

B6 Las energías renovables – El sol, el agua, el viento, el hidrógeno y la célula de combustible

La serie de experimentos parciales sobre la energía fotovoltaica, hidroeléctrica, eólica y la tecnología del hidrógeno se prestan muy bien para abordar el tema de las energías renovables. Sin embargo, su alcance en el tiempo y respecto al contenido es relativamente amplio. Por ello estos experimentos sirven, sobre todo, en forma de proyecto o en el marco de un día de proyecto dedicado al tema de la transición energética. Debido a su amplio alcance es casi imposible que los alumnos y alumnas aborden las bases científicas en los experimentos. En cambio, partiendo de que disponen de ciertos conocimientos fundamentales, estos experimentos se pueden aprovechar muy bien para verificar los conocimientos básicos de física y química. Otra posibilidad consiste en utilizar los experimentos parciales de forma individual para abordar uno de los temas científicos básicos con el ejemplo de una aplicación técnica conocida de la vida cotidiana. Dado que en algunos casos sólo hay dos aparatos disponibles, es conveniente dividir la clase en grupos que realicen diferentes experimentos parciales.

1 Pregunta central

La escasez de recursos naturales extraíbles a un precio pagable, como la hulla, el petróleo y el gas natural (combustibles fósiles), la energía atómica y el enorme riesgo que supone su explotación, el cambio climático y la creciente toma de conciencia respecto al medio ambiente son factores que han hecho imperativo que se introduzcan rápidamente energías renovables adecuadas.

Las energías renovables o regenerativas son sostenibles, porque a diferencia de los combustibles fósiles (el carbón, el gas natural y el petróleo) y gracias al aprovechamiento de la energía solar son prácticamente fuentes de energía inagotables. Algunos ejemplos conocidos de energías renovables son la energía solar transformada directamente (la energía solar térmica y la fotovoltaica), la biomasa (p. ej., la madera, el biogás o el bioetanol), la energía eólica, la energía hidroeléctrica y la geotérmica. Con excepción de la biomasa sólo hay que pagar los costos de las instalaciones, puesto que las fuentes de energía en sí no cuestan nada.

Los alumnos y alumnas tienen en esta unidad de experimentación la posibilidad de adentrarse en la problemática del abastecimiento energético actual y de la utilización alternativa de energías renovables como una posible solución.

La idea es que comprendan la amplitud del término **Energía**, particularmente los cuatro conceptos centrales: la transformación, el transporte, la conservación y la degradación de la energía. De manera experimental, se abordan las diferentes formas de la energía renovable en base a algunos ejemplos escogidos (de la energía solar, hidráulica y eólica).

En base al ejemplo de la transformación de energía eléctrica en energía química (hidrógeno) el objetivo es que los alumnos y alumnas conozcan un procedimiento para almacenar y transportar energía. Es probable que todavía se requiera muchísimo tiempo hasta que en las estaciones de servicio se pueda comprar hidrógeno en vez de los combustibles fósiles que hay hoy en día. Pero como almacén fijo para la energía eólica y solar el hidrógeno ya se está en la actualidad en fase de experimentación práctica.

2 Integrar el experimento en el contexto educativo

2.1 Base científica

El tema energía no siempre se trata en la enseñanza de ciencias naturales teniendo en cuenta toda su amplitud, a pesar de que los procesos biológicos y físicos así como las reacciones químicas siempre implican una forma de transformación energética. También en el día a día uno sólo piensa sobre la disponibilidad de las fuentes de energía (la electricidad, los combustibles, los alimentos, etc.) cuando de pronto ya no hay más reservas disponibles.

Sería de desear que los alumnos y alumnas se den cuenta de que debe aumentar la cuota de energías renovables en el abastecimiento energético mundial, a fin de compensar las reservas cada vez menores de combustibles fósiles y hacer que el creciente consumo energético sea más respetuoso con el medio ambiente.

Los alumnos y alumnas tienen conocimientos sobre la generación de energías renovables en los parques eólicos, las centrales hidroeléctricas o las centrales solares. Sin embargo, es menos conocido el hecho de que esas energías renovables se pueden transformar en una forma de energía como el hidrógeno, que tiene tantos campos de aplicación, para luego utilizarlo, p. ej., para el accionamiento de turbinas de gas o células de combustible.

Son útiles los conocimientos sobre el modelo de niveles de energía, el principio de la electrólisis y los conceptos básicos de las leyes de la electricidad (la tensión, la intensidad y la potencia), para poder realizar y evaluar los diferentes experimentos individuales.

2.2 Relevancia en el plan de estudios

El objetivo en el grupo de edad hasta los 15 años es dar a los alumnos y alumnas una visión general sobre los combustibles fósiles y las fuentes de energía renovables utilizadas en la vida cotidiana y en la técnica, así como las formas de energía que se obtienen a partir de ello (p. ej., las energías eléctrica, térmica, cinética o química). Han de comprender que la forma de energía primaria utilizada puede ser transformada si hace falta en otras formas de energía, aunque hay que tener en cuenta que se produce una determinada “pérdida de energía” (la degradación energética). La energía no se pierde en estas transformaciones, sino que se transforma en cierta cantidad en otra forma de energía diferente a la que se aspira (ejemplo: en un foco eléctrico sólo aprox. un 5% de la energía eléctrica se transforma en energía luminosa y un 95% en energía térmica).

En el grupo de edad a partir de los 16 años la idea es abordar aparte del aspecto cualitativo también el cuantitativo de la transformación de energía. De esta forma se puede calcular la potencia de las células solares o de combustible, así como la de los generadores.

A pesar de que el tema principal de este capítulo es del campo de la Física, en el capítulo de la “tecnología de hidrógeno” también se abordan contenidos de Química del plan de estudios.

Temas y terminología: El trabajo, la biomasa (p. ej., la madera, el biogás, el bioetanol), la definición del concepto energía (“la energía es la capacidad de un sistema para efectuar un trabajo” o “energía es un trabajo almacenado”), el modelo de niveles de energía, la transformación de la energía, el consumo energético, el abastecimiento energético, la geotermia profunda, la altura de caída del agua, las turbinas de gas, las centrales de energía maremotriz, la carga, la potencia, el metano, la sostenibilidad, la carga útil, la conexión paralela, la energía fotovoltaica, la conexión en serie, la energía solar térmica, las células solares, la tensión, los picos de demanda de electricidad, la corriente eléctrica, la energía hidroeléctrica, el molino de agua, la turbina de agua, la energía eólica, el molino de viento

2.3 Conocimientos a adquirir

Los alumnos y alumnas después de realizar los experimentos han de ...

- conocer cómo se usan las células solares de silicio.
- entender cómo influyen las conexiones en serie y paralelas de las células solares sobre la tensión y la intensidad.
- entender cómo influye la intensidad del viento sobre la potencia de una turbina eólica.
- calcular la potencia de las turbinas hidroeléctricas y eólicas.
- entender cómo se obtiene hidrógeno en la electrólisis de una solución de soda.
- saber que se libera energía química en una reacción con gas oxhídrico.
- entender cómo se transforma la energía química almacenada en hidrógeno y oxígeno en energía eléctrica (en la célula de combustible).
- poder desarrollar un concepto sencillo para la tecnología de hidrógeno.
- intercambiar con otros grupos los resultados obtenidos.

2.4 El experimento en el contexto explicativo

La Física define de la siguiente manera: “La energía es la capacidad de un sistema de efectuar un trabajo” o “la energía es el trabajo almacenado”. Una descripción comprensible para la educación escolar sería: “Un sistema tiene energía cuando puede hacer que algo se levante, se mueva, se caliente o ilumine”.

Al tratar este tema, las diferentes formas de energía, la transformación, el transporte, el almacenamiento y la degradación energéticas desempeñan un papel fundamental.

El ser humano, los animales y las plantas necesitan energía para vivir y en la técnica nada funciona sin energía.

La unidad de medida acordada a nivel internacional es el Joule (J). En los cálculos hay que tener en cuenta lo siguiente:

1 Joule = 1 J = 1 Newtonmeter = 1 Nm = 1 vatiosegundo = 1 Ws = 0,239 kilocalorías (kcal).

Un Joule equivale a la energía que se necesita para...

- levantar una masa de 100 g a una altura (aprox.) de un metro.

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h = 0,1 \text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{m} = 0,981 \text{J}$$

- conseguir durante un segundo la potencia de un vatio (p. ej., hacer que un corazón lata una vez).

$$E = P \cdot t = 1 \text{W} \cdot 1 \text{s} = 1 \text{Ws} = 1 \text{J}$$

- calentar un gramo de agua (a 15°C) en 0,239°C.

$$E = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{g} \cdot 0,239 ^\circ\text{C} = 1 \text{J}$$

A través de su consumo diario de energía o el contenido energético de los alimentos, los alumnos y alumnas pueden ir haciéndose una idea de la demanda energética en el ámbito de la técnica. El consumo energético diario de un joven de aprox. 10.000 kilojoule (kJ) corresponde a la energía necesaria para ...

- hacer que un aparato de 1.000 vatios esté prendido durante 2,8 horas.
- calentar 30 litros de agua de 20°C a 100°C.

Atención: Aún cuando los términos generación y consumo energéticos sean utilizados permanentemente en un contexto económico, los alumnos y alumnas han de saber que desde el punto de vista físico y técnico son incorrectos. La energía no se puede generar ni se puede consumir, sino que sólo se puede transformar de una forma a otra: En el experimento parcial 1 se transforma la energía de radiación en energía eléctrica y luego nuevamente en energía mecánica (motor). En el experimento parcial 2 de energía mecánica en eléctrica y luego nuevamente en energía mecánica. En el experimento parcial 3 de energía mecánica en eléctrica y luego nuevamente en energía mecánica. En el experimento parcial 4 de energía eléctrica en química y luego nuevamente en energía eléctrica.

2.4.1 Experimento parcial 1: La energía eléctrica a partir de la energía de radiación de la luz

En las células solares se miden la tensión y la corriente. La potencia P se calcula a partir de los valores de medición de la tensión U y la intensidad I .

$$\text{Potencia } P = \text{Tensión } U \text{ Intensidad } I$$

Los posibles valores de medición en este experimento son:

cantidad de células	conexión	tensión [V]	intensidad [A]	potencia [W]
1	-	0,5	0,2	0,1
2	conexión en serie	1,0	0,2	0,2
2	conexión paralela	0,5	0,4	0,2

Atención: Si bien la potencia calculada en base a la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito constituyen parámetros típicos para la célula solar, no corresponde, sin embargo, a la potencia efectiva bajo carga, es decir, si se conecta un consumidor. También el motor solar utilizado no es adecuado para determinar la potencia máxima posible de la célula solar. Para determinarlo tendría que variar la resistencia a la carga y la medición de los valores de la corriente y tensión. Es conveniente indicárselo a los alumnos y alumnas para que no haya malentendidos. (Para determinar la potencia real de una célula solar hay un experimento parcial en el experimento A5 titulado “Las propiedades de las células solares – tensión, corriente y potencia”).

Las mediciones muestran claramente que la tensión máxima se produce en una conexión en serie; esto es comparable con la conexión en serie de pilas, para poner a disposición una mayor tensión. La intensidad máxima se consigue con una conexión paralela.

En esta medición la potencia obtenida cada vez con, p. ej., dos células, es igual, dado que el cambio de la intensidad y la tensión prácticamente se compensan entre sí.

El motor solar empieza a girar cuando se alcanza una tensión de aprox. 0,4 V y una intensidad de aprox. 0,014 A. Estos valores se pueden alcanzar en función de la intensidad luminosa entre una a tres células solares (conexión en serie).

Un consejo: Como ampliación del experimento se podría utilizar todavía un espejo ustorio para potenciar la luz o para concentrar la luz que incide en la célula solar.

2.4.2 Experimento parcial 2: La energía eléctrica a partir de la fuerza del agua

En este experimento se transforma la energía potencial del agua en energía eléctrica, siendo de esperar valores de medición de, p. ej., 0,4 V y 0,025 A para una duración de 8 seg. La energía eléctrica transformada se calcula a partir de la potencia P y el tiempo t:

$$\text{Energía } E = \text{Potencia } P \cdot \text{Tiempo } t$$

tensión [V]	intensidad [A]	potencia [W]	tiempo [t]	energía [Ws]
0,4	0,025	0,01	8	0,08

(¡Véase también la observación sobre la problemática al determinar la potencia que figura en el punto 2.4.1!)

Los alumnos y alumnas han de reconocer que con una mayor altura de caída del agua aumentan la tensión y la intensidad y con ello también la potencia eléctrica.

Porque a mayor altura de caída del agua y creciente caudal aumenta la energía potencial del agua y por consiguiente también la energía eléctrica resultante.

Los alumnos y alumnas han de describir el principio de una central eléctrica de almacenamiento:

Cuando hay energía excedentaria se bombea el agua hacia arriba, cuando se necesita energía se deja que fluya el agua por las turbinas, transformando la energía potencial en energía eléctrica.

(Fuentes de información para ahondar en el tema de las centrales hidráulicas figuran en el punto 3 “Informaciones adicionales sobre el experimento”).

2.4.3 Experimento parcial 3: La energía eléctrica a partir de la energía eólica

El viento hace girar la hélice de un motor eléctrico que hace las veces de generador.

Los posibles resultados de este experimento son:

tensión [V]	intensidad [A]	potencia [W]
3,1	0,030	0,093

Se puede ver cómo el diodo luminoso que se utiliza aquí como consumidor se enciende a partir de una tensión de 1,8 V.

Los alumnos y alumnas han de entender que la potencia de una turbina eólica depende de la forma y la superficie de la hélice y de la intensidad del viento.

2.4.4 Experimento parcial 4: La transformación de energía eléctrica en energía química y viceversa

En base a estos experimentos, los alumnos y alumnas han de entender que el hidrógeno (en el polo negativo) y el oxígeno (en el polo positivo) se crearon en una relación de 2 a 1. Al encenderse el hidrógeno puro se desintegra, mientras que una mezcla de hidrógeno y oxígeno (con una relación de 2 a 1 respecto a su volumen) provoca un ruido explosivo (gas oxhídrico). Si se realiza la electrólisis de hidrógeno no sólo con una pila de 9 V, sino también con las células solares, queda claro que: a partir de aprox. 2,2 V (cinco células solares conectadas en serie) empieza a formarse visiblemente gas en la célula electrolítica. La energía eléctrica de la pila y/o de las células solares se transformó en energía química (hidrógeno y oxígeno).

Los electrodos de grafito de la célula electrolítica, saturados con hidrógeno y oxígeno, pueden ahora convertirse ellos mismos en una fuente de corriente: Si se conecta un motor en vez de la pila y/o la célula solar a la célula electrolítica, ésta funcionará ahora como una célula de combustible, dado que por la reacción inversa del hidrógeno y oxígeno al transformarse en agua se produce corriente eléctrica.

Al aplicar esta tecnología del hidrógeno se podría transformar, usando células electrolíticas, la corriente eléctrica proveniente de fuentes renovables en hidrógeno en el mismo lugar. Esa corriente eléctrica podría alimentarse, p. ej., a la red de gas natural y ser transportada hasta el usuario. En la actualidad se probando el hidrógeno directamente en parques eólicos en el interior de Alemania. Cuando hay exceso de viento, la electricidad se utiliza para la obtención de hidrógeno que se almacena a nivel local en grandes tanques. Cuando no hay viento la energía química del hidrógeno se puede volver a transformar en corriente eléctrica mediante células de combustible.

Actualmente, los investigadores están poniendo a prueba las primeras instalaciones piloto para generar metano a partir del hidrógeno de la corriente excedentaria de fuentes renovables, usando CO_2 como catalizador. Se trata de un procedimiento conocido desde hace 70 años. ¡Con este metano renovable se podría aprovechar la red de gas natural tanto para almacenar la energía como para distribuirla! En un futuro lejano las turbinas de gas podrían servir para generar los picos de demanda eléctrica ya no con combustibles fósiles sino con un combustible renovable o regenerativo.

Investigando con esta configuración de experimentación se descubrió la célula de combustible de hidrógeno. En cambio, en nuestro experimento no utilizamos electrodos de platino sino de grafito y tampoco dividimos la célula de combustible en dos partes usando una membrana. Como electrolito no utilizamos agua pura sino una solución saturada de carbonato de sodio. Se puede renunciar a la membrana tratándose de una aplicación no continua y de corta duración. Necesitamos la solución de carbonato de sodio para reducir la tensión de desintegración del agua. Esto se explica en detalle en las instrucciones para el profesor del experimento “B7 El condensador, el hidrógeno, el flujo de reducción-oxidación o redox – almacenamos energía renovable”.

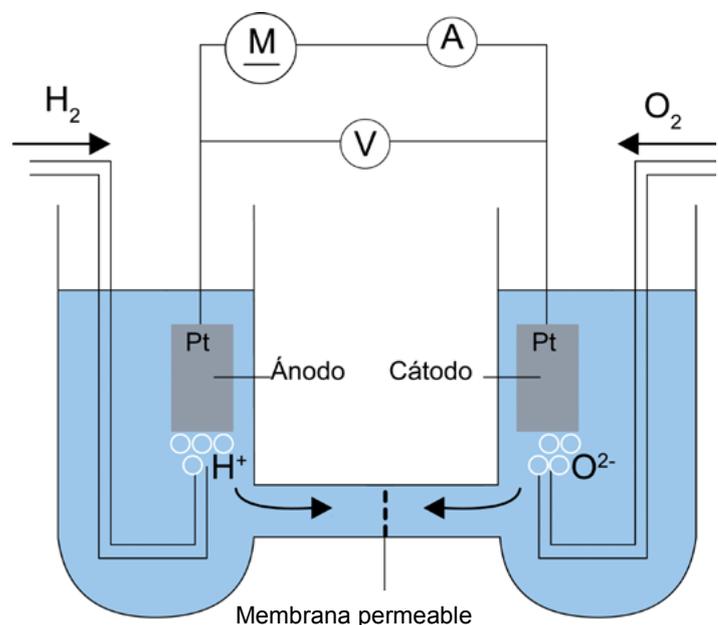


Fig. 1: El principio genérico de la célula de combustible de hidrógeno.

2.5 Variantes de ejecución

Dado que los aparatos suministrados en la caja de experimentación alcanzan únicamente para cuatro grupos de trabajo, los experimentos parciales 1 y 2 deberían ser realizados por los grupos 1 y 2 y los experimentos parciales 3 y 4 por los grupos 3 y 4.

Si hay tiempo suficiente, los grupos pueden intercambiar los aparatos y realizar los experimentos parciales del otro grupo. Lo importante es el debate y la comparación de los resultados de los grupos entre sí.

Si los alumnos y alumnas tienen problemas para realizar los cálculos, sólo debería pedirles que describan el fenómeno.

3 Informaciones adicionales sobre el experimento

Para preparar y/o profundizar este experimento encontrará información complementaria en el Portal de Medios de la Siemens Stiftung:

<https://medienportal.siemens-stiftung.org>

Por lo demás, en el Portal de Medios hay disponibles los siguientes paquetes informativos que se pueden utilizar para abordar los diferentes aspectos de las energías renovables:

- Las energías renovables – ¡el sol, la clave del futuro!
- El agua y la energía eólica – volver a descubrir fuentes de energía tradicionales
- La energía solar térmica y fotovoltaica – energías con futuro.
- El hidrógeno – ¿la fuente de energía del futuro?

4 Observaciones sobre la realización del experimento

4.1 Lugar en el que se realiza el experimento

No se requiere un lugar especial para realizar los experimentos.

4.2 Tiempo necesario

	Preparación y realización, evaluación, preguntas
Experimentos parciales 1 y 2	hasta 120 min.
Experimentos parciales 3 y 4	hasta 120 min.
Todos los experimentos parciales en bloque	hasta 240 min.

4.3 Advertencias de seguridad

Los experimentos sólo pueden ser realizados bajo la vigilancia del profesor o de la profesora. Hay que advertir a los alumnos y alumnas que los materiales suministrados sólo se deben utilizar siguiendo las instrucciones correspondientes.

En estos experimentos tenga en cuenta los siguientes peligros y llame la atención de los alumnos y alumnas a este respecto:

- Hay peligro de quemaduras y de incendio al trabajar con fuego. Antes de utilizar por primera vez los encendedores, el profesor o la profesora tiene que controlar que funcionen bien, especialmente para regular la altura de la llama.
- Hay que procurar que el acumulador no tenga un cortocircuito. ¡Hay peligro de explosión y de incendio!
- Para la prueba del gas oxhídrico se tienen que utilizar tubos de ensayo de plástico (PP), ¡jamás se deben usar tubos de ensayo de cristal!

- En el experimento parcial 4 los alumnos y alumnas deben llevar gafas de protección. Llame la atención de los alumnos y alumnas respecto a las medidas de primeros auxilios en caso de que se salpiquen con carbonato de sodio en los ojos o la piel (alcanza con enjuagarse en seguida con agua).

Según la normativa internacional GHS sobre sustancias peligrosas: "Atención"



Indicaciones de peligro H: H319
Indicaciones P: P260, P305, P351, P338

4.4 Aparatos y materiales

A adquirir o preparar previamente:

- agua corriente de la llave
- balde o recipiente grande como colector
- tiras de cartón para montar las células solares
- regla
- reloj (alcanza con un reloj de pulsera)
- En caso de que no haya suficiente luz del sol, debería disponerse de lámparas de mesa o algo similar con focos halógenos de al menos 20 W.
- Si se realiza el experimento parcial 2 por primera vez, se tienen que llevar de la caja de experimentación también una velita de té y un encendedor por grupo de alumnos, a fin de que la hélice se pueda doblar para que cumpla la función de molino de agua.
- solución de soda: Por motivos de seguridad, el profesor o la profesora debería preparar antes de empezar el experimento aprox. 500 ml de carbonato de soda saturado en un recipiente de almacenamiento adecuado (véase también la indicación relativa a la lista de materiales).
- Para el experimento parcial 4: por grupo de alumnos un encendedor (de ser posible un encendedor de chispa) o fósforos.

Incluido en el suministro:

Según el experimento parcial los aparatos y materiales alcanzan para que dos a cuatro grupos de alumnos realicen los experimentos en paralelo.

El cableado y la utilización correctos del multímetro, los LED y el motor es algo que debería aclarar el profesor de antemano en función de los conocimientos de los alumnos y alumnas, si hace falta haciendo una demostración.

Los materiales y aparatos importantes para la seguridad deben ser controlados antes de entregárselos a los alumnos y alumnas para comprobar que funcionen correctamente.

Para los **experimentos parciales 1 – 3**, que pueden realizar **cuatro** grupos de alumnos en paralelo, se requieren para **1** grupo de alumnos los siguientes materiales de la caja:

material	cantidad
bandas elásticas	2x
cable conector de cocodrilo	5x
célula solar, 0,5 V/150 mA	2x
cinta adhesiva	1x
clip para plantas (para fijar el tubo de ensayo)	1x
hélice (para el motor solar grande)	1x
hélice doble para el motor solar pequeño	1x
jeringuilla (inyección cónica), 100 ml	1x
juego de cable de medición banana/cocodrilo, en rojo y negro, respectivamente	1x
LED rojo (caja roja), 1,7 V	1x
motor solar grande, 0,4 V/25 mA	1x
motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA	1x
multímetro digital	1x
vaso de plástico (transparente), 500 ml	1x



Fig. 2: Aparatos y materiales suministrados para los experimentos parciales 1 – 3.

Para el **experimento parcial 4**, que pueden realizar **dos** grupos de alumnos en paralelo, se requieren para **un** grupo de alumnos los siguientes materiales **adicionales** de la caja:

material	cantidad
célula electrolítica**	1x
gafas protectoras***	1x
jabón (carbonato de sodio), paquete****	1x
jeringuilla Luer Lock, 10 ml (como recipiente colector)	3x
llave de agua individual (que encaje en una manguera de 7mm/4mm y tapa Luer Lock)	2x
manguera de silicona de 7/4 mm, 3,5 m (que encaje con la tapa Luer Lock)	1x para toda la clase La primera vez hay que cortar por grupo 1 pedazo de 3,5 cm que luego puede volver a ser utilizado.
pila, 9 V*	1x
tubo de ensayo de plástico (PP), mini	1x

*Hay que procurar que las pilas estén cargadas, después de usarlas en seguida hay que cargarlas nuevamente. En la caja de experimentación hay un cargador de pilas.

**La célula electrolítica es suministrada como parte de un juego (1 vaso, 2 electrodos de grafito, 2 pedazos de alambre, 2 pedazos de manguera) y debe ser montada por el primer grupo de alumnos (las instrucciones están en el documento de orientación para los alumnos).

***En total se suministran 16 gafas protectoras para todos los alumnos y alumnas en todos los grupos. Si participaran más alumnos y alumnas en los experimentos, en caso dado habría que conseguir gafas protectoras de las reservas de la escuela.

****Atención: En la caja de experimentación se suministra un paquete de carbonato de sodio. Pero no es muy razonable que los alumnos preparen ellos mismos la solución sódica que se requiere para el experimento. Sobre todo, porque la solución se puede volver a utilizar una y otra vez. Por esta razón y para preparar el experimento parcial 4, el profesor debería preparar aprox. 500 ml de solución saturada de carbonato de sodio. (A una temperatura de 20°C se disuelven como máximo 217 g de carbonato de sodio en un litro de agua). La solución tiene que dejarse lista en un recipiente que se pueda tapar bien. Después de realizar los experimentos, los alumnos y alumnas pueden volver a verter nuevamente la solución de carbonato de sodio en el recipiente con tapa.



Fig. 3: Aparatos y materiales suministrados para el experimento parcial 4.

4.5 Poner orden, eliminar residuos, reciclar

Todos los aparatos y casi todos los materiales suministrados en la caja se pueden reutilizar. Por ello debería asegurarse de que al concluir cada experimento coloquen todo nuevamente en la caja correspondiente. Así estará seguro de que Ud. y sus compañeros de trabajo encuentren todo rápidamente cuando lo quieran volver a utilizar.

Los aparatos que se hayan ensuciado al realizar los experimentos, como, p. ej., vasos, recipientes, cucharas, tubos de ensayo, deberían ser limpiados antes de colocarlos en las cajas. Lo más fácil es que los alumnos y alumnas se ocupen de hacerlo al finalizar el experimento.

Además, asegúrese de que los aparatos estén listos para ser utilizados en la próxima ocasión. Por ejemplo, hay que poner a cargar las pilas usadas (También es recomendable cuando no se han usado las pilas desde hace tiempo.).

Los materiales no reciclables como, p. ej., los palitos de medición del valor pH o el papel de filtro, deben ser tirados a la basura correcta.

Los residuos resultantes de este experimento se pueden tirar a la basura normal o por el desagüe.