del ejército. Debido a la escasez de madera, comenzaron a utilizar biomasa algal (cenizas de algas marinas, que son muy ricas en yodo), ya que era muy abundante en las costas francesas. Sin embargo, al quemar las algas en calderos de cobre, observó que quedaba un pequeño residuo blanco que, tras unos pocos usos, los tornaba inservibles. Para intentar limpiarlos, añadió un exceso de ácido sulfúrico a estas, y es entonces cuando Courtois observó una espectacular nube de vapor

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

violeta que cristalizaba en las paredes frías, descubriendo así el yodo (del griego "ioeides", color violeta). Cuando calentó ligeramente estos sólidos, vio que volvían a dar el vapor violeta. A este fenómeno, se referían como que el cristal se alzaba o elevaba, en latín, *sublimare*, de ahí el término sublimar que tenemos actualmente. Sin embargo, hasta 1813 no se concretó y definió como un elemento químico nuevo, y lo haría de la mano de Joseph Louis Gay-Lussac, quién lo bautizó por su color (*iodes*, violeta en griego).

Este elemento, provocó una revolución en medicina, pues las disoluciones de I_2 en alcohol tenía potentes efectos antisépticos. Décadas más tarde, a principios del siglo XX, químicos y pioneros de la ciencia forense como el francés Edmond Locard (conocido como el "Sherlock Holmes francés") adoptaron los vapores de yodo como una de las primeras y más eficaces técnicas para revelar huellas dactilares latentes en la escena del crimen.

Materiales

- Papel blanco
- Yodo
- Frasco de vidrio transparente con tapa de cierre hermético (tipo tarro de conservas)
- Tener disponible dos tapas idénticas para el frasco de vidrio
- Cinta adhesiva
- Baño de agua caliente (o placa calefactora suave)
- Crema de manos o vaselina.
- Medidas de seguridad: Gafas de seguridad y guantes de nitrilo. Ventilación adecuada.

Procedimiento experimental

1. Cortar un trozo de papel blanco que encaje bien en el interior del frasco de vidrio.
2. Humedecer ligeramente los dedos frotando la frente o con un poco de crema de manos para recoger grasa natural.
3. Presionar con fuerza un dedo sobre el papel.
4. Fijar el papel con la huella en el interior de la tapa del frasco utilizando un pequeño trozo de cinta adhesiva.
5. Introducir 2 o 3 cristales de yodo en el fondo del frasco de vidrio y cerrarlo herméticamente con la tapa preparada. Una cucharilla si está en polvo resublimado.
6. Aplicar un calor muy suave a la base del frasco (por ejemplo, sumergiéndolo unos centímetros en un baño de agua caliente, con placa, etc). Observar cómo el yodo sublima.
7. Dejar enfriar el frasco completamente sin abrirlo hasta que los vapores se depositen de nuevo en forma de cristales, garantizando la seguridad del proceso.
8. Abrir la tapa y cambiarla rápidamente, revelando la huella en la tira de papel.

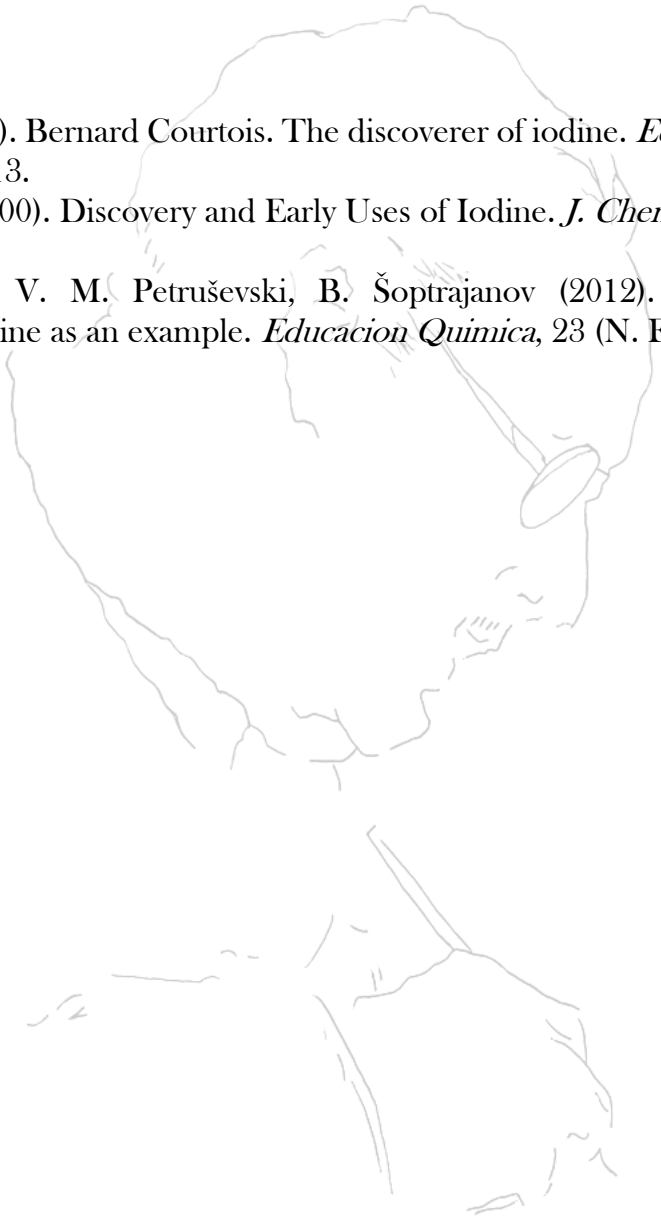
Conclusiones

Esta demostración permite al alumnado de 2.º y 3.º ESO visualizar de forma segura un cambio de estado abstracto (la sublimación) con el que no están familiarizados. Al asociarlo a la investigación policial, su motivación intrínseca puede verse aumentada. Además, el rediseño del experimento clásico hacia un sistema cerrado hermético introduce conceptos fundamentales de química verde y prevención de riesgos,

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

demostrando cómo la adaptación de las condiciones de operación (en este caso, confinamiento y control de temperatura) mejora la sostenibilidad y seguridad del proceso sin perder su valor didáctico ni su espectacularidad.

David Moldes Plaza
IES Antonio Tovar (Valladolid)
Contacto: *david.molpla@educa.jcyl.es*



Bibliografía

- Wisniak, J. (2018). Bernard Courtois. The discoverer of iodine. *Educación Química*, 13 (3), pp. 206-213.
- Rosenfeld, L. (2000). Discovery and Early Uses of Iodine. *J. Chem. Educ.*, 77 (8), p. 984
- M. Stojanovska, V. M. Petruševski, B. Šoptrajanov (2012). The concept of sublimation – iodine as an example. *Educacion Quimica*, 23 (N. E.), pp. 171-175.

La química detrás del espejo · María Teresa García Segura

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración está dirigida al alumnado de 1.º y 2.º Bachillerato, en el marco de la asignatura de Química, dentro del bloque de Reacciones Químicas y, específicamente, del apartado de reacciones de oxidación-reducción (redox). Al finalizar la demostración, el alumnado será capaz de:

- Identificar la reacción del espejo de plata como una reacción redox, reconociendo qué especie actúa como oxidante (ion Ag^+) y cuál como reductor (glucosa).
- Comprender el papel del reactivo de Tollens —complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$— como fuente de iones plata en medio básico, relacionándolo con el concepto de equilibrio de precipitación y formación de complejos.
- Relacionar el concepto de reducción con la deposición de plata metálica sobre el vidrio, conectando la teoría de las reacciones redox con un fenómeno visual directo y memorable.
- Reconocer el grupo aldehído de la glucosa como responsable de su capacidad reductora y comprender la prueba de Tollens como herramienta analítica de identificación de aldehídos en química orgánica.
- Establecer conexiones entre la química de laboratorio y su aplicación tecnológica histórica: la fabricación industrial de espejos de plata como sustituto del peligroso proceso de amalgamación con mercurio.
- Desarrollar la capacidad de observación científica, describiendo y explicando los cambios macroscópicos —formación de precipitado, disolución del mismo, aparición del depósito plateado— en términos de la teoría submicroscópica de los iones y los electrones.

Fundamento

Contextualización histórica y cultural

La fascinación humana por los espejos es tan antigua como la civilización misma. La mitología griega nos dejó el mito de Narciso: un joven tan bello que, al ver su reflejo en el agua, quedó atrapado por su propia imagen. Lo que Narciso no sabía es que ese reflejo tiene una explicación química, y que la humanidad tardó siglos en descubrirla.

Durante siglos, los espejos de mayor calidad se fabricaron mediante la técnica de amalgamación: una capa de estaño se humedecía con mercurio líquido y se adhería al vidrio. El proceso era extraordinariamente tóxico. En 1835, el químico alemán Justus von Liebig (1803-1873) describió por primera vez la deposición de plata metálica a partir de soluciones amoniacales. En 1882, Bernhard Tollens (1841-1918) perfeccionó el procedimiento desarrollando el reactivo que lleva su nombre: un espejo de plata, sin mercurio, sin toxicidad, fabricado con una simple reacción redox. Este proceso sustituyó gradualmente a la peligrosa amalgamación y fue el método estándar de la industria de espejos durante décadas.

Fundamento químico

El reactivo de Tollens es una solución amoniacal que contiene el complejo diaminplata(I), $[Ag(NH_3)_2]^+$. Se prepara en tres pasos secuenciales:

- Disolución de nitrato de plata ($AgNO_3$) 0,1 M: fuente de iones Ag^+.
- Adición de hidróxido de sodio (NaOH) 0,8 M: precipitación de Ag_2O (precipitado pardo-oscuro).
- Adición de amoniaco (NH_3): disolución del precipitado y formación del complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$ (solución transparente incolora).

La glucosa ($C_6H_{12}O_6$) posee un grupo aldehído (–CHO) libre que actúa como agente reductor. En medio básico, ese grupo se oxida a carboxilo (–COOH), mientras que los iones Ag^+ se reducen a plata metálica (Ag^0). La reacción global simplificada es:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,[Ag(NH_3)_2]^+ + 2\,OH^- \rightarrow C_6H_{12}O_7 + 2\,Ag\downarrow + 4\,NH_3 + H_2O$$

En esta reacción redox:

- La glucosa actúa como agente reductor: el C del grupo aldehído pasa de estado de oxidación 0 a +1 al oxidarse a carboxilo.
- Los iones Ag^+ actúan como agentes oxidantes: pasan del estado de oxidación +1 a 0 al reducirse a plata metálica.

La calidad del espejo depende críticamente del desengrase previo del vidrio: si hay grasa en las paredes, la plata precipita como polvo negro sin adherirse. La demostración articula reacciones redox, equilibrio de precipitación, formación de complejos y química orgánica (grupo aldehído) en un único experimento.

Materiales

- Matraz Erlenmeyer o vaso de precipitados de vidrio de 250 mL, limpio y desengrasado.
- Vasos de precipitados auxiliares.
- Matraces aforados para preparar las disoluciones.
- Pipetas Pasteur de 5 y 10 mL.
- Embudo.
- Guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio (obligatorios).
- Campana extractora.

Reactivos

- Nitrato de plata $AgNO_3$, disolución 0.1 M.
- Hidróxido de sodio NaOH, solución 0.8 M.
- Amoníaco NH_3, disolución concentrada (20 %).
- Glucosa (D-glucosa), disolución 0.25 M en agua destilada.
- Acetona (para el desengrase previo del matraz).
- Agua destilada.

Advertencia de seguridad: El nitrato de plata es corrosivo y tiñe la piel de forma persistente. El amoniaco concentrado es irritante y debe manipularse en espacio ventilado, en este caso utilizamos campana extractora. El reactivo de Tollens debe

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

prepararse en el momento y nunca almacenarse: al envejecer puede formar fulminato de plata ($Ag_2C_2N_2$), un sólido explosivo. Consultar las fichas de datos de seguridad (FDS/SDS) de cada reactivo.

Procedimiento experimental

El procedimiento se describe en el orden en que se realiza en el vídeo de demostración. Todas las operaciones se llevan a cabo en la zona de la campana extractora, con bata, gafas de seguridad y guantes.

1. Colocar sobre la mesa de trabajo, dentro del área de la campana: un matraz Erlenmeyer de vidrio, un vaso de precipitados con la disolución de $AgNO_3$ 0.1 M, un vaso con amoniaco (NH_3) al 20 %, los matraces aforados con las disoluciones de NaOH 0,8 M y de glucosa 0,25 M (todos rotulados), pipetas Pasteur, un embudo y un matraz de fondo redondo de 500 mL apoyado sobre un soporte de corcho.
2. Verter la sal de plata. Verter en el matraz Erlenmeyer la disolución de nitrato de plata 0.1 M (100 mL).
3. Añadir la base. Con una pipeta Pasteur, añadir gota a gota la disolución de NaOH 0.8 M (50 mL) mientras se agita el matraz con suavidad. Se forma un precipitado pardo-oscuro de óxido de plata (Ag_2O).
4. Disolver el precipitado con amoniaco. Con una pipeta Pasteur, añadir amoníaco al 20% gota a gota, agitando el matraz en movimientos circulares, hasta que el precipitado desaparezca y la disolución quede transparente. Se ha formado el complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$, el reactivo de Tollens.
5. Pasar el reactivo al matraz de reacción. Con ayuda del embudo, trasvasar el reactivo de Tollens al matraz de fondo redondo de 500 mL situado sobre soporte de corcho.
6. Añadir la disolución de glucosa 0.25 M (V= 10 mL).
7. Agitar suavemente el matraz para que la mezcla moje toda la pared interior del vidrio.
8. Observar cómo la plata metálica se va depositando sobre el vidrio hasta formar una película gris plateada y reflectante que cubre el interior del matraz (espejo de plata). Se aprecia la formación de un precipitado pardo-oscuro (Ag_2O) al añadir NaOH; desaparición del precipitado y obtención de una disolución transparente al añadir amoniaco (formación del complejo); y, tras añadir la glucosa, aparición del depósito de plata metálica sobre el vidrio (reducción de Ag^+ a Ag^0 con oxidación del grupo aldehído a carboxilo).

Conclusiones

La demostración del espejo de plata reúne en un único experimento de tres minutos varios de los atributos que definen una práctica de laboratorio excelente: es visualmente impactante, científicamente rigurosa, históricamente rica y didácticamente integradora.

El hilo conductor del mito de Narciso y la evolución técnica desde las superficies pulidas de bronce hasta el proceso de Tollens sitúan la química en su contexto cultural e histórico, mostrando al alumnado que la ciencia no nace en el vacío, sino en diálogo con la sociedad y sus necesidades. La pregunta de cierre —¿funcionaría con acetona? — abre la puerta a actividades de indagación posteriores, estimulando el pensamiento crítico del alumnado y convirtiendo una experiencia visual en el punto de partida de una investigación real.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

María Teresa García Segura
IES Santiago Grisolía (Callosa de Segura, Alicante)
Contacto: *mariateresagarciasegura@gmail.com*

Bibliografía

- Chang, R., Goldsby, K. (2013). *Química.* McGraw-Hill
- Wade, L. G. (2012). *Química Orgánica.* Pearson
- Vídeo de referencia realizado por alumnos de nuestro centro y base procedimental de la demostración presentada a MasterChem 2024.

Nota sobre uso de Inteligencia Artificial. En la elaboración de este guion se ha empleado asistencia de inteligencia artificial (Claude, Anthropic) para la estructuración y redacción del texto, bajo la supervisión y revisión científica y didáctica de la docente firmante.



Una luz intensa para iniciar el aprendizaje de la química: La combustión del magnesio en distintos niveles de interpretación · Gabriel Pinto Cañón

En la primera clase de Química de primer curso de distintas titulaciones de ingeniería suelo presentar dos ideas que acompañarán a los estudiantes durante toda la asignatura: la química es una ciencia experimental y su aprendizaje exige relacionar diferentes niveles de representación. Para introducir ambas ideas recurro a una demostración breve, visual y fácilmente reproducible: la combustión de una cinta de magnesio, iniciada con la llama de un mechero común.

La interpretación de un fenómeno químico puede organizarse en tres dominios: el macroscópico, referido a lo que se observa y se mide; el submicroscópico, que considera las partículas y sus interacciones; y el simbólico, que recurre a fórmulas, ecuaciones y otras representaciones. La integración de estos dominios, conocida habitualmente como triplete o triángulo de Johnstone, constituye una herramienta didáctica fundamental para comprender la química, y no solo para describirla.

En la enseñanza dirigida a estudiantes de ingeniería resulta útil añadir una cuarta perspectiva: la relación entre el fenómeno de laboratorio y sus manifestaciones en la vida cotidiana, la tecnología o la industria. Esta dimensión contextual permite discutir por qué una misma transformación puede desarrollarse de forma distinta según la escala, las condiciones de operación y la finalidad perseguida.

A lo largo del curso empleo ejemplos variados como el proceso cloroalcalino (con fotografías y esquemas), la reacción del zinc con ácido clorhídrico (in situ en clase) o la obtención de aluminio a partir de la bauxita (con fotografías y mostrando muestras de bauxita, alúmina y aluminio). En este artículo describo cómo la combustión del magnesio y la combustión del gas de un mechero permiten presentar, desde el primer día, esa forma integrada de observar, interpretar y representar una reacción química.

Material

Para realizar la demostración se necesita cinta o alambre de magnesio, unas tijeras, unas pinzas metálicas, un mechero común y una placa de Petri, vidrio de reloj o recipiente análogo para recoger el producto. El docente debe utilizar bata y gafas de seguridad, mantener al alumnado a una distancia adecuada y evitar por parte de todos los asistentes la observación directa y prolongada de la intensa luz emitida durante la combustión.

Procedimiento experimental

La demostración se lleva a cabo siguiendo esta secuencia:

1. Se pide a los estudiantes que anoten con detalle lo que observen. Se les advierte, además, de que en una sesión posterior deberán explicar las transformaciones producidas en los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico.
2. Se corta una pieza de cinta de magnesio de unos 2 cm. Su superficie es normalmente mate y puede presentar un color grisáceo o negruzco debido a la capa de productos formada por reacción con el aire y la humedad. Se raspa cuidadosamente con uno de los filos de las tijeras hasta recuperar el brillo metálico.

3. En uno de los extremos se practican pequeños cortes transversales para aumentar la superficie expuesta y facilitar el inicio de la reacción.
4. Se muestra un mechero común a los alumnos y se comenta brevemente su funcionamiento para producir una llama. Se recuerda que el combustible suele ser una mezcla de hidrocarburos licuados, con frecuencia rica en isobutano (metilpropano), que se mantiene en fase líquida dentro del depósito por efecto de la presión.
5. La cinta de magnesio se sujeta con las pinzas y se acerca el extremo recortado a la llama del mechero. Al cabo de unos instantes, el magnesio emitiendo una luz blanca y muy brillante. Se forma un sólido blanco, quebradizo, que se deja caer sobre la placa de Petri. Además, se produce una densa nube de humo blanco.
6. Una vez enfriado, se invita al alumnado a observar el producto blanco. El docente puede mostrar su fragilidad presionándolo suavemente con las pinzas, sin manipularlo directamente.
7. De forma alternativa, se puede hacer la experiencia con un alambre fino de magnesio. El efecto visual es menos llamativo, aunque la reacción se inicia con mayor rapidez.
8. A partir de estas observaciones se inicia una discusión guiada sobre las dos combustiones que han tenido lugar: la del combustible del mechero y la del magnesio. Los dispositivos correspondientes y las ecuaciones químicas que describen los procesos se muestran en la Figura 1.

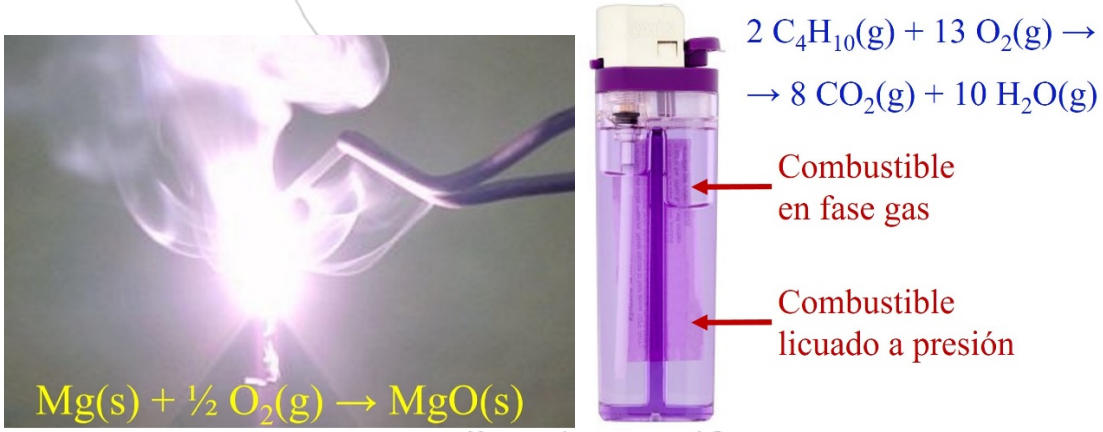


Figura 1. Izquierda: Combustión de la cinta de magnesio con emisión de luz blanca y ecuación química representativa. Derecha: Ejemplo de mechero usado en clase (elegido para que permita visualizar el líquido interior) y ecuación química que representa la combustión. Fuente: G. Pinto.

Durante la combustión pueden proyectarse pequeñas partículas incandescentes y generarse finas partículas de óxido de magnesio. Por ello, resulta recomendable mantener una distancia adecuada de observación y evitar situarse directamente sobre la vertical de la reacción. El recipiente utilizado para recoger el producto permanece caliente durante varios minutos tras el experimento y no debe manipularse inmediatamente después de la demostración.

Discusión del fenómeno

La demostración resulta especialmente fértil cuando se examina desde los tres dominios citados en la introducción. En el nivel macroscópico, el alumnado identifica el brillo metálico inicial, el encendido, la emisión de luz blanca, el desprendimiento de energía y la aparición de un sólido blanco y frágil, acompañado de una densa nube de partículas del mismo color. Conviene ayudar a los alumnos a distinguir con precisión entre observación e interpretación: «se forma un sólido blanco» es una observación; «se ha formado óxido de magnesio», como indican muchos, ya incorpora un modelo químico.
En el nivel submicroscópico, se interpreta la transformación como una reorganización de la materia acompañada de transferencia electrónica. Los átomos de magnesio del sólido metálico se oxidan y originan cationes Mg^{2+}, mientras que el oxígeno del aire, O_2, se reduce y da lugar a aniones O^{2-}. Estos iones forman una red iónica cristalina de óxido de magnesio; por tanto, no es adecuado describir el MgO como una sustancia formada por moléculas discretas. Puede producirse también una pequeña cantidad de nitruro de magnesio, debido a la presencia de N_2 en el aire, pero para una primera aproximación didáctica la combustión se representa mediante la formación de MgO, producto mayoritario. La nube observada durante la combustión está formada principalmente por finas partículas de MgO dispersas en el aire.

La deslumbrante luz blanca emitida constituye una de las características más llamativas de esta reacción. El calor liberado durante la combustión eleva considerablemente la temperatura del magnesio y de las partículas formadas, pudiéndose alcanzar localmente temperaturas de varios miles de grados centígrados. La radiación emitida por el material incandescente, junto con la emisión asociada a especies excitadas generadas durante el proceso, origina la característica luz blanca de gran intensidad. Este fenómeno permite relacionar química y física e introducir cualitativamente conceptos como temperatura, excitación, emisión de radiación y espectros luminosos.

En el nivel simbólico se escribe la ecuación ajustada $2\ Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2\ MgO(s)$. Esta representación informa sobre la identidad de reactivos y productos, sus estados físicos y la proporción estequiométrica, pero no muestra por sí sola la intensidad de la luz, la estructura cristalina del producto, el mecanismo de reacción ni las condiciones necesarias para iniciarla. Preguntar qué aporta y qué omite la ecuación ayuda a evitar que el simbolismo se convierta en una sustitución mecánica del fenómeno. La misma reacción permite introducir una conexión histórica y tecnológica: el magnesio en polvo se utilizó en los primeros sistemas de iluminación fotográfica por la brillante luz blanca que produce al arder (Figura 2).

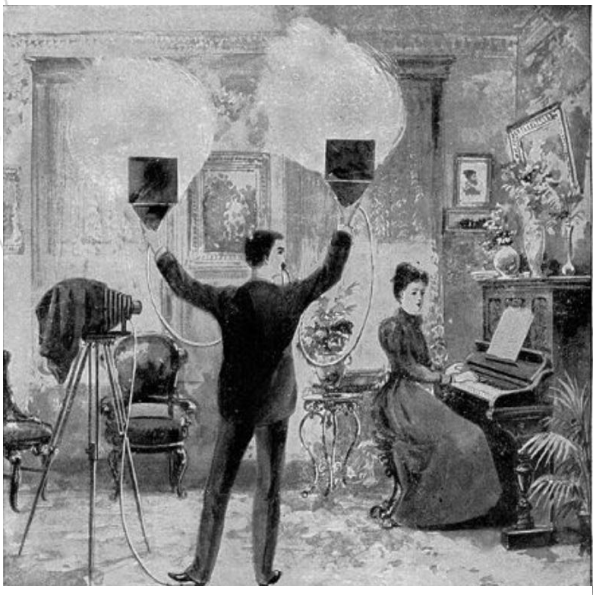


Figura 2. Utilización de flash de polvo de magnesio a finales del siglo XIX. Fuente: D. Sánchez Torres, D. (2025). *El flash de magnesio: Let there be light.*

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Aunque el empleo del magnesio como fuente de iluminación fotográfica quedó obsoleto con el desarrollo de los flashes electrónicos, su combustión sigue aprovechándose en la actualidad en diversos dispositivos pirotécnicos. Las bengalas de señalización, determinadas composiciones de fuegos artificiales y algunos dispositivos de iluminación de emergencia utilizan magnesio o aleaciones ricas en este metal debido a la elevada intensidad luminosa que generan al oxidarse formando MgO. De forma paralela, la combustión del gas del mechero puede analizarse en los tres dominios de comprensión. Esta segunda reacción abre cuestiones sobre el estado físico del combustible en el depósito, su vaporización, la mezcla con el aire y los productos de una combustión completa o incompleta. Un tema de discusión recurrente es si el agua de la combustión se considera líquido o gas en la ecuación química.

Uso didáctico y respuestas del alumnado

Además de animar a los alumnos a realizar fotografías y vídeos con sus teléfonos móviles, durante la discusión se les recomienda buscar en internet grabaciones de experiencias análogas y valorar tanto las medidas de seguridad adoptadas como la forma de explicar el fenómeno. Una semana después de la demostración, normalmente junto con una evaluación inicial de nomenclatura y formulación, se solicita por escrito una explicación macroscópica, submicroscópica y simbólica de las dos reacciones observadas. La actividad permite comprobar no solo qué recuerdan los estudiantes, sino también si distinguen entre describir un cambio y explicarlo mediante modelos.

Las respuestas son muy variadas. Algunos alumnos articulan correctamente los tres niveles; otros recuerdan la experiencia de manera fragmentaria, y no faltan quienes han olvidado que se les había anunciado la pregunta. En una ocasión se les pidió que señalaran el aspecto que más les había sorprendido. Aunque cabía esperar que eligieran la luz emitida por el magnesio, muchos destacaron descubrir que el «gas» del mechero se encuentra mayoritariamente en fase líquida dentro del depósito (debido a la presión). Esta reacción revela el valor didáctico de los detalles cotidianos cuando se examinan con mirada química. Tras comentar y justificar las respuestas, la experiencia se recupera en distintos momentos del curso. Al estudiar la estructura molecular puede analizarse la geometría de las moléculas de isobutano; en el tema de enlace químico se comparan el enlace metálico del Mg, el enlace covalente de O_2 y la red iónica del MgO; y al abordar materiales de uso común se relaciona el color blanco del MgO con el de la cal viva (CaO), más conocida por sus aplicaciones en construcción. La demostración, como otras realizadas en el curso deja así de ser un episodio aislado. Se convierte en un hilo conductor al que regresar con niveles crecientes de profundidad y pasa a constituir una referencia compartida entre profesor y estudiantes sobre la que construir nuevo conocimiento.

Consideraciones finales

La combustión del magnesio, con la ayuda de un mechero común, es una demostración rápida, sencilla y de gran impacto visual, pero su principal interés no reside únicamente en la espectacularidad. Bien guiada, permite diferenciar observación e interpretación, relacionar los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, introducir cuestiones de seguridad y conectar la química con la tecnología, la historia y la vida cotidiana.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Además, ofrece un referente común que puede recuperarse a lo largo del curso para enriquecer conceptos de estequiometría, estructura, enlace y reactividad. En suma, una experiencia de apenas unos minutos puede contribuir a mostrar, desde la primera clase, que aprender química consiste en establecer relaciones significativas entre lo que vemos, los modelos con los que lo explicamos y los símbolos con los que lo comunicamos.

Gabriel Pinto Cañón
Universidad Politécnica de Madrid
Contacto: gabriel.pinto@upm.es

Bibliografía

- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, pp. 75-83.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, pp. 156-168.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), pp. 179-195.
- De Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (2024). La química que se esconde tras los mecheros. *Anales de Química de la RSEQ*, 120(2), pp. 85-91.
- North Carolina School of Science and Mathematics (2012). Combustion of Mg [vídeo]. YouTube https://www.youtube.com/watch?v=EZ3JT2nWfMA
- Pinto, G. y Prolongo, M. (2020). Experiencias prácticas para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas. Educació Química, 27, pp. 49-55.

Simulación del test de alcoholemia con reacciones redox · Jorge Alonso

Esta experiencia tiene por objetivos:

- Comprender el mecanismo de una reacción redox aplicada a un contexto práctico.
- Simular el funcionamiento de un reactivo de control de alcoholemia mediante la evaporación y arrastre de etanol en flujo de aire.
- Elaborar una escala colorimétrica de referencia (patrones de calibración).
- Estimar cuantitativamente la presencia de etanol en función del número de gotas utilizadas (1 a 5 gotas).

Fundamento

El control de alcoholemia clásico en aire espirado se basa en una reacción de oxidación-reducción (redox). El etanol (CH_3CH_2OH) presente en el aliento reacciona con una disolución ácida de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), la cual actúa como un fuerte agente oxidante. Durante el proceso, el etanol se oxida a ácido acético (CH_3COOH), mientras que el anión dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$), de un característico color naranja, se reduce a catión cromo(III) (Cr^{3+}), que presenta una coloración verde intensa.

La reacción química global:

$$2\ Cr_2O_7^{2-}\ (\text{naranja}) + 3\ CH_3CH_2OH + 16\ H^+ \rightarrow\ 4\ Cr^{3+}\ (\text{verde}) + 3\ CH_3COOH + 11\ H_2O$$

La intensidad del viraje de color (del naranja al verde) es directamente proporcional a la cantidad de etanol transferido por el flujo de aire espirado. Comparando el color obtenido con una escala patrón previamente preparada, es posible determinar de forma semicuantitativa el grado de alcohol en la muestra.

El primer dispositivo práctico para estimar el alcohol en sangre a partir del aire espirado fue el Drunkometer, desarrollado por Robert Borkenstein y rolled en 1938. Posteriormente, en 1954, Borkenstein inventó el Breathalyzer, un dispositivo que utilizaba la reacción de oxidación del etanol con dicromato de potasio en medio ácido para medir fotométricamente la concentración de alcohol. Este sistema supuso un hito fundamental en la seguridad vial y el control policial del tráfico.

Material

- 6 Tubos de ensayo con gradilla.
- Pajitas de plástico flexibles.
- Algodón
- Cuentagotas graduados.
- Cronómetro.
- Rotulador permanente para vidrio.

Reactivos

- Dicromato de potasio 0,01 M.
- Ácido sulfúrico al 28%.
- Etanol 96º.
- Agua destilada.

Procedimiento experimental

Fase A: Preparación de la Escala Patron (colores de Referencia)

1. Antes de realizar las mediciones con aire espirado, preparar 5 tubos de calibración en la gradilla para disponer de la gama de colores de referencia:

- **Tubo P0 (0% alcohol):** 3 mL de dicromato ácido + 3 mL de agua+ 0 mL de etanol. (Color: Naranja).
- **Tubo P1 (Bajo):** 3 mL de dicromato ácido + 3 mL de agua + 2 gotas directas de etanol diluido. (Color: Naranja-Verdoso).
- **Tubo P2 (Medio):** 3 mL de reactivo dicromato ácido + 3 mL de agua + 4 gotas directas de etanol. (Color: Verde Oliva).
- **Tubo P3 (Alto):** 3 mL de reactivo dicromato ácido + 3 mL de agua + 6 gotas directas de etanol. (Color: Verde Intenso).
- **Tubo P5 (Muy Alto):** 3 mL de reactivo dicromato ácido + 3 mL de agua + 8 gotas directas de etanol. (Color: Verde Intenso).

2. Agitar suavemente los tubos patrón y dejarlos reposar 3 minutos.

Fase B: Ensayo con Pajita simulando control de alcoholemia

1. En un sexto tubo de ensayo, repetir las condiciones del tubo P0 previamente descrito.
2. Introducir un algodón impregnado en alcohol dentro de una pajita y soplar con moderada intensidad durante 4 segundos dentro del tubo de ensayo.
3. Dejar reposar el tubo 3 minutos y apuntar los resultados.

Fase C: Registro de resultados

Finalmente se compara el color final de cada tubo (1 al 5) con la escala patrón (P0 a P3) e indica el grado de concentración estimado, según se recoge en la Tabla 1.

Patrón	N° de gotas	Color observado	Patrón coincidente (P0 - P3)	Concentración estimada
Tubo P0	0 gota		-	Nula/Muy Baja
Tubo P1	2 gotas		-	Baja
Tubo P2	4 gotas		-	Moderada
Tubo P3	6 gotas		-	Alta
Tubo P4	8 gotas		-	Muy Alta
Muestra				

Tabla 1. Tabla de registro de resultados.

Conclusión

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Se puede concluir la experiencia planteando las siguientes cuestiones al alumnado:

- Explica el cambio de color observado desde el punto de vista del estado de oxidación del cromo. ¿Qué especie química es responsable del color verde (más presente en el tubo P4)?
- ¿Por qué es necesario acidificar la disolución de dicromato de potasio con ácido sulfúrico para que ocurra la reacción?
- Si el tiempo de soplado aumentase a 2 minutos en el tubo de muestra, ¿afectaría al resultado? Justifica tu respuesta basándote en la volatilidad del etanol.
- ¿Qué posibles fuentes de error cuantitativo presenta este método casero/semicuantitativo en comparación con un etilómetro digital moderno?

Jorge Alonso
Colegio Nuestra Señora de los Ángeles (Madrid)
Contacto: *jorge.alonsil@gmail.com*

Bibliografía

- Borkenstein, R. F., Smith, H. W. (1961). The Breathalyzer and its application. *Medicine, Science and the Law*, 2(1), pp. 13-22.
- Skoog, D. A *et al.* (2014). *Fundamentos de Química Analítica* (9.ª ed.). Cengage Learning.
- Dubowski, K. M. (1980). Alcohol analysis in biological fluids. *Journal of Forensic Sciences*, 25(1), 11090J.

Evaluación del potencial antimicrobiano de plantas medicinales frente a bacterias · Martín Dos Santos, David Leal y Mario Díaz

Este proyecto tiene como objetivo principal evaluar el potencial antimicrobiano de las plantas medicinales frente a bacterias de interés clínico, mediante la extracción de los compuestos antimicrobianos y el análisis de su actividad en condiciones in vitro. Para llevar a cabo este propósito, se realizará la obtención de los extractos vegetales a partir de las plantas medicinales seleccionadas (ajo tomillo orégano y canela) gracias al uso de distintos disolventes como son el agua y el etanol para comparar la efectividad antimicrobiana de los distintos extractos frente a las bacterias utilizadas para llevar a cabo el ensayo.

Fundamento

La resistencia antimicrobiana constituye uno de los principales problemas de salud pública en todo el mundo, puesto que puede afectar la eficacia de los tratamientos convencionales disponibles pudiendo dar lugar a nuevas pandemias asociadas a bacterias multirresistentes u otros microorganismos. En los últimos años, el uso excesivo e inadecuado de antibióticos tanto en medicina humana como en el ámbito veterinario ha favorecido la aparición y propagación de cepas bacterianas multiresistentes difíciles de controlar y de erradicar. Entre las prácticas que contribuyen a este problema se encuentran la automedicación, la interrupción de los tratamientos designados por los médicos y el uso indiscriminado de antibióticos. Como resultado de estos problemas, han surgido bacterias multirresistentes capaces de resistir varios tipos de antibióticos. Ejemplos de ello incluyen Escherichia coli y Staphylococcus epidermidis, bacterias asociadas a infecciones en humanos que han desarrollado nuevos mecanismos de resistencia que dificultan su tratamiento. Estos mecanismos pueden incluir la modificación del sitio de acción del antibiótico, la producción de enzimas que lo inactivan o la disminución de su entrada en la célula bacteriana.

Desde hace siglos, las plantas medicinales han sido utilizadas con el fin de curar o tratar numerosas enfermedades infecciosas mucho antes del desarrollo de antibióticos. Ahora en la actualidad, está recobrando importancia como una alternativa de interés frente al problema de la resistencia bacteriana a los antibióticos. La ventaja que ofrece esta alternativa es que a diferencia de los antibióticos convencionales, muchos de los compuestos vegetales son capaces de actuar sobre múltiples dianas celulares como puede ser la membrana celular cuya alteración implica la muerte celular, el material genético que al inhibirse impide la replicación o las enzimas cuya inactivación puede implicar la eliminación o ausencia de procesos metabólicos importantes de la bacteria. La suma de todas estas acciones dificulta el desarrollo de la resistencia de las bacterias. Gracias a este hecho, las plantas medicinales se convierten en una alternativa con mucho potencial para el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas.

Algunos compuestos que ya han demostrado tener ciertas propiedades antimicrobianas son: carvacrol (orégano), timol (tomillo) o alicina (ajo).[4] Por lo tanto

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

como alternativa eficiente a los antibióticos, se plantea el uso clínico de compuestos de los extractos vegetales para reducir o inhibir la proliferación bacteriana.

Material y método

La técnica que se utilizó para evaluar la actividad antimicrobiana es el método de difusión en agar realizado en un medio de cultivo agar Moeller Hinton, medio que es exclusivo para llevar a cabo el antibiograma. Gracias a esta técnica podemos medir los halos de inhibición creados por la actuación del mecanismo antimicrobiano de cada planta habiendo impregnado los discos en blanco con el extracto previamente.

Se realizaron los ensayos por triplicado para garantizar la veracidad del estudio y con ello la fiabilidad de los resultados, comparando la eficacia de cada extracto en función del tipo de disolvente utilizado ya sea etanol o agua destilada. El etanol, al presentar una polaridad intermedia, permite disolver tanto los compuestos hidrofílicos como lipofílicos. Sin embargo si se llega a utilizar otro disolvente como puede ser el agua destilada que es altamente polar solo es capaz de extraer compuestos hidrosolubles, limitando de esta forma la cantidad de componentes obtenidos.

Preparación de extractos

Los extractos fueron preparados en una disolución de etanol 96% a través de un proceso de maceración en frío y de trituración posterior. La mezcla fue filtrada para eliminar residuos sólidos.

Preparación de discos

Se prepararon cuatro alícuotas correspondientes a cada uno de los extractos vegetales obtenidos y a continuación se pipetearon 10 microlitros de cada compuesto en los discos en estériles para la absorción del compuesto. Los discos cargados con el extracto se dejaron reposar en la estufa a unos 37 oC para el secado del disolvente, de esta forma se logra garantizar que la actividad observada en el antibiograma sea exclusiva de los compuestos antimicrobianos.

Ensayo con microorganismos

Para la realización del ensayo se emplearon dos cepas bacterianas controladas de interés clínico *E. coli* y *S. Epidermidis*, seleccionadas por su fácil adquisición y por su alta probabilidad de adquirir multirresistencia frente a los antibióticos. Se procedió posteriormente a la inoculación de las bacterias en el agar mediante la técnica de extensión en césped con el fin de que el inóculo se extienda por toda la placa utilizando material esteril para garantizar la fiabilidad de los resultados del ensayo.

Las placas se incubaron a 37 ^{0}C en la incubadora durante 24h en unas condiciones óptimas para el desarrollo y crecimiento de las bacterias de estudio. Tras haber incubado las bacterias se evaluó la actividad antimicrobiana de los extractos mediante la medición de los halos de inhibición. Gracias al diámetro de cada halo de inhibición, se podrá demostrar que extracto tiene mayor eficacia frente a las

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

bacterias considerando que a mayor halo, mayor será la actividad antimicrobiana y la efectividad del extracto frente a la bacteria.

Variables de estudio

Para desarrollar una estructura visual y garantizar una correcta interpretación de los resultados obtenidos, en la Tabla 1 se define las variables de este estudio:

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Variable independiente	Extractos vegetales	Ajo, canela, tomillo y orégano
Variable dependiente	Halos de inhibición y frecuencia de aparición	Diámetro de la zona de aparición del halo y número de placas en las que se observa
Variable control	Control negativo y positivo	Aplicación de agua destilada como control negativo y de disco con antibiótico como positivo
Variables conocidas	Tipo de microorganismo	*E. coli y S. epidermidis*
Variable experimental	Condiciones experimentales	Temperatura de incubación, medio de cultivo utilizado, tiempo de exposición

Tabla 1. Descripción de las variables del experimento.

Resultados

Algunas imágenes de los resultados obtenidos a modo de representación del experimento son las siguientes:



Figura 1. Halos de inhibición de placa 5 (*S. epidermidis*). Imagen representativa de los resultados experimentales. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Halos de inhibición de placa 8 (E. coli). Imagen representativa de los resultados experimentales. Fuente: Elaboración propia.

.

Todos los halos fueron medidos (cm) y los resultados agrupados en tablas de datos con los cuales, posteriormente se elaboraron las siguientes gráficas:

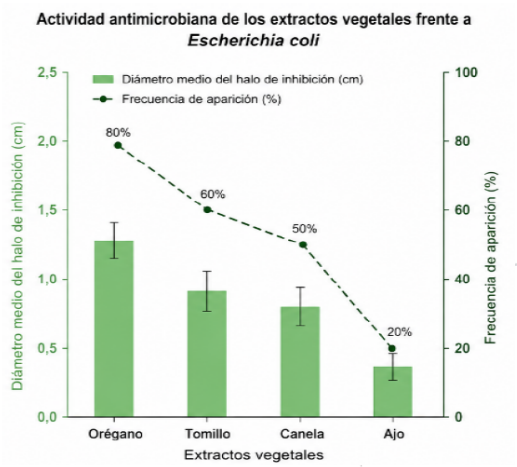


Figura 3. Gráfico de barras comparativo de extractos *E.Coli* con la comparación del diámetro del halo de inhibición y la frecuencia de aparición según los diferentes extractos empleados. Fuente: Elaboración propia.

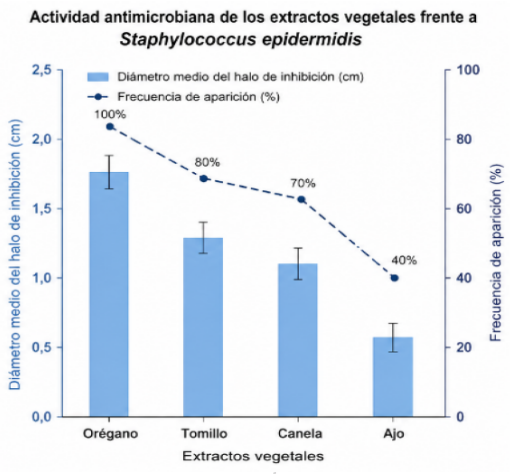


Figura 4. Gráfico de barras comparativo de extractos *S. epidermidis* con la comparación del diámetro del halo de inhibición y la frecuencia de aparición según los diferentes extractos empleados. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de este estudio evidencian la actividad antimicrobiana de los extractos vegetales ensayados, aunque con algunas diferencias significativas en función del tipo de microorganismo y del extracto utilizado. En términos generales, se logra observar que *Staphylococcus epidermidis* posee una mayor sensibilidad frente a los extractos, mientras que *Escherichia coli* demuestra una mayor resistencia, lo cual se refleja en la menor frecuencia y tamaño de halos de inhibición.

En relación con los extractos estudiados, el de orégano destaca como el más eficaz, demostrado en los resultados, al igual que en otros estudios similares.[4] Presenta una alta actividad antimicrobiana en una mayoría de placas y frente a ambos microorganismos. Este hecho sugiere la presencia de compuestos bioactivos con un amplio espectro de acción. Por el contrario, el resto de los extractos muestran una actividad más limitada, especialmente frente a *E. coli*, donde en numerosos casos no se observaron halos de inhibición, lo que indica una menor eficacia o ausencia de actividad antimicrobiana.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten afirmar que los extractos vegetales presentan un potencial antimicrobiano variable, dependiente tanto de su composición como del tipo de microorganismo sobre el que se aplican. Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar las características específicas de cada bacteria en la evaluación de nuevos agentes antimicrobianos.

ISSN: 2990-0271
Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Martín Dos Santos Barrera	**David Leal Sánchez**	**Mario Díaz Gegúndez**
MetrodoraFP-Cámara (Madrid)	MetrodoraFP-Cámara (Madrid)	MetrodoraFP-Cámara (Madrid)
mdsantos@metrodorafp.com	*dls3219@fpmetrodora.com*	*mdg3220@fpmetrodora.com*

Bibliografía

- Ventola CL. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. P T. 2015 Apr;40(4):277-83. PMID: 25859123; PMCID: PMC4378521.
- Cowan, M. M. (1999). *Plant products as antimicrobial agents*. Clinical Microbiology Reviews, 12(4), 564–582.
- Cushnie, T. P. T., & Lamb, A. J. (2005). *Antimicrobial activity of flavonoids*. International Journal of Antimicrobial Agents, 26(5), 343–356.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods*. International Journal of Food Microbiology, 94(3), 223–253.
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods used in medicinal plants. International Journal of Basic & Clinical Pharmacology, 4(3), 241–247.

Nota del editor: Este trabajo ha sido galardonado con el Primer Premio del Certamen «Investiga y publica» 2026 convocado por la Fundación para el Conocimiento Madri+d en la categoría *Estudiantes de Bachillerato y Ciclos Formativos de Grado Superior*. El trabajo ha sido realizado por David Leal Sánchez y Mario Díaz Gegúndez, estudiantes del Ciclo de Laboratorio Clínico y Biomédico del Centro MetrodoraFP-Cámara (Madrid), bajo la dirección y supervisión del Prof. Martín Dos Santos Barrera.

Construcción de pilas con monedas · José Antonio Martínez Pons

Esta experiencia permite comprobar de modo elemental como la energía química puede transformarse en energía eléctrica. Se trata de una demostración experimental de interés para los primeros cursos de Física y Química.

Material

- Al menos seis monedas de cincuenta céntimos y seis de cinco céntimos
- Papel de filtro o pañuelos de papel cortado en cuadraditos de mayor tamaño que las monedas.
- Vinagre u otra disolución de electrolito.
- Dos cables con banana.
- Polímetro.

Procedimiento experimental

1. Se toman seis o siete monedas de dos tipos diferentes, lo ideal sería de las antiguas de cobre y aluminio, pero también funciona con las actuales.
2. Se preparan cuadraditos de papel de filtro y se apilan como se muestra en la Figura 1.
3. Con el polímetro se registra la medida. Puede experimentarse con diferentes electrolitos y con diferentes bloques de monedas.

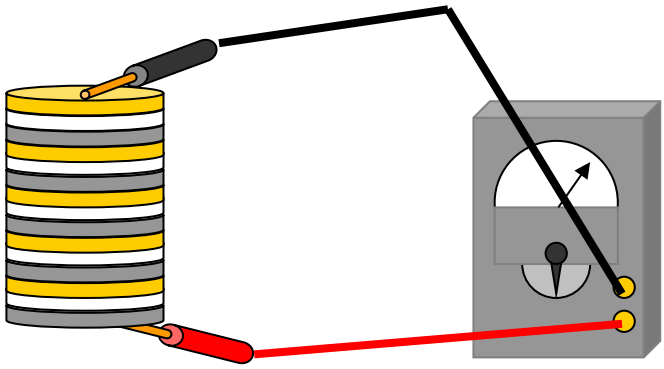


Figura 1. Construcción de una pila con monedas.

José Antonio Martínez Pons
GEDH, RSEF-RSEQ
Contacto: *jamartinez46@gmail.com*



¡Anima a tu alumnado a participar!

Más información en: *https://www.madrimasd.org/feriamadridesciencia/certamenes*

www.madrimasd.org/feriamadridesciencia

CERTAMEN

jóvenes emprendedores

>> **PROYECTOS** innovadores y/o de base tecnológica



¿Alguna vez te has imaginado **crear una startup** a partir de una idea que se te ha ocurrido mientras mirabas al infinito?

TE RETAMOS:
convierte tu idea en un proyecto emprendedor

@madrimasd

fundación para el conocimiento madrid

¡Anima a tu alumnado a participar!

Más información en: *https://www.madrimasd.org/feriamadridesciencia/certamenes*

FARADAY

BOLETÍN DE FÍSICA Y QUÍMICA

- Segunda época –

¡Experimenta en Física y Química!



Este número ha sido publicado en noviembre de 2026, 40 años después de la fundación del GEDH por el profesor Salvador Senent. Sirvan estas páginas de homenaje a todos los miembros del GEDH que durante estas décadas han impulsado la didáctica, la historia y la divulgación de la física y la química.

¡Experimenta en Física y Química!

El GEDH de la RSEF y la RSEQ:

Al servicio del profesorado desde 1986

ISSN: 2990-0271

Grupo Especializado de **Didáctica** e **Historia** de la **Física** y la **Química**

Real Sociedad Española de Física

R.S.E.F.

RSEQ Real Sociedad Española de Química

Al servicio del ***profesorado*** *desde 1986*

Faraday. Boletín de Física y Química

Número especial con motivo de los
40 años del GEDH de la RSEF y la RSEQ