

“Laboratorio Exprés: Prácticas magistrales integradas en las clases de Física y Química”

José Miguel Domingo (jmdomingo@educa.jcyl.es)
Departamento de Física y Química. IES “Padre Isla” (León)

PLAN DEL CURSO

1ª sesión: viernes 7 de febrero, 17:00 a 19:30 h

Presentación. (5 min)

Introducción: Las "prácticas exprés" en la didáctica de la Física y la Química en ESO y bachillerato: ventajas e inconvenientes. (25 min)

Selección de prácticas exprés de Química (I) (2 h):

- Propiedades de las sustancias: estado físico, color, densidad, etc.
- Estructura de la materia, cambios de estado, disoluciones.
- Separación de sustancias.
- Reacciones químicas y energía.

2ª sesión: sábado 8 de febrero, 10:00 a 12:30 h

Selección de prácticas exprés de Química (II):

- Cinética química.
- Equilibrio químico.
- Química orgánica.
- Reacciones redox.
- Reacciones ácido-base.

Introducción

Las asignaturas de Física y de Química tienen algo importante a su favor: tratan de cosas “muy reales”. Los efectos de los procesos físicos y químicos, en general, pueden verse con facilidad. Muchos de ellos intervienen muchos procesos naturales. Sus aplicaciones nos rodean en nuestra vida cotidiana.

Las prácticas magistrales breves, demostraciones o experiencias de cátedra son un recurso didáctico que se puede utilizar con aprovechamiento en nuestra labor diaria. En el concepto de “práctica magistral” incluyo, además de las experiencias que desarrolla un profesor ante un grupo de alumnos, la proyección de vídeos cortos sobre experiencias de laboratorio complejas o peligrosas, así como la presentación de objetos o de ejemplares de sustancias cuyas propiedades pueden ser de interés en la comprensión de algunos conceptos.

Creo que, el poner a nuestros alumnos, en la medida de lo posible, en contacto directo con estos fenómenos y sus aplicaciones, es la mejor manera de impartir nuestras asignaturas. Este conocimiento directo no debe ser sustituido por la explicación e interpretación “desnuda” de los principios y leyes físicas. El conseguir que nuestros alumnos comprendan e interioricen las leyes que rigen los fenómenos naturales, dándoles después el tratamiento matemático adecuado a cada nivel, constituye el arte en que consiste nuestra labor profesional como expertos en la enseñanza de la Física y de la Química. Para conseguir esto, creo que las experiencias de cátedra son un recurso muy valioso y también poco utilizado en nuestras clases.



Históricamente las experiencias de cátedra fueron una de las primeras formas de enseñar las Ciencias Experimentales. Michael Faraday inició hacia 1825 las conferencias de Navidad que se venían organizando en la Royal Society de Londres y en las que, ante un público eminentemente juvenil y mediante experiencias y demostraciones muy sencillas, desplegaba la “magia” de la ciencia y despertaba el interés por su conocimiento.

Hoy en día en programas como “El hormiguero” y en multitud de canales de Youtube podemos tener competidores que quitan el efecto sorpresa a las demostraciones de clase. Sin embargo también pueden ser aliados, pues muchos de los alumnos que ven estos programas siguen después los experimentos de clase con interés.

Las demostraciones que incluyo en este curso y la mayoría de las que, en general, utilizó en mis clases, se pueden calificar como experiencias “expres” por lo sencillas y rápidas de realizar. (*“expres: que se hace o sucede muy deprisa”*. Del diccionario de la RAE). La mayoría de ellas se pueden llevar a cabo con material fácilmente disponible en los laboratorios de Física y Química de cualquier centro de secundaria.

A continuación, incluyo algunas reflexiones sobre el uso de estas demostraciones expres en nuestra práctica docente diaria.



Ventajas de las demostraciones exprés en Física y Química

- Despiertan la atención y motivan el aprendizaje de los alumnos.
- Ayudan a la fijación de conceptos.
- Se pueden intercalar en las explicaciones normales, contribuyendo a la variedad de las clases.
- Necesitan poco tiempo y esfuerzo para su realización, una vez “puestas a punto”.
- En general se necesita poco material. Gran parte del instrumental necesario es accesible a cualquier laboratorio de Secundaria medianamente dotado y atendido.
- En general se originan cantidades pequeñas de residuos.
- Los riesgos son menores que en las prácticas de manipulación directa.
- Los alumnos pueden ver cómo trabaja en el laboratorio un profesional experto.

Inconvenientes

- Los laboratorios pueden no estar preparados para este tipo de demostraciones. Una alternativa consiste en llevar el “carro o la bandeja de las prácticas” al aula.
- Es necesario dedicar un tiempo para la puesta a punto de las prácticas magistrales: pensar cuales son las mejores condiciones para realizarlas, cantidades a emplear, oportunidad en un tema concreto, etc.
- Lleva también su tiempo la preparación de cada demostración concreta: sacar material, probarlo, ordenarlo, limpiarlo y guardarlo al final.
- Los alumnos son sujetos pasivos. Se dan las cosas demasiado hechas y queda poco espacio para la participación. Si no se preparan bien, el auditorio se acostumbra a ver colores, objetos que se mueven, reacciones que producen luz, frío o calor, etc., sin relacionar la práctica con la teoría.
- En el laboratorio, normalmente es más complicado controlar el orden y la disciplina del grupo de alumnos. Los alumnos suelen estar más alterados que en el aula del grupo. Las mesas corridas de los laboratorios ayudan bastante a esta situación de desorden.
- Se puede tender a descuidar las cuestiones de seguridad.

Consejos

- Las demostraciones son para el alumno y no para el profesor. No son para nuestro lucimiento o para quitarnos la monotonía del día a día. Tampoco deben de ser un premio por buen comportamiento. Lo importante es que los alumnos se den cuenta cabal del fenómeno y lleguen a captar el principio o ley física que subyace.
- Las prácticas deben encajarse en la labor diaria del aula. No buscar únicamente lo espectacular y convertirnos en organizadores de espectáculos científicos. Ayudar a pensar sobre el experimento relacionando variables, sacando conclusiones, obteniendo leyes generales, ... Para eso, acompañar siempre el experimento con preguntas que ayuden a ello: “¿Qué ocurrirá si...?” “¿Por qué ha ocurrido...?” “¿Cómo podemos hacer si queremos...?”
- Conocer bien los experimentos que se van a realizar: principios teóricos, cuestiones de seguridad... No se puede improvisar, deben “salir”. No probar “a ver qué ocurre” delante de los alumnos.
- El propósito principal de las demostraciones experimentales es introducir o aclarar un principio científico, físico o químico; o bien, mostrar alguna aplicación interesante en la vida cotidiana. Siempre que sea posible, el número de variables que intervienen en una demostración de un fenómeno ha de ser lo más reducido posible de forma que se vean fácilmente sus relaciones en la ley física que se intenta transmitir.

- Puede ser una buena práctica docente hacer las demostraciones primero cualitativamente y después, dependiendo del nivel y del tema, cualitativamente para matematizar el resultado.
- No ocultar los fracasos o errores de los experimentos. Enseñan que las dificultades son inherentes al trabajo científico. En ocasiones se aprende más con los “resultados imprevistos” que con montajes que nunca fallan. Los experimentos “que no salen” nos enseñan a preguntarnos sobre las posibles causas de error, sobre variables que pueden intervenir en los fenómenos y que no habíamos tenido en cuenta, y sobre la validez de la ciencia en general.
- El valor pedagógico de un experimento, es decir, el impacto que deja sobre la mente del estudiante es inversamente proporcional a la complejidad del montaje experimental. Lo mejor es huir de los aparatos sofisticados. Preferir los montajes grandes para que se vean bien pero no excesivamente complejos si no es necesario.
- Disponer el laboratorio de forma que facilite la realización de este tipo de prácticas. Lo ideal sería dar clase en él de forma habitual. Buscar la comodidad y accesibilidad de los medios con un mínimo de esfuerzo.
- Enriquecer poco a poco la dotación de materiales de los laboratorios de nuestro departamento. Esto es más fácil si tenemos un destino definitivo y en el que suponemos que estaremos suficiente tiempo trabajando.
- Cuidar las cuestiones de seguridad: salpicaduras, gases tóxicos... Utilizar los medios de protección y enseñar a utilizarlos: bata, gafas, guantes, vitrina de gases, pantallas de protección...
- Es más útil hacer pocos experimentos, pero bien preparados a lo largo de una clase, que un gran número de actividades superficiales y distractivas que se van borrando unas a otras de las mentes de nuestros alumnos.
- Es muy útil el uso de paradojas experimentales que descolocan a los alumnos, invitan a la discusión y facilitan la atención. Las paradojas suscitan la reflexión pues hacen ver la incapacidad de los preconceptos erróneos para explicar los fenómenos y provocan la revisión del pensamiento.
- A veces la introducción de “trampas” en la realización de experimentos provoca un buen ambiente con cierta complicidad, que ayuda a la discusión y mantiene la clase en suspense hasta la explicación satisfactoria del fenómeno.
- En unas ocasiones, el experimento puede ser el punto de partida para llegar a un principio físico y en otras puede ser la verificación o culminación de una explicación o discusión teórica. En cada caso se debe valorar qué es lo mejor.
- Estar continuamente en proceso de autocorrección en el uso de las demostraciones y en la enseñanza en general. Poco a poco se van dosificando los tiempos dedicados a cada experiencia, se mejoran los montajes, se desechan unas experiencias y se decantan otras más convenientes, etc.
- Estar “ojo avizor” para enriquecer nuestra enseñanza con este tipo de prácticas: libros de texto, revistas didácticas, cursos, jornadas didácticas, páginas web, canales de Youtube, ...
- Paciencia. Ir poco a poco. No querer dar todas las asignaturas de esta manera el primer año que estamos en un nuevo destino. Hacer lo que se pueda con el objetivo bien claro de mejorar nuestra docencia a largo plazo.

Selección de prácticas magistrales de Química (I)

Estructura de la materia. Cambios de estado. Disoluciones.

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Pelotas de tenis con imanes para formación de moléculas diatómicas con enlace covalente. |
| <ul style="list-style-type: none">• Pelotas de plástico para explicación de estructuras compactas y de índices de coordinación. |
| <ul style="list-style-type: none">• Modelos de estructuras de la red del carbono y del grafito. Relación de la estructura con las propiedades. Visualización de ejemplares de diamante y grafito. |
| <ul style="list-style-type: none">• Juego de imanes y bolas para visualizar geometría de moléculas covalentes y método RPECV. |
| <ul style="list-style-type: none">• Ejemplares de diferentes sustancias para enseñar: silicio, bismuto, titanio, galio, mercurio, bromo, magnetita, calcita, sal gema, carburo de silicio, oblea de silicio... |
| <ul style="list-style-type: none">• La caja de los moles. Moles de varias sustancias. |
| <ul style="list-style-type: none">• Simulaciones de estados de la materia:<ul style="list-style-type: none">○ Bolas de neodimio para estado sólido. Redes cristalinas y estado vítreo.○ Bolas de plástico con imanes para estado líquido.○ Agitador con pequeñas bolas de acero para estado gaseoso. |
| <ul style="list-style-type: none">• Botellas con suspensiones y coloides. Láser para ver dispersión de la luz en suspensiones y coloides (efecto Tyndall). Suspensión de barro en agua. |
| <ul style="list-style-type: none">• Botellas con líquidos inmiscibles. Botellas con disoluciones saturadas, concentradas y diluidas de sulfato de cobre. |
| <ul style="list-style-type: none">• Efecto de la temperatura en la solubilidad:<ul style="list-style-type: none">○ “Lluvia de oro”, disolución saturada de yoduro de plomo (II).○ Termómetro de Fitz Roy o “Storm Glass” |
| <ul style="list-style-type: none">• Variación de la temperatura en la evaporación:<ul style="list-style-type: none">○ Botijo.○ Tira de papel húmeda con corriente de aire. |
| <ul style="list-style-type: none">• Agua de hidratación: Disolución del carbonato de sodio decahidratado ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) o de alumbre potásico ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) en su propia agua de hidratación. Detección de agua con sulfato de cobre anhidro. |

Separación de sustancias

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Separación de yodo y sal por sublimación. |
| <ul style="list-style-type: none">• Cristalización de sustancias con cristales grandes y vistosos: sulfato de cobre (II), alumbre potásico, dihidrógenofosfato de amonio. |
| <ul style="list-style-type: none">• “Amorímetro”: destilación por efecto de “pared fría.” |
| <ul style="list-style-type: none">• Separación magnética de arena y limaduras de hierro. |
| <ul style="list-style-type: none">• Cromatografía de tintas de rotulador en un frasco con mezcla agua-alcohol etílico. |
| <ul style="list-style-type: none">• Adsorción de los colorantes de un vino con carbón activo. |
| <ul style="list-style-type: none">• Sedimentación de una suspensión de agua con barro. Centrifugación. |

Reacciones químicas y energía

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Procesos endotérmicos espontáneos favorecidos entrópicamente: Disolución de nitrato de amonio en agua. |
| <ul style="list-style-type: none">• Reacciones exotérmicas: café autocalentable: cloruro de calcio en agua. combustión del magnesio. Bolsa para producir calor: hidratación del acetato de sodio metaestable en disolución. |

Selección de prácticas magistrales de Química (II)

Cinética química

- Efecto de la naturaleza de los reactivos en la velocidad de reacción: deflagración de algodón-pólvora y combustión de algodón normal.
- Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción: trozo de mármol en ácido clorhídrico diluido caliente y frío.
- Efecto del grado de división de los reactivos. Ataque del ácido clorhídrico sobre mármol (carbonato de calcio) en trozos o en polvo.
- Catálisis:
 - Descomposición del agua oxigenada con yoduro de potasio (catálisis homogénea).
 - descomposición del agua oxigenada con dióxido de manganeso (catálisis heterogénea).
 - Descomposición del agua oxigenada con ralladuras de patata (catálisis enzimática)
- “Reacción reloj” del yodato de potasio con bisulfito de sodio en presencia de almidón. Influencia de la concentración de los reactivos y de la temperatura.

Equilibrio químico.

- Equilibrio iones dicromato \rightleftharpoons cromato: desplazamiento del equilibrio dependiendo del pH.
- Equilibrio en fase gaseosa dióxido de nitrógeno \rightleftharpoons tetróxido de nitrógeno. Desplazamiento del equilibrio dependiendo de la temperatura y de la presión.
- Equilibrio entre iones complejos de cobalto. Desplazamiento del equilibrio con la temperatura y con la concentración de iones cloruro.

Química orgánica

- Obtención del nylon 6,6: hexametildiamina y cloruro de adipoil.
- Reacciones de las olefinas: adición de bromo a ácido oléico.
- Reacción de sustitución: bromación de alcanos en presencia de luz ultravioleta.
- Producción y combustión del acetileno.

Reacciones redox

- Procesos redox varios:
 - Desplazamiento de ión mercurio (II) con cobre metálico (moneda) en medio ácido.
 - Obtención del dióxido de nitrógeno con cobre y ácido nítrico concentrado.
 - Desplazamiento del ion plata de una disolución con hilo de cobre.
 - Reacción de permanganato de potasio con agua oxigenada en medio ácido.
- Descomposición del agua con voltámetro de Ostwald. Propiedades del oxígeno y del hidrógeno.
- Experiencia de la botella azul: reacción de azúcares reductores con oxígeno en medio básico.

Reacciones ácido – base

- Comprobación de la acidez del dióxido de carbono disuelto en agua con fenolftaleína y con pHmetro.
- Absorción del dióxido de carbono por la sosa cáustica en recipiente cerrado con medidor de CO₂.
- Detección del dióxido de carbono con una disolución de hidróxido de bario.
- Reacción de mármol con ácido clorhídrico con globo sobre balanza. Conservación de la masa.

Ejemplo de guion de práctica exprés

Título: Obtención de nylon 6,6 a partir de cloruro de adipoilo y hexametilendiamina.

Reactivos y materiales

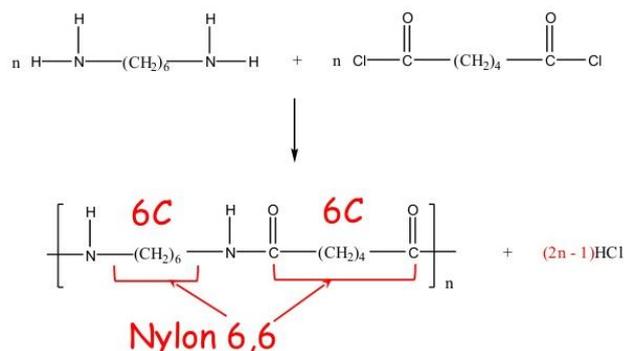
- Cloruro de adipoilo. (dicloruro de hexanodioilo)
- Tetracloruro de carbono.
- Hexametilendiamina (1,6-hexanodiamina)
- Disolución de hidróxido de sodio al 20%.
- Agua destilada.
- 2 vasos de precipitados de 50 mL.
- Vaso de precipitados de 100 mL.
- Varilla agitadora o tubo de ensayo.
- Pinzas.



Procedimiento: Se disuelve en los vasos de 50 mL una pequeña cantidad de cloruro de adipoilo (1 o 2 mL) en unos 20 mL de tetracloruro de carbono y una pequeña cantidad (1 gramo aproximadamente) de hexametilendiamina en cantidad similar de agua destilada alcalinizada con unas gotas de hidróxido de sodio al 20%.

Se añade con cuidado, con ayuda de una varilla de vidrio, la fase acuosa sobre la fase orgánica. Ambos reactivos reaccionan en la interfase. Con ayuda de unas pinzas se coge un poco de la interfase y se empieza a hilar en una varilla de vidrio. La mezcla obtenida es un haz de fibras de nylon 6,6. La fibra obtenida se lava bien con agua fría y se deja secar.

Duración: unos 20 minutos.



Consejos de uso didáctico: Para el tema de Química Orgánica en la Química de 2º de bachillerato. Para Laboratorio de 4º de ESO. En exhibiciones de Química

Consejos de seguridad: En la reacción de condensación se forma cloruro de hidrógeno que puede desprenderse y ser algo irritante. Para evitar eso se añade el hidróxido de sodio que lo va neutralizando. También se puede hacer añadiendo un exceso de la amina.

Bibliografía, enlaces:

- https://www.youtube.com/watch?v=EO_w8uH9xIE
- <https://www.youtube.com/watch?v=kUOkeBPo2mQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=YxkByEq301Y>
- <https://pslc.ws/spanish/nysyn.htm>
- The Royal Society of Chemistry. Experimentos de Química Clásica. Ed. Síntesis. Madrid 2002. Págs. 236 – 239.

