

Dr FuelCell[®] Model Car

모델카
교사 안내서



목차

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 머리말 | 5 |
| 2 소개 | 7 |
| 2.1 교실에서 탐구 활동 활용하기 | 8 |
| 2.2 기호와 표시 | 9 |
| 2.3 기타 관련 문서 | 10 |
| 3 일반 안전 정보 | 11 |
| 3.1 사용자 안전 | 11 |
| 3.2 실험실 조건 | 12 |
| 3.3 배송과 운송 | 12 |
| 3.4 안전 조치 | 12 |
| 3.5 전자기 적합성 | 13 |
| 3.6 보증 | 13 |
| 4 DrFuelCell® Model Car 실물 설명 | 14 |
| 4.2 교사용 기본 내용 | 14 |
| 4.3 탐구 활동 - 교사 | 17 |
| 5 태양열판 방향 | 23 |
| 5.1 교사용 기본 내용 | 23 |
| 5.2 탐구 활동 - 교사 | 27 |
| 5.3 학생용 | 37 |
| 6 간단한 전기 분해 | 45 |
| 6.1 교사용 기본 내용 | 45 |
| 6.2 탐구 활동 - 교사 | 48 |
| 6.3 학생용 | 54 |
| 7 전기 분해 이해 | 59 |
| 7.1 교사용 기본 내용 | 59 |
| 7.2 탐구 활동 - 교사 | 63 |
| 7.3 학생용 | 76 |
| 8 수소의 힘! | 87 |
| 8.1 교사용 기본 내용 | 87 |
| 8.2 탐구 활동 - 교사 | 91 |
| 8.3 학생용 | 103 |
| 9 수소에서 얻는 구동력 | 113 |

| | | |
|-----------|---------------------|------------|
| 9.1 | 교사용 기본 내용 | 113 |
| 9.2 | 탐구 활동 - 교사 | 116 |
| 9.3 | 학생용 | 127 |
| 10 | 에너지 효율..... | 137 |
| 10.1 | 교사용 기본 내용 | 137 |
| 10.2 | 탐구 활동 - 교사 | 142 |
| 10.3 | 학생용 | 153 |
| 11 | 하이브리드란?..... | 161 |
| 11.1 | 교사용 기본 내용 | 161 |
| 11.2 | 탐구 활동 - 교사 | 163 |
| 11.3 | 학생용 | 175 |
| 12 | 용어집 | 179 |

머리말

이 안내서는 학생들에게 연료 전지 기술에 관한 지식을 제공하기 위해 작성되었습니다. 이 새로운 기술에 대한 흥미를 유발하기 위해 연료 전지의 기본적인 원칙을 재미있게 설명했습니다.

연료 전지는 수소의 화학적 에너지를 이용해 깨끗하고 효율적으로 전기를 만들어 냅니다. 수소 연료 전지는 다음과 같은 가능성이 있습니다.

- 지구 온난화 가스, 공기 오염, 지구 기후 변화의 발생을 감소
- 에너지 보안의 중요한 부분을 담당
- 미래의 에너지 공급원으로서 수소 기술을 촉진

이처럼 중요한 기술에 대해 가르치면 학생들이 발전하는 분야에 대한 최신 지식을 갖추는데 도움이 됩니다.

특정 과목의 교과 과정

이 기술을 통해 다음과 같은 특정 과목의 교과 과정을 가르칠 수 있습니다:

- 분자의 개념
- 원자의 구조
- 화학 반응
- 여러 가지 종류의 에너지 변환
- 과학적인 질문하기
- 과학 탐구의 계획과 실행
- 과학과 기술 분야에서 지역, 국가, 전세계의 도전 과제

학생들이 연료 전지를 우리의 지속 가능한 미래의 일부로 만드는데 중요한 역할을 하기를 기대합니다.

8 수소의 힘!

이번 탐구 활동에서는 수소와 산소를 화합하여 전기 에너지를 얻는 방법에 대해 살펴봅니다.

이번 탐구 활동은 이전 탐구 활동에서 계속 이어지는 내용이지만 학생들에게 실제로 실험을 시킬 필요는 없습니다.

8.1 교사용 기본 내용

8.1.1 목표

자격 요건 학습 목표를 최대한 달성하려면 학생들이 다음 내용을 알고 있어야 합니다:

- 화합물의 분해
- 산화환원 반응
- 배터리
- 수소 실험
- 선형과 외삽

학습 목표 이번 탐구 활동에서는 학생들이 다음을 배웁니다:

- 수소와 산소를 화합하여 전기를 얻는 방법
- 에너지 변환
- 전류와 전압의 결과물인 전력
- 전기 분해의 파라데이 제1법칙
- 과학 탐구에서 재현성의 필요성
- 수소는 저장된 화학적 에너지

활용 이번 탐구 활동은 예를 들어 다음과 같은 다양한 주제에 대한 시작점으로 활용할 수 있습니다:

- 촉매의 개념
- 전자, 원자 등의 원리
- 전력 산업
- 온실 효과
- 아보가드로 상수

8.1.2 시간표

대략적으로 걸리는 시간은 다음과 같습니다.

| 활동 | 시간 |
|-----------------|-----|
| 수업 전 준비 | 20분 |
| 탐구 활동 | 90분 |
| 학생들이 질문에 답하는 시간 | 35분 |

표 8-1 일정표

8.1.3 가르치는 방법

| 방법 | 적합도 |
|-----------------|------|
| 집단 학습 | ✓✓✓✓ |
| 강의 | ✓ |
| 교사 침묵 학습(학생 질문) | ✓✓ |
| 숙제(학생 질문) | ✓✓✓ |

표 8-2 가르치는 방법(✓= 부적합 ... ✓✓✓✓= 매우 적합)

8.1.4 배경

수소로 가는 자동차?

이전 실험에서 사용한 전해 장치에는 수소 발생원과 수소를 저장하는 기체 원통이 있습니다. 또한 산소 공급원도 있습니다. 단순히 공기를 사용하더라도 공기 중 21 %는 산소입니다. 이제 수소와 산소를 변환하여 전기 모터를 돌리거나 자동차를 움직이는 전기를 얻는 방법이 필요합니다.

연료 전지

모델카 키트에는 수소와 산소를 다시 물로 변환하는 장치가 있습니다. '전기 분해 이해' 탐구 활동에서는 이 키트의 기본 구성품인 가역형 연료 전지를 전해 장치로 사용했습니다. 하지만 연료 전지의 한쪽에 수소를 공급하고 다른 한쪽에 산소를 공급하면 가역형 연료 전지는 전류를 생산합니다. 수소와 산소가 결합하여 다시 원래 상태의 물이 됩니다. 이러한 과정을 다음과 같이 쓸 수 있습니다.

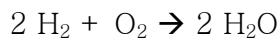
전기 + 물 → 수소 + 산소

수소 + 산소 → 물 + 전기

수소 연료 전지는 연료 전지를 구동시키는 데 필요한 수소의 공급원으로 물과 전기를 사용하고 대기 중에 물이나 수증기만 방출하므로 대기 오염 문제에 대한 훌륭한 해결책이 될 수 있습니다.

우주 비행사들은 이미 이 기술을 우주 정거장에서 이용하고 있습니다. 태양 전지, 전해 장치, 연료 전지, 처음에 공급을 받은 물만 있다면 전기와 산소의 공급원과 풍부한 수소 공급원을 갖추게 됩니다. 수소가 전기를 생산하기 위한 연료로 사용될 때 물도 생성됩니다.

연료 전지에서 일어나는 반응을 다시 한번 정리하면 다음과 같습니다.



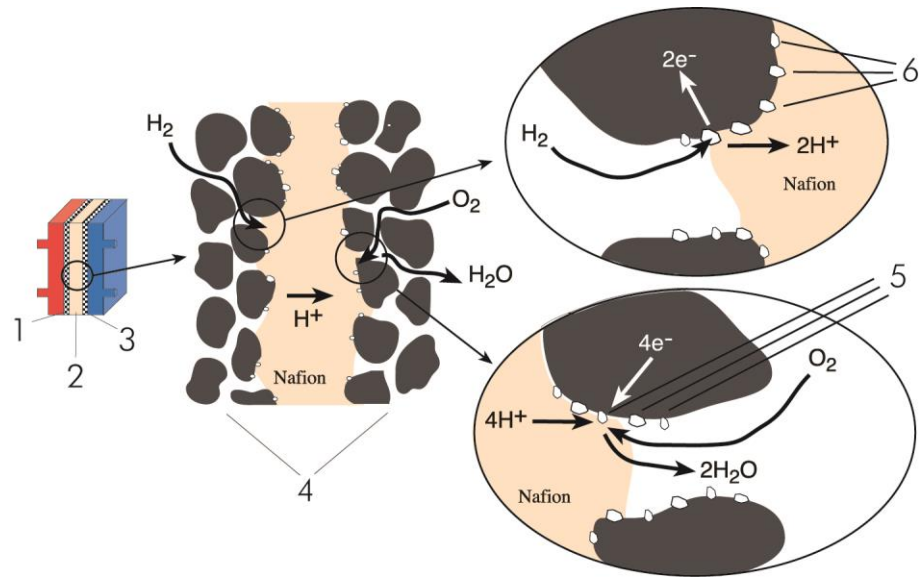


그림 8-1 연료 전지의 원리

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1 양극 | 4 탄소층 |
| 2 폴리머 전해액 막(Nafion) | 5 백금-이리듐 촉매 |
| 3 음극 | 6 백금 촉매 |

전자 흐름을 사용자의 부하에 의해 이용할 수 있습니다.

모델카에서는 저장된 산소를 이용해 모터를 구동시킬 전기를 생산할 수 있습니다. 전기 모터가 매우 빠르게 돌아가기 때문에 모터 축의 속도를 줄이고 자동차의 뒷바퀴에 구동력을 전달하는 기어가 장착되어 있습니다.

전력

전기적인 현상을 설명할 때 장치를 출입하는 전력(와트)은 장치를 흐르는 전류(암페어)와 그 장치에 존재하는 전압(볼트)을 곱해 구할 수 있습니다. 전력은 화학 반응의 세기를 나타냅니다. 이러한 관계를 다음과 같이 나타낼 수 있습니다.

$$I \times V = P \text{ (암페어} \times \text{볼트} = \text{와트)}$$

양극/음극

가역형 연료 전지를 전해 장치로 사용할 때는 극성이 각각 마이너스(검은색)=수소=음극, 플러스(빨간색)=산소=양극이었습니다. 이제 가역형 연료 전지를 연료 전지로 사용하고 있으므로 극성이 거의 같은 것이 편리합니다. 수소 계통(검은색)은 마이너스 전압을 생성하고 산소 계통(빨간색)은 플러스 전압을 생성합니다. 하지만 양극/음극의 정의(전자를 잃는 것이 양극)를 생각하면 이제 수소 계통이 양극이 되고 산소 계통이 음극이 됩니다.

8.2 탐구 활동 – 교사

8.2.1 준비

수업 전에 교사가 이번 탐구 활동을 직접 해보는 것이 좋습니다.

8.2.2 수업 중에

가르치는 방법과 이용할 수 있는 모델카 키트의 수에 따라 집단 학습이나 강의 수업 중에서 선택할 수 있습니다.

안전

- ➔ 항상 학생들이 탐구 활동을 안전하게 하고 발생 가능한 위험 요인을 잘 알고 있도록 만드십시오.
- ➔ 학생들에게 눈 보호구를 착용시키고 교사 자신도 눈 보호구를 착용합니다.



주의

가역형 연료 전지 과압!

기체 저장 원통의 배수실 맨 윗부분이 막혀있으면 물체가 튀어 다칠 수 있습니다.

- ➔ 기체 저장 원통의 배수실의 맨 윗부분을 막지 마십시오.
- ➔ 항상 눈 보호구를 착용하십시오.



주의

수소 발화!

피부에 화상을 입거나 연료 전지가 파손될 수 있습니다.

- ➔ 노출된 화염이 없어야 합니다.
- ➔ 담배를 피우지 말아야 합니다.
- ➔ 환기가 잘 되는 장소여야 합니다.



유용한 정보

수소가 다 떨어지기도 전에 모터가 멈추거나 반대로 수소가 다 떨어진 것 같은데 모터가 계속 돌아가는 현상이 나타날 수 있습니다. 이에 대해 다음과 같이 설명할 수 있습니다:

- 수소가 다 떨어지기도 전에 모터가 멈춘 경우:
 - 시스템에 물을 넣을 때 공기가 남아있었기 때문에 이런 현상이 나타날 수 있습니다. 수소 계통에 남아있는 것 중 일부는 수소가 아닙니다.
- 수소가 다 떨어진 후에도 모터가 계속 돌아가는 경우:
 - 저장 원통에 수소가 없는 것처럼 보이더라도 막 주변에 아직 남아있을 수 있습니다.

8.2.2.2 집단 학습

집단 학습을 위해서는 여러 개의 모델카 키트가 필요합니다.

8.2.2.3 강의

강의를 할 경우 모델카 키드가 한 개 필요합니다.

탐색 학습을 강의하려면 다음이 필요합니다:

탐구 활동

- ✓ 눈 보호구
- ✓ 태양열판 또는 수동 발전기



유용한 정보

태양열판을 대신해 수동 발전기를 전기 에너지 발생원으로 사용할 수도 있습니다(사용 설명서 참조).

- ✓ 패치 코드 2개 또는 5개(연료 전지가 얼마나 많은 전력을 공급할 수 있는지 측정할 경우 5개)
- ✓ 가역형 연료 전지
- ✓ 모터카
- ✓ 부하 측정함(연료 전지가 얼마나 많은 전력을 공급할 수 있는지 측정할 경우 필요)
- ✓ 증류수
- ✓ 100-120 W PAR 전등 또는 이와 동등한 전등

가역형 연료
전지에 증류수 넣기

- ✓ 나무 블록 또는 다른 모델카 지지물
 - ✓ 초침이 있거나 스톱워치 기능이 있는 시계
1. 눈 보호구를 착용하십시오.
 2. 연료 전지를 바닥이 평평한 곳에 뒤집어(숫자가 아래로 향하도록) 놓습니다.
 3. 멈추개를 분리합니다.

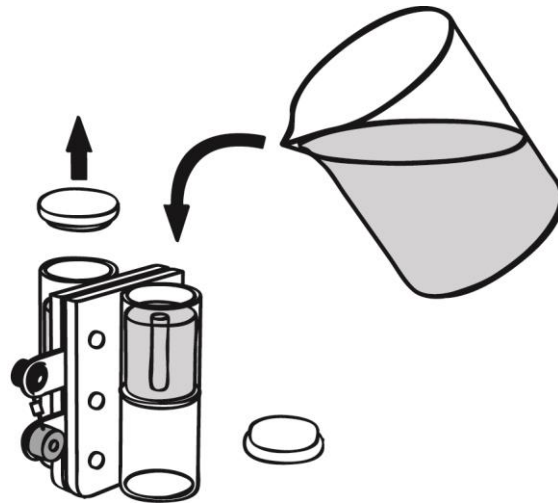


그림 8-2 가역형 연료 전지에 증류수 넣기



알림

반드시 증류수를 사용하십시오!

수도물이나 다른 액체를 사용하면 가역형 연료 전지의 막이 영구적으로 파손됩니다.

4. 양쪽 저장 원통 모두에서 원통 중앙의 작은 튜브의 맨 위에 도달할 때까지 증류수를 채웁니다.
5. 연료 전지를 살살 두드려서 증류수가 막과 집전 금속판 주변으로 흘러가도록 합니다.
6. 증류수가 원통에 있는 튜브 안으로 흘러 들어가도록 증류수를 더 넣습니다.
7. 멈추개를 원통에 다시 끼웁니다. 원통 안에 공기가 남아있지 않은지 확인합니다.



유용한 정보

약 0.5 mL 정도의 작은 기포는 문제가 되지 않으므로 무시할 수 있습니다.

8. 가역형 연료 전지를 한동안 사용하지 않았다면 20분 동안 그대로 둡니다. 최근에 사용했다면 똑바로 돌립니다.

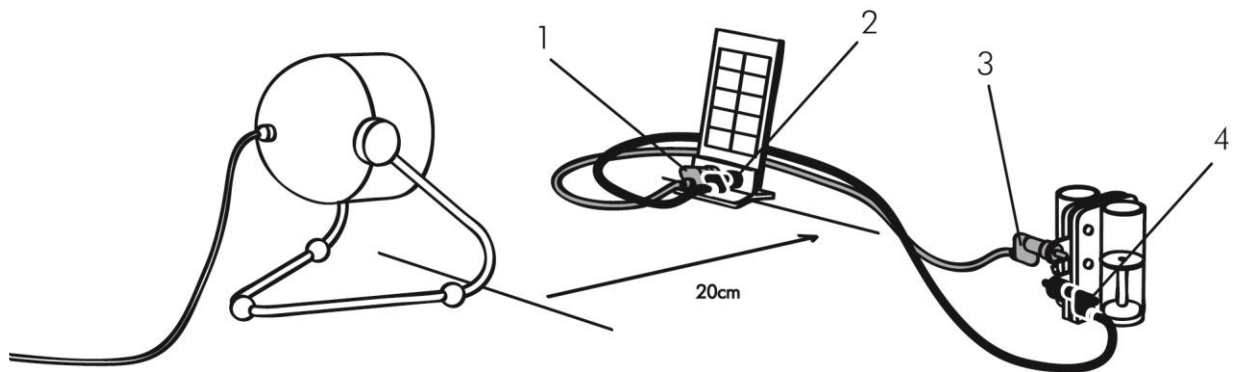


그림 8-3 태양열판과 연료 전지 연결

수소 발생

9. 빨간색 패치 코드의 빨간색 바나나 잭을 태양열판(1)과 연료 전지(3)의 빨간색(플러스) 바나나 잭 단자에 연결합니다.



알림

가역형 연료 전지 단락!

막에 뜨거운 부분이 발생해 막의 성능이 떨어집니다.

➔ 가역형 연료 전지에 단락이 발생하지 않게 하십시오.

10. 검은색 패치 코드와 마이너스 단자(2, 4)로 9단계를 반복하십시오.



알림

태양열판 과열!

태양 전지가 고장나거나 영구적으로 파손될 수 있습니다.

➔ 최대 120 W의 전등만 사용하십시오.

- ➔ 전등과 태양열판 사이에 최소 20 cm 거리를 두십시오.
- ➔ 빛을 집중시키지 마십시오.

11. 태양열판과 전등을 일직선으로 배치하고 거리를 최소 20 cm 이상 유지합니다.



주의

태양열판과 전등의 뜨거운 표면!

피부 화상을 입을 수 있습니다.

- ➔ 태양열판이나 전등의 뜨거운 표면을 만지지 마십시오.
- ➔ 태양열판/전등이 다 식은 후 만지십시오.

12. 전등을 켭니다.

연료 전지가 수소를 발생시키기 시작합니다.

13. 수소 저장 원통이 12 mL보다 약간 더 많이 차면 다음과 같이 합니다:

- 전등을 끕니다.
- 가역형 연료 전지에서 패치 코드를 뽑습니다.

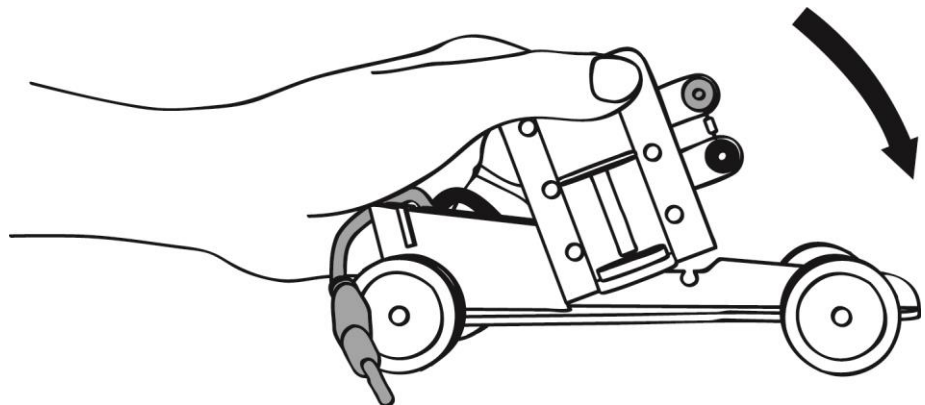


그림 8-4 가역형 연료 전지를 모델카에 장착

모델카 구동

14. 빨간색과 검은색 단자가 모델카 앞쪽을 향하도록 둔 상태에서 가역형 연료 전지를 딸깍 소리가 날 때까지 모델카의 벤 자리에 끼웁니다.

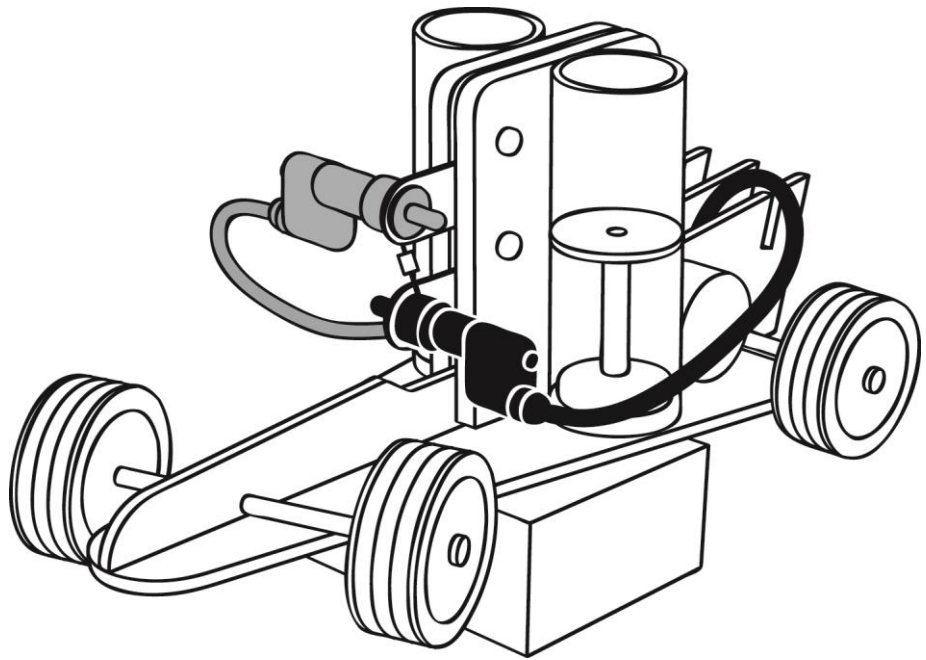


그림 8-5 모델카를 나무 블록에 올리기

15. 모델카 밑에 나무 블록을 놓아서 모델카 바퀴가 자유롭게 회전하도록 만듭니다.
16. 빨간색(플러스) 바나나 잭을 빨간색(플러스) 단자에 연결하고 검은색(마이너스) 바나나 잭을 검은색(마이너스) 단자에 연결합니다.

학생 참여

17. 학생들에게 수소 저장 원통에 든 기체의 양을 관찰하고 가스량이 12 mL에 도달하면 스톱워치 시작 버튼을 누르라고(또는 초침으로 시간을 기록하라고) 시킵니다.
18. 1 mL가 사용될 때마다 시간을 기록하라고 시킵니다.
19. 한 학생에게 기록을 표(칠판에 그려놓은)에 적으라고 시킵니다.

| 수소 사용량(mL) | 경과 시간(s) 실험 1 | 경과 시간(s) 실험 2 | 경과 시간(s) 실험 3 | 전체 실험의 평균 경과 시간(s) |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 2 | 120 | 110 | 120 | 117 |
| 3 | 170 | 160 | 170 | 167 |
| 4 | 220 | 210 | 210 | 213 |
| 5 | 270 | 260 | 260 | 263 |
| 6 | 320 | 310 | 300 | 310 |
| 7 | 370 | 360 | 350 | 360 |
| 8 | 420 | 410 | 400 | 410 |
| 9 | 470 | 460 | 450 | 460 |
| 10 | 520 | 510 | 490 | 507 |
| 11 | 570 | 550 | 550 | 557 |
| 12 | — | — | — | — |
| 바퀴가 멈춘 시간 | 580 | 550 | 550 | 560 |

표 8-3 수소 사용량과 경과 시간 기록표 견본(실제 값은 이와 다를 수 있음)

20. 모터가 멈출 때까지 계속합니다.
21. 연료 전지와 모터카를 분리하고 연료 전지를 태양열판에 연결해 다시 수소를 생성합니다.
22. 전등을 켵니다.
23. 충분하다고 생각될 때까지(최소한 한번) 자동차의 수소 생성과 사용 과정을 반복합니다.
24. 한 학생에게 수소 사용량과 바퀴가 돌아간 시간의 관계를 나타낸 그래프를 칠판에 그리도록 시킵니다.

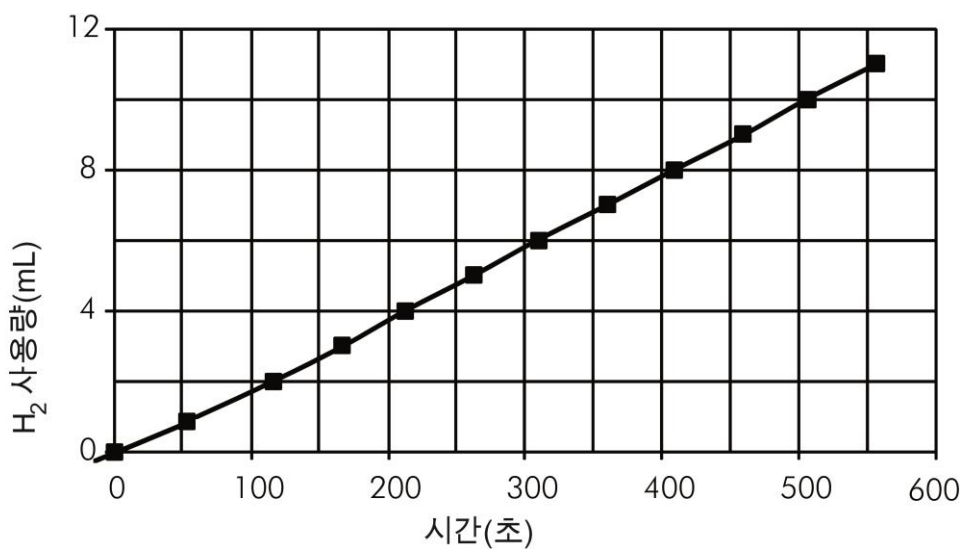


그림 8-6 수소 사용량과 바퀴 회전 시간의 관계(실제 값은 이와 다를 수 있음)

연료 전지가
공급할 수 있는 전력의
양

시간이 남지 않았거나 계속하고 싶지 않다면 여기서 탐구 활동을 끝낼 수 있습니다. 하지만 연료 전지가 공급할 수 있는 전력의 양에 대한 탐구 활동을 계속할 수도 있습니다.

1. 가역형 연료 전지에 증류수를 채우고(필요하다면) 수소를 발생시킵니다. 2-13단계(93-94페이지) 참조.

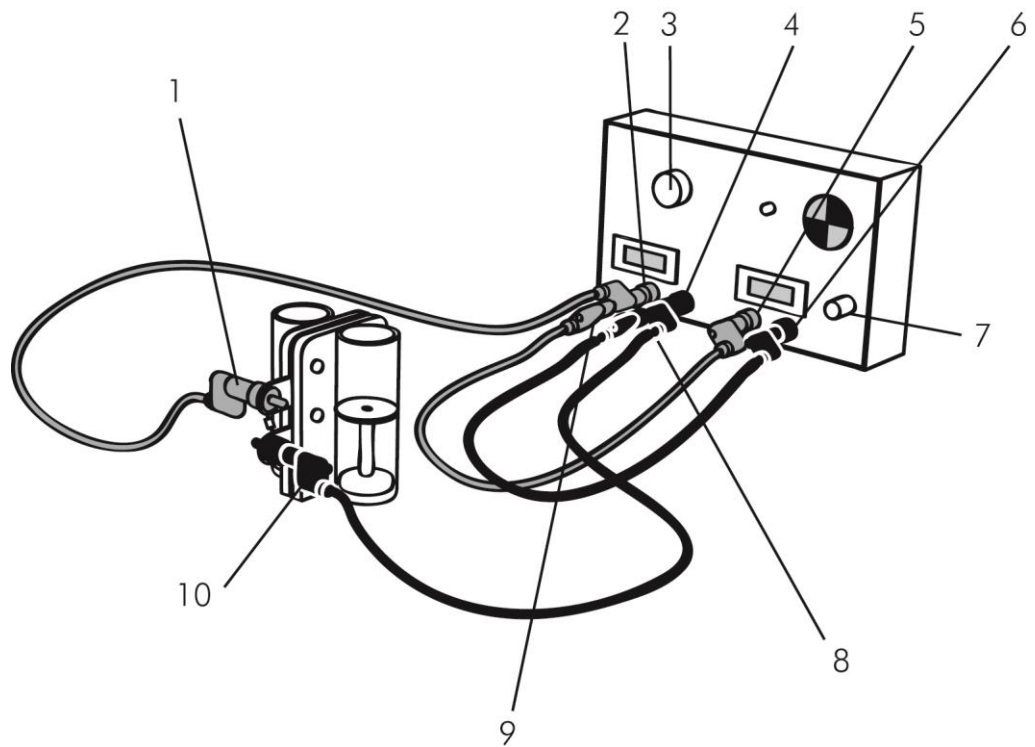


그림 8-7 가역형 연료 전지와 부하 측정함 연결

2. *LOAD(부하)* 조절 손잡이(3)를 *OPEN(열기)*으로 돌립니다.
3. 가역형 연료 전지의 빨간색(플러스) 단자(1)를 부하 측정함 전류계의 빨간색(플러스) 단자(2)에 연결합니다.
4. 가역형 연료 전지의 검은색(마이너스) 단자(10)를 부하 측정함 전류계의 검은색(마이너스) 단자(4)에 연결합니다.
5. 부하 측정함 전류계의 빨간색(플러스) 단자(9)를 부하 측정함 전압계의 빨간색(플러스) 단자(5)에 연결합니다.
6. 부하 측정함 전류계의 검은색(마이너스) 단자(8)를 부하 측정함 전압계의 검은색(마이너스) 단자(6)에 연결합니다.
7. *ON/OFF(켜기/끄기)* 버튼(7)을 누릅니다.
8. *부하* 조절 손잡이(3)를 10 Ω 으로 돌립니다.
9. 몇 초 동안 전류와 전압을 측정합니다.

전류와 전압 측정



유용한 정보

전류가 1.23 V(수소-산소 연료 전지의 이론상 최대 가능한 전압)보다 높게 시작했다가 천천히 떨어지는 것을 볼 수도 있습니다. 이러한 현상은 전기 분해 후에 촉매에 남은 표면층 때문에 생깁니다.

학생 참여

10. 전류와 전압이 안정되면 학생들에게 다음 표에 전류와 전압을 기록하라고 시킵니다(아래 표에 나온 값은 일반적인 결과임).

| 부하(Ω) | 전류(A) | 전압(V) | 전력(W) (계산) |
|----------------|-------|-------|---------------|
| 10 | 0.080 | 0.840 | 0.067 |
| 5 | 0.145 | 0.780 | 0.113 |
| 3 | 0.237 | 0.750 | 0.178 |
| 1 | 0.497 | 0.640 | 0.318 |

표 8-4 연료 전지의 전력 출력값에 대한 일반적인 결과(실제 값은 이와 다를 수 있음)

- 부하 설정을 5 Ω , 3 Ω , 1 Ω 순서로 바꾸고 각 설정값마다 학생들에게 전류와 전압을 측정하라고 시킵니다.
- 학생들에게 연료 전지의 전력 출력값을 계산하라고 시킵니다.
- 부하 측정값을 분리하고 전원을 끕니다.
- 장치를 분해하고 치웁니다.

8.2.2.4 교사 침묵 학습

교사 침묵 학습이나 파트너 학습에서 학생들에게 '질문 - 학생'(111페이지)에 나온 질문에 답변하라고 시킬 수 있습니다. 학생들의 능력과 가르치는 방법에 따라 달라집니다.

8.2.2.5 숙제

'(111페이지)에 나온 질문은 학생들이 교사의 지도 없이도 답할 수 있다면 숙제로 내줄 수도 있습니다.

8.2.3 질문과 답변

- 기체 1 mL당 바퀴가 돌아간 시간을 측정할 때마다 수소 기체 원통에 같은 양을 채우는 것이 중요한 이유가 무엇인가?

사용된 수소 1 mL당 바퀴가 돌아가는 시간을 비교할 때 각 시간마다 같은 양의 수소로 시간을 측정하는 것이 중요합니다.

- 바퀴가 돌아갈 때 수소 저장 원통에 있는 기체의 양은 어떻게 변하는가? 왜 그런 현상이 일어나는가?

바퀴가 돌면서 전기 모터를 구동시키기 위한 전기를 소비하는데 이 전기는 수소 기체가 산소 기체와

화합하여 물을 만들면서 함께 발생하는 전기이므로
수소 저장 원통에 든 기체의 양은 줄어든다.

3. 태양열판에서 생산된 전기로 전기 모터를 돌릴 수 있는가?
전기 모터에 직접 연결된 태양 전지보다 수소 연료를 사용해
자동차를 움직이면 어떤 장점이 있는가?

그렇다. 태양열판에서 생산된 전기로 전기 모터를
돌릴 수 있다고 생각한다. 태양열판 대신 수소 연료로
자동차를 움직이는 것은 태양열판이 작동하는 데
필요한 충분한 빛이 없는 어두운 경우에도 운전할 수
있는 장점이 있다.

4. 수소 실험에서 한 것처럼 수소를 그냥 태우거나 폭발시키는
것보다 이와 같이 수소와 산소를 화합시키면 어떤 장점이
있는가?

수소를 그냥 태우거나 폭발시키지 않고 이와 같이
수소와 산소를 화합시키면 훨씬 더 잘 통제할 수 있는
전기 형태의 에너지를 얻는 장점이 있다. 이러한
전기는 켜고 끌 수 있으므로 한 번에 조금씩만 사용할
수 있다. 폭발을 이용할 경우 많은 양의 에너지가 열의
형태로 생성되는데 이러한 형태의 에너지는 자동차를
구동시키는 데 이용하기 쉽지 않다.

5. 20 mL의 수소 기체로 얼마나 오랫동안 바퀴를 돌릴 수
있는가? 그래프를 참조해 정답을 추측하시오.

(개인마다 결과가 다름)

바퀴가 10 mL의 수소로 507초 동안 회전했으므로
20 mL의 수소로는 507초의 2배(1014초 또는
17분)동안 회전할 것으로 예상한다. 수소 사용량과
바퀴 회전 시간의 관계는 직선 관계이다.

6. 이번 탐색 활동의 처음에 나온 다음 질문의 답은 무엇일까?
저장된 수소를 사용해 전기를 생산할 수 있는가? 설명하시오.

그렇다. 저장된 수소를 사용해 전기를 생산할 수 있다.
지금까지 연료 전지가 전기 에너지를 만들면서
수소를 사용하는 것을 관찰했다.

7. 저항을 10 Ω에서 1 Ω으로 줄였을 때 전류가 어떻게
변했는가? 전압은 어떻게 되었는가? 계산 결과 나온 연료
전지의 최대 전력 출력값은?

(개인마다 결과가 다름)

저항을 낮추었을 때 전류는 높아졌지만 전압은
낮아졌다. 측정한 최대 전력은 저항이 1 Ω일 때 0.318
W였다.

8. 측정한 전류와 전압의 관계는 배터리에서도 일반적으로
적용된다. 연료 전지를 배터리라고 말할 수 있는가? 이에 대해
토론하시오.

그렇다. 연료 전지를 배터리라고 말할 수 있다.
왜냐하면 마이너스 극과 플러스 극이 있는 두 개의
반쪽 전지로 나뉘어져 있고 화학 반응에서 전기를
생산하기 때문이다.

배터리도 유사하게 작용한다. 배터리에는 전류가
높아지면 감소되는 무부하 전압이 있습니다. 예를
들어 NiCd 배터리의 무부하 전압은 1.2 V입니다.

8.3 학생용

이번 탐구 활동에서는 수소를 연료로 사용할 수 있는지에 대해 살펴봅니다.

8.3.1 저장된 수소를 이용해 전기를 생산할 수 있는가?

안전 → 실험할 때는 눈 보호구를 착용하십시오.



주의

수소 발화!

피부에 화상을 입거나 연료 전지가 파손될 수 있습니다.

- 노출된 화염이 없어야 합니다.
- 담배를 피우지 말아야 합니다.
- 환기가 잘 되는 장소여야 합니다.



주의

가역형 연료 전지 과압!

기체 저장 원통의 배수실 맨 윗부분이 막혀있으면 물체가 튀어 다칠 수 있습니다.

- 기체 저장 원통의 배수실의 맨 윗부분을 막지 마십시오.
- 항상 눈 보호구를 착용하십시오.

- ✓ 눈 보호구
- ✓ 태양열판 또는 수동 발전기



유용한 정보

교사가 태양열판을 대신해 수동 발전기를 전기 에너지 발생원으로 사용하라고 말할 수도 있습니다(사용 설명서 참조).

- ✓ 패치 코드 2개 또는 4개
- ✓ 가역형 연료 전지

- ✓ 모터카
- ✓ 부하 측정함
- ✓ 증류수
- ✓ 100-120 W PAR 전등 또는 이와 동등한 전등
- ✓ 나무 블록 또는 다른 모델카 지지물
- ✓ 초침이 있거나 스톱워치 기능이 있는 시계

1. 눈 보호구를 착용하십시오.
2. 연료 전지를 바닥이 평평한 곳에 뒤집어(숫자가 아래로 향하도록) 놓습니다.
3. 멈추개를 분리합니다.

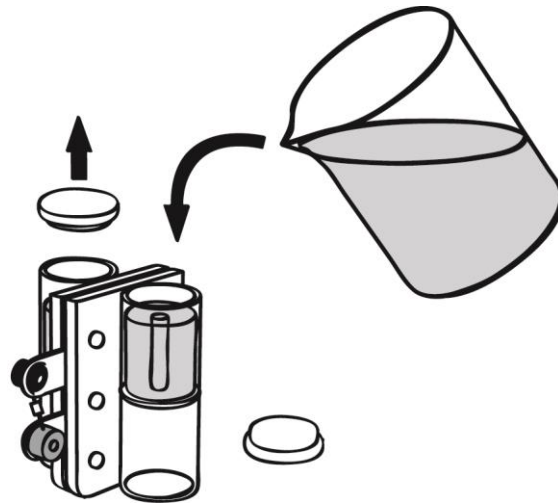


그림 8-8 가역형 연료 전지에 증류수 넣기



알림

반드시 증류수를 사용하십시오!

수도물이나 다른 액체를 사용하면 가역형 연료 전지의 막이 영구적으로 파손됩니다.

4. 양쪽 저장 원통 모두에서 원통 중앙의 작은 튜브의 맨 위에 도달할 때까지 증류수를 채웁니다.
5. 연료 전지를 살살 두드려서 증류수가 막과 집전 금속판 주변으로 흘러가도록 합니다.
6. 증류수가 원통에 있는 튜브 안으로 흘러 들어가도록 증류수를 더 넣습니다.

7. 멈추개를 원통에 다시 끼웁니다. 원통 안에 공기가 남아있지 않은지 확인합니다.



유용한 정보

약 0.5 mL 정도의 작은 기포는 문제가 되지 않으므로 무시할 수 있습니다.

8. 가역형 연료 전지를 똑바로 돌립니다.

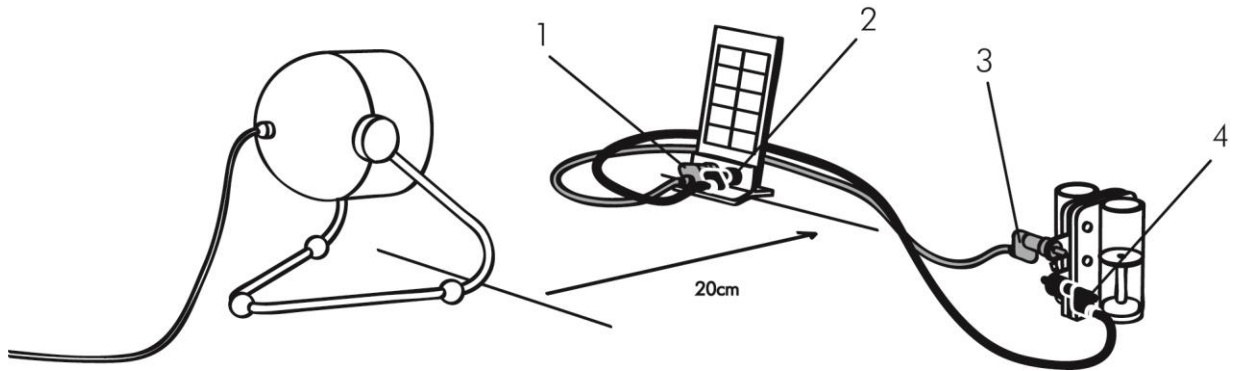


그림 8-9 태양열판과 연료 전지 연결

9. 빨간색 패치 코드의 빨간색 바나나 잭을 태양열판(1)과 연료 전지(3)의 빨간색(플러스) 바나나 잭 단자에 연결합니다.



알림

가역형 연료 전지 단락!

막에 뜨거운 부분이 발생해 막의 성능이 떨어집니다.

➔ 가역형 연료 전지에 단락이 발생하지 않게 하십시오.

10. 검은색 패치 코드와 마이너스 단자(2, 4)로 9단계를 반복하십시오.



알림

태양열판 과열!

태양 전지가 고장나거나 영구적으로 파손될 수 있습니다.

- ➔ 최대 120 W의 전등만 사용하십시오.
- ➔ 전등과 태양열판 사이에 최소 20 cm 거리를 두십시오.
- ➔ 빛을 집중시키지 마십시오.

11. 태양열판과 전등을 일직선으로 배치하고 거리를 최소 20 cm 이상 유지합니다.



주의

태양열판과 전등의 뜨거운 표면!

피부 화상을 입을 수 있습니다.

- ➔ 태양열판이나 전등의 뜨거운 표면을 만지지 마십시오.
- ➔ 태양열판/전등이 다 식은 후 만지십시오.

12. 전등을 끕니다.

13. 수소 저장 원통이 12 mL보다 약간 더 많이 차면 다음과 같이 합니다:

- 전등을 끕니다.
- 가역형 연료 전지에서 패치 코드를 뽑습니다.

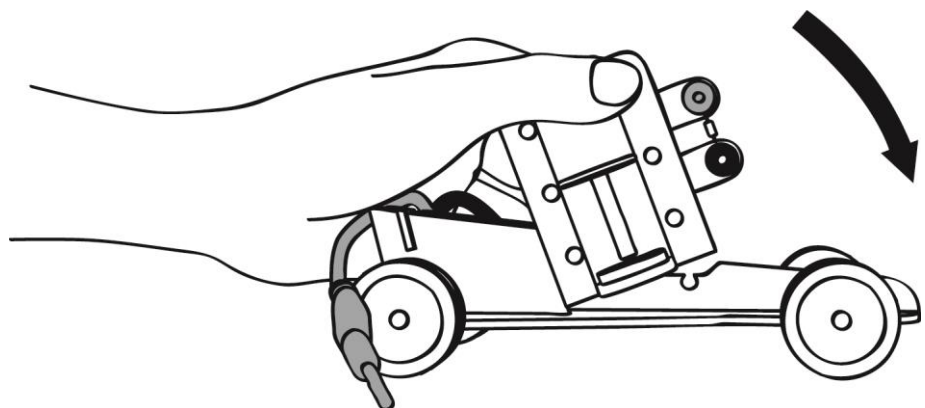


그림 8-10 가역형 연료 전지를 모델카에 장착

14. 빨간색과 검은색 단자가 모델카 앞쪽을 향하도록 둔 상태에서 가역형 연료 전지를 딸깍 소리가 날 때까지 모델카의 벤 자리에 끼웁니다.

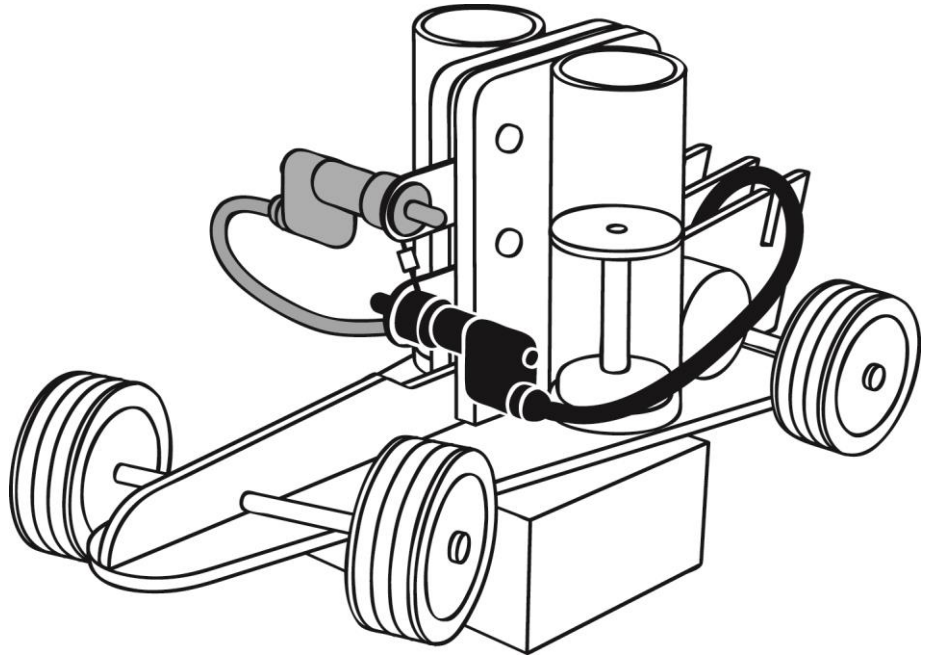


그림 8-11 나무 블록에 올려놓은 모델카

15. 모델카 밑에 나무 블록을 놓아서 모델카 바퀴가 자유롭게 회전하도록 만듭니다.
16. 빨간색(플러스) 바나나 잭을 빨간색(플러스) 단자에 연결하고 검은색(마이너스) 바나나 잭을 검은색(마이너스) 단자에 연결합니다.
17. 수소 저장 원통에 든 기체의 양을 관찰하고 가스량이 12 mL에 도달하면 스톱워치 시작 버튼을 누릅니다(또는 초침으로 시간을 기록).
18. 1 mL가 사용될 때마다 시간을 아래 표에 기록합니다.

| 수소 사용량(mL) | 경과 시간(s) 실험 1 | 경과 시간(s) 실험 2 | 경과 시간(s) 실험 3 | 전체 실험의 평균 경과 시간(s) |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| 0 | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 바퀴가 멈춘 시간 | | | | |

표 8-5 수소 사용량과 바퀴가 돌아간 시간

19. 모터가 멈출 때까지 계속합니다.

20. 연료 전지와 모터카를 분리하고 연료 전지를 태양열판에 연결합니다.

다시 수소를 발생시키기 위해 다음과 같이 합니다.

21. 전등을 켵니다.

22. 충분하다고 생각될 때까지(최소한 한번) 자동차의 수소 생성과 사용 과정을 반복합니다.

23. 수소 사용량과 바퀴가 돌아간 시간의 관계를 나타낸 그래프를 아래 차트에 그립니다.

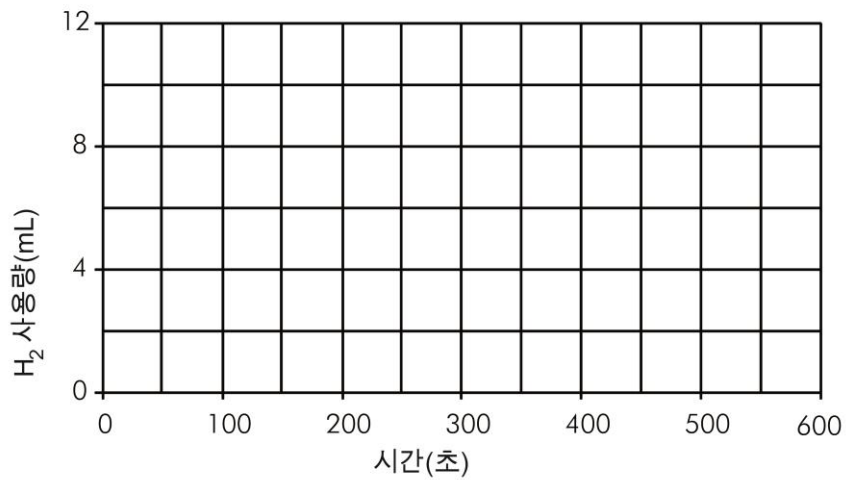


그림 8-12 수소 사용량과 바퀴가 돌아간 시간

이번 탐구 활동의 첫 번째 부분을 마쳤습니다. 선생님께 계속할지 여기서 그만둘지 물어봅니다.

연료 전지가
공급할 수 있는 전력의
양

1. 가역형 연료 전지에 증류수를 채우고(필요하다면) 수소를 발생시킵니다. 2-13단계(104-106페이지) 참조.

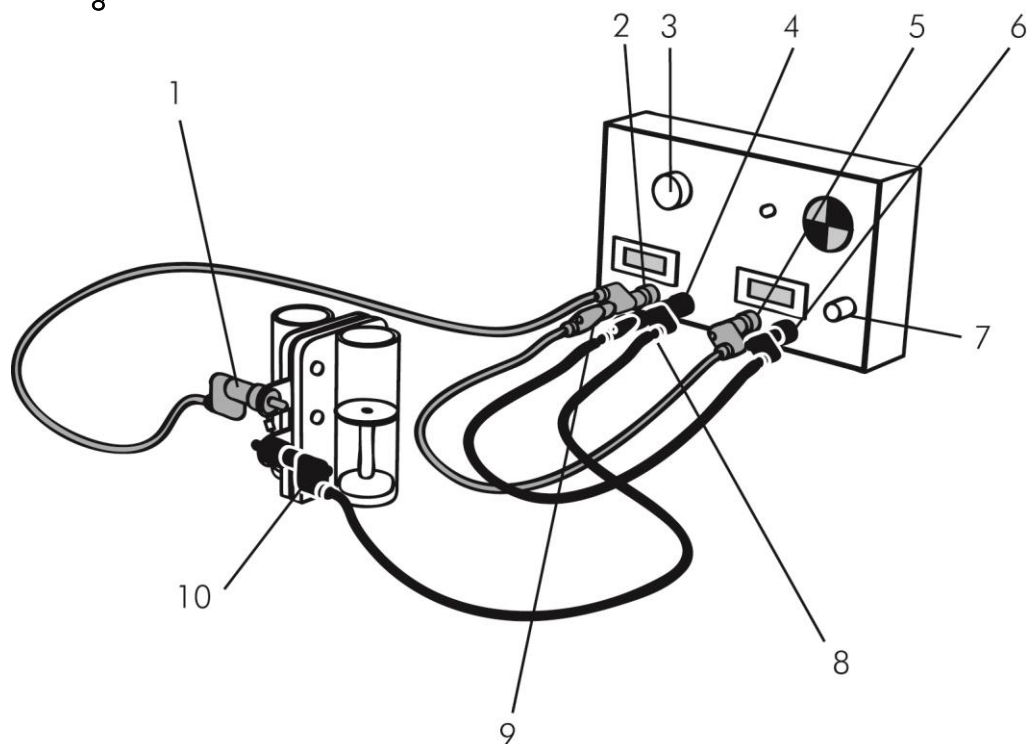


그림 8-13 가역형 연료 전지와 부하 측정함 연결

2. *LOAD(부하)* 조절 손잡이(3)를 *OPEN(열기)*으로 돌립니다.
3. 가역형 연료 전지의 빨간색(플러스) 단자(1)를 부하 측정함 전류계의 빨간색(플러스) 단자(2)에 연결합니다.
4. 가역형 연료 전지의 검은색(마이너스) 단자(10)를 부하 측정함 전류계의 검은색(마이너스) 단자(4)에 연결합니다.
5. 부하 측정함 전류계의 빨간색(플러스) 단자(9)를 부하 측정함 전압계의 빨간색(플러스) 단자(5)에 연결합니다.
6. 부하 측정함 전류계의 검은색(마이너스) 단자(8)를 부하 측정함 전압계의 검은색(마이너스) 단자(6)에 연결합니다.
7. *ON/OFF(켜기/끄기)* 버튼(7)을 누릅니다.
8. *부하* 조절 손잡이(3)를 10 Ω 으로 돌립니다.



유용한 정보

전류가 1.23 V(수소-산소 연료 전지의 이론상 최대 가능한 전압)보다 높게 시작했다가 천천히 떨어지는 것을 볼 수도 있습니다. 이러한 현상은 전기 분해 후에 촉매에 남은 표면층 때문에 생깁니다.

9. 전압과 전류가 안정되면 다음 표에 기록합니다.

| 부하(Ω) | 전류(A) | 전압(V) | 전력(W) |
|----------------|-------|-------|-------|
| 10 | | | |
| 5 | | | |
| 3 | | | |
| 1 | | | |

표 8-6 연료 전지의 전력 출력값 계산

10. 부하 설정을 5 Ω , 3 Ω , 1 Ω 순서로 바꾸고 각 설정값마다 전류와 전압을 측정합니다.
11. 연료 전지의 전력 출력값을 계산합니다.
12. 부하 측정함을 분리하고 전원을 끕니다.
13. 장비를 해체하고 치웁니다. 그 다음 눈 보호구를 벗고 조심해서 반환합니다.

8.3.2 질문 - 학생

다른 종이에 다음 질문에 대한 답을 적습니다.

1. 기체 1 mL당 바퀴가 돌아간 시간을 측정할 때마다 수소 기체 원통에 같은 양을 채우는 것이 중요한 이유가 무엇인가?
2. 바퀴가 돌아갈 때 수소 저장 원통에 있는 기체의 양은 어떻게 변하는가? 왜 그런 현상이 일어나는가?
3. 태양열판에서 생산된 전기로 전기 모터를 돌릴 수 있는가? 전기 모터에 직접 연결된 태양 전지보다 수소 연료를 사용해 자동차를 움직이면 어떤 장점이 있는가?
4. 수소 실험에서 한 것처럼 수소를 그냥 태우거나 폭발시키는 것보다 이와 같이 수소와 산소를 화합시키는 반응을 이용하면 어떤 장점이 있는가?
5. 20 mL의 수소 기체로 얼마나 오랫동안 바퀴를 돌릴 수 있는가? 그래프를 참조해 정답을 추측하시오.
6. 이번 탐색 활동의 처음에 나온 다음 질문의 답은 무엇일까? 저장된 수소를 사용해 전기를 생산할 수 있는가? 설명하시오.
7. 저항을 10 Ω 에서 1 Ω 으로 줄였을 때 전류가 어떻게 변했는가? 전압은 어떻게 되었는가? 계산 결과 나온 연료 전지의 최대 전력 출력값은?
8. 측정한 전류와 전압의 관계는 배터리에서도 일반적으로 적용된다. 연료 전지를 배터리라고 말할 수 있는가? 이에 대해 토론하시오.