

## **D** Seite 5–12

### **Bedienungsanleitung für das Fuel Cell Kit**

Beschreibt die Brennstoffzelle und enthält verschiedene Experimente.

## **GB+USA** Page 13–20

### **Instruction Manual for the Fuel Cell Kit**

Describes the fuel cell and contains a range of different experiments.

## **F** Page 21–28

### **Mode d'emploi du Fuel Cell Kit**

Décrit la cellule électrochimique et contient différents essais.

## **NL** Pagina 29–36

### **Gebbruiksaanwijzing voor de Fuel Cell Kit**

Beschrijft de brandstofcel en bevat verschillende experimenten.

## **E** Página 37–44

### **Manual de instrucciones para el Fuel Cell Kit**

Describe la célula de combustible y contiene diversos experimentos.

## **P** Página 45–52

### **Instruções de operação para o Fuel Cell Kit**

Descreve a célula a combustível e contém diversos experimentos.

## **I** Pagina 53–60

### **Manuale di istruzioni del Fuel Cell Kit**

Descrive la cella di carburante e contiene diversi esperimenti.

## **RU** Страница 61–68

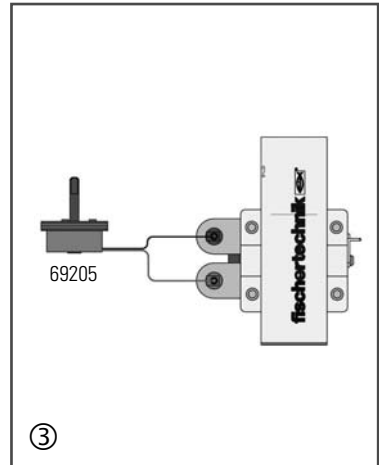
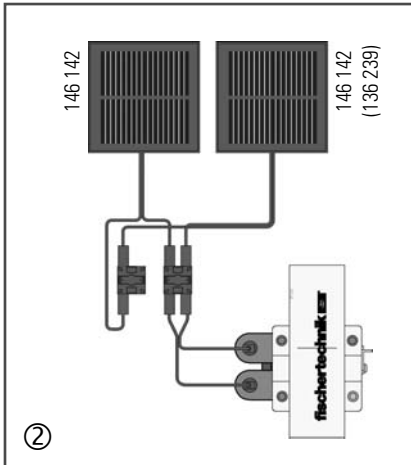
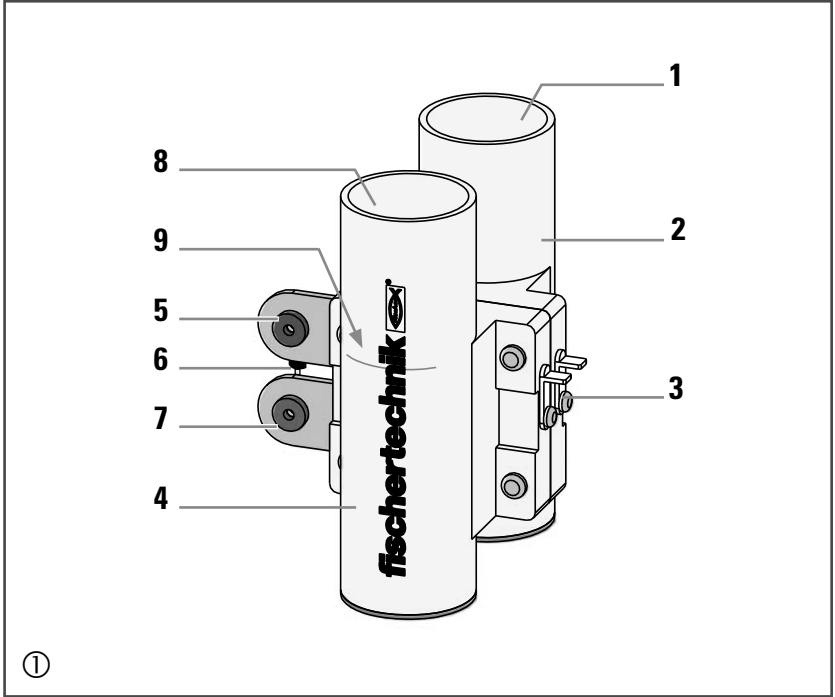
### **Инструкция по эксплуатации Fuel Cell Kit**

Содержит описание топливного элемента и различных экспериментов.

## **CN** 第 69–76 页

### **Fuel Cell Kit 操作说明书**















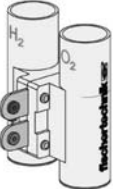



介绍说明燃料电池及其各种不同的实验。

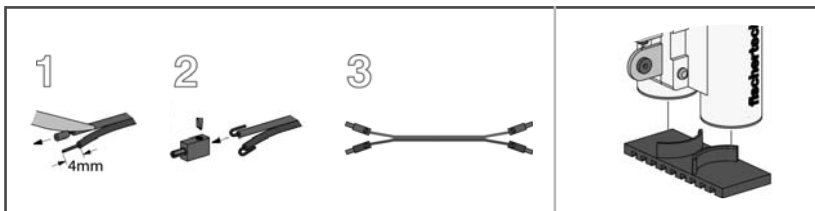


Einzelteilübersicht  
Spare parts list  
Liste des pièces détachées

Onderdelenoverzicht  
Lista da piezas  
Resumo de peça individual

Singoli componenti  
Отдельные детали  
零件概览

	31 011 1 x		32 879 1 x		38 216 1 x
	31 031 1 x		32 881 2 x		38 416 1 x
	31 336 3 x		35 033 1 x		116 913 1 x
	31 337 3 x		35 069 1 x		145 900 1 x
	31 597 3 x		35 980 2 x	 1,0 V $\pm$ , 440 mA	146 142 1 x
	31 848 4 x		36 977 1 x		146 500 1 x
	31 981 4 x		36 981 1 x		
	31 982 6 x		37 237 1 x		



**ACHTUNG!** Nur zum Gebrauch für Kinder über 10 Jahren. Benutzung nur unter der genauen Aufsicht von Erwachsenen, die sich mit den im Experimentierkasten beschriebenen Vorsichtsmaßnahmen befasst haben. Lies die Anweisungen vor Gebrauch, befolge sie und halte sie nachschlagebereit.

Anweisungen für Eltern sind enthalten und müssen beachtet werden. Verpackung und Anleitung aufbewahren, da sie wichtige Informationen enthalten. Beim Experiment entsteht Wasserstoff. Wasserstoff kann mit Luftsauerstoff ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Daher müssen vor dem Experiment alle Zündquellen entfernt werden.

## INHALT

<b>Fuel Cell Kit</b> .....	<b>S. 6</b>
Wichtiger Hinweis zur Verwendung des Fuel Cell Kits .....	S. 6
<b>Sicherheitsregeln</b> .....	<b>S. 6</b>
Bestimmungsgemäße Verwendung .....	S. 7
<b>Funktionsprinzip der Brennstoffzelle</b> .....	<b>S. 7</b>
<b>Betrieb der Brennstoffzelle</b> .....	<b>S. 8</b>
Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser befüllen .....	S. 8
Wasserstoff und Sauerstoff erzeugen (Elektrolyse) .....	S. 9
Elektrische Energie erzeugen .....	S. 11
Brennstoffzelle außer Betrieb nehmen / lagern .....	S. 11
<b>Hinweise zum Umweltschutz</b> .....	<b>S. 11</b>
<b>Haftung</b> .....	<b>S. 11</b>
<b>Versuche mit Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy</b> .....	<b>S. 12</b>
<b>Versuche mit Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>S. 12</b>
<b>Technische Daten Brennstoffzelle</b> .....	<b>S. 12</b>
<b>Störungsbeseitigung</b> .....	<b>S. 12</b>
<b>Montagetipps zu Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>S. 77</b>

## Fuel Cell Kit

Wie funktioniert eine Brennstoffzelle? Wie kann man damit Wasserstoff erzeugen? Das Fuel Cell Kit vermittelt Wissen rund um dieses spannende Thema. Mit der Brennstoffzelle und dem weiteren Solarmodul können in Verbindung mit dem Baukasten Profi Oeco Energy interessante zusätzliche Modelle gebaut werden. Hilfestellung bietet das didaktische Begleitheft im Baukasten Profi Oeco Energy. So bleiben keine Fragen offen.

### Wichtiger Hinweis zur Verwendung des Fuel Cell Kits

Bei dem Fuel Cell Kit handelt es sich um einen Erweiterungsset. Um die Brennstoffzelle zu betreiben und die beschriebenen Versuche aus dieser Bedienungsanleitung nachzubauen, wird zusätzlich der Baukasten Profi Oeco Energy (Art. Nr. 520400) benötigt. Alternativ kann ebenfalls der Baukasten Profi Oeco Tech (Art.Nr. 505284) verwendet werden.

### Ratschläge an überwachende Erwachsene

- Dieser Experimentierkasten ist nur für Kinder über 10 Jahren bestimmt.
- Die Anleitungen sollen den Erwachsenen befähigen, das Experiment im Hinblick auf die Eignung für das betreffende Kind abzuschätzen.

### Sicherheitsregeln

- Lies diese Anleitung vor Versuchsbeginn, befolge sie und halte sie nachschlagebereit.
- Bewahre den Experimentierkasten außer Reichweite von kleinen Kindern auf.
- Drähte nicht in Steckdose einführen.
- Warnung: Schutzdiode zwischen den Anschlüssen der Brennstoffzelle nicht entfernen! Sie verhindert, dass bei Kurzschluss zwischen Pluspol (rot) und Minuspol (schwarz) die Brennstoffzelle zerstört wird oder Leitungen zu heiß werden.
- Brennstoffzelle nicht kurzschließen (Explosionsgefahr)!
- Warnung: Durch (Schaltungs-) Fehler oder unzulässige Veränderungen können Temperaturerhöhungen an berührbaren Oberflächen die zulässigen Grenzwerte überschreiten!
- Die Brennstoffzelle darf nur mit einer Gleichspannung bis 3V betrieben werden. Auf keinen Fall andere, z. B. 9V-fischertechnik-Stromversorgungen, anschließen.
- Die Anschlussbuchsen der Brennstoffzelle dürfen nicht kurzgeschlossen werden.
- Durch eine zu hohe Spannung oder durch einen Kurzschluss kann die Brennstoffzellenmembran zerstört werden.

- Erzeuge keine Elektrizität oder Wasserstoff für andere Zwecke als in der Bedienungsanleitung angegeben.
- Erzeuge oder speichere nur so viel Wasserstoff wie in den Speicherzylinder der Brennstoffzelle passt (ca. 20 ml).
- Vermeide ein Dauerladen der Brennstoffzelle.

### Bestimmungsgemäße Verwendung

Die Brennstoffzelle des Fuel Cell Kit darf ausschließlich zum Betreiben von fischertechnik Modellen eingesetzt werden.

## Funktionsprinzip der Brennstoffzelle

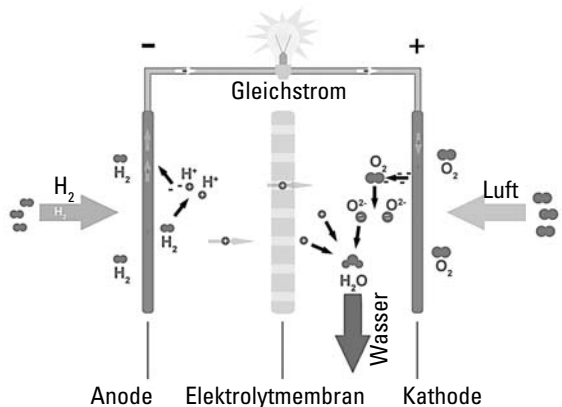
■ Mit einer Brennstoffzelle wird die chemische Energie eines Brennstoffs (z. B. Wasserstoff) in elektrischen Strom umgewandelt. Eine Brennstoffzelle ist also kein Energiespeicher, sondern ein Energiewandler.

Brennstoffzellen werden zum Beispiel zum Antrieb von Fahrzeugen und zur Wärme- und Stromversorgung von Häusern verwendet.

Eine Brennstoffzelle besteht aus zwei Elektroden (Anode und Kathode), die durch eine Elektrolytmembran voneinander getrennt sind.

Die Elektroden bestehen meist aus Metall oder Kohlenstoff. Sie sind mit einem Katalysator beschichtet, zum Beispiel mit Platin oder mit Palladium.

In der Brennstoffzelle reagieren Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser. Durch diese Reaktion entsteht eine elektrische Spannung zwischen den beiden Elektroden, mit der zum Beispiel ein Elektromotor angetrieben werden kann.



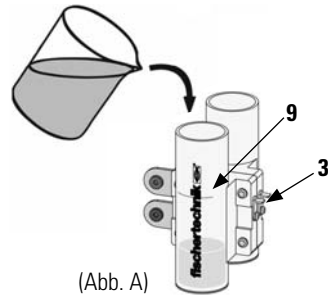
■ Bei der in dem Fuel Cell Kit enthaltenen Brennstoffzelle handelt es sich um eine so genannte reversible Brennstoffzelle. Das bedeutet, dass die Brennstoffzelle folgende zwei Funktionen hat:

- Einerseits kann die reversible Brennstoffzelle als so genannter Elektrolyseur verwendet werden, um aus destilliertem Wasser Wasserstoff und Sauerstoff zu erzeugen. Diesen Vorgang nennt man Elektrolyse. Der Wasserstoff und der Sauerstoff werden in Speicherzylindern gespeichert.
- Andererseits kann mit der reversiblen Brennstoffzelle durch die Reaktion des gespeicherten Wasserstoffs mit dem gespeicherten Sauerstoff elektrische Energie erzeugt werden.

## Betrieb der Brennstoffzelle

Beschreibung zur Brennstoffzelle (siehe Abb. 1 auf Seite 3).

- 1 Überlaufkammer Wasserstoffseite
- 2 Wasserstoff-Speicherzylinder
- 3 Stopfen für Entlüftungskanäle
- 4 Sauerstoff-Speicherzylinder
- 5 Negative Buchse (schwarz)
- 6 Schutzdiode
- 7 Positive Buchse (rot)
- 8 Überlaufkammer Sauerstoffseite
- 9 Füllstandsmarkierung



(Abb. A)

### Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser befüllen

Dazu stellst du die Brennstoffzelle auf einen flachen Teller.

Danach nimmst du die beiden Stopfen (3) der Entlüftungskanäle ab. Fülle die beiden Speicherzylinder bis zur Füllstandsmarkierung (9) mit destilliertem Wasser.

(Siehe Abb. A)



#### Vorsicht Materialschaden möglich:

Leitungswasser oder andere Flüssigkeiten fügen der Brennstoffzellenmembran dauerhaften Schaden zu.

Die Luft in der Brennstoffzelle entweicht beim Einfüllen des Wasser durch die Entlüftungskanäle. Damit das Wasser besser um die Membran und die stromabnehmenden Metallplatten fließen kann, klopfst du die Brennstoffzelle leicht auf den Tisch.

Fülle noch ein bisschen Wasser hinzu, nur so viel bis aus den Entlüftungskanälen Wasser entweicht und gleichzeitig das Wasser in den Überlaufkammern bis zur Füllstandsmarkierung reicht.

Jetzt kannst du die Entlüftungskanäle wieder mit den Stopfen verschließen. Beachte dabei, dass keine Luft im Speicherzylinder eingeschlossen ist. Eine kleine Luftblase verursacht keine Probleme und kann vernachlässigt werden.

Falls die Brennstoffzelle schon lange nicht mehr gebraucht wurde, warte etwa 10 Minuten, damit die Membran ausreichend durchtränkt wird.

### **Wasserstoff und Sauerstoff erzeugen (Elektrolyse)**

Die Brennstoffzelle muss mit einer Gleichspannung zwischen 1,8 und 3 Volt versorgt werden.



#### **Vorsicht Materialschaden möglich:**

Durch eine zu hohe Spannung kann die Brennstoffzellenmembran zerstört werden. Die Brennstoffzelle darf auf keinen Fall an eine 9 V-fischertechnik-Stromversorgung angeschlossen werden.

Das im Fuel Cell Kit enthaltene Solarmodul besteht aus zwei Solarzellen, die in Reihe geschaltet sind. Das Solarmodul liefert ohne Belastung maximal eine Spannung von 1,0 V. Da diese Spannung für die Elektrolyse nicht ausreicht benötigst du zusätzlich ein weiteres Solarmodul aus dem Baukasten Profi Oeco Energy.

Schalte die beiden Solarmodule (Art. Nr. 146142) in Reihe und schließe sie an die Brennstoffzelle an (siehe Abb. 2 auf Seite 3). Die beiden Solarmodule liefern jetzt je nach Lichtstärke eine Spannung von 1,6 – 2 Volt.

**Tipp:** Besitzt du den „Profi Oeco Tech“ Baukasten? Dann kannst du dessen Solarmodul verwenden und das Solarmodul aus dem Fuel Cell Kit. Schalte sie in Reihe und schließe alles an die Brennstoffzelle an (1 x Solarmodul Art. Nr. 136239, 1x Solarmodul Art. Nr. 146142).

Sobald die Solarmodule mit ausreichend Sonnenlicht oder einer geeigneten Lichtquelle beleuchtet werden, beginnt die Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff. Die Gase werden in den entsprechenden Speicherzylindern gespeichert. Das Wasser wird in die darüber liegenden Überlaufkammern gedrückt.

Die Brennstoffzelle ist vollständig „aufgeladen“, wenn das gesamte Wasser aus dem Wasserstoff-Speicherzylinder (2) in die darüber liegende Überlaufkammer (1) gedrückt wurde. Dieser Vorgang dauert ca. 15 – 60 Minuten, je nach Beleuchtungsstärke.

Du kannst die Brennstoffzelle jetzt von den Solarmodulen trennen. Die Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff wird dadurch gestoppt.



**Tip:** Willst du die optimale Leistung der Brennstoffzelle erzielen, so spüle die gesamte Luft aus der Brennstoffzelle. Fahre dazu mit der Wasserstoffherzeugung fort, bis auch das letzte Wasser aus dem Sauerstoff-Speicherzylinder in die darüber liegende Überlaufkammer gedrückt wurde.

### Versuch 1:

Messe beim Erzeugen von Wasserstoff und Sauerstoff wie viel Wasserstoff in einer bestimmten Zeit erzeugt wird. Messe dazu die Zeit, die benötigt wird um den Wasserstoff-Speicherzylinder komplett mit Wasserstoff zu füllen (20ml Wasserstoff). Beobachte welchen Einfluss die Lichtstärke auf die benötigte Zeit hat.

Bei einer großen Lichtstärke wird in der gleichen Zeit mehr Wasserstoff erzeugt. Wenn die Lichtstärke zu gering ist wird kein Wasserstoff erzeugt.

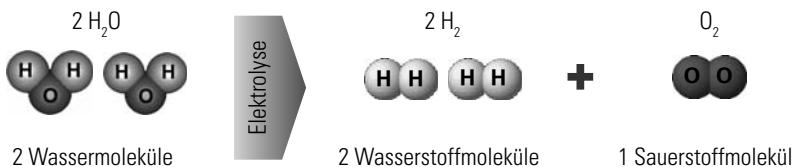
Wenn du als Lichtquelle eine Glühlampe mit 100 W im Abstand von 30 cm zu den Solarmodulen verwendest, dauert es etwa 15 min, bis der Wasserstoff-Speicherzylinder komplett mit Gas gefüllt ist.

### Versuch 2:

Beobachte beim Erzeugen von Wasserstoff und Sauerstoff die verdrängte Wassermenge in den beiden Überlaufkammern. Was kannst du beobachten?

Es wird doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff erzeugt. Warum ist das so?

Wasser ( $H_2O$ ) besteht aus Verbindungen von Wasserstoff ( $H_2$ ) und Sauerstoff ( $O_2$ ). Diese Verbindungen nennt man Wassermoleküle. Ein Wassermolekül besteht aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom. Wenn bei der Elektrolyse das Molekül getrennt wird entstehen doppelt so viele Wasserstoffmoleküle wie Sauerstoffmoleküle.



## Elektrische Energie erzeugen

Sobald sich in den Speicherzylindern Wasserstoff und Sauerstoff befindet reagieren diese miteinander und an den Buchsen entsteht eine elektrische Spannung von 0,5 bis 0,9 V. Die Brennstoffzelle liefert einen Strom von 600 mA und hat eine Nennleistung von 300 mW.

### Versuch:

SchlieÙe den im Baukasten Profi Oeco Energy (alternativ: Profi Oeco Tech) enthaltenen Motor (Art. Nr. 69205) an die Buchsen der Brennstoffzelle an (siehe Abb. 3, auf Seite 3).

Was beobachtest du?

Der Motor dreht sich. Er wird durch die von der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie angetrieben.

## Brennstoffzelle auÙer Betrieb nehmen / lagern

Die Brennstoffzelle sollte nicht mit Wasser gefüllt aufbewahrt werden.

Entferne daher nach deinen Versuchen die Stopfen von der Brennstoffzelle und gieÙe das Wasser aus. Schüttle dabei die Brennstoffzelle um sie vollständig zu entleeren. Danach lässt du sie trocknen.

## Hinweise zum Umweltschutz:

Die elektrischen und elektronischen Bauteile dieses Baukastens (z. B. Motoren, Lampen, Sensoren) gehören nicht in den Hausmüll. Sie müssen am Ende ihrer Lebensdauer an einem Sammelpunkt für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten abgegeben werden. Das Symbol auf dem Produkt, der Verpackung oder der Anleitung weist darauf hin.

## Haftung

Eine Haftung der fischertechnik GmbH für Schäden, die daraus resultieren, dass der Baukasten nicht entsprechend seiner bestimmungsgemäÙen Verwendung gebraucht wurde, ist ausgeschlossen.

## Versuche mit Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy

Im Begleitheft zum Baukasten Profi Oeco Energy findest du viele weitere spannende Versuche, die du mit dem Fuel Cell Kit durchführen kannst.

Die dazugehörigen Modelle sind in der Profi Oeco Energy Bauanleitung beschrieben.

## Versuche mit Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech

Im Baukasten Profi Oeco Tech werden Versuche und Modelle gezeigt, für die das Hydro Cell Kit erforderlich ist. Diese Versuche kannst du auch mit dem Fuel Cell Kit durchführen. Allerdings musst du beim Einbau der Brennstoffzelle und des Solarmoduls etwas improvisieren, da diese andere Maße und Befestigungsmöglichkeiten haben als die Komponenten im Hydro Cell Kit.

Weitere Hinweise dazu findest du auf Seite 77.

## Technische Daten Brennstoffzelle

Allgemeines		Betrieb als Elektrolyseur	
Betriebstemperatur	10–40 °C	Betriebsspannung	2–3 V
Lagertemperatur	5–40 °C	Betriebsstrom	400–1500 mA
Wasserstoff Speicherkapazität	20 ml	Maximale Wasserstoffproduktionsrate	8 ml / min

Betrieb als Brennstoffzelle	
Betriebsspannung	0,5–0,9 V
Betriebsstrom	600 mA
Nennleistung	300 mW

## Störungsbeseitigung

Störung	Mögliche Ursache	Störungsbehebung
Ungewöhnlich hohe Spannung, wenn eine Last an die Brennstoffzelle angeschlossen wird	Schicht an der Oberfläche des Katalysators	Die Schicht an der Oberfläche des Katalysators, welche die anfängliche Ausgangsspannung der Brennstoffzelle erhöht verschwindet nach wenigen Sekunden
Keine oder sehr langsame Wasserstofferzeugung	Falsche Verbindung zwischen Solarmodulen und Brennstoffzelle	Verbindungen überprüfen und ggf. korrigieren
	Lichtstärke zu gering	Erhöhung der Lichtstärke
	Brennstoffzellenmembran ist zu trocken	Die mit destilliertem Wasser gefüllte Brennstoffzelle 30 Minuten lang stehen lassen
Geringe Brennstoffzellenleistung	Brennstoffzellenmembran ist zu nass	Wasser aus der Brennstoffzelle ausgießen und die Brennstoffzelle einen Tag lang offen stehen lassen

**WARNING!** For use by children over the age of 10 only. To be used only under the close supervision of adults, who have taken the necessary precautions described in the experiments kit. Read the instructions before use, follow them and keep them ready to hand.

They contain instructions for parents and these must be followed. Keep the packaging and instructions, as they contain important information. Hydrogen is produced during the experiment. Hydrogen can form an explosive mixture with atmospheric oxygen. Therefore, all ignition sources must be removed before carrying out the experiment.

## CONTENTS

<b>Fuel Cell kit</b> .....	<b>P. 14</b>
Important instructions on use of the Fuel Cell kit .....	P. 14
<b>Safety rules</b> .....	<b>P. 14</b>
Proper use .....	P. 15
<b>How the fuel cell works</b> .....	<b>P. 15</b>
<b>Operating the fuel cell</b> .....	<b>P. 16</b>
Filling the fuel cell with distilled water .....	P. 16
Producing hydrogen and oxygen (electrolysis) .....	P. 17
Producing electric energy .....	P. 19
Shutting down/storing the fuel cell .....	P. 19
<b>Notes on environmental protection</b> .....	<b>P. 19</b>
<b>Liability</b> .....	<b>P. 19</b>
<b>Experiments using the Fuel Cell kit &amp; Profi Oeco Energy</b> .....	<b>P. 20</b>
<b>Experiments using the Fuel Cell kit &amp; Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 20</b>
<b>Fuel cell technical data</b> .....	<b>P. 20</b>
<b>Troubleshooting</b> .....	<b>P. 20</b>
<b>Experiments using the Fuel Cell kit &amp; Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 77</b>

## Fuel Cell kit

How does a fuel cell work? How can you produce hydrogen with it? The Fuel Cell kit imparts knowledge on all aspects of this exciting topic. With the fuel cell and the additional solar module, interesting additional models can be built in conjunction with the Profi Oeco Energy kit. The didactic activity booklet in the Profi Oeco Energy kit provides help. All of your questions are answered.

### Important instructions on use of the Fuel Cell kit

The Fuel Cell Kit is an extension kit. You will also need the Profi Oeco Energy kit (Item # 520400) to operate the fuel cell and to perform the experiments described in this instruction manual. Alternatively, you can also use the Profi Oeco Tech kit (Item # 505284).

### Advice for supervising adults

- This experiments kit is only intended for use by children over the age of 10 years.
- The instructions should enable adults to assess the experiment's suitability for the child concerned.

### Safety rules

- Read these instructions before starting the experiment, follow them and keep them ready to hand.
- Keep the experiments kit out of reach of small children.
- Do not put wires into the electrical outlet.
- Warning: Do not remove the protective diode between the connections of the fuel cell! It prevents irreparable damage to the fuel cell if a short circuit occurs between the positive pole (red) and the negative pole (black) or if cables get too hot.
- Do not short circuit the fuel cell (explosion hazard)!
- Warning: (Connection) errors or unauthorized changes can cause temperature increases on exposed surfaces that can exceed the allowable limits!
- The fuel cell may only be operated with a direct voltage up to 3V. Never connect any other power supplies, e.g. 9V fischertechnik.
- Do not short circuit the contact points of the fuel cell.
- Too high voltage or a short circuit can destroy the fuel cell membrane.

- Do not produce electricity or hydrogen for any purposes other than those given in the instruction manual.
- Do not produce or store more hydrogen than fits in the storage cylinder of the fuel cell (around 20 ml).
- Avoid continuous charging of the fuel cell.

**Proper use**

The Fuel Cell kit's fuel cell may only be used to operate fischertechnik models.

**How the fuel cell works**

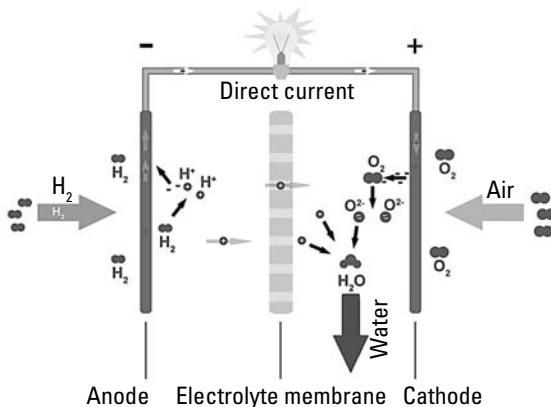
■ A fuel cell converts the chemical energy of a fuel (e.g. hydrogen) into electric current (electricity). A fuel cell is therefore not an energy store but an energy converter. Fuels cells are used, for example, to drive vehicles and to supply homes with heat and electricity.

A fuel cell consists of two electrodes (anode and cathode), which are separated from each other by an electrolyte membrane.

The electrodes are made of metal or carbon. They are coated with a catalyst, for example, platinum or palladium.

Inside the fuel cell, hydrogen and oxygen react to form water. This reaction produces an electric voltage between the two electrodes which can be used, for example, to drive an electric motor.

■ The fuel cell included in the Fuel Cell Kit is a so-called reversible fuel cell. This means that the fuel cell has the following two functions:

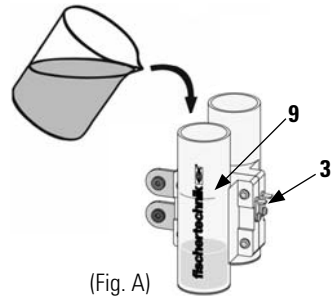


- On the one hand, the reversible fuel cell can be used as a so-called electrolyzer, for producing hydrogen and oxygen from distilled water. This process is called electrolysis. The hydrogen and oxygen are stored in storage cylinders.
- On the other hand, the reversible fuel cell can be used to produce electrical energy by reacting the stored hydrogen with the stored oxygen.

## Operating the fuel cell

Description of the fuel cell (see Fig. 1 on page 3).

- 1 Overflow chamber, hydrogen side
- 2 Hydrogen storage cylinder
- 3 Plugs for air vents
- 4 Oxygen storage cylinder
- 5 Negative jack (black)
- 6 Protective diode
- 7 Positive jack (red)
- 8 Overflow chamber, oxygen side
- 9 Level mark



(Fig. A)

### Filling the fuel cell with distilled water

Place the fuel cell on a flat plate.

Then remove the two plugs (3) from the ventilation ducts. Fill the two storage cylinders with distilled water up to the level mark (9).

(See Fig. A)



#### Caution! Material damage possible:

Tap water and other liquids permanently damage the fuel cell membrane.

When the water is added the air in the fuel cell escapes through the air vents. Gently bang the fuel cell on the table to let the water flow more easily around the membrane and the current collecting metal plates.

Add a little bit more water, only enough to make water escape through the air vents and at the same time for the water in the overflow chambers to reach up to the level mark.

You can now use the plugs to re-close the air vents. Ensure that no air is trapped in the storage cylinder. A small air bubble does not cause any problems and can be ignored.

If the fuel cell has not been used for a long time, wait for around 10 minutes to allow the membrane to become sufficiently impregnated.

### Producing hydrogen and oxygen (electrolysis)

The fuel cell must be supplied with a direct voltage between 1.8 and 3 volt.



#### **Caution! Material damage possible:**

If the voltage is too high, it can destroy the fuel cell membrane. The fuel cell must never be connected to a 9 V fischertechnik power supply.

The solar module included in the Fuel Cell kit consists of two solar cells, which are connected in series. Without load, the solar module supplies a maximum voltage of 1.0 V. As this voltage is not enough for the electrolysis, you will need another solar module from the Profi Oeco Energy kit.

Connect the two solar modules (Item # 146142) in series and connect them to the fuel cell (see Fig. 2 on page 3). Depending on the light intensity, the two solar modules now supply a voltage of 1.6 – 2 volt.

**Tip:** Have you got the "Profi Oeco Tech" kit? Then you can use its solar module and the solar module of the Fuel Cell kit. Connect them in series and connect everything to the fuel cell (1x solar module Item # 136239, 1x solar module Item # 146142).

Hydrogen and oxygen production begins as soon as the solar modules are illuminated with sufficient sunlight or a suitable light source. The gases are stored in the corresponding storage cylinders. The water is pressed into the overflow chambers above the cylinders.

The fuel cell is completely "charged" when all the water from the hydrogen storage cylinder (2) has been pressed into the overflow chamber above it (1). This process lasts around 15 – 60 minutes, depending on the light intensity.

You can now disconnect the fuel cell from the solar modules. This stops the production of hydrogen and oxygen.



**Tip:** If you want to achieve the optimum output of the fuel cell, flush all the air out of the fuel cell. To do this, continue producing hydrogen until the last of the water has been pressed out of the oxygen storage cylinder and into the overflow chamber above it.

### Experiment 1:

Measure how much hydrogen is produced in a certain period of time during the production of hydrogen and oxygen. Measure the time needed for the hydrogen storage cylinder to become completely filled with hydrogen (20ml hydrogen). Observe the effect that the light intensity has on the time required.

If the light intensity is high, more hydrogen is produced during the same time. If the light intensity is too low, no hydrogen is produced at all.

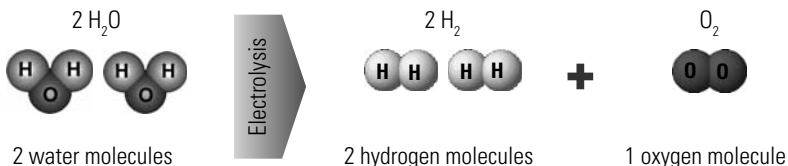
If you use a 100W light bulb as a light source at a distance of 30cm from the solar modules, it takes around 15min for the hydrogen storage cylinder to completely fill with gas.

### Experiment 2:

Observe the quantity of water displaced in the two overflow chambers while hydrogen and oxygen are being produced. What can you observe?

Twice as much hydrogen is produced as oxygen. Why?

Water ( $H_2O$ ) consists of compounds of hydrogen ( $H_2$ ) and water ( $O_2$ ). These compounds are called water molecules. A water molecule consists of two hydrogen atoms and one oxygen atom. When the molecule is split during electrolysis, twice as many hydrogen molecules are produced as oxygen molecules.



### Producing electric energy

As soon as there is hydrogen and oxygen in the storage cylinders, they react with each other and an electric voltage of 0.5 to 0.9 V is produced at the jacks. The fuel cell supplies a 600 mA current and has a nominal power of 300 mW.

#### Experiment:

Connect the motor in the Profi Oeco Energy kit (alternatively: Profi Oeco Tech) (Item # 69205) to the jacks of the fuel cell (see Fig. 3, on page 3).

What do you see?

The motor is rotating. It is driven by the electrical energy generated by the fuel cell.

### Shutting down/storing the fuel cell

The fuel cell should not be stored filled with water.

Therefore, after you have finished your experiments, remove the plugs from the fuel cell and pour out the water. Shake the fuel cell to empty it completely. Then leave it to dry.

### Notes on environmental protection:

Do not put the electrical and electronic components of this construction set such as motors, lamps and sensors in the household waste. At the end of their service life, hand them in to a collection point for the recycling of electrical and electronic devices.

The symbol on the product, packaging or the instructions indicates this.

### Liability

Liability on the part of fischertechnik GmbH for damages, which resulted from the fact that the kit was not used in accordance with instructions, is excluded.

## Experiments using the Fuel Cell kit & Profi Oeco Energy

The activity booklet of the Profi Oeco Energy kit contains many other exciting experiments that you can perform with the Fuel Cell kit.

The corresponding models are described in the Profi Oeco Energy assembly instructions.

## Experiments using the Fuel Cell kit & Profi Oeco Tech

Experiments and models are shown in the Profi Oeco Tech kit which require the Hydro Cell kit.

You can also perform these experiments with the Fuel Cell kit. However, you will have to improve a bit when installing the fuel cell and the solar module, as these have different dimensions and mounting options to the components in the Hydro Cell kit. Further notes on this are given on page 77.

## Fuel cell technical data

General		Operation as electrolyzer	
Operating temperature	10–40 °C	Operating voltage	2–3 V
Storage temperature	5–40 °C	Operating current	400–1500 mA
Hydrogen storage capacity	20 ml	Maximum hydrogen production rate	8 ml / min

Operation as fuel cell	
Operating voltage	0.5–0.9 V
Operating current	600 mA
Nominal power	300 mW

## Troubleshooting

Fault	Possible cause	Remedy
Unusually high voltage, if a load is connected to the fuel cell	Coat on the surface of the catalyst	The coat on the surface of the catalyst, which increases the initial output voltage of the fuel cell, disappears after a few seconds
No or very slow hydrogen production	Incorrect connection between solar modules and fuel cell	Check connections and if necessary correct
	Light intensity too low	Increase the light intensity
	Fuel cell membrane is too dry	Leave the fuel cell filled with distilled water to stand for 30 minutes
Low fuel cell output	Fuel cell membrane is too wet	Pour water out of the fuel cell and leave the fuel cell to stand open for a day

# ATTENTION !

Boîte uniquement destinée aux enfants de plus de 10 ans. Seulement destinée à un emploi sous la surveillance rigoureuse d'adultes, qui ont étudié les consignes de sécurité décrites dans la boîte expérimentale. Lisez les instructions avant emploi, suivez-les et maintenez-les à disposition afin que vous puissiez les consulter à tout moment.

Ce mode d'emploi contient des instructions destinées aux parents, à respecter impérativement. Conservez le conditionnement et le mode d'emploi, étant donné qu'ils comportent des informations importantes. Les essais créent de l'hydrogène. L'hydrogène peut créer un mélange explosif en contact avec l'oxygène contenu dans l'air. Il est donc impératif d'éloigner toutes les sources d'allumage avant de procéder aux essais.

## SOMMAIRE

<b>Fuel Cell Kit</b> .....	<b>Page 22</b>
Observations importantes pour l'utilisation du Fuel Cell Kit .....	Page 22
<b>Consignes de sécurité</b> .....	<b>Page 22</b>
Emploi conforme à l'usage prévu .....	Page 23
<b>Principe de fonctionnement de la cellule électrochimique</b> .....	<b>Page 23</b>
<b>Utilisation de la cellule électrochimique</b> .....	<b>Page 24</b>
Remplissage d'eau distillée de la cellule électrochimique .....	Page 24
Génération d'hydrogène et d'oxygène (électrolyse) .....	Page 25
Génération de l'énergie électrique .....	Page 27
Mise hors circuit / rangement et stockage de la cellule électrochimique ..	Page 27
<b>Observations quant à la protection de l'environnement</b> .....	<b>Page 27</b>
<b>Responsabilités</b> .....	<b>Page 27</b>
<b>Essais avec Fuel Cell Kit &amp; Profi Oeco Energy</b> .....	<b>Page 28</b>
<b>Essais avec Fuel Cell Kit &amp; Profi Oeco Tech</b> .....	<b>Page 28</b>
<b>Caractéristiques techniques de la cellule électrochimique</b> .....	<b>Page 28</b>
<b>Dépannages</b> .....	<b>Page 28</b>
<b>Conseils pour le montage du Fuel Cell Kit &amp; Profi Oeco Tech</b> .....	<b>Page 77</b>

## Fuel Cell Kit

Comment fonctionne une cellule électrochimique ? Comment peut-on générer de l'hydrogène avec une cellule ? Fuel Cell Kit fournit des connaissances intéressantes sur ce sujet captivant. La cellule électrochimique et le module solaire supplémentaire permettent de construire des maquettes intéressantes complémentaires ensemble avec la boîte de construction Profi Oeco Energy. Consultez le manuel d'accompagnement de la boîte de construction Profi Oeco Energy, s'il vous faut de l'aide. Il répondra à toutes vos questions.

### Observations importantes pour l'utilisation du Fuel Cell Kit

Le Fuel Cell Kit est un kit d'extension. Vous devez disposer de la boîte de construction Profi Oeco Energy (Art. n° 520400), si vous voulez vous servir de la cellule électrochimique et reproduire les essais décrits dans ce mode d'emploi. La boîte de construction Profi Oeco Tech (Art. n° 505284) est utilisable en alternative.

### Recommandations à l'attention des adultes chargés de la surveillance

- Cette boîte expérimentale est uniquement destinée aux enfants de plus de 10 ans.
- Les instructions devraient permettre aux adultes d'évaluer si l'enfant concerné est apte à effectuer l'essai respectif.

### Consignes de sécurité

- Lisez ce mode d'emploi avant de commencer les essais, suivez-le et maintenez-le à disposition afin que vous puissiez le consulter à tout moment.
- Rangez la boîte expérimentation hors de portée de mains des enfants en bas âge.
- Ne pas introduire les fils dans la prise de courant.
- Avertissement : ne pas enlever la diode de protection entre les raccordements de la cellule électrochimique ! Elle évite que la cellule électrochimique puisse être détruite ou que les conduites surchauffent dans l'hypothèse d'un court-circuit entre la douille positive (rouge) et la douille négative (noire).
- Ne pas court-circuiter la cellule électrochimique (risque d'explosion) !
- Avertissement : les erreurs (de commutation) ou les modifications inadmissibles peuvent avoir pour effet d'augmenter la température des surfaces, qu'on peut toucher, au-delà des valeurs limites admissibles !
- L'utilisation de la cellule électrochimique est uniquement admissible avec un courant continu de jusqu'à 3 Volts. Ne jamais raccorder à d'autres alimentations en courant, p. ex. celle de 9 Volts de fischertechnik.
- Il est interdit de court-circuiter les douilles de jonctions de la cellule électrochimique.
- Une tension trop élevée ou un court-circuit risque de détériorer la membrane de la cellule électrochimique.

- Ne générez pas d'électricité ou d'hydrogène pour d'autres buts que ceux indiqués dans le mode d'emploi.
- Générez ou accumulez uniquement un volume d'hydrogène pouvant entrer dans le réservoir cylindrique de la cellule électrochimique (environ 20 ml).
- Évitez un chargement ininterrompu de la cellule électrochimique.

### Emploi conforme à l'usage prévu

La cellule électrochimique du Fuel Cell Kit est exclusivement destinée à une utilisation avec des maquettes fischertechnik.

## Principe de fonctionnement de la cellule électrochimique

■ Une cellule électrochimique transforme l'énergie chimique d'un combustible (p. ex. de l'hydrogène) en courant électrique. Une cellule électrochimique n'est donc pas un réservoir d'énergie, mais un convertisseur d'énergie.

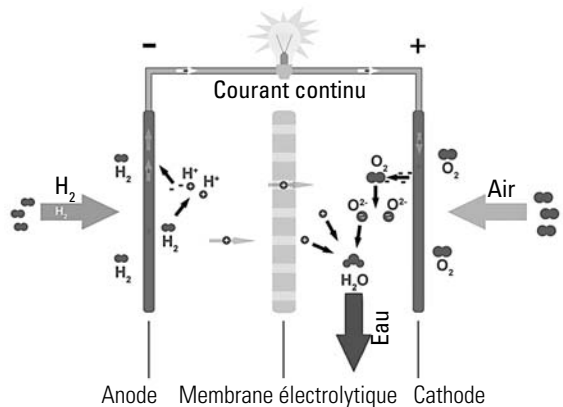
Les cellules électrochimiques servent par exemple à la propulsion de véhicules et à l'alimentation en chaleur et en électricité des bâtiments.

Une cellule électrochimique est composée de deux électrodes (anode et cathode), séparée l'une de l'autre par une membrane électrolytique.

Les électrodes sont habituellement composées de métal ou de carbone. Elles sont revêtues d'un catalyseur, par exemple composé de platine ou de palladium.

L'hydrogène et l'oxygène réagissent avec l'eau dans la cellule électrochimique. Cette réaction crée une tension électrique entre les deux électrodes, qui peut par exemple servir à l'actionnement d'un moteur électrique.

■ La cellule électrochimique contenue dans le Fuel Cell Kit est une cellule électrochimique dite réversible. La cellule électrochimique est donc en mesure d'assumer les deux fonctions ci-après :

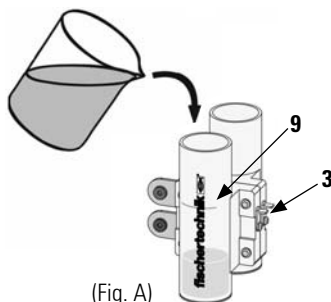


- La cellule électrochimique réversible est utilisable, d'une part, comme électrolyseur pour générer de l'hydrogène et de l'oxygène à base d'eau distillée. Ce phénomène est ce que nous appelons l'électrolyse. L'oxygène et l'hydrogène sont accumulés dans des réservoirs cylindriques.
- La cellule électrochimique réversible est, d'autre part, également en mesure de générer de l'énergie électrique via la réaction de l'hydrogène accumulé avec l'oxygène accumulé.

## Utilisation de la cellule électrochimique

Description des éléments de la cellule électrochimique (voir Fig. 1 à la page 3).

- 1 Chambre de trop-plein côté hydrogène
- 2 Réservoir d'hydrogène
- 3 Bouchon des canaux de purge d'air
- 4 Réservoir d'oxygène
- 5 Douille négative (noire)
- 6 Diode de protection
- 7 Douille positive (rouge)
- 8 Chambre de trop-plein côté oxygène
- 9 Repère de remplissage



(Fig. A)

### Remplissage d'eau distillée de la cellule électrochimique

Pour ce faire, posez la cellule électrochimique sur une assiette plate.

Retirez ensuite les deux bouchons (3) des canaux de purge d'air. Remplissez les deux réservoirs cylindriques jusqu'au repère de remplissage (9) avec de l'eau distillée.

(Voir Fig. A)



#### Attention aux dommages matériels :

L'eau du robinet ou d'autres liquides risquent de détériorer la membrane de la cellule électrochimique durablement.

L'air contenu dans la cellule électrochimique fuit via les canaux de purge d'air pendant le remplissage d'eau. Cognez la cellule électrochimique avec précaution sur la table, afin que l'eau puisse mieux circuler autour de la membrane et des plaques métalliques de captage du courant. Ajoutez encore un peu d'eau, juste assez pour que l'eau ressorte par les canaux de purge d'air et qu'elle atteigne simultanément le repère de remplissage dans les chambres de trop-plein.

Ensuite, vous pouvez refermer les canaux de purge d'air avec les bouchons. Veillez à ce qu'il n'y ait pas d'air enfermé dans le réservoir cylindrique. Une petite bulle d'air ne cause habituellement pas de problèmes et vous pouvez la négliger de ce fait.

Patiencez environ 10 minutes jusqu'à ce que la membrane soit suffisamment imprégnée, si vous ne vous êtes pas servi de la cellule électrochimique durant une période prolongée.

### Génération d'hydrogène et d'oxygène (électrolyse)

Alimentez la cellule électrochimique avec du courant continu situé entre 1,8 et 3 Volts.



#### Attention aux dommages matériels :

Une tension trop élevée risque de détériorer la membrane de la cellule électrochimique. Il est strictement interdit de raccorder la cellule électrochimique à une alimentation en courant fischertechnik habituelle de 9 Volts.

Le module solaire contenu dans le Fuel Cell Kit est composé de deux cellules solaires montées en série. Le module solaire fournit une tension maximale de 1,0 Volt sans charge. Cette tension ne suffit cependant pas pour déclencher l'électrolyse et vous devez vous servir d'un module solaire de plus, contenu dans la boîte de construction Profi Oeco Energy.

Montez les deux modules solaires (Art. n° 146142) en série et raccordez-les à la cellule électrochimique (voir Fig. 2 à la page 3). Les deux modules solaires fournissent dorénavant une tension de 1,6 à 2 Volts en fonction de l'intensité de la luminosité.

**Astuce :** possédez-vous la boîte de construction « Profi Oeco Tech » ? Dans l'affirmative, vous pouvez vous servir du module solaire de cette boîte et du module solaire du Fuel Cell Kit. Montez les éléments en série et raccordez-les à la cellule électrochimique (1 x le module solaire Art. n° 136239, 1 x le module solaire Art. n° 146142).

La génération d'hydrogène et d'oxygène démarre dès que les modules solaires ont accumulé suffisamment de lumière solaire ou s'ils ont été exposés à une source de lumière appropriée. Les gaz sont accumulés dans les réservoirs cylindriques respectifs. L'eau est pressée dans les chambres de trop-plein sus-jacentes.

La cellule électrochimique est complètement « chargée », si toute l'eau contenue dans le réservoir d'hydrogène (2) a été pressée dans la chambre de trop-plein sus-jacente (1). Cette réaction dure environ 15 à 60 minutes selon l'intensité lumineuse.

Vous pouvez séparer la cellule électrochimique des modules solaires maintenant. La séparation a pour effet de stopper la génération d'hydrogène et d'oxygène.



**Astuce :** chassez tout l'air contenu dans la cellule électrochimique, si vous voulez obtenir une puissance optimale de la cellule électrochimique. Pour ce faire, vous devez poursuivre la génération d'hydrogène jusqu'à ce que toute l'eau a effectivement été pressée dans le réservoir d'oxygène sus-jacent.

### Essai 1 :

Mesurez la quantité d'hydrogène générée pendant une durée déterminée au cours de la génération d'hydrogène et d'oxygène. Pour ce faire, mesurez la durée nécessaire au remplissage complet du réservoir cylindrique d'hydrogène (20 ml d'hydrogène). Observez l'influence de la luminosité sur la durée exigée.

La cellule génère plus d'hydrogène lors d'une exposition à une luminosité plus élevée. La génération d'hydrogène ne se produit cependant pas lors d'une luminosité insuffisante.

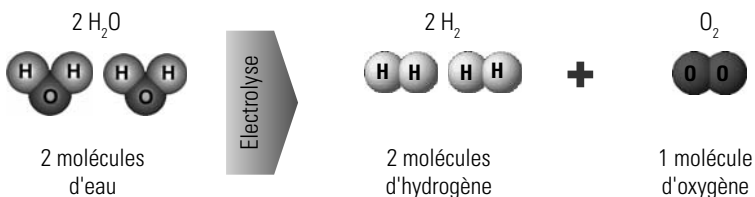
Le remplissage complet de gaz du réservoir d'hydrogène dure environ 15 minutes, si vous vous servez d'une lampe à incandescence de 100 Watts comme source lumineuse placée à une distance de 30 cm des modules solaires.

### Essai 2 :

Observez la quantité de gaz refoulée dans les deux chambres de trop-plein lors de la génération d'hydrogène et d'oxygène. Que constatez-vous ?

Il y a deux fois autant d'hydrogène que d'oxygène. Pour quelle raison ?

L'eau (abréviation chimique :  $H_2O$ ) est une combinaison d'hydrogène ( $H_2$ ) et d'oxygène ( $O_2$ ). Ces combinaisons sont ce que nous appelons les molécules d'eau. Une molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. La séparation de la molécule par l'électrolyse a pour effet de créer deux fois autant de molécules d'hydrogène que de molécules d'oxygène.



## Génération de l'énergie électrique

Les éléments réagissent l'un par rapport à l'autre dès que les réservoirs cylindriques sont remplis d'hydrogène et d'oxygène et une tension électrique de 0,5 à 0,9 Volt est générée au niveau des douilles. La cellule électrochimique fournit 600 mA de courant électrique et une puissance nominale de 300 mW.

### Essai :

Raccordez le moteur (Art. n° 69205) contenu dans la boîte de construction Profi Oeco Energy (alternative : Profi Oeco Tech) aux douilles de la cellule électrochimique (voir Fig. 3 à la page 3).

Que voyez-vous ?

Le moteur tourne. Il est actionné par l'énergie électrique générée par la cellule électrochimique.

### Mise hors circuit / rangement et stockage de la cellule électrochimique

Ne rangez pas la cellule électrochimique tant qu'elle contient de l'eau.

Retirez toujours les bouchons de la cellule électrochimique après vos essais et videz toute l'eau contenue. Secouez la cellule électrochimique afin de la vider intégralement. Puis laissez -la sécher.

### Observations quant à la protection de l'environnement :

Les éléments de construction électriques et électroniques de cette boîte de construction (p. ex. les moteurs, lampes et capteurs) ne sont pas destinés aux ordures ménagères. Il est impératif de les remettre à un poste de collecte des appareils électriques et électroniques en vue d'un recyclage à la fin de leur durée de vie utile.

Le pictogramme figurant sur le produit, le conditionnement ou le manuel attire votre attention sur une élimination correcte.

### Responsabilités

fischertechnik GmbH décline toute responsabilité pour les dommages résultant d'une utilisation non conforme à l'usage prévu de la boîte de construction.

## Essais avec Fuel Cell Kit & Profi Oeco Energy

Le manuel d'accompagnement de la boîte Profi Oeco Energy contient de nombreux essais captivants, que vous pouvez réaliser avec le Fuel Cell Kit.

Les maquettes respectives sont décrites dans les instructions de montage de la boîte Profi Oeco Energy.

## Essais avec Fuel Cell Kit & Profi Oeco Tech

La boîte de construction Profi Oeco Tech montre des essais et maquettes exigeant le Hydro Cell Kit. Ces essais sont également réalisables avec le Fuel Cell Kit. Sauf que vous devez improviser un peu lors du montage de la cellule électrochimique et du module solaire, étant donné que ces pièces disposent d'autres dimensions et possibilités de fixation que les composants de l'Hydro Cell Kit. Consultez la page 77 contenant de plus amples informations.

## Caractéristiques techniques de la cellule électrochimique

En général		Fonctionnement comme électrolyseur	
Température de service	10 à 40 °C	Tension de service	2 à 3 Volts
Température de stockage	5 à 40 °C	Courant de service	400 à 1500 mA
Capacité de stockage d'hydrogène	20 ml	Taux maximal de production d'hydrogène	8 ml / min

Fonctionnement comme cellule électrochimique	
Tension de service	0,5 à 0,9 Volt
Courant de service	600 mA
Puissance nominale	300 mW

## Dépannages

Panne	Cause possible	Remède
Tension élevée insolite lors du raccordement d'une charge à la cellule électrochimique	Couche à la surface du catalyseur	La couche à la surface du catalyseur, qui est destinée à augmenter la tension de sortie initiale de la cellule électrochimique, disparaît après quelques secondes
Génération d'hydrogène faisant défaut ou très lente	Connexion erronée entre les modules solaires et la cellule électrochimique	Contrôler les connexions et les corriger si besoin est
	Luminosité insuffisante	Augmenter la luminosité
	Membrane de la cellule électrochimique trop sèche	Laissez reposer la cellule électrochimique remplie d'eau distillée durant 30 minutes
Faible puissance de la cellule électrochimique	Membrane de la cellule électrochimique trop mouillée	Vider l'eau contenue dans la cellule électrochimique et laisser reposer la cellule ouverte toute une journée

# WAARSCHUWING!

Alleen geschikt voor kinderen vanaf 10 jaar. Het gebruik is alleen toegestaan onder toezicht van volwassenen, die op de hoogte zijn van de in de experimenteerdoos beschreven voorzorgsmaatregelen. Lees de aanwijzingen voor het gebruik door, volg deze op en houd ze binnen handbereik als naslagwerk.

De aanwijzingen voor ouders moeten aangehouden en opgevolgd worden. De verpakking en gebruiksaanwijzing goed bewaren, want deze bevatten belangrijke informatie. Tijdens het experiment ontstaat waterstof. Waterstof kan in combinatie met zuurstof een explosief mengsel vormen. Daarom moeten alle ontstekingsbronnen bij dit experiment verwijderd worden.

## INHOUD

<b>Fuel Cell Kit</b> .....	<b>P. 30</b>
Belangrijke aanwijzing voor het gebruik van de Fuel Cell Kit .....	P. 30
<b>Veiligheidsvoorschriften</b> .....	<b>P. 30</b>
Reglementair gebruik .....	P. 31
<b>Werkingsprincipe van de brandstofcel</b> .....	<b>P. 31</b>
<b>Werking van de brandstofcel</b> .....	<b>P. 32</b>
Brandstofcel met gedestilleerd water vullen.....	P. 32
Waterstof en zuurstof genereren (elektrolyse) .....	P. 33
Elektrische energie genereren.....	P. 35
Brandstofcel buiten gebruik stellen/opslaan .....	P. 35
<b>Bescherming van het milieu</b> .....	<b>P. 35</b>
<b>Aansprakelijkheid</b> .....	<b>P. 35</b>
<b>Experimenten met de Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy</b> .....	<b>P. 36</b>
<b>Experimenten met de Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 36</b>
<b>Technische gegevens van brandstofcellen</b> .....	<b>P. 36</b>
<b>Verhelpen van storingen</b> .....	<b>P. 36</b>
<b>Montagetips voor de Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 77</b>

## Fuel Cell Kit

Hoe werkt een brandstofcel? Hoe kun je daarmee waterstof maken? De Fuel Cell Kit draagt kennis over een wel heel spannend onderwerp over. Met de brandstofcel en de andere modules op zonne-energie kunnen in combinatie met de bouwdoos Profi Oeco Energy heel interessante nieuwe modellen worden gebouwd. Handige hulp daarbij is het didactische boekje in de bouwdoos Profi Oeco Energy. Zo blijft geen vraag onbeantwoord.

### Belangrijke aanwijzing voor het gebruik van de Fuel Cell Kit

Bij de Fuel Cell Kit gaat het om een uitbreidingsset. Om de brandstofcel te kunnen gebruiken en de beschreven experimenten uit deze gebruiksaanwijzing te kunnen uitvoeren, heb je bovendien de bouwdoos Profi Oeco Energy (art.nr. 520400) nodig. Als alternatief kan de bouwdoos Profi Oeco Tech (art.nr. 505284) worden gebruikt.

### Adviezen voor de volwassene die toezicht houdt

- Deze experimenteerdoos is alleen geschikt voor kinderen vanaf 10 jaar.
- De gebruiksaanwijzingen moeten de volwassenen in staat stellen, het experiment met het oog op de geschiktheid voor het betreffende kind te beoordelen.

### Veiligheidsvoorschriften

- Lees de gebruiksaanwijzing voor het begin van het experiment door, volg deze op en houd deze binnen handbereik als naslagwerk.
- Houd de experimenteerdoos uit de buurt van kleine kinderen.
- Geen draden in het stopcontact steken.
- Waarschuwing: De veiligheidsdiode tussen de aansluitingen van de brandstofcel niet verwijderen! Deze voorkomt, dat bij kortsluiting tussen de pluspool (rood) en min-pool (zwart) de brandstofcel onherstelbaar beschadigd wordt of leidingen te heet worden.
- De brandstofcel niet kortsluiten (explosiegevaar)!
- Waarschuwing: Door (schakel-)fouten of ontoelaatbare veranderingen kunnen temperatuurverhogingen ontstaan bij oppervlakken die men aan kan raken, en zo de toegestane grenswaarden overschrijden!
- De brandstofcel mag alleen met een gelijkspanning tot 3V worden gebruikt. In geen geval andere, bijv. 9V-voedingen van fischertechnik, aansluiten.
- De aansluitbussen van de brandstofcel mogen niet worden kortgesloten.
- Door een te hoge spanning of door kortsluiting kan de membraan van de brandstofcel beschadigd raken.

- Genereer geen elektriciteit of waterstof voor andere doeleinden dan die zoals aangegeven in de gebruiksaanwijzing.
- Genereer slechts zo veel waterstof als er in de voorraadcilinder van de brandstofcel past (ca. 20 ml).
- Vermijd het continu opladen van de brandstofcel.

### Reglementair gebruik

De brandstofcel van de Fuel Cell Kit mag uitsluitend voor het aandrijven van fischertechnik-modellen worden gebruikt.

## Werkingsprincipe van de brandstofcel

■ Met een brandstofcel wordt de chemische energie van een brandstof (bijv. waterstof) omgezet in elektrische stroom. Een brandstofcel is dus geen energiereservoir, maar een energieomvormer.

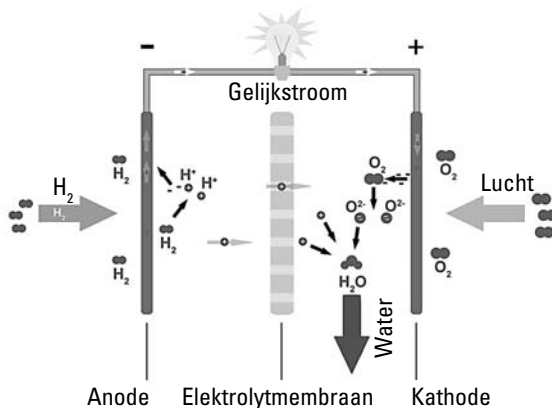
Brandstofcellen worden bijvoorbeeld voor het aandrijven van voertuigen en voor warmte en stroom in huizen gebruikt.

Een brandstofcel bestaat uit twee elektroden (anode en kathode), die door een elektrolytmembraan van elkaar gescheiden zijn.

De elektroden zijn meestal van metaal of van koolstof. Ze zijn voorzien van een katalysatorlaag, zoals bijvoorbeeld platina of palladium.

In de brandstofcel reageren waterstof en zuurstof met elkaar tot water. Door deze reactie ontstaat een elektrische spanning tussen de beide elektroden waarmee dan bijvoorbeeld een elektromotor kan worden aangedreven.

■ Bij de in de Fuel Cell Kit opgenomen brandstofcel gaat het om een zogeheten reversible (omkeerbare) brandstofcel. Dat wil zeggen dat de brandstofcel over de volgende twee functies beschikt:

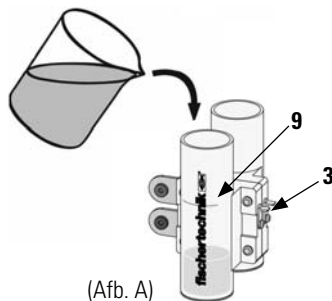


- Enerzijds kan de reversible brandstofcel als een elektrolytische cel worden gebruikt om waterstof en zuurstof uit het gedestilleerde water te genereren. Dit proces noemt men elektrolyse. De waterstof en zuurstof worden opgeslagen in voorraadcilinders.
- Anderzijds kan met de reversible brandstofcel door een reactie van de opgeslagen waterstof met de opgeslagen zuurstof een elektrische energie worden gegenereerd.

## Werking van de brandstofcel

Beschrijving van de brandstofcel (zie afb. 1 op pagina 3).

- 1 Overloopkamer waterstofzijde
- 2 Waterstof-voorraadcilinder
- 3 Stoppen voor ontluuchtingskanalen
- 4 Zuurstofcilinder
- 5 Negatieve bus (zwart)
- 6 Veiligheidsdiode
- 7 Positieve bus (rood)
- 8 Overloopkamer zuurstofzijde
- 9 Vulpeilmarkering



(Afb. A)

### Brandstofcel met gedestilleerd water vullen

Daarvoor zet je de brandstofcel op een plat bordje.

Daarna verwijder je de beide stoppen (3) van de ontluuchtingskanalen. Vul de beide voorraadcilinders tot aan de vulpeilmarkering (9) met gedestilleerd water.

(Zie afb. A)



#### **Doe voorzichtig in verband met mogelijke materiaalschade:**

Leidingwater of andere vloeistoffen brengen permanente schade aan de membraan van de brandstofcel toe.

Bij het vullen van water ontsnapt de lucht in de brandstofcel via de ontluuchtingskanalen. Om ervoor te zorgen dat het water beter om de membraan en de stroomafnemende metalen platen kan stromen, tik je de brandstofcel zachtjes op de tafel.

Vul nog een klein beetje water bij, slechts zo veel tot er water via de ontluuchtingskanalen ontsnapt en het water in de overloopkamers tegelijkertijd tot aan de vulpeilmarkering staat.

Nu kun je de ontluchtungskanalen weer afsluiten met de stoppen. Let er daarbij op, dat geen lucht in de voorraadcilinders wordt ingesloten. Een kleine luchtbel veroorzaakt geen problemen en is te verwaarlozen.

Als de brandstofcel al langere tijd niet meer werd gebruikt, wacht dan ca. 10 minuten, zodat de membraan voldoende doordrenkt wordt.

### Waterstof en zuurstof genereren (elektrolyse)

De brandstofcel mag alleen met een gelijkspanning tussen 1,8 en 3 volt worden gebruikt.



#### **Doe voorzichtig in verband met mogelijke materiaalschade:**

Door een te hoge spanning kan de membraan van de brandstofcel beschadigd raken. De brandstofcel mag in geen geval op een 9 V-voeding van fischertechnik worden aangesloten.

De in de Fuel Cell Kit opgenomen zonne-energiemodule bestaat uit twee zonnecellen die in serie zijn geschakeld. De zonne-energiemodule levert zonder belasting een maximale spanning van 1,0 V. Omdat deze spanning onvoldoende is voor de elektrolyse, heb je een tweede zonne-energiemodule uit de bouwdoos Profi Oeco Energy nodig.

Schakel de beide zonne-energiemodules (art.nr. 146142) in serie en sluit ze aan op de brandstofcel (zie afb. 2 op pagina 3). De beide zonne-energiemodules leveren nu, afhankelijk van de lichtsterkte, een spanning van 1,6 – 2 volt.

**Tip:** Ben je in het bezit van de bouwdoos „Profi Oeco Tech“? Dan kun je de zonnecellen daarvan gebruiken en de zonne-energiemodule van de Fuel Cell Kit. Schakel ze in serie en sluit alles op de brandstofcel aan (1 x zonne-energiemodule art.nr. 136239, 1x zonne-energiemodule art.nr. 146142).

Zodra de zonne-energiemodule door voldoende zonlicht of een geschikte lichtbron worden verlicht, begint het genereren van waterstof en zuurstof. De gassen worden in de desbetreffende voorraadcilinders opgeslagen. Het water wordt in de erboven liggende overloopkamers gedrukt. De brandstofcel is helemaal „opgeladen“, als al het water uit de waterstof-voorraadcilinder (2) in de erboven liggende overloopkamer (1) is gedrukt. Dit proces duurt ca. 15 – 60 minuten, afhankelijk van de sterkte van het licht.

Je kunt de brandstofcel nu loskoppelen van de zonne-energiemodules. Het genereren van waterstof en zuurstof stopt dan.



**Tip:** Wil je het optimale vermogen van de brandstofcel realiseren, spoel dan alle lucht uit de brandstofcel. Ga in dat geval door met het genereren van waterstof, tot ook het laatste water uit de zuurstofcilinder in de erboven liggende overloopkamer is gedrukt.

### Experiment 1:

Meet bij het genereren van waterstof en zuurstof hoeveel waterstof er in een bepaalde tijd wordt gegenereerd. Meet daarvoor de tijd die nodig is om de waterstofcilinder volledig met waterstof te vullen (20 ml waterstof). Controleer welke invloed de lichtsterkte heeft op de benodigde tijd.

Bij een hogere lichtsterkte wordt in dezelfde tijd meer waterstof gegenereerd. Wanneer de lichtsterkte te gering is, wordt geen waterstof gegenereerd.

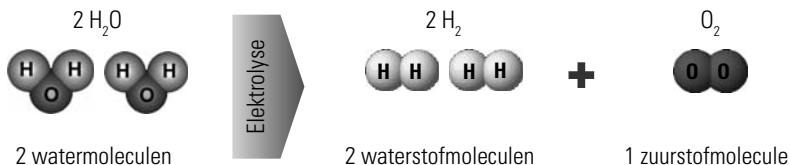
Wanneer je als lichtbron een gloeilamp met 100 W op een afstand van 30 cm tot de zonne-energiemodules gebruikt, duurt het ca. 15 min, tot de waterstofcilinder volledig met gas is gevuld.

### Experiment 2:

Let bij het genereren van waterstof en zuurstof op de verdrongen hoeveelheid water in de beide overloopkamers. Wat zie je?

Er wordt twee keer zo veel waterstof als zuurstof gemaakt. Waarom is dat zo?

Water ( $H_2O$ ) bestaat uit een verbinding van waterstof ( $H_2$ ) en zuurstof ( $O_2$ ). Deze verbindingen noemt men watermoleculen. Een watermolecule bestaat uit twee waterstofatomen en een zuurstofatoom. Als de watermolecule door elektrolyse wordt gescheiden ontstaan dus twee keer zo veel waterstofmoleculen als zuurstofmoleculen.



### Elektrische energie genereren

Zodra er waterstof en zuurstof in de voorraadcilinders zit, reageert dit met elkaar en bij de bussen ontstaat een elektrische spanning van 0,5 tot 0,9 V. De brandstofcel levert een stroomsterkte van 600 mA en heeft een nominaal vermogen van 300 mW.

#### Experiment:

Sluit de in de bouwdoos Profi Oeco Energy (alternatief: Profi Oeco Tech) aanwezige motor (art.nr. 69205) op de bussen van de brandstofcel aan (zie afb. 3, op pagina 3).

Wat zie je?

De motor gaat draaien. Hij wordt aangedreven door de elektrische energie die door de brandstofcel werd gegenereerd.

### Brandstofcel buiten gebruik stellen/opslaan

De brandstofcel niet opbergen wanneer deze nog met water is gevuld.

Verwijder daarom na je experimenten de stoppen van de brandstofcel en giet al het water eruit. Schud de brandstofcel heen en weer om hem helemaal te legen. Daarna laat je hem drogen.

### Bescherming van het milieu:

De elektrische en elektronische onderdelen uit deze bouwdoos (bijv. motoren, lampen, sensoren) horen niet bij het huisvuil. Aan het einde van hun levensduur moeten deze worden ingeleverd bij een verzamelplaats voor de recycling van elektrische en elektronische apparaten. Het symbool op het product, de verpakking of in de handleiding wijst daarop.

### Aansprakelijkheid

De aansprakelijkheid van fischertechnik GmbH voor schade, die wordt veroorzaakt doordat de bouwdoos niet volgens de voorschriften wordt gebruikt, is uitgesloten.

## Experimenten met de Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy

In het begeleidend boekje van de bouwdoos Profi Oeco Energy vind je nog veel meer spannende experimenten, die je met de Fuel Cell Kit kunt doen.

De bijbehorende modellen worden in de bouwhandleiding van Profi Oeco Energy beschreven.

## Experimenten met de Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech

In de bouwdoos Profi Oeco Tech worden experimenten en modellen gebruikt, waarvoor de Hydro Cell Kit nodig is. Deze experimenten kun je ook met de Fuel Cell Kit uitvoeren. Alleen moet je dan bij het inbouwen van de brandstofcel en zonne-energiemodule een beetje improviseren, omdat ze andere afmetingen en bevestigingsmogelijkheden hebben dan de componenten in de Hydro Cell Kit. Meer informatie hierover vindt je op pagina 77.

## Technische gegevens van brandstofcellen

Algemeen		Werking als elektrolytische cel	
Bedrijfstemperatuur	10–40°C	Bedrijfsspanning	2–3 V
Opslagtemperatuur	5–40°C	Stroomsterkte	400–1.500 mA
Opslagcapaciteit voor waterstof	20 ml	Maximale waterstofproductie	8 ml/min

Werking als brandstofcel	
Bedrijfsspanning	0,5–0,9 V
Stroomsterkte	600 mA
Nom. vermogen	300 mW

## Verhelpen van storingen

Storing	Mogelijke oorzaak	Remedie
Ongewoon hoge spanning, als een last op de brandstofcel wordt aangesloten.	Laag aan het oppervlak van de katalysator	De laag aan het oppervlak van de katalysator, die de beginnende uitgangsspanning van de brandstofcel verhoogt, verdwijnt na een paar seconden
Er wordt geen of heel langzaam waterstof gemaakt	Onjuiste verbinding tussen zonne-energiemodules en brandstofcel	Verbindingen controleren en evt. aanpassen
	Lichtsterkte te gering	Verhoging van de lichtsterkte
	Membraan van de brandstofcel is te droog	De met gedestilleerd water gevulde brandstofcel 30 minuten lang laten staan
Gering vermogen van de brandstofcel	Membraan van de brandstofcel is te nat	Water uit de brandstofcel gieten en de brandstofcel een dag lang open laten staan

**¡ADVERTENCIA!** Solo para el uso por niños a partir de 10 años. Uso solo bajo la supervisión de adultos, que se hayan familiarizado con las medidas de precaución descritas en la caja de experimentación. Lee estas instrucciones antes de iniciar el ensayo, cúmplelas y tenlas a mano para consultas.

Las instrucciones para los padres están incluidas y deben ser observadas. Guardar el embalaje y las instrucciones debido a que contienen información importante. Durante el experimento se genera hidrógeno. El hidrógeno combinado con el oxígeno puede generar una mezcla explosiva. Por esta razón, antes del experimento se deben retirar todas las fuentes de ignición.

## CONTENIDO

<b>Fuel Cell Kit</b> .....	<b>P. 38</b>
Indicación importante para el empleo del Fuel Cell Kit .....	P. 38
<b>Reglas de seguridad</b> .....	<b>P. 38</b>
Uso conforme al empleo previsto.....	P. 39
<b>Principio de funcionamiento de la célula de combustible</b> .....	<b>P. 39</b>
<b>Servicio de la célula de combustible</b> .....	<b>P. 40</b>
Cargar la célula de combustible con agua destilada .....	P. 40
Generar hidrógeno y oxígeno (electrólisis) .....	P. 41
Generar energía eléctrica .....	P. 43
Poner la célula de combustible fuera de servicio / almacenar .....	P. 43
<b>Indicaciones sobre la protección del medio ambiente</b> .....	<b>P. 43</b>
<b>Responsabilidad</b> .....	<b>P. 43</b>
<b>Ensayos con Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 44</b>
<b>Ensayos con Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 44</b>
<b>Datos técnicos de la célula de combustible</b> .....	<b>P. 44</b>
<b>Eliminación de anomalías</b> .....	<b>P. 44</b>
<b>Sugerencias de montaje para Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>P. 77</b>

## Fuel Cell Kit

¿Como funciona una célula de combustible? ¿Como se puede generar hidrógeno con ella? El Fuel Cell Kit transmite conocimientos alrededor de este apasionante tema. Con la célula de combustible y el otro módulo solar, se pueden construir en combinación con el kit de construcción Profi Oeco Energy interesantes modelos adicionales. La ayuda la ofrece el cuaderno didáctico adjunto en el kit de construcción Profi Oeco Energy. De este modo no queda ninguna pregunta sin respuesta.

### Indicación importante para el empleo del Fuel Cell Kit

En el caso del Fuel Cell Kit se trata de un kit de ampliación. Para operar la célula de combustible y reproducir los ensayos descritos de este manual de instrucciones, se necesita adicionalmente el kit de construcción Profi Oeco Energy (Art.nº 520400). Alternativamente se puede emplear asimismo el kit de construcción Profi Oeco Tech (Art.nº 505284).

### Consejos de supervisión para adultos

- Esta caja de experimentación solo está determinada para niños mayores de 10 años.
- Las instrucciones deben facultar al adulto de evaluar el experimento con miras a su adecuación para el niño afectado.

### Reglas de seguridad

- Lee estas instrucciones antes de iniciar el ensayo, cúmplelas y tenlas a mano para consultas.
- Guarda la caja de experimentación fuera del alcance de niños pequeños.
- No introducir alambres en la caja de enchufe.
- Advertencia: ¡No quitar el diodo de protección entre las conexiones de la célula de combustible! Este impide que en caso de cortocircuito entre el polo positivo (rojo) y el polo negativo (negro) la célula de combustible se destruya o los conductores se caliente en exceso.
- ¡No poner la célula de combustible en cortocircuito (peligro de explosión)!
- Advertencia: ¡Debido a errores (de circuito) o modificaciones inadmisibles, los incrementos de temperatura en superficies de contacto pueden sobrepasar los valores límite admisibles!
- La célula de combustible sólo puede ser operada con un tensión continua hasta 3V. Bajo ningún concepto conectar otros suministros de energía, p. ej. 9V-fischertechnik.
- Las hembrillas de conexión de la célula de combustible no pueden ser puestas en cortocircuito.
- Debido a una tensión demasiado elevada o por un cortocircuito se puede destruir la célula de combustible.

- No generes electricidad o hidrógeno para otros fines que los indicados en el manual de instrucciones.
- Genera o almacena solo tanto hidrógeno como el que cabe en el cilindro acumulador de la célula de combustible (aprox. 20 ml).
- Evita una carga continua de la célula de combustible.

### Uso conforme al empleo previsto

La célula de combustible del Fuel Cell Kit puede ser empleada exclusivamente para el servicio de modelos fischertechnik.

## Principio de funcionamiento de la célula de combustible

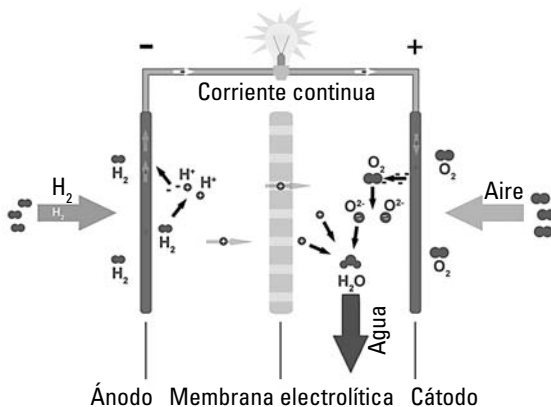
■ Con una célula de combustible se convierte la energía química de un combustible (p. ej. hidrógeno) en corriente eléctrica. Una célula de combustible no es entonces un acumulador de energía sino un convertidor de energía.

Las células de combustible se emplean por ejemplo para la tracción de vehículos y para el suministro de corriente y calor de casas.

Una célula de combustible está constituida de dos electrodos (ánodo y cátodo), los cuales están separados entre sí por una membrana electrolítica.

Los electrodos están constituidos en la mayoría de los casos de metal o carbono. Están revestidos con un catalizador, por ejemplo con platino o paladio.

En la célula de combustible reaccionan hidrógeno y oxígeno en agua. Debido a esta reacción se genera una tensión eléctrica entre ambos electrodos, con la que por ejemplo se puede accionar un motoreléctrico.



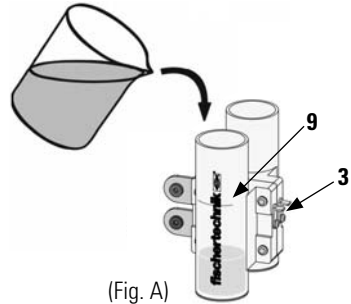
■ En la célula de combustible contenida en el Hydro Cell Kit se trata de una así llamada célula de combustible reversible. Esto significa, que la célula de combustible posee las siguientes dos funciones:

- Por una parte la célula de combustible reversible puede ser empleada como un así llamado electrolizador, para generar a partir de agua destilada, hidrógeno y oxígeno. Este procedimiento se lo conoce como electrólisis. El hidrógeno y el oxígeno se almacena en cilindros acumuladores.
- Por otra parte, con la célula de combustible reversible se puede generar energía eléctrica a través de la reacción del hidrógeno almacenado con el oxígeno almacenado.

## Servicio de la célula de combustible

Descripción sobre la célula de combustible (véase fig. 1 en página 3).

- 1 Cámara de desbordamiento Lado de hidrógeno
- 2 Cilindro acumulador de hidrógeno
- 3 Tapones para canales de ventilación
- 4 Cilindro acumulador de oxígeno
- 5 Hembrilla negativa (negra)
- 6 Diodo de protección
- 7 Hembrilla positiva (roja)
- 8 Cámara de desbordamiento Lado de oxígeno
- 9 Marcación de nivel de llenado



(Fig. A)

### Cargar la célula de combustible con agua destilada

Para ello colocas la célula de combustible sobre un plato llano.

A continuación extraes ambos tapones (3) de los canales de ventilación. Llena ambos cilindros acumuladores con agua destilada hasta la marca de nivel (9).

(Véase fig. A)



#### Precaución, daño de material posible:

Agua de grifo u otros líquidos le confieren daños permanentes a las membranas de la célula de combustible.

El aire en la célula de combustible se escapa a través de los canales de ventilación al cargar el agua. Para que el agua pueda fluir mejor alrededor de la membrana y las placas de metal de extracción de corriente, golpea ligeramente la célula de combustible sobre la mesa.

Agrega aún un poco de agua, solo la suficiente hasta que de los canales de ventilación se escape agua y simultáneamente el agua alcance hasta la marcación de nivel de llenado en las cámaras de desbordamiento.

Ahora puedes volver a cerrar los canales de ventilación con los tapones. Observa en este caso, que no quede nada de aire ocluido en el cilindro acumulador. Una pequeña burbuja de aire no causa problemas y puede ser desestimada.

En caso que la célula de combustible hace tiempo que no haya sido utilizada, aguarda unos 10 minutos, para que la membrana se impregne suficientemente.

### Generar hidrógeno y oxígeno (electrólisis)

La célula de combustible debe ser alimentada con una tensión continua entre 1,8 y 3 Volt.



#### Precaución, daño de material posible:

Debido a una tensión demasiado elevada se puede destruir la membrana de la célula de combustible. Bajo ningún concepto, la célula de combustible puede ser conectada a un suministro de corriente 9 V fischertechnik.

El módulo solar contenido en el Fuel Cell Kit está constituido de dos celdas solares, conectadas en serie. El módulo solar suministra sin carga como máximo una tensión de 1,0 V. Debido a que esta tensión no es suficiente para la electrólisis, necesitas adicionalmente otro módulo solar del kit de construcción Profi Oeco Energy.

Conecta ambos módulos solares (Art.º 146142) en serie y conéctalos a la célula de combustible (véase fig. 2 en página 3). Ambos módulos solares suministran ahora según la intensidad de luz, una tensión de 1,6 – 2 Volt.

**Sugerencia:** ¿Posees el kit de construcción "Profi Oeco Tech"? Entonces puedes emplear estas celdas solares y el módulo solar del Fuel Cell Kit. Conéctalos en serie y conecta todo a la célula de combustible (1 x módulo solar Art.º 136239, 1x módulo solar Art.º 146142).

En el momento que los módulos solares se iluminan con suficiente luz solar o una fuente apropiada de luz, comienza la generación de hidrógeno y oxígeno. Los gases se almacenan en los correspondientes cilindros de acumulación. El agua se presiona a las cámaras de desbordamiento ubicadas sobre ellos.

La célula de combustible estará completamente "cargada", cuando la totalidad de agua del cilindro acumulador de hidrógeno (2) se haya presionado a la cámara de desbordamiento (1) ubicada sobre él. Este procedimiento demora aprox. 15 – 60 minutos, de acuerdo a la intensidad de iluminación.

Ahora puedes desconectar la célula de combustible de los módulos solares. De este modo se detiene la generación de hidrógeno y oxígeno.



**Sugerencia:** Si quieres alcanzar una prestación óptima de la célula de combustible, barre la totalidad del aire de la misma. Para ello continúa con la generación de hidrógeno, hasta que también lo último de agua haya sido presionado del cilindro acumulador de oxígeno a la cámara de desbordamiento ubicada sobre él.

### Ensayo 1:

Al generar hidrógeno y oxígeno, mide cuando hidrógeno se genera en un determinado tiempo. Mide para ello el tiempo necesario para llenar completamente el cilindro de acumulación con hidrógeno (20 ml de hidrógeno). Comprueba que influencia tiene la intensidad de luz sobre el tiempo necesario.

Con una gran intensidad de luz se genera más hidrógeno en el mismo tiempo. Cuando la intensidad de luz es muy reducida, no se genera hidrógeno.

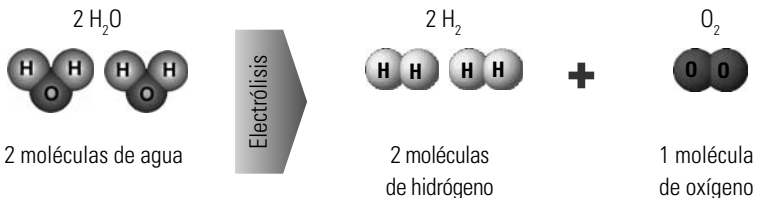
Si empleas como fuente de luz una bombilla incandescente con 100 W a una distancia de 30 cm a los módulos solares, tarda aproximadamente 15 min, hasta que el cilindro acumulador de hidrógeno esté completamente lleno de gas.

### Ensayo 2:

Observa al generar hidrógeno y oxígeno las cantidades la cantidad de agua desplazada en ambas cámaras de desbordamiento. ¿Que es lo que puedes observar?

Se genera el doble de hidrógeno que de oxígeno. ¿Por qué esto es así?

El agua ( $H_2O$ ) está constituida de una combinación de hidrógeno ( $H_2$ ) y oxígeno ( $O_2$ ). Estas combinaciones se les llama moléculas de agua. Una molécula de agua está constituida de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Cuando en la electrólisis la molécula se separa se generan el doble de moléculas de hidrógeno que moléculas de oxígeno.



### Generar energía eléctrica

En el momento que el hidrógeno y el oxígeno se encuentran en el cilindro acumulador, estos reaccionan entre sí y en las hembrillas se genera una tensión eléctrica de 0,5 a 0,9 V. La célula de combustible suministra una corriente de 600 mA y posee una potencia nominal de 300 mW.

#### Ensayo:

Conecta el motor contenido en el kit de construcción Profi Oeco Energy (alternativamente: Profi Oeco Tech) (Art.nº 69205) a las hembrillas de la célula de combustible (véase fig. 3, en página 3).

¿Qué es lo que observas?

El motor gira. Está siendo accionado a través de la energía eléctrica generada por la célula de combustible.

### Poner la célula de combustible fuera de servicio / almacenar

La célula de combustible no debe ser guardada llena de agua.

Por esta razón, tras tus ensayos, retira los tapones de la célula de combustible, vuelca el agua. Sacude en este caso la célula de combustible para vaciarla completamente. A continuación deja que se seque.

### Indicaciones sobre la protección del medio ambiente:

Los componentes eléctricos y electrónicos de este kit de construcción (p. ej. motores, lámparas, sensores) no pueden ser eliminados como residuos domésticos. Al final de su vida útil deben ser entregados en un punto de recolección para el reciclado de dispositivos eléctricos y electrónicos.

El símbolo sobre el producto, el embalaje o las instrucciones hacen referencia a ello.

### Responsabilidad

Está descartada una responsabilidad por parte de fischertechnik GmbH por daños que resulten del hecho que el kit de construcción no ha sido utilizado conforme al empleo previsto.

## Ensayos con Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy

En el cuaderno adjunto al kit de construcción Profi Oeco Energy puedes encontrar muchos ensayos interesantes, que puedes realizar con tu Fuel Cell Kit.

Los modelos que pertenecen a ello están descritos en las instrucciones de construcción de Profi Oeco Energy.

## Ensayos con Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech

En el kit de construcción Profi Oeco Tech se muestran ensayos y modelos necesarios para el Hydro Cell Kit. Estos ensayos también los puedes realizar con el Fuel Cell Kit. No obstante para el montaje de la célula de combustible y el módulo solar debes improvisar un poco, dado que estos tienen otras medidas y posibilidades de fijación que los componentes en el Hydro Cell Kit. Otras informaciones para ello las encontrarás en la página 77.

## Datos técnicos de la célula de combustible

Generalidades		Servicio como electrolizador	
Temperatura de servicio	10–40 °C	Tensión de servicio	2–3 V
Temperatura de almacenaje	5–40 °C	Tensión de servicio	400–1500 mA
Capacidad de acumulación de hidrógeno	20 ml	Tasa de producción máxima de hidrógeno	8 ml / min

Servicio como célula de combustible	
Tensión de servicio	0,5–0,9 V
Tensión de servicio	600 mA
Potencia nominal	300 mW

## Eliminación de anomalías

Anomalía	Posible causa	Eliminación de anomalías
Tensión anormalmente elevada cuando se conecta una carga a la célula de combustible	Capa en la superficie del catalizador	La capa en la superficie del catalizador, la cual eleva la tensión de salida inicial de la célula de combustible, desaparece tras pocos segundos
Ninguna generación de hidrógeno o muy lenta	Conexión errónea entre módulos solares y célula de combustible	Comprobar conexiones y en caso dado corregir
	Intensidad de luz insuficiente	Incrementar la intensidad de luz
	La membrana de la célula de combustible está demasiado seca	Deja la célula de combustible llena con agua destilada durante 30 minutos
Reducida potencia de la célula de combustible	La membrana de la célula de combustible está demasiado mojada	Volcar agua de la célula de combustible y dejar esta última abierta durante un día entero.

# ADVERTÊNCIA!

Somente para ser utilizado por crianças com mais de 10 anos. O uso somente deve ocorrer com a vigilância exata de adultos, que tenham compreendido as medidas de precaução descritas na caixa de experimentos. Leia as instruções antes do uso, observa-as e mantenha-as sempre à mão para verificação.

As instruções para os pais estão incluídas e devem ser observadas. Guarda a embalagem e o manual, pois eles contêm informações importantes. Durante os experimentos é formado hidrogênio. O hidrogênio pode formar uma mistura explosiva com o oxigênio do ar. Por isso, devem ser removidas, antes do experimento, todas as fontes de ignição.

## ÍNDICE

<b>Fuel Cell Kit</b> .....	<b>p. 46</b>
Aviso importante para o uso do Fuel Cell Kit .....	p. 46
<b>Normas de segurança</b> .....	<b>p. 46</b>
Uso conforme o especificado .....	p. 47
<b>Princípio de funcionamento da célula a combustível</b> .....	<b>p. 47</b>
<b>Funcionamento da célula a combustível</b> .....	<b>p. 48</b>
Preencher a célula a combustível com água destilada.....	p. 48
Gerar hidrogênio e oxigênio (eletrolise) .....	p. 49
Gerar energia elétrica.....	p. 51
Colocar a célula a combustível fora de funcionamento/guardar a célula .....	p. 51
<b>Avisos sobre proteção ambiental</b> .....	<b>p. 51</b>
<b>Responsabilidade</b> .....	<b>p. 51</b>
<b>Experimentos com Fuel Cell Kit e Profi Oeco Energy</b> .....	<b>p. 52</b>
<b>Experimentos com Fuel Cell Kit e Profi Oeco Tech</b> .....	<b>p. 52</b>
<b>Dados técnicos da célula de combustível</b> .....	<b>p. 52</b>
<b>Eliminação de falhas</b> .....	<b>p. 52</b>
<b>Dicas de montagem para o Fuel Cell Kit e Profi Oeco Tech</b> .....	<b>p. 77</b>

## Fuel Cell Kit

Como funciona uma célula a combustível? Como é possível gerar hidrogênio? O Fuel Cell Kit transmite conhecimento sobre este assunto eletrizante. Com a célula a combustível e os outros módulos solares podem ser montados, em conexão com o módulo Profi Oeco Energy, modelos adicionais interessantes. Ajuda é oferecida pelo folheto didático no módulo Profi Oeco Energy. Assim, não fica em aberto nenhuma pergunta.

### Aviso importante para o uso do Fuel Cell Kit

No caso do Fuel Cell Kit, trata-se de um conjunto suplementar. Para operar a célula a combustível e construir os experimentos descritos nestas Instruções de Operação, é necessário, adicionalmente, o módulo Profi Oeco Energy (art.no. 520400). Alternativamente, pode ser utilizado, também, o módulo Profi Oeco Tech (art.no. 505284).

## Conselhos para os adultos vigilantes

- Essa caixa de experimentos é determinada somente para crianças com mais de 10 anos.
- As instruções devem capacitar os adultos a avaliar o experimento em relação à sua adequação para a criança pertinente.

## Normas de segurança

- Leia essa instrução antes do início do experimento, observa-as e mantenha-as sempre à mão para verificação.
- Guarda a caixa de experimentos fora do alcance de crianças pequenas.
- Os fios não devem ser inseridos em tomadas.
- Alerta: Não remover o diodo de proteção entre as conexões da célula a combustível! Ele evita que em caso de curto-circuito entre o polo positivo (vermelho) e o polo negativo (preto), a célula a combustível seja destruída ou os condutores fiquem muito aquecidos.
- Não curto-circuitar a célula a combustível (perigo de explosão)!
- Alerta: Através de erros de conexão ou alterações inadmissíveis, os aumentos de temperatura podem exceder os valores limite admissíveis em superfícies em contato!
- A célula a combustível somente deve ser operada com uma tensão contínua de até 3V. De maneira nenhuma, conectar, p. ex., as alimentações de corrente elétrica fischertechnik de 9V.
- Os plugues de conexão da célula a combustível não devem ser curto-circuitadas.
- Devido a uma tensão muito alta ou devido a um curto-circuito, a membrana da célula a combustível pode ser destruída.

- Não gere nenhuma eletricidade ou hidrogênio para outros fins do que o indicado nas Instruções de Operação.
- Gere ou armazene somente a quantidade de hidrogênio que o cilindro acumulador da célula a combustível (aprox. 20 ml) comportar.
- Evite uma carga contínua da célula a combustível.

### Uso conforme o especificado

A célula a combustível do Fuel Cell Kit deve ser empregada exclusivamente para o funcionamento de modelos da fischertechnik.

## Princípio de funcionamento da célula a combustível

■ Com a célula a combustível, a energia química de um material combustível (p.ex. hidrogênio) é transformada em corrente elétrica. Uma célula a combustível não é, assim, nenhum acumulador de energia, mas sim um transformador de energia.

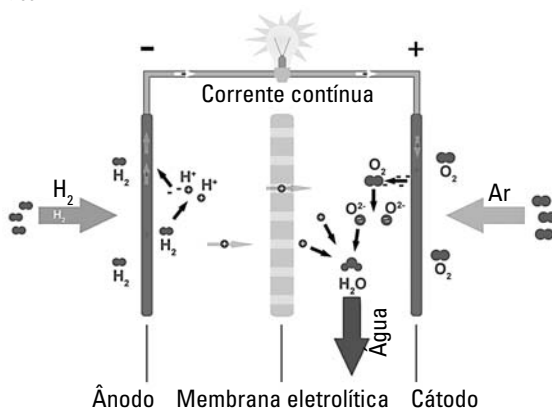
Células a combustível são utilizadas, por exemplo, para o acionamento de veículos e para a alimentação de calor e eletricidade de casas.

Uma célula a combustível é constituída de dois eletrodos (ânodo e cátodo), que são separados um do outro através de uma membrana eletrolítica.

Os eletrodos são constituídos, na maioria das vezes, de metal ou carvão. Eles são revestidos com um catalisador, por exemplo, com platina ou com paládio.

Dentro da célula a combustível, hidrogênio e oxigênio reagem para formar água. Através desta reação é originada uma tensão elétrica entre os dois eletrodos, com o qual pode ser acionado, por exemplo, um motor elétrico.

■ No caso da célula a combustível incluída no Fuel Cell Kit, trata-se de uma denominada célula a combustível reversível. Isto significa que a célula a combustível possui as seguintes duas funções:

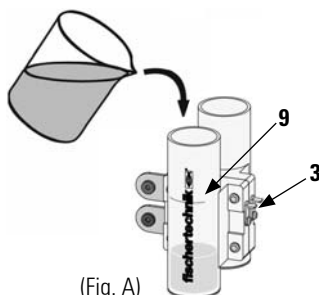


- Por um lado, a célula a combustível reversível pode ser utilizada como um denominado aparelho de eletrólise, para gerar hidrogênio e oxigênio a partir de água destilada. Este processo é denominado eletrólise. O hidrogênio e o oxigênio são armazenados em cilindros acumuladores.
- Por outro lado, pode ser gerada energia elétrica com a célula a combustível reversível através da reação do hidrogênio acumulado com o oxigênio acumulado.

## Funcionamento da célula a combustível

Descrição sobre a célula a combustível (ver a fig.1 na página 3).

- 1 Câmara de extravasamento lado do hidrogênio
- 2 Cilindro acumulador de hidrogênio
- 3 Bujões para canais de purga
- 4 Cilindro acumulador de oxigênio
- 5 Plugue negativo (preto)
- 6 Díodo de proteção
- 7 Plugue positivo (vermelho)
- 8 Câmara de extravasamento lado do oxigênio
- 9 Marca de nível



(Fig. A)

### Preencher a célula a combustível com água destilada

Para isso, coloque a célula a combustível sobre um prato plano.

A seguir, remova ambos os bujões (3) dos canais de purga. Preencha ambos os cilindros acumuladores até a marca de nível (9) com água destilada.

(Ver fig. A)



#### Cuidado, danos materiais possíveis:

Água da torneira ou outros líquidos causam danos irreversíveis na membrana da célula a combustível.

O ar na célula a combustível se esvai quando do enchimento da água através dos canais de purga. Para que a água possa fluir melhor ao redor da membrana e das placas metálicas receptoras de corrente, bata levemente a célula a combustível sobre a mesa.

Adicione ainda um pouco de água, somente o bastante até que a água saia dos canais de purga e, simultaneamente, a água atinja até a marca de nível nas câmaras de extravasamento.

Agora, você pode fechar novamente os canais de purga com os bujões. Observar, nesta ocasião, para que nenhum ar fique ocluído nos cilindros acumuladores. Uma pequena bolha de ar não ocasiona nenhum problema e pode ser negligenciada.

Caso a célula a combustível não tenha sido usada a muito tempo, esperar aprox. 10 minutos para que a membrana seja embebida suficientemente.

### Gerar hidrogênio e oxigênio (eletrólise)

A célula a combustível deve ser alimentada com uma tensão contínua entre 1,8 e 3 Volt.



#### Cuidado, danos materiais possíveis:

Através de uma tensão muito elevada, a membrana da célula a combustível pode ser destruída. A célula a combustível não deve ser conectada, de maneira nenhuma, numa alimentação de corrente elétrica fischertechnik de 9V.

O módulo solar incluído no Fuel Cell Kit é constituído de duas células solares, que estão conectadas em série. O módulo solar fornece sem sobrecarga, no máximo, uma tensão de 1,0 V. Como esta tensão não é suficiente para a eletrólise, você irá necessitar um módulo solar adicional do módulo Profi Oeco Energy.

Conectar ambos os módulos solares (art.no. 146142) em série e conectá-los na célula a combustível (ver a fig. 2 na página 3). Os dois módulos solares fornecem agora, dependendo da intensidade luminosa, uma tensão de 1,6 – 2 Volt.

**Dica:** Você possui o módulo „Profi Oeco Tech“? Então você pode utilizar as suas células solares e o módulo solar do Fuel Cell Kit. Conecte as células em série e conecte tudo na célula a combustível (1 módulo solar, art.no. 136239, 1 módulo solar, art.no. 146142).

Logo que os módulos solares sejam iluminadas com luz solar suficiente ou uma fonte de luz adequada, inicia a geração de hidrogênio e oxigênio. Os gases são armazenados nos cilindros acumuladores correspondentes. A água é comprimida para as câmaras de extravasamento opostas.

A célula a combustível é completamente „carregada“, quando toda a água tiver sido expulsa do cilindro acumulador de hidrogênio (2), indo para a câmara de extravasamento (1) oposta. Este processo dura aprox. 15 – 60 minutos, dependendo da intensidade da iluminação.

Agora, poderá separar a célula a combustível dos módulos solares. A geração de hidrogênio e oxigênio é, com isso, paralisada.



**Dica:** Se você quiser atingir a potência ideal da célula a combustível, expulse todo o ar da célula a combustível. Continue, para isso, com a geração de hidrogênio, até que a última água tenha sido expulsa do cilindro acumulador de oxigênio para a câmara de extravasamento oposta.

### Experimento 1:

Mensurar, quando da geração de hidrogênio e oxigênio, quanto hidrogênio foi gerado num determinado período de tempo. Meça, além disso, o tempo necessário para que o cilindro acumulador de hidrogênio seja completamente preenchido com hidrogênio (20ml de hidrogênio). Observe qual a influência que a intensidade de luz exerce sobre o tempo necessário.

Quando de uma alta intensidade de luz é gerado mais hidrogênio no mesmo período de tempo. Quando a intensidade de luz é muito reduzida, não é gerado nenhum hidrogênio.

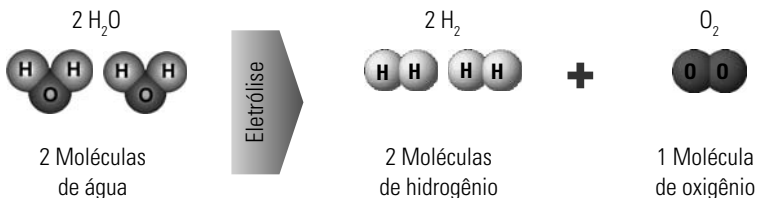
Quando utilizar como fonte de luz uma lâmpada incandescente de 100 W a uma distância de 30 cm dos módulos solares, demora aprox. 15 min até que o cilindro acumulador de hidrogênio seja completamente preenchido de gás.

### Experimento 2:

Observe a quantidade de água expulsa em ambas as câmaras de extravasamento durante a geração de hidrogênio e oxigênio. O que pode observar?

É gerado duas vezes mais hidrogênio do que oxigênio. Por que isto é assim?

A água ( $H_2O$ ) é constituída de ligações de hidrogênio ( $H_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ). Estas ligações são denominadas moléculas de água. A molécula de água é constituída de dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio. Quando a molécula, na eletrólise, for separada, são formadas duas vezes mais moléculas de hidrogênio do que de oxigênio.



### Gerar energia elétrica

Logo que se encontraram nos cilindros acumuladores hidrogênio e oxigênio, estes dois reagem entre si e nos plugues é estabelecida uma tensão elétrica de 0,5 a 0,9 V. A célula a combustível fornece uma corrente de 600 mA e possui uma potência nominal de 300 mW.

#### Experimento:

Utilizando o módulo Profi Oeco Energy (alternativa: Profi Eco Tech), conectar o motor (art.no. 69205) nos plugues da célula a combustível (ver a fig. 3, na página 3).

O que observa?

O motor gira. Ele é acionado pela energia elétrica gerada pela célula a combustível.

### Colocar a célula a combustível fora de funcionamento/guardar a célula

A célula a combustível não deve ser guardada cheia de água.

Por isso, remover, após os experimentos, os bujões da célula a combustível e verter a água fora. Sacudir, nesta ocasião, a célula a combustível para a esvaziar completamente. A seguir, deixá-la secar.

### Avisos para a proteção ambiental:

Os componentes elétricos e eletrônicos deste módulo (p. ex., motores, lâmpadas, sensores) não pertencem ao lixo doméstico. Eles devem, no final da sua vida útil, ser entregues a um ponto de coleta para a reciclagem de aparelhos elétricos e eletrônicos.

O símbolo sobre o produto, a embalagem ou o manual indicam sobre isso.

### Responsabilidade

Uma responsabilidade da fischertechnik GmbH por danos, que resultem de que os módulos não foram utilizados conforme o seu uso para o fim especificado, é excluída.

## Experimentos com Fuel Cell Kit e Profi Oeco Energy

No folheto para os módulos Profi Oeco Energy poderá encontrar muitos outros experimentos interessantes, que poderá executar com o Fuel Cell Kit.

Os modelos a ele pertencentes são descritos no manual de montagem do Profi Oeco Energy.

## Experimentos com Fuel Cell Kit e Profi Oeco Tech

No módulo Profi Oeco Tech são indicados experimentos e modelos para os quais é necessário o Hydro Cell Kit. Você pode executar esses experimentos também com o Fuel Cell Kit. Entretanto, você terá que improvisar um pouco na montagem da célula a combustível e do módulo solar, pois esses possuem outras dimensões e possibilidades de fixação do que os componentes no Hydro Cell Kit. Maiores informações, você irá encontrar na página 77.

## Dados técnicos da célula de combustível

Generalidades		Operação como dispositivo de eletrólise	
Temperatura de serviço	10 – 40 °C	Tensão de serviço	2 – 3 V
Temperatura de armazenamento	5 – 40 °C	Corrente de serviço	400 – 1500 mA
Capacidade de armazenamento de hidrogênio	20 ml	Taxa máxima de produção de hidrogênio	8 ml / min

### Funcionamento como célula a combustível

Tensão de serviço	0,5 – 0,9 V
Corrente de serviço	600 mA
Potência nominal	300 mW

## Eliminação de falhas

Falha	Possíveis causas	Solução
Alta tensão incomum quando uma carga for conectada na célula a combustível.	Camada na superfície do catalisador.	A camada na superfície do catalisador, que aumenta a tensão de saída inicial da célula a combustível, desaparece depois de uns poucos segundos.
Nenhuma ou muito lenta geração de hidrogênio.	Ligação incorreta entre os módulos solares e a célula a combustível.	Verificar as ligações e, caso necessário, corrigir.
	Intensidade da luz muito reduzida.	Aumento da intensidade da luz.
	A membrana da célula a combustível está muito seca.	Deixar a célula a combustível preenchida com água destilada por 30 minutos.
Potência reduzida da célula a combustível.	A membrana da célula a combustível está muito molhada.	Verter a água da célula a combustível e deixar a célula aberta por um dia.

**AVVISO!** Da utilizzare solo da bambini superiori ai 10 anni. Impiego solo sotto il controllo attento di adulti che si siano familiarizzati con le precauzioni descritte nella cassetta di sperimentazione. Leggi le istruzioni prima dell'uso, rispettatele e tienile a portata di mano per poterle consultare in caso di bisogno.

Le istruzioni per i genitori sono allegate e devono essere rispettate. Conservare l'imballo e le istruzioni poiché contengono informazioni importanti. Durante l'esperimento si sviluppa idrogeno. L'idrogeno insieme all'ossigeno dell'aria può produrre una miscela esplosiva. Si raccomanda quindi di allontanare tutte le fonti di accensione prima dell'esperimento.

## INDICE

<b>Fuel Cell Kit .....</b>	<b>pag. 54</b>
Avvertenza importante sull'uso di Fuel Cell Kit .....	pag. 54
<b>Regole di sicurezza .....</b>	<b>pag. 54</b>
Impiego appropriato .....	pag. 55
<b>Principio di funzionamento della cella di carburante .....</b>	<b>pag. 55</b>
<b>Impiego della cella di carburante.....</b>	<b>pag. 56</b>
Riempimento della cella di carburante con acqua distillata .....	pag. 56
Produzione di idrogeno e ossigeno (elettrolisi) .....	pag. 57
Produzione di energia elettrica.....	pag. 59
Messa fuori servizio / stoccaggio della cella di carburante .....	pag. 59
<b>Indicazioni per la tutela ambientale .....</b>	<b>pag. 59</b>
<b>Responsabilità .....</b>	<b>pag. 59</b>
<b>Esperimenti con Fuel Cell Kit e Profi Oeco Energy .....</b>	<b>pag. 60</b>
<b>Esperimenti con Fuel Cell Kit e Profi Oeco Tech .....</b>	<b>pag. 60</b>
<b>Dati tecnici della cella di carburante .....</b>	<b>pag. 60</b>
<b>Eliminazione guasti .....</b>	<b>pag. 60</b>
<b>Consigli per il montaggio di Fuel Cell Kit e Profi Oeco Tech .....</b>	<b>pag. 77</b>

## Fuel Cell Kit

Come funziona una cella di carburante? Come si può generare idrogeno da essa? Il Fuel Cell Kit fornisce le conoscenze inerenti a questo interessante argomento. La cella di carburante e il modulo solare possono essere utilizzati in combinazione con il set di costruzione Profi Oeco Energy per realizzare molti modelli interessanti. Risulta utile il libretto didattico delle attività contenuto nel set di costruzione Profi Oeco Energy. In tal modo vengono chiarite tutte le domande che possono insorgere.

### **Avvertenza importante sull'uso di Fuel Cell Kit**

Fuel Cell Kit è un kit di espansione. Per far funzionare la cella di carburante e ricostruire gli esperimenti descritti nel presente manuale di istruzioni, occorre anche il set di costruzione Profi Oeco Energy (cod. prod. 520400). In alternativa si può usare anche il set di costruzione Profi Oeco Tech (cod. prod. 505284).

## Consigli per gli adulti che sorvegliano

- Questa cassetta di sperimentazione deve essere utilizzata solo da bambini superiori ai 10 anni.
- I manuali devono consentire all'adulto di saper valutare l'esperimento in merito alla sua adeguatezza per il bambino in questione.

## Regole di sicurezza

- Leggi le presenti istruzioni prima di iniziare l'esperimento, rispettatele e tienile a portata di mano per poterle consultare in caso di bisogno.
- Conserva la cassetta di sperimentazione lontano dalla portata dei bambini piccoli.
- Non introdurre i fili nella presa di corrente.
- Avviso: non togliere il diodo di protezione posto tra le connessioni della cella di carburante! Essi serve a impedire che, in caso di cortocircuito tra il terminale positivo (rosso) e il terminale negativo (nero), venga distrutta la cella di carburante o si surriscaldino i fili.
- Non cortocircuitare la cella di carburante (pericolo di esplosione)!
- Avviso: errori (di cablaggio) o modifiche non consentite possono fare aumentare oltre i limiti ammessi la temperatura delle superfici che si possono toccare!
- La cella di carburante deve essere alimentata solo con una tensione continua fino a 3V. Non eseguire assolutamente l'allacciamento ad altri alimentatori ad es. alimentatori fischertechnik da 9V.
- I connettori della cella di carburante non si devono cortocircuitare.

- Una tensione troppo elevata o un cortocircuito possono distruggere la membrana della cella di carburante.
- Non generare elettricità e idrogeno per scopi diversi da quelli descritti nel manuale di istruzioni.
- Genera o accumula solo la quantità di idrogeno che può contenere il cilindro di accumulo della cella di carburante (ca. 20 ml).
- Evita di caricare continuamente la cella di carburante.

### Impiego appropriato

La cella di carburante del Fuel Cell Kit deve essere impiegata esclusivamente per alimentare i modelli fischertechnik.

## Principio di funzionamento della cella di carburante

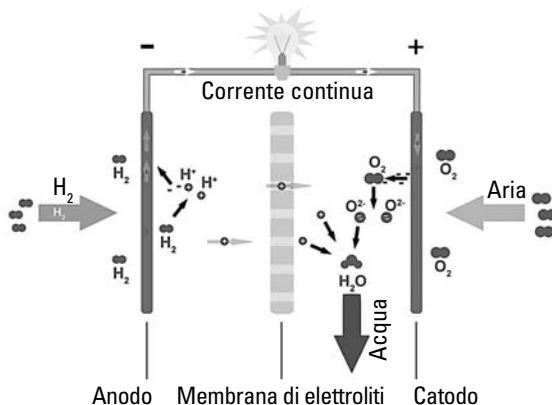
■ Con una cella di carburante, l'energia chimica del carburante (ad es. idrogeno) viene convertita in corrente elettrica. Una cella di carburante non è quindi un accumulatore di energia, ma un convertitore di energia.

Le celle di carburante vengono utilizzate ad esempio per l'azionamento di veicoli e per l'erogazione del calore e della corrente elettrica alle abitazioni.

Una cella di carburante è composta da due elettrodi (anodo e catodo), che sono separati l'uno dall'altro mediante una membrana di elettroliti.

Gli elettrodi sono spesso composti da metallo o carbonio. Sono inoltre rivestiti con un catalizzatore, ad esempio con platino o palladio.

Nella cella di carburante l'idrogeno e l'ossigeno reagiscono chimicamente e diventano acqua. Tramite questa reazione si crea una tensione elettrica tra i due elettrodi, con la quale si può, ad esempio, azionare un motore elettrico.



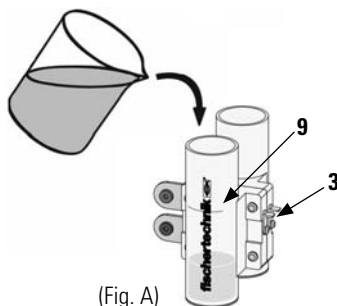
■ La cella di carburante contenuta nel Fuel Cell Kit è una cosiddetta cella di carburante reversibile. Vale a dire, la cella di carburante ha le due funzioni seguenti:

- Da una parte la cella di carburante reversibile può essere usata come un cosiddetto elettrolizzatore, in modo da produrre idrogeno e ossigeno dall'acqua distillata. Questo procedimento si chiama elettrolisi. L'idrogeno e l'ossigeno vengono raccolti nei cilindri di accumulo.
- Dall'altra parte, con la cella di carburante reversibile si può produrre energia elettrica tramite la reazione dell'idrogeno e dell'ossigeno raccolto.

## Impiego della cella di carburante

Descrizione della cella di carburante (ved. fig.1 a pagina 3).

- 1 Camera di troppo pieno della sezione idrogeno
- 2 Cilindro di accumulo idrogeno
- 3 Tappo per canali di sfiato
- 4 Cilindro di accumulo ossigeno
- 5 Connettore f. negativo (nero)
- 6 Diodo di protezione
- 7 Connettore f. positivo (rosso)
- 8 Camera di troppo pieno della sezione ossigeno
- 9 Tacca di livello



(Fig. A)

### Riempimento della cella di carburante con acqua distillata

A tale scopo si deve posizionare la cella di carburante su un piatto piano.

In seguito si devono rimuovere i due tappi (3) dei canali di sfiato. Riempi i due cilindri di accumulo con acqua distillata fino alla tacca di livello (9).

(Ved. fig. A)



#### Attenzione! Possibili danni ai materiali:

L'acqua corrente o altri liquidi provocano danni permanenti alla membrana della cella di carburante.

L'aria della cella di carburante fuoriesce dai canali di sfiato durante il rabbocco dell'acqua. Per consentire all'acqua di scorrere meglio attorno alla membrana e alle piastre di metallo di presa corrente, si deve battere leggermente la cella di carburante sul tavolo.

Aggiungi ancora un po' d'acqua, quanto basta finché l'acqua non fuoriesce dai canali di sfiato raggiungendo, allo stesso tempo, la tacca di livello nelle camere di troppo pieno.

Adesso puoi richiudere i canali di sfianto con i tappi. Accertarsi che non venga intrappolata dell'aria nel cilindro di accumulo. Una piccola bolla d'aria non causa problemi e può essere trascurata.

Se la cella di carburante non viene usata per molto tempo, attendere circa 10 minuti per far sì che la membrana venga imbevuta sufficientemente.

### Produzione di idrogeno e ossigeno (elettrolisi)

La cella di carburante deve essere alimentata con una tensione continua compresa tra 1,8 e 3 volt.



#### Attenzione! Possibili danni ai materiali:

una tensione eccessiva potrebbe danneggiare la membrana della cella di carburante. La cella di carburante non deve essere allacciata in nessun caso a un alimentatore fischertechnik da 9 V.

Il modulo solare compreso nel Fuel Cell Kit è composto da due pannelli solari che sono collegati in serie. Il modulo solare fornisce senza carico una tensione max. di 1,0 V. Poiché questa tensione non è sufficiente per l'elettrolisi, occorre un ulteriore modulo solare contenuto nel set di costruzione Profi Oeco Energy.

Collegare i due moduli solari (cod. prod. 146142) in serie e allacciarli alla cella di carburante (ved. fig. 3 a pagina 2). A questo punto i due moduli solari forniscono una tensione da 1,6 – 2 volt a seconda dell'intensità della luce.

**Suggerimento:** possiedi il set di costruzione „Profi Oeco Tech“? Allora puoi utilizzare il suo pannello solare e il modulo solare del Fuel Cell Kit. Collegali in serie e allaccia il tutto alla cella di carburante (1 modulo solare cod. prod. 136239, 1 modulo solare cod. prod. 146142).

Non appena i moduli solari vengono illuminati con sufficiente luce solare o con una fonte di luce adeguata, inizia la generazione di idrogeno e ossigeno. I gas vengono raccolti nei relativi cilindri di accumulo. L'acqua viene spinta verso le camere di troppo pieno che si trovano sopra i cilindri.

La cella di carburante è completamente „caricata“, quando l'intera quantità di acqua è stata spinta dal cilindro di accumulo dell'idrogeno (2) nella camera di troppo pieno (1) che si trova sopra. Questo procedimento dura all'incirca 15 – 60 minuti, a seconda dell'intensità dell'illuminazione.

Adesso si può separare la cella di carburante dai moduli solari. In tal modo si arresta la generazione di idrogeno e ossigeno.



**Suggerimento:** se di vogliono raggiungere le prestazioni ottimali della cella di carburante, bisogna scaricare tutta l'aria dalla cella di carburante. A tale scopo procedere con la generazione di idrogeno finché anche l'ultima particella di acqua non viene spinta dal cilindro di accumulo dell'ossigeno nella camera di troppo pieno che si trova sopra.

### Esperimento 1:

durante la generazione di idrogeno e ossigeno, misurare la quantità di idrogeno che viene generata in un determinato periodo di tempo. Misura inoltre il tempo necessario per riempire il cilindro di accumulo completamente di idrogeno (20 ml di idrogeno). Osserva quali effetti ha l'intensità di luce sul tempo necessario.

Con un'elevata intensità di luce viene generato, nello stesso tempo, più idrogeno. Se l'intensità di luce è troppo bassa non viene generato alcun idrogeno.

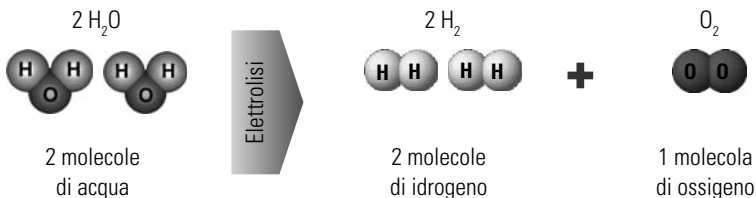
Se, come fonte di luce, si utilizza una lampadina da 100 W a una distanza di 30 cm dai moduli solari, devono trascorrere circa 15 minuti finché il cilindro di accumulo dell'idrogeno non si riempie completamente di gas.

### Esperimento 2:

durante la generazione di idrogeno e ossigeno osserva la quantità di acqua eliminata nelle due camere di troppo pieno. Cosa si può osservare?

Viene generata la doppia quantità di idrogeno rispetto all'ossigeno. Perché è così?

L'acqua ( $H_2O$ ) è composta dalla combinazione tra idrogeno ( $H_2$ ) e ossigeno ( $O_2$ ). Queste unioni si chiamano molecole di acqua. Una molecola di acqua è composta da due atomi di idrogeno e un atomo di ossigeno. Se durante l'elettrolisi la molecola viene separata, si forma il doppio di molecole di idrogeno rispetto alle molecole di ossigeno.



### Produzione di energia elettrica

Non appena nei cilindri di accumulo si trovano l'idrogeno e l'ossigeno, questi reagiscono tra di loro e sui connettori si crea una tensione elettrica compresa tra 0,5 e 0,9 V. La cella di carburante fornisce una corrente di 600 mA e ha una potenza nominale di 300 mW.

#### Esperimento:

collega il motore (cod. prod. 69205) contenuto nel set di costruzione Profi Oeco Energy (in alternativa: Profi Oeco Tech) ai connettori della cella di carburante (ved. fig. 3 , a pagina 3).

Cosa si può osservare?

Il motore gira. Viene alimentato mediante l'energia elettrica generata dalla cella di carburante.

### Messa fuori servizio / stoccaggio della cella di carburante

La cella di carburante non dovrebbe essere conservata piena di acqua.

Per questo motivo dopo i tuoi esperimenti togli il tappo dalla cella di carburante e scarica l'acqua. Inoltre scuoti la cella di carburante per svuotarla completamente. Dopo la lasci asciugare.

### Indicazioni per la tutela ambientale:

I componenti elettrici ed elettronici di questo set di costruzione (ad es. motori, lampadine, sensori) non vanno smaltiti tra i rifiuti domestici. Alla fine della loro durata di utilizzo devono essere consegnati a un centro di raccolta adibito al riciclaggio di apparecchi elettrici ed elettronici. Ciò viene indicato dal simbolo che si trova sul prodotto, sull'imballo o sul manuale d'istruzioni.

### Responsabilità

Si esclude qualsiasi responsabilità della fischertechnik GmbH per danni risultanti da un impiego non appropriato del set di costruzione.

## Esperimenti con Fuel Cell Kit e Profi Oeco Energy

Nel libretto delle attività del set di costruzione Profi Oeco Energy sono contenuti altri emozionanti esperimenti che si possono eseguire con il Fuel Cell Kit.

I relativi modelli sono descritti nelle istruzioni di montaggio Profi Oeco Energy.

## Esperimenti con Fuel Cell Kit e Profi Oeco Tech

Nel set di costruzione Profi Oeco Tech vengono mostrati esperimenti e modelli per i quali occorre il Hydro Cell Kit. Questi esperimenti li puoi fare anche con il Fuel Cell Kit. Tuttavia, nel montare la cella di carburante e il modulo solare devi improvvisare un po' perché hanno dimensioni e possibilità di fissaggio diverse da quelle dei componenti del Hydro Cell Kit. Per ulteriori indicazioni in merito vedi a pagina 77.

## Dati tecnici della cella di carburante

Informazioni generali		Funzionamento come elettrolizzatore	
Temperatura d'esercizio	10–40 °C	Tensione di esercizio	2–3 V
Temperatura di stoccaggio	5–40 °C	Corrente di esercizio	400–1500 mA
Capacità di accumulo idrogeno	20 ml	Velocità max. di produzione idrogeno	8 ml / min

Funzionamento come cella di carburante	
Tensione di esercizio	0,5–0,9 V
Corrente di esercizio	600 mA
Potenza nominale	300 mW

## Eliminazione guasti

Anomalia	Possibile causa	Eliminazione dei guasti
Tensione insolitamente alta se alla cella di carburante viene collegato un carico	Strato sulla superficie del catalizzatore	Lo strato sulla superficie del catalizzatore, che aumenta la tensione di uscita iniziale della cella di carburante, scompare dopo alcuni secondi
Nessuna produzione di idrogeno o troppo lenta	Collegamento errato tra i moduli solari e la cella di carburante	Controllare i collegamenti ed eventualmente correggerli
	Intensità di luce troppo bassa	Aumentare l'intensità della luce
	La membrana della cella di carburante è troppo asciutta	Lasciare la cella di carburante riempita con acqua distillata per 30 minuti
Capacità minima della cella di carburante	La membrana della cella di carburante è troppo bagnata	Scaricare l'acqua dalla cella di carburante e lasciarla aperta per un giorno intero

# ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ!

Только для детей старше 10 лет. Использование только под присмотром взрослых, которые знакомы с мерами предосторожности, приведёнными в наборе для экспериментов. Прочитай инструкции по применению, выполняй их и держи наготове, чтобы обратиться к ним при необходимости.

Содержит инструкции для родителей, которые должны соблюдаться. Сохраните упаковку и инструкцию, так как они содержат важную информацию. При эксперименте образуется водород. Водород может образовывать с кислородом взрывоопасную смесь. Поэтому перед экспериментом удалите все источники воспламенения.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Fuel Cell Kit</b> .....	<b>стр. 62</b>
Важные рекомендации по применению Fuel Cell Kits .....	стр. 62
<b>Правила безопасности</b> .....	<b>стр. 62</b>
Применение по назначению .....	стр. 63
<b>Принцип действия топливного элемента</b> .....	<b>стр. 64</b>
<b>Работа топливного элемента</b> .....	<b>стр. 64</b>
Заполнение топливного элемента дистиллированной водой .....	стр. 64
Производство водорода и кислорода (электролиз) .....	стр. 65
Производство электрической энергии .....	стр. 67
Завершение работы / хранение топливного элемента ...	стр. 67
<b>Рекомендации по охране окружающей среды</b> .....	<b>стр. 67</b>
<b>Ответственность</b> .....	<b>стр. 67</b>
<b>Опыты с Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy</b> .....	<b>стр. 68</b>
<b>Опыты с Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>стр. 68</b>
<b>Технические характеристики топливного элемента</b> .....	<b>стр. 68</b>
<b>Устранение неисправностей</b> .....	<b>стр. 68</b>
<b>Советы по сборке Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech</b> .....	<b>стр. 77</b>

## Fuel Cell Kit

Как работает топливный элемент? Как он может вырабатывать водород? Fuel Cell Kit познакомит с этой интересной темой. С топливным элементом и ещё одним солнечным модулем можно в сочетании с набором Profi Oeco Energy собрать дополнительные интересные модели. Помощь окажет обучающая сопроводительная инструкция из набора Profi Oeco Energy. Таким образом не останется открытых вопросов.

### Важные рекомендации по применению Fuel Cell Kits

Fuel Cell Kit является дополнительным набором. Для работы топливного элемента и проведения опытов, приведённых в этой инструкции, ещё потребуется набор Profi Oeco Energy (арт. № 520400). Как вариант, можно также использовать набор Profi Oeco Tech (арт. № 505284).

## Советы для контролирующих взрослых

- Этот набор предназначен только для детей старше 10 лет.
- Эти инструкции дают взрослым возможность, оценить эксперимент с точки зрения его пригодности для ребёнка.

## Правила безопасности

- Прочитай эту инструкцию до начала эксперимента, выполняй её требования и держи наготове, чтобы обратиться к ней при необходимости.
- Храни набор для экспериментов в месте, недоступном для маленьких детей.
- Нельзя вставлять провода в розетку!
- Предупреждение: Нельзя удалять защитный диод между контактами топливного элемента! Он препятствует разрушению топливного элемента при коротком замыкании положительного (красный) и отрицательного контактов и сильному нагреву проводов.
- Нельзя замыкать топливный элемент накоротко (опасность взрыва)!
- Предупреждение: Из-за ошибок (в соединениях) или неразрешённых изменений возможен нагрев касаемых поверхностей выше допустимых значений!
- Топливный элемент может работать только с постоянным напряжением до 3 В. Категорически запрещается подключать другое напряжение, например, 9-вольтовые источники электропитания fischertechnik.
- Нельзя замыкать накоротко контактные втулки топливного элемента.
- Из-за высокого напряжения или короткого замыкания может произойти разрушение мембраны топливного элемента.

- Нельзя производить электричество и водород для других целей, кроме указанных в инструкции по эксплуатации.
- Нельзя производить и/или накапливать больше водорода, чем вмещает накопительный цилиндр (около 20 мл).
- Не допускай длительную зарядку топливного элемента.

### Применение по назначению

Топливный элемент из набора Fuel Cell Kit разрешается применять только для привода моделей fischertechnik.

## Принцип действия топливного элемента

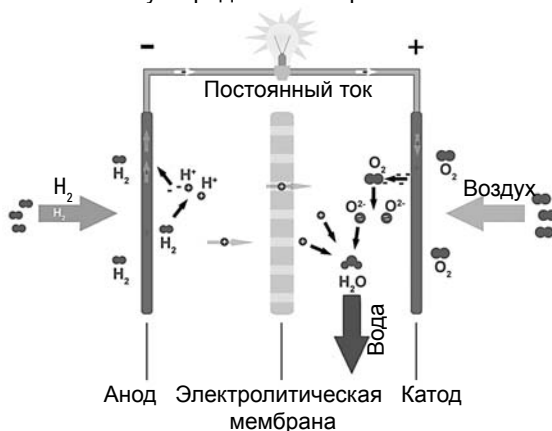
■ В топливном элементе химическая энергия топлива (например, водорода) преобразуется в электрический ток. То есть топливный элемент является не накопителем, а преобразователем энергии. Топливные элементы могут использоваться, например, для привода автомобилей или для тепло- и электроснабжения зданий.

Топливный элемент состоит из двух электродов (анода и катода), разделённых между собой электролитической мембраной.

Электроды обычно изготовлены из металла или углерода. Они покрыты катализатором - платиной или палладием.

В топливном элементе водород и кислород вступают в реакцию с водой. В результате этой реакции между электродами образуется электрическое напряжение, от которого может, например, работать электродвигатель.

■ В набор Fuel Cell Kit входит так называемый обратимый топливный элемент. Это значит, что он может выполнять следующие две функции:



- С одной стороны обратимый топливный элемент может использоваться как электролизёр для производства водорода и кислорода из дистиллированной воды. Этот процесс называется электролиз. Водород и кислород скапливаются в накопительных цилиндрах.
- С другой стороны обратимый топливный элемент может вырабатывать электроэнергию в результате реакции накопленных водорода с кислородом.

## Работа топливного элемента

Описание топливного элемента (см. рис. 1 на стр. 3).

- 1 Переливная камера на стороне водорода
- 2 Накопительный цилиндр водорода
- 3 Заглушки воздуховыпускных каналов
- 4 Накопительный цилиндр кислорода
- 5 Втулка отрицательного контакта (чёрная)
- 6 Защитный диод
- 7 Втулка положительного контакта (красная)
- 8 Переливная камера на стороне кислорода
- 9 Отметка уровня заполнения

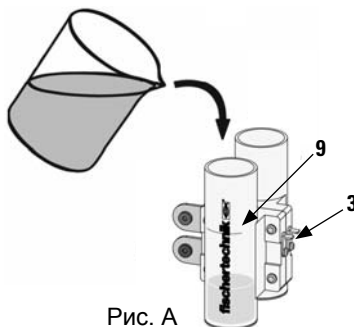


Рис. А

### Заполнение топливного элемента дистиллированной водой

Установи топливный элемент на плоскую тарелку.

Внь обе заглушки (3) воздуховыпускных каналов. Заполни оба накопительных цилиндра дистиллированной водой до отметки (9).

(См. рис. А)



#### **Осторожно, возможно повреждение элемента:**

Водопроводная вода и другие жидкости причиняют мембране топливного элемента непоправимый вред.

При заполнении водой воздух в топливном элементе выходит через воздуховыпускные каналы. Слегка постучи топливным элементом о стол, чтобы вода лучше обтекала мембрану и токосъёмные металлические пластины.

Добавь ещё немного воды так, чтобы вода вытекала из воздуховыпускных каналов и одновременно в переливных камерах достигала отметки уровня заполнения.

Теперь можно закрыть воздуховыпускные каналы заглушками. Следи, чтобы в накопительном цилиндре не было воздуха. Небольшой воздушный пузырёк не представляет проблем, его можно не принимать в расчёт.

Если топливный элемент давно не использовался, то подожди примерно 10 минут, пока мембрана достаточно пропитается водой.

### **Производство водорода и кислорода (электролиз)**

Топливный элемент должен питаться постоянным напряжением в пределах от 1,8 до 3 Вольт.



#### **Осторожно, возможно повреждение элемента:**

Высокое напряжение может разрушить мембрану топливного элемента. Топливный элемент ни в коем случае нельзя подключать к 9-вольтовым источникам электропитания fischertechnik.

Солнечный модуль, входящий в набор Fuel Cell Kit, состоит из двух последовательно подключенных солнечных элементов. Солнечный модуль выдаёт без нагрузки максимальное напряжение 1,0 В. Этого напряжения недостаточно для электролиза, поэтому требуется ещё один солнечный модуль из набора Profi Oeco Energy.

Соедини последовательно оба солнечных модуля (арт. № 146142) и подключи к топливному элементу (см. рис. 2 на стр. 3). Оба модуля вырабатывают теперь напряжение 1,6 - 2,0 В в зависимости от освещённости.

**Совет:** У тебя есть набор "Profi Oeco Tech"? Тогда ты можешь использовать его солнечный модуль и солнечный модуль из Fuel Cell Kit. Соедини их последовательно и подключи к топливному элементу (1 солнечный модуль арт. № 136239 и 1 солнечный модуль арт. № 146142).

Когда солнечные элементы в достаточной мере освещаются солнцем или другим источником света, то происходит выработка водорода и кислорода. Газы будут скапливаться в накопительных цилиндрах. Вода будет вытесняться в переливные камеры, расположенные над цилиндрами. Топливный элемент будет полностью "заряжен", когда вся вода из накопительного цилиндра водорода (2) будет вытеснена в находящуюся над ним переливную камеру (1). Этот процесс продолжается 15 – 60 минут в зависимости от освещённости.

Затем можно отсоединить топливный элемент от солнечных модулей. Таким образом производство водорода и кислорода будет прекращено.



**Совет:** Если хочешь достичь максимальной мощности, то удали весь воздух из топливного элемента. Для этого продолжай вырабатывать водород до тех пор, когда также и из накопительного цилиндра кислорода вся вода будет вытеснена в расположенную над ним переливную камеру.

### Опыт 1:

При производстве водорода и кислорода определи, сколько водорода вырабатывается за определённый промежуток времени. Измерь время, которое требуется для полного заполнения накопительного цилиндра водородом (20 мл). Понаблюдай, какое влияние оказывает освещённость на время заполнения цилиндра.

При большей освещённости производится больше водорода за одинаковый период времени. Если освещённость очень мала, то водород вообще не производится.

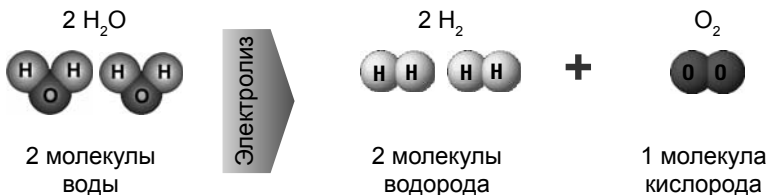
Если освещать солнечные модули лампой накаливания 100 Вт с расстояния 30 см, то накопительный цилиндр водорода полностью заполнится газом в течение примерно 15 минут.

### Опыт 2:

При производстве водорода и кислорода наблюдай за количеством вытесняемой воды в обеих переливных камерах. Что можно увидеть?

Водорода производится в два раза больше, чем кислорода. Почему?

Вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) представляет собой соединение водорода ( $\text{H}_2$ ) и кислорода ( $\text{O}_2$ ). Это соединение называется молекулой воды. Такая молекула состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Когда при электролизе молекулы разделяются, то образуется в два раза больше молекул водорода, чем кислорода.



### **Производство электрической энергии**

Когда в накопительных цилиндрах находится водород и кислород, то они начинают реагировать друг с другом, и на контактных втулках возникает напряжение 0,5 - 0,9 В. Топливный элемент вырабатывает ток 600 мА и имеет номинальную мощность 300 мВт.

#### **Опыт:**

Подключи электромотор (арт. № 69205) из набора Profi Oeco Energy (или Profi Oeco Tech) к контактным втулкам топливного элемента (см. рис. 3 на стр. 3).

Что ты видишь?

Мотор вращается. Его приводит в действие электрическая энергия, производимая топливным элементом.

### **Завершение работы / хранение топливного элемента**

Нельзя хранить топливный элемент, заполненный водой.

Поэтому после опытов вынь заглушки и слей воду. При этом потряхивай топливный элемент, чтобы слить всю воду. Затем высуши его.

### **Рекомендации по охране окружающей среды:**

Электрические и электронные детали из этого набора (электродвигатели, лампы, датчики и др.) не относятся к бытовому мусору. После окончания срока службы их нужно сдать для переработки в пункт приёма отработавших электрических и электронных приборов.

На это указывает знак на изделии, на упаковке или в инструкции.

### **Ответственность**

Исключается ответственность fischertechnik GmbH за повреждения, возникшие в результате применения набора не по назначению.

## Опыты с Fuel Cell Kit + Profi Oeco Energy

В сопроводительной инструкции к набору Profi Oeco Energy ты найдёшь много увлекательных опытов, которые можно выполнить с Fuel Cell Kit. Необходимые для этого модели описаны в инструкции по сборке к Profi Oeco Energy.

## Опыты с Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech

В наборе Profi Oeco Tech представлены опыты и модели, для которых требуется Hydro Cell Kit. Эти опыты ты можешь также выполнить с Fuel Cell Kit. Но здесь нужно немного поимпровизировать при установке топливного элемента и солнечного модуля, так как они имеют другие размеры и крепления, чем компоненты из Hydro Cell Kit. Дальнейшие рекомендации приведены на стр. 77.

## Технические характеристики топливного элемента

Общие характеристики		Работа как электролизёра	
Рабочая температура	10–40 °C	Рабочее напряжение	2–3 В
Температура хранения	5–40 °C	Рабочий ток	400–1500 мА
Объём накопления водорода	20 мл	Максимальная производительность выработки водорода	8 мл / мин

Работа как топливного элемента	
Рабочее напряжение	0,5–0,9 В
Рабочий ток	600 мА
Номинальная мощность	300 мВт

## Устранение неисправностей

Неисправность	Возможная причина	Устранение неисправности
Необычно высокое напряжение, когда к топливному элементу подключена нагрузка	Налёт на поверхности катализатора	Налёт на поверхности катализатора, который повышает начальное выходное напряжение топливного элемента, исчезает через несколько секунд
Отсутствует или очень медленная выработка водорода	Неправильное соединение солнечных модулей и топливного элемента	Проверить соединения, исправить при необходимости
	Низкая освещённость	Увеличить освещённость
Низкая мощность топливного элемента	Сухая мембрана топливного элемента	Оставить топливный элемент, заполненный дистиллированной водой, на 30 минут.
	Слишком мокрая мембрана топливного элемента	Слить воду из топливного элемента и оставить его открытым на один день

# 警告！

该实验构件仅允许 10 岁以上的儿童使用。使用时须有成人的严格监督，而监督的成人必须事先阅读并掌握实验构件中说明的安全措施。请事先阅读说明书，并照章使用。说明书请妥善保管，以备随时查阅。针对父母的说明书包含在内，必须注意遵守。包装盒上和说明书上有重要的信息，因此要妥善保管。在实验时会产生氢气。氢气与空气中的氧气混合会形成爆炸性混合气体。因此，在实验开始前要清除所有火源。

## 目录

<b>Fuel Cell Kit .....</b>	<b>第 70 页</b>
使用 Fuel Cell Kit 的重要注意事项 .....	第 70 页
<b>安全规则 .....</b>	<b>第 70 页</b>
用于预期用途 .....	第 71 页
<b>燃料电池的工作原理 .....</b>	<b>第 71 页</b>
<b>燃料电池的运行 .....</b>	<b>第 72 页</b>
给燃料电池添加蒸馏水 .....	第 72 页
产生氢气和氧气（电解） .....	第 73 页
产生电能 .....	第 75 页
停用 / 存放燃料电池 .....	第 75 页
<b>有关环境保护的说明 .....</b>	<b>第 75 页</b>
<b>赔偿责任 .....</b>	<b>第 75 页</b>
<b>利用 Fuel Cell Kit 和 Profi Oeco Energy 进行的实验 .....</b>	<b>第 76 页</b>
<b>利用 Fuel Cell Kit 和 Profi Oeco Tech 进行的实验 .....</b>	<b>第 76 页</b>
<b>燃料电池的技术数据 .....</b>	<b>第 76 页</b>
<b>故障排除 .....</b>	<b>第 76 页</b>
<b>Fuel Cell Kit 和 Profi Oeco Tech 的安装提示 .....</b>	<b>第 77 页</b>

## Fuel Cell Kit

燃料电池是如何工作的？怎样用它产生氢气？Fuel Cell Kit 会介绍与这个引人入胜的话题相关的知识。利用该燃料电池和一块附加的太阳能模板，再加上标准构件 Profi Oeco Energy 还可以另外组成有趣的模型。标准构件 Profi Oeco Energy 的附带说明书可提供帮助。相关的问题都可以从中找到答案。

### 使用 Fuel Cell Kit 的重要注意事项

Fuel Cell Kit 只是一个扩展构件包。为使燃料电池运行并进行操作说明书中述及的实验，还另外需要标准构件 Profi Oeco Energy（商品号：520400）。同样也可以选择使用标准构件 Profi Oeco Tech（商品号：505284）。

### 给进行监督的成人的建议

- 该实验箱只是为 10 岁以上的儿童准备的。
- 说明书应该能让成人判断该实验是否适合想做实验的孩子玩。

### 安全规则

- 请在使用前阅读说明书，并遵守及妥善保管，以备将来参考。
- 实验构件要存放在幼儿够不到的地方。
- 切勿将铁丝插入插座中。
- 警告：不要取下燃料电池接头之间的保护二极管！保护二极管能够防止在正极（红色）和负极（黑色）之间短路时燃料电池损坏，或者电线过热。
- 不得使燃料电池短路（有爆炸危险）！
- 警告：由（接线）故障或未经允许的改装可能会使可接触表面的温度超过允许的极限值！
- 该燃料电池只可以用 3V 以下的直流电压驱动。绝对不允许连接其它电源，如 9V 的慧鱼 (fischertechnik) 电源。
- 燃料电池的连接插口不允许短路。
- 过高的电压或者短路会损坏燃料电池的质子交换膜。

- 不得为不同于操作说明书中述及的目的而发电或制造氢气。
- 只制造或存储燃料电池储罐容量的氢气（约 20 ml）。
- 避免持续给燃料电池充电。

### 用于预期用途

Fuel Cell Kit 的燃料电池仅可用于驱动慧鱼（fischertechnik）模型。

## 燃料电池的工作原理

■ 通过燃料电池将燃料（例如：氢气）的化学能转化成电流。因此，燃料电池不是储能器，而是能量转换器。

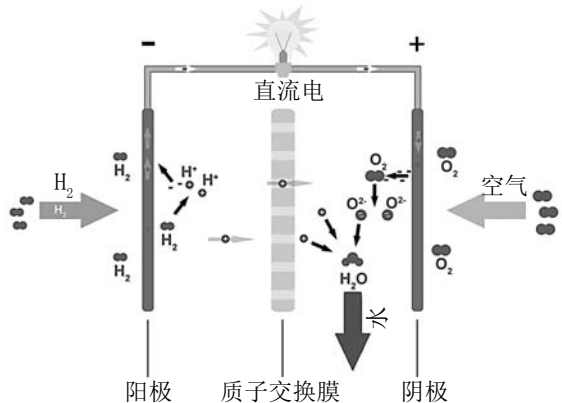
比如，燃料电池可用于驱动车辆及给住房供暖和供电。

燃料电池由两个通过一层质子交换膜隔开的电极（阳极和阴极）组成。

这两个电极通常由金属或炭组成。它们镀有一层催化剂，如铂或者钨。

在燃料电池中，氢气和氧气反应生产水。通过该反应在这两个电极之间产生电压，该电压例如可用来驱动电机。

■ 在 Fuel Cell Kit 中包含的燃料电池是所谓的可逆式再生燃料电池。这意味着，该燃料电池具有如下两个功能：

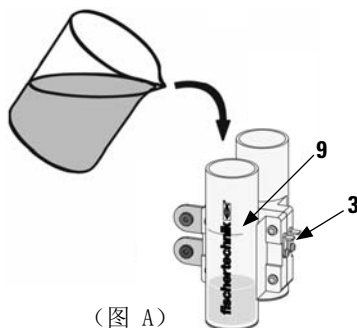


- 一方面，该可逆式再生燃料电池可用作所谓的电解池，以从蒸馏水中电解出氢气和氧气。该过程被称为电解。氢气和氧气被保存在储罐中。
- 另一方面，该可逆式再生燃料电池可通过存储的氢气和氧气的反应来产生电能。

## 燃料电池的运行

燃料电池的说明（见第 3 页图 1）。

- 1 氢气侧的溢流室
- 2 氢气储罐
- 3 排气通道的塞子
- 4 氧气储罐
- 5 负极插口（黑色）
- 6 保护二极管
- 7 正极插口（红色）
- 8 氧气侧的溢流室
- 9 水位标记



（图 A）

### 给燃料电池添加蒸馏水

为此将燃料电池放在一个平盘子上。

然后取下排气通道的两个塞子（3）。给两个圆柱型储罐添加蒸馏水，直到达到水位标记（9）。

（见图 A）



**小心！有可能损坏材料：**

自来水或者其它液体会使燃料电池的质子交换膜长期受损。

添加蒸馏水时燃料电池中的空气会通过排气通道排出。在桌子上轻轻地敲一敲燃料电池，可以使水在质子交换膜和导电金属板周围更好地流动。

再添加一点点水，使得水从排气通道中排出，并同时使溢流室中的水达到水位标记。

然后可用塞子重新封住排气通道。注意，储罐中不应留有空气。小气泡不会带来麻烦，可以忽略不计。

如果燃料电池已长时间未加使用，则需等待 10 分钟左右，以使质子交换膜吸足水分。

### 产生氢气和氧气（电解）

必须用 1.8 到 3V 之间的直流电压给燃料电池供电。



#### **小心！有可能损坏材料：**

过高的电压会击穿燃料电池的质子交换膜。燃料电池绝对不允许接至 9V 的慧鱼（fischertechnik）电源。

Fuel Cell Kit 中的太阳能模板由两个串接的太阳能电池组成。该太阳能模板在无负载时提供 1.0 V 的最大电压。该电压还不足于进行电解，所以还另外需要一块标准构件 Profi Oeco Energy 中的太阳能模板。

将这两块太阳能模板（商品号：146142）串接，并连接到燃料电池上（见第 3 页图 2）。视光线强度而定，这两块太阳能模板可提供 1.6 - 2 V 的电压。

**提示：**你有标准构件“Profi Oeco Tech”吗？若有，则可利用它的太阳能模板和 Fuel Cell Kit 中的太阳能模板。将它们串接并全部连到燃料电池上（1 块商品号为 136239 的太阳能模板，1 块商品号为 146142 的太阳能模板）。

太阳能模板一旦得到足够的日光或者合适的光源照射，就开始产生氢气和氧气。气体随即被储存在相应的储罐中。水则被压入储罐上方的溢流室中。如果氢气储罐（2）中的水已被全部压入其上方的溢流室（1）中，燃料电池则已“充满电”。该过程视光线强度而定，需时约 15 - 60 分钟。此时，即可将燃料电池从太阳能模板上断开。氢气和氧气的产生便由此中止。



**提示：**吹出燃料电池中所有的空气，能使燃料电池的性能达到最佳。为此，还要继续制造氢气，直到将最后一滴水从氧气储罐中压入上方的溢流室中。

### 实验 1：

在制造氢气和氧气时，应测量在一定的时间内能产生多少氢气。为此测量将氢气储罐完全充满氢气（20ml 氢气）时所需的时间。注意观察光照强度对所需时间的影响。

若光照强，在相同的时间内则会产生更多的氢气。如果光照太弱，则不产生氢气。

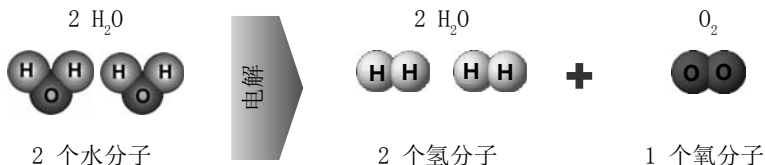
在距太阳能模板 30cm 处使用 100W 的白炽灯作为光源，到氢气储罐中完全充满气体需时约 15 分钟。

### 实验 2：

在产生氢气和氧气时，注意观察两个溢流室中挤出的水量。有什么发现？

所产生的氢气量是氧气的两倍。为什么呢？

水 ( $H_2O$ ) 是由氢气 ( $H_2$ ) 和氧气 ( $O_2$ ) 化合而成。该化合物被称为水分子。一个水分子由两个氢原子和一个氧原子组成。水分子在电解时被分开，则产生两倍于氧分子的氢分子。



## 产生电能

储罐中一旦有氢气和氧气存在，它们就会立即反应，并在插口上产生 0.5 - 0.9V 的电压。燃料电池可输出 600 mA 的电流，其额定功率为 300 mW。

### 实验：

将标准构件 Profi Oeco Energy（或Profi Oeco Tech）中的电机（商品号：69205）连接到燃料电池的插口上（见第 3 页图 3）。

有什么发现？

电机在转动。它由燃料电池产生的电能驱动。

## 停用 / 存放燃料电池

燃料电池不应带水保存。

在完成实验后从燃料电池中取出塞子，把水倒出。同时抖动燃料电池，使其完全清空。然后凉干燃料电池。

## 有关环境保护的说明：

标准构件的电气和电子组件（例如：电机、灯泡、传感器）不属于家庭垃圾。在使用寿命结束后必须将它们交到回收电气和电子设备的收集点。对此在产品、包装或者说明书上均有符号标明。

## 赔偿责任

因未按预期用途使用标准构件而造成损失，慧鱼（fischertechnik）有限公司不承担任何责任。

## 利用 Fuel Cell Kit 和 Profi Oeco Energy 进行的实验

在标准构件 Profi Oeco Energy 的附带说明书中有大量引人入胜的其它实验，这些实验都可以利用 Fuel Cell Kit 进行。

相关的模型在 Profi Oeco Energy 的安装说明书有说明。

## 利用 Fuel Cell Kit 和 Profi Oeco Tech 进行的实验

在标准构件 Profi Oeco Tech 中介绍了需要 Hydro Cell Kit 的实验和模型。

用 Fuel Cell Kit 也可以完成这些实验。然而，在安装燃料电池和太阳能模板时也需要一些临场发挥，因为这里的组件尺寸及固定方式都与 Hydro Cell Kit 不同。对此的详细说明请在第 77 页上查阅。

## 燃料电池的技术数据

基本数据		作为电解池运行	
工作温度	10 - 40 °C	工作电压	2 - 3 V
存放温度	5 - 40 °C	工作电流	400 - 1500 mA
氢气储罐容量	20 ml	氢气的最高生产率	8 ml / min

作为燃料电池运行	
工作电压	0.5 - 0.9 V
工作电流	600 mA
额定功率	300 mW

## 故障排除

故障	可能的原因	排除故障
在燃料电池上接入负载时出现异常高的电压	催化剂上有表层出现	增高燃料电池初始输出电压的催化剂表层几秒后就会消失。
没有氢气产生或者氢气产生非常缓慢	太阳能模板和燃料电池之间连接错误	检查连接，必要时加以纠正
	光照强度太弱	提高光照强度
	燃料电池的质子交换膜太干燥	将装满蒸馏水的燃料电池放置 30 分钟
燃料电池的功率太小	燃料电池的质子交换膜太湿	倒出燃料电池中的水，并将燃料电池敞开放置一天



## Fuel Cell Kit + Profi Oeco Tech

Montagetipps

Tips for assembly

Tuyaux pour le montage

Montagetipps

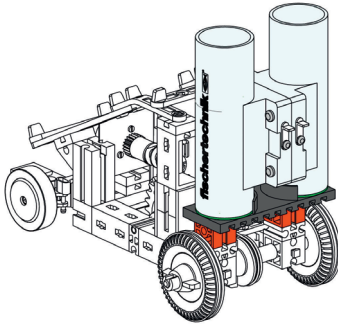
Consejos para el montaje

“Dicas” para montagem

Consigli per il montaggio

Советы и рекомендации по сборке

装配建议



Brennstoffzellenfahrzeug

Fuel-cell vehicle

Véhicule à cellule électrochimique

Voertuig met brandstofcellen

Veículo de células de combustible

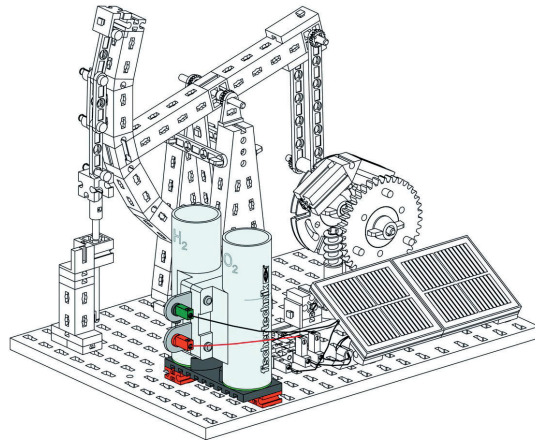
Veículo de célula a combustível

Veicolo a celle di carburante

Электромобиль с топливным элементом

燃料电池车

Pumpe  
Pump  
Pompe  
Pomp  
Bomba  
Bomba  
Pompa  
Насос  
泵



146 408 - 01/14 - Co. Printed in Germany · Technische Änderungen vorbehalten · Subject to technical modification

