

Dr FuelCell[®] Model Car

Automodello

Guida per l'Insegnante



Indice

Prefazione	5
2 Due parole su questo documento	7
2.1 Utilizzo degli esperimenti in classe.....	8
2.2 Simboli e segnali	9
2.3 Altri documenti attinenti	10
3 Norme di sicurezza generali.....	11
3.1 Per la propria sicurezza.....	11
3.2 Condizioni ambientali	12
3.3 Spedizione e trasporto	12
3.4 Misure di sicurezza	13
3.5 Compatibilità elettromagnetica.....	13
3.6 Garanzia	13
4 Dimostrazione del Dr FuelCell® Model Car	15
4.2 Informazioni fondamentali per l'insegnante.....	15
4.3 L'esperimento – Insegnanti	19
5 Orientamento del pannello solare	25
5.1 Informazioni fondamentali per l'insegnante.....	25
5.2 L'esperimento – Insegnanti	30
5.3 Sezione Studente.....	40
6 Semplice elettrolisi	47
6.1 Informazioni fondamentali per l'insegnante.....	47
6.2 L'esperimento – Insegnanti	51
6.3 Sezione Studente.....	58
7 Capire l'elettrolisi	63
7.1 Informazioni fondamentali per l'insegnante.....	63
7.2 L'esperimento – Insegnanti	67
7.3 Sezione Studente.....	80
8 Potenza dell'idrogeno!	91
8.1 Informazioni fondamentali per l'insegnante.....	91
8.2 Gli esperimenti – Insegnanti	95
8.3 Sezione Studente.....	107

9	La potenza dell'idrogeno per il movimento	117
9.1	Informazioni fondamentali per l'insegnante	117
9.2	L'esperimento – Insegnanti	120
9.3	Sezione Studente.....	132
10	Efficienza energetica.....	143
10.1	Informazioni fondamentali per l'insegnante	143
10.2	Gli esperimenti – Insegnanti	148
10.3	Sezione Studente.....	160
11	Cos'è un ibrido?	169
11.1	Informazioni fondamentali per l'insegnante	169
11.2	L'esperimento – Insegnanti	171
11.3	Sezione Studente.....	183
12	Glossario.....	187

Prefazione

Lo scopo di questo libro è di far conoscere agli studenti la tecnologia della cella a combustibile. I principi basilari delle celle a combustibile si analizzano in maniera simpatica e divertente, incoraggiando gli studenti a prendere in esame questa nuova tecnologia.

Le celle a combustibile utilizzano l'energia chimica dell'idrogeno per generare elettricità, in maniera pulita ed efficiente. Le celle a combustibile a idrogeno hanno il potenziale di

- Ridurre la generazione dei gas serra, l'inquinamento dell'aria ed i cambiamenti climatici globali
- Costituire una parte importante della sicurezza energetica
- Stimolare la tecnologia a idrogeno come fonte energetica del futuro

Insegnare agli studenti questa importante tecnologia li metterà in una posizione di vantaggio in questo settore che si sta sviluppando.

Aspetti curricolari

Con questa nuova tecnologia si possono insegnare molti aspetti curricolari:

- Concetto di molecola
- Struttura dell'atomo
- Reazioni chimiche
- Conversione di diversi tipi di energia
- Esecuzione di ricerche scientifiche
- Progettazione e conduzione di esperimenti scientifici
- La scienza e la tecnologia a livello di sfide locali, nazionali e globali

Speriamo che gli studenti svolgeranno un ruolo importante nel rendere le celle a combustibile parte integrante del nostro futuro sostenibile.

8 Potenza dell'idrogeno!

In questo esperimento gli studenti esamineranno come ottenere energia elettrica combinando idrogeno ed ossigeno.

Questo esperimento è una continuazione dei precedenti, ma non è fondamentale che gli studenti li abbiano effettivamente eseguiti.

8.1 Informazioni fondamentali per l'insegnante

8.1.1 Obiettivi

Competenze

Per assicurare il massimo successo nell'apprendimento, gli studenti dovrebbero avere già familiarità con:

- Decomposizione dei composti chimici
- Reazione di ossidoriduzione
- Batterie
- Prova idrogeno
- Linearità ed estrapolazione

Obiettivi di apprendimento

In questo esperimento gli studenti impareranno:

- Ottenimento dell'elettricità combinando idrogeno ed ossigeno
- Conversione dell'energia
- Potenza come prodotto di corrente e tensione
- Prima legge di Faraday dell'elettrolisi
- Necessità della riproducibilità degli esperimenti scientifici
- L'idrogeno è energia chimica immagazzinata

Prospettive

Questo esperimento può anche servire come punto di partenza per tutta una serie di argomenti differenti, come ad esempio:

- Concetto di catalizzatori
- Concetto di elettroni, atomi, ecc.
- Settore energetico
- Effetto serra
- Costante di Avogadro

8.1.2 Tabella di marcia

I tempi sono stime grossolane.

Attività	Durata
Preparazione antecedente alla lezione	20 min
Esperimento	90 min
Tempo che servirà agli studenti per rispondere alle domande	35 min

Tabella 8-1 Tabella di marcia

8.1.3 Metodo d'insegnamento

Metodo	Adeguatezza
Lavoro di gruppo	✓✓✓✓
Lezione con spiegazioni alla lavagna	✓
Lavoro individuale (domande per gli studenti)	✓✓
Esercitazione a casa (domande per gli studenti)	✓✓✓

Tabella 8-2 Metodo d'insegnamento (✓ = scarso ... ✓✓✓✓ = molto buono)

8.1.4 Background

Alimentare una
vettura con idrogeno?

L'elettrolizzatore che abbiamo usato negli esperimenti precedenti rappresenta una fonte di idrogeno ed un modo di immagazzinarlo nel cilindro del gas. Costituisce anche una fonte di ossigeno, sebbene potremmo utilizzare semplicemente l'aria, in quanto contiene il 21 % di ossigeno. Ora ci serve un modo per ritrasformare l'idrogeno e l'ossigeno in elettricità che alimenterà un motorino elettrico per far muovere l'automodello.

Cella a
combustibile

Nel kit per Automodello si fornisce un dispositivo per ritrasformare l'idrogeno e l'ossigeno in acqua. Nell'esperimento *CAPIRE L'ELETTROLISI* abbiamo adoperato il componente principale di questo kit – la cella a combustibile reversibile – in funzione di elettrolizzatore. Se, però, si fornisce idrogeno su un lato della cella a combustibile ed ossigeno sull'altro, la cella a combustibile reversibile produce una corrente elettrica. L'idrogeno si combina con l'ossigeno per produrre di nuovo acqua, che è il materiale da cui siamo partiti. Lo si potrebbe mettere per iscritto così:

Elettricità + Acqua → Idrogeno + Ossigeno

Idrogeno + Ossigeno → Acqua + Elettricità

Ciò potrebbe costituire una soluzione meravigliosa al problema dell'inquinamento dell'aria, giacché la potenza della cella a combustibile a idrogeno rilascerebbe nell'atmosfera soltanto acqua o vapore acqueo, utilizzando l'acqua e l'elettricità quale fonte dell'idrogeno necessario per alimentare la cella a combustibile.

Gli astronauti usano già questa tecnologia nelle stazioni spaziali. Con celle solari, elettrolizzatori, celle a combustibile ed una scorta iniziale di acqua, gli astronauti hanno una fonte di elettricità e di ossigeno, oltre che una scorta abbondante di idrogeno. Quando l'idrogeno si adopera come combustibile per produrre elettricità, produce anche acqua.

Ricordare la reazione all'interno di una cella a combustibile:



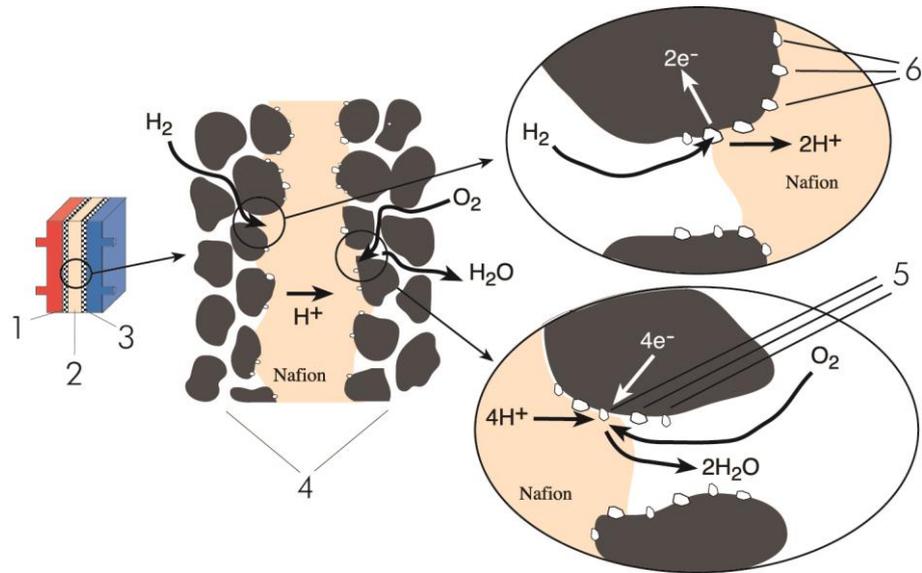


Fig. 8-1 Principio della cella a combustibile

- | | | | |
|---|--|---|------------------------------------|
| 1 | Anodo | 4 | Strato di carbonio |
| 2 | Membrana elettrolitica polimerica (Nafion) | 5 | Catalizzatore di platino ed iridio |
| 3 | Catodo | 6 | Catalizzatore di platino |

Il flusso di elettroni può essere utilizzato da un'utenza.

Con l'Automodello possiamo adoperare l'idrogeno immagazzinato per produrre elettricità per alimentare il motore. Dato che il motore elettrico ruota molto rapidamente, è provvisto di ingranaggi per ridurre la velocità dell'albero motore e portare potenza alle ruote posteriori della vettura.

Potenza

Quando si descrivono eventi elettrici, la potenza (in watt) in entrata o in uscita da un dispositivo si può determinare moltiplicando la corrente (in ampere) che passa attraverso il dispositivo per la tensione (in volt) esistente a quel dispositivo. La potenza descrive la forza di un processo. Possiamo scrivere:

$$I \times V = P \quad (\text{ampere} \times \text{volt} = \text{watt})$$

Anodo / Catodo

Quando abbiamo utilizzato la cella a combustibile reversibile in qualità di elettrolizzatore, abbiamo osservato la polarità: negativo (nero) = idrogeno=catodo e positivo (rosso) = ossigeno = anodo. Ora che adoperiamo la cella a combustibile reversibile come cella a combustibile, è utile che la polarità sia quasi la stessa. Il lato idrogeno (nero) produce una tensione negativa; il lato ossigeno (rosso) produce una tensione positiva. Attenendoci, comunque, alla definizione di anodo / catodo (gli elettroni vengono persi all'anodo), il lato idrogeno è chiamato adesso anodo ed il lato ossigeno catodo.

8.2 Gli esperimenti – Insegnanti

8.2.1 Preparazione

È consigliabile provare questo esperimento prima dell'esecuzione in classe.

8.2.2 In classe

In funzione dell'approccio didattico e del numero di kit per Automodello disponibili, si può scegliere tra un lavoro di gruppo ed una lezione con spiegazioni alla lavagna.

Sicurezza

- Sensibilizzare sempre gli studenti sull'importanza di compiere esperimenti ed indagini in maniera sicura e familiarizzare con i pericoli potenziali.
- Assicurarsi di indossare gli occhiali di protezione e di fornirli agli studenti.



ATTENZIONE

Sovrappressione nella cella a combustibile reversibile!

Lesioni dovute ad oggetti scagliati fuori quando è ostruita la parte superiore dello scomparto di traboccamento dei cilindri di stoccaggio del gas.

- Non bloccare la parte superiore dello scomparto di traboccamento dei cilindri di stoccaggio del gas.
- Indossare sempre una protezione oculare.



ATTENZIONE

Accensione dell'idrogeno!

Scottature e danni alla cella a combustibile.

- Vietate fiamme libere.
- Vietato fumare.
- Zona di lavoro ben ventilata.



CONSIGLIO

Può darsi che gli studenti osservino che il motore si ferma prima che sia utilizzato tutto l'idrogeno o, al contrario, che continua a funzionare dopo che l'idrogeno sembra finito. Si potrebbero fornire le seguenti spiegazioni:

- Il motore si ferma prima che tutto l'idrogeno sia finito:
 - Può essere il risultato dell'aria rimasta nel sistema quando è stato riempito di acqua. Ciò che è rimasto nel lato idrogeno non è tutto idrogeno.
- Il motore continua a funzionare dopo che è terminato l'idrogeno:
 - Sebbene non sia visibile idrogeno nel cilindro di stoccaggio, potrebbe essercene ancora intorno alla membrana.

8.2.2.2 Lavoro di gruppo

Per il lavoro di gruppo servono parecchi kit per Automodello.

8.2.2.3 Lezione con spiegazioni alla lavagna

Per la lezione con spiegazioni alla lavagna serve un solo kit per Automodello.

Per presentare l'esperimento serve quanto segue:

Esperimento

- ✓ Occhiali o protezione oculare
- ✓ Pannello solare o generatore a manovella



CONSIGLIO

In alternativa al pannello solare, si può anche utilizzare il generatore a manovella come fonte di energia elettrica (vedere Manuale di Istruzioni).

- ✓ 2 o 5 cavi patch (5 se si desidera esaminare quanta potenza può fornire la cella a combustibile)
- ✓ Cella a combustibile reversibile
- ✓ Automodello con motore
- ✓ Box di rilevamento sotto carico (se si desidera esaminare quanta potenza può fornire la cella a combustibile)

Riempimento della cella a combustibile reversibile con acqua distillata

- ✓ Acqua distillata
 - ✓ Lampada PAR da 100–120 watt o fonte luminosa equivalente
 - ✓ Blocco di legno o altro supporto per l'automodello
 - ✓ Orologio con lancetta dei secondi o funzione cronometro
1. Indossare gli occhiali protettivi.
 2. Mettere la cella a combustibile capovolta (numeri rivolti verso il basso) sulla superficie piana.
 3. Togliere i tappi.

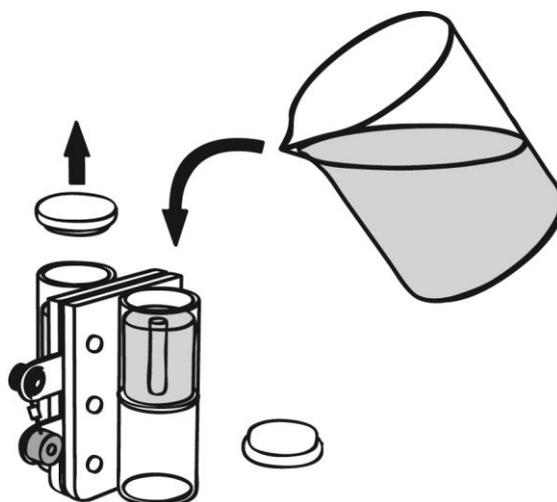


Fig. 8-2 Riempimento della cella a combustibile reversibile con acqua distillata



INDICAZIONE

Utilizzare soltanto acqua distillata!

L'acqua del rubinetto o altri liquidi arrecano danni permanenti alla membrana della cella a combustibile reversibile.

4. Versare l'acqua distillata in tutti e due i cilindri di stoccaggio finché l'acqua non raggiunge la sommità dei tubicini al centro dei cilindri.
5. Dare leggeri colpi alla cella a combustibile per far sì che l'acqua penetri meglio nella zona intorno alla membrana ed alle piastre metalliche collettrici di corrente.
6. Aggiungere dell'altra acqua finché non inizia a traboccare nei tubi dei cilindri.
7. Rimettere i tappi sui cilindri. Accertarsi che non sia rimasta intrappolata dell'aria all'interno del cilindro.



CONSIGLIO

Una piccola bolla d'aria dell'ordine di 0,5 mL non causa problemi e si può, dunque, ignorare.

8. Se non si usa da un po' la cella a combustibile reversibile, lasciarla riposare per 20 min; se è stata adoperata di recente, ricapovoglarla nella posizione giusta.

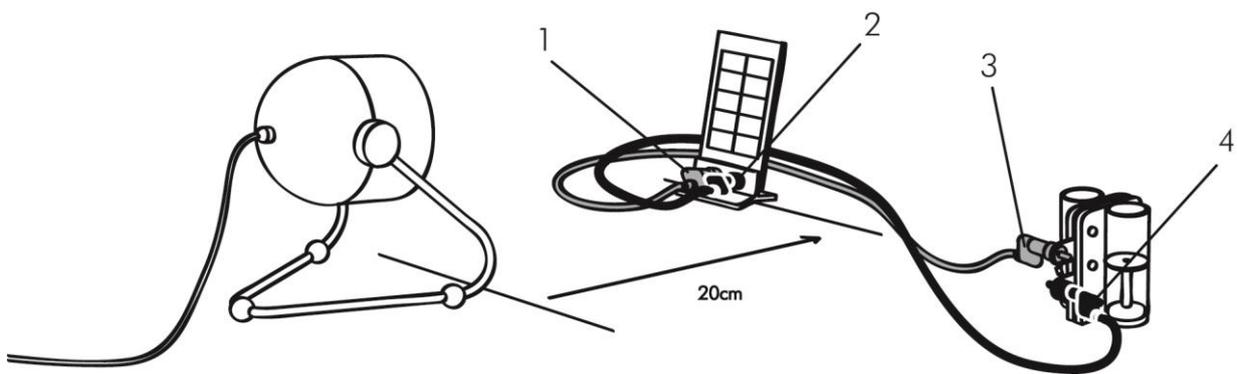


Fig. 8-3 Collegamento del pannello solare e della cella a combustibile

Produzione di idrogeno

9. Inserire le spine a banana rosse del cavo patch rosso nei relativi terminali rossi (positivi) del pannello solare (1) e della cella a combustibile (3).



INDICAZIONE

Corto circuito della cella a combustibile reversibile!

Punti caldi della membrana che portano al deterioramento della stessa.

→ Non cortocircuitare la cella a combustibile reversibile.

10. Ripetere il punto 9 relativamente al cavo patch nero ed ai terminali negativi (2, 4).



INDICAZIONE

Surriscaldamento del pannello solare!

Malfunzionamento delle celle solari o danni permanenti a carico delle stesse.

- Utilizzare soltanto fonti luminose con potenza massima pari a 120 W.
- Mantenere una distanza minima di 20 cm tra la fonte luminosa ed il pannello solare.
- Non concentrare la luce.

11. Allineare il pannello solare alla fonte luminosa, mantenendo una distanza minima di 20 cm.



ATTENZIONE

Superficie molto calda del pannello solare e della lampada!

Scottature.

- Non toccare la superficie molto calda del pannello solare o della lampada.
- Far raffreddare il pannello solare / la lampada prima di toccarli.

12. Accendere la luce.

La cella a combustibile inizia a produrre idrogeno.

13. Quando il cilindro di stoccaggio idrogeno è pieno per un po' più di 12 mL:

- Spegnerne la luce.
- Staccare i cavi patch dalla cella a combustibile reversibile.

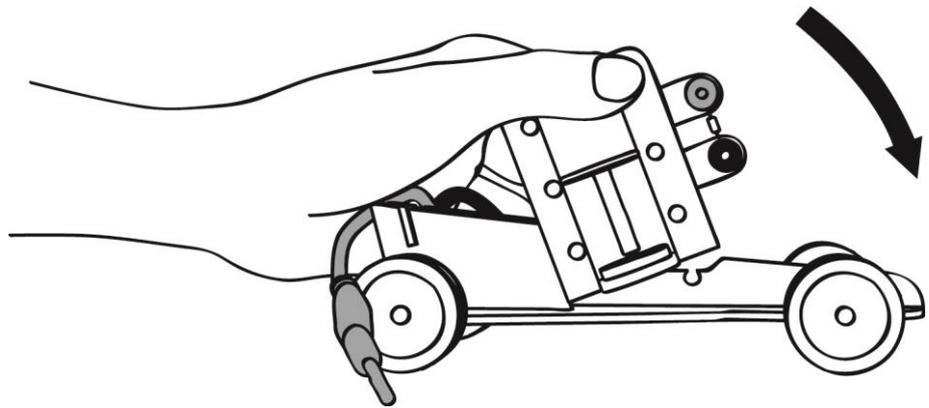


Fig. 8-4 Sistemazione della cella a combustibile reversibile sull'Automodello

Funzionamento dell'automodello

14. Con i terminali rosso e nero rivolti verso la parte anteriore dell'automodello, sistemare la cella a combustibile reversibile nei dentelli dell'automodello stesso facendola scattare udibilmente in posizione.

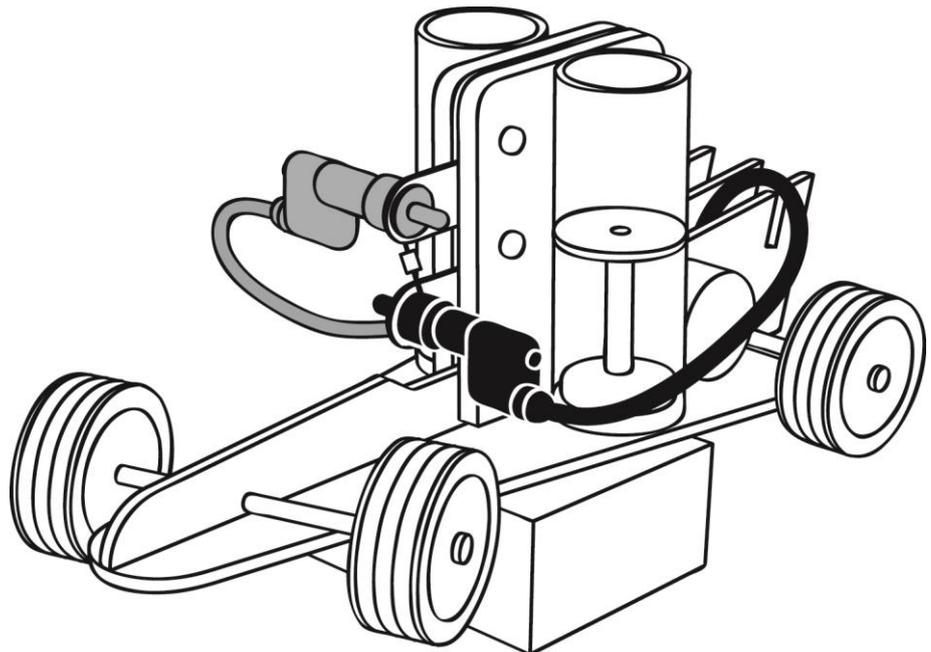


Fig. 8-5 Sistemazione dell'Automodello sul blocco

Partecipazione degli studenti

15. Mettere il blocco di legno sotto la base dell'automodello, in maniera tale che le ruote dello stesso siano libere di girare.
16. Collegare la spina a banana rossa (positivo) con il terminale rosso (positivo) e la spina a banana nera (negativo) con il terminale nero (negativo).
17. Far osservare agli studenti il livello del gas nel cilindro di stoccaggio idrogeno e, quando il livello del gas raggiunge esattamente 12 mL, chiedere loro di far partire un cronometro (o segnare il tempo al secondo più prossimo).

18. Far loro segnare il tempo dopo ogni millilitro consumato.
19. Chiedere ad uno studente di prenderne nota in una tabella (sulla lavagna).

Idrogeno consumato [mL]	Tempo trascorso [s] Prova 1	Tempo trascorso [s] Prova 2	Tempo trascorso [s] Prova 3	Tempo medio trascorso di tutte le prove
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	–	–	–	–
Quando si fermano le ruote	580	550	550	560

Tabella 8-3 Esempio di consumo di idrogeno (valori esemplificativi soggetti a variazione)

20. Continuare finché non si ferma il motore.
21. Scollegare la cella a combustibile e l'automodello e collegare la cella a combustibile al pannello solare per produrre di nuovo idrogeno.
22. Accendere la luce.
23. Ripetere la produzione di idrogeno ed il consumo da parte dell'automodello per il numero di volte ritenuto opportuno (almeno una volta).
24. Far disegnare ad uno studente sulla lavagna un grafico che mostri il volume di idrogeno utilizzato in funzione del lasso di tempo per cui le ruote girano.

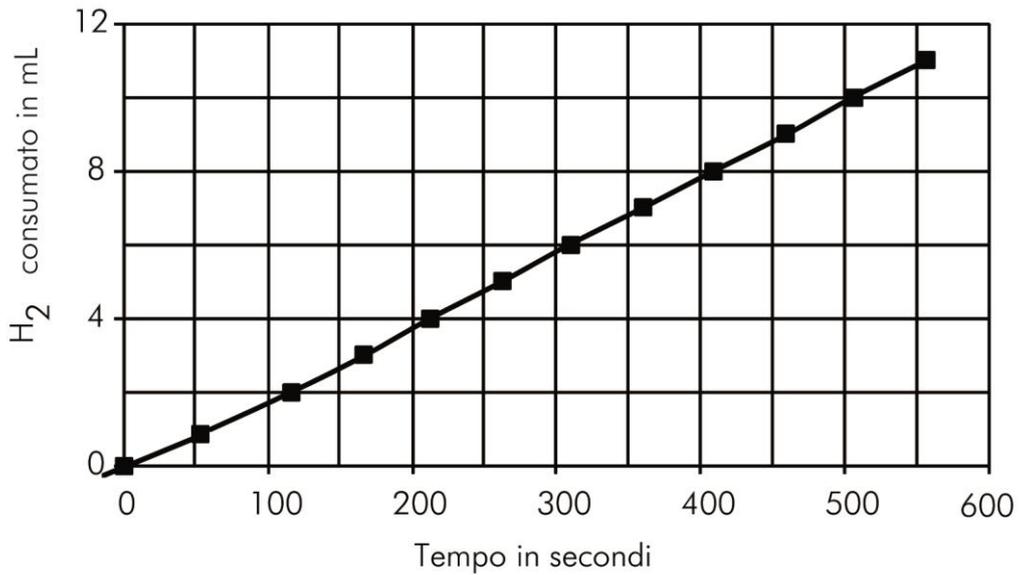


Fig. 8-6 Volume di idrogeno in funzione del tempo per cui girano le ruote (valori esemplificativi soggetti a variazione)

Quanta potenza può fornire la cella a combustibile

Si può interrompere l'esperimento a questo punto se non c'è più tempo o se si desidera proseguire in maniera differente. Si può, comunque, continuare con l'esperimento riguardante quanta potenza può fornire una cella a combustibile:

1. Riempire (eventualmente) di acqua distillata la cella a combustibile reversibile e produrre idrogeno, vedere i punti 2–13 a pag. 97–98.

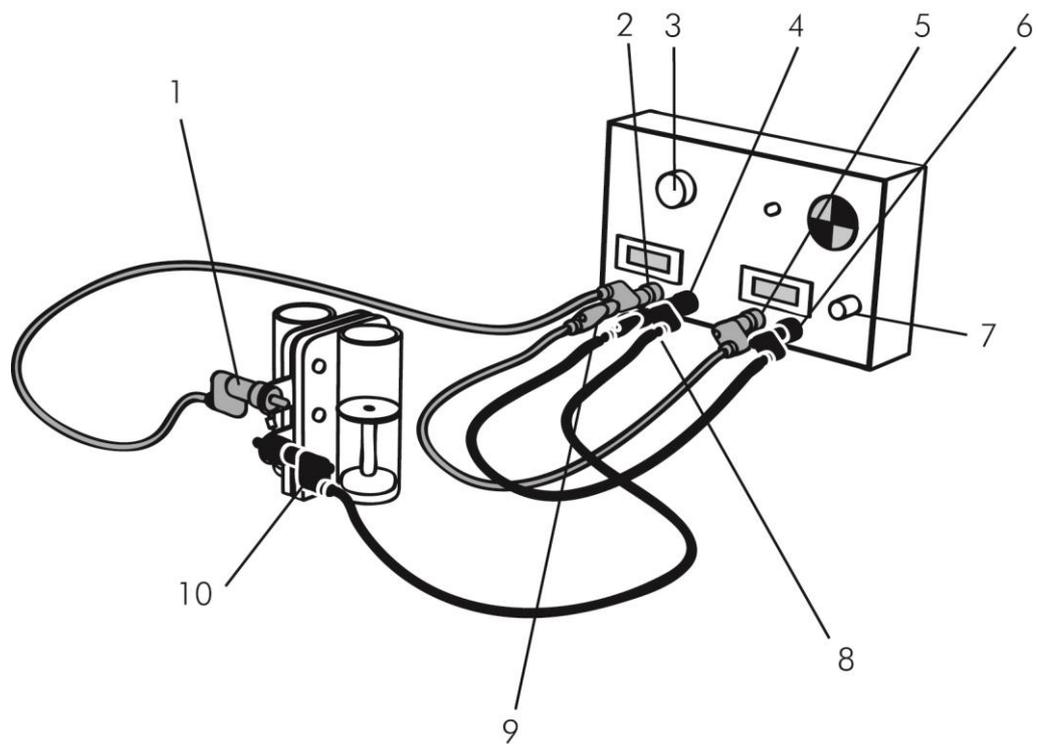


Fig. 8-7 Collegamento della cella a combustibile reversibile e del box di rilevamento sotto carico

2. Portare la manopola del CARICO (3) su OPEN (aperto).
3. Collegare il terminale rosso (positivo) della cella a combustibile reversibile (1) con il terminale rosso (positivo) dell'ampmetro sul box di rilevamento sotto carico (2).
4. Collegare il terminale nero (negativo) della cella a combustibile reversibile (10) con il terminale nero (negativo) dell'ampmetro sul box di rilevamento sotto carico (4).
5. Collegare il terminale rosso (positivo) dell'ampmetro sul box di rilevamento sotto carico (9) con il terminale rosso (positivo) del voltmetro (5) sul box di rilevamento sotto carico.
6. Collegare il terminale nero (negativo) dell'ampmetro sul box di rilevamento sotto carico (8) con il terminale nero (negativo) del voltmetro sul box di rilevamento sotto carico (6).
7. Premere il pulsante ON / OFF (7).
8. Portare la manopola del CARICO (3) su 10 Ω .
9. Osservare la corrente e la tensione per alcuni secondi.

Misurazione della corrente e della tensione



CONSIGLIO

Può darsi che si veda che la tensione parte ad un valore perfino superiore a 1,23 V (la teoria dice che si tratta del massimo valore possibile di una cella a combustibile a idrogeno-ossigeno) e poi diminuisce lentamente. Questo succede a causa degli strati superficiali rimasti sul catalizzatore dopo l'elettrolisi.

Partecipazione degli studenti

10. Una volta che la corrente e la tensione sembrano essersi stabilizzati, incoraggiare gli studenti a segnarli nella tabella seguente (qui con risultati tipici).

Carico [Ω]	Corrente [A]	Tensione [V]	Potenza [W] (calcolata)
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

Tabella 8-4 Risultati tipici della potenza in uscita da una cella a combustibile (valori esemplificativi soggetti a variazione)

11. Modificare il carico impostandolo a 5 Ω , 3 Ω e poi ad 1 Ω ed ogni volta far segnare agli studenti la corrente e la tensione.

12. Far calcolare agli studenti il valore della potenza in uscita dalla cella a combustibile.

13. Staccare il box di rilevamento sotto carico e spegnerlo.

14. Smontare l'apparecchiatura e metterla via.

8.2.2.4 Lavoro individuale

Gli studenti possono essere incoraggiati a rispondere alle domande in *DOMANDE – STUDENTI* a pag. 116 lavorando individualmente o in coppia. Questo dipende dalle capacità degli studenti e dall'approccio didattico.

8.2.2.5 Esercitazione a casa

Le domande di cui alla sezione *DOMANDE – STUDENTI* a pag. 116 si possono utilizzare anche per l'esercitazione a casa, se gli studenti non hanno bisogno dell'assistenza dell'insegnante per rispondervi.

8.2.3 Domande e risposte

1. Perché è importante che il cilindro dell'idrogeno gassoso sia riempito con lo stesso quantitativo ogni volta che incominciamo a misurare il tempo per cui girano le ruote per ogni mL di gas?

Se vogliamo mettere a confronto la durata della rotazione delle ruote per ogni mL di idrogeno gassoso utilizzato, è importante iniziare il nostro conteggio con la stessa quantità di idrogeno ogni volta.

2. Cosa succede al livello di gas nel cilindro di stoccaggio idrogeno quando le ruote girano? Perché accade?

Il volume del gas nel cilindro di stoccaggio idrogeno diminuisce poiché, girando, le ruote utilizzano elettricità per alimentare il motore elettrico e questa elettricità proviene dall'idrogeno gassoso che si combina con l'ossigeno gassoso per formare acqua e produrre elettricità.

3. Si potrebbe alimentare il motore elettrico con elettricità prodotta dal pannello solare? Qual è il vantaggio di alimentare una vettura con combustibile a idrogeno invece che tramite un pannello solare collegato direttamente al motore elettrico?

Sì, penso che si potrebbe alimentare il motore elettrico con elettricità prodotta dal pannello solare. Alimentare una vettura con combustibile a idrogeno piuttosto che con un pannello solare significherebbe poter guidare la vettura quando è scuro, cioè quando non c'è abbastanza luce da consentire il funzionamento del pannello solare.

4. Qual è il vantaggio di far combinare l'idrogeno con l'ossigeno in questo modo invece di farlo bruciare ed esplodere come succede nella prova idrogeno?

Il vantaggio di far combinare l'idrogeno con l'ossigeno in questo modo invece di farlo bruciare ed esplodere sta nel fatto che produce un flusso di energia molto più controllato sotto forma di elettricità. Questa elettricità si può attivare e disattivare, potendola così utilizzare un poco alla volta. Con un'esplosione viene rilasciata molta energia sotto forma di calore e non la si può facilmente adoperare per alimentare la vettura.

5. Prevedere per quanto tempo girerebbero le ruote con 20 mL di idrogeno gassoso. Far riferimento al grafico ed estrapolare una risposta.

[i singoli risultati varieranno]

Dato che le ruote hanno girato 507 secondi con 10 mL di idrogeno, prevedo che ruoteranno due per 507 secondi (1014 secondi o 17 minuti) con 20 mL di idrogeno. Il rapporto tra il consumo di idrogeno e la rotazione delle ruote è lineare.

6. Qual è la risposta alla domanda di cui all'inizio di questo esperimento: Possiamo usare idrogeno immagazzinato per produrre elettricità? Dare una spiegazione.

Sì, possiamo usare idrogeno immagazzinato per produrre elettricità. Abbiamo visto che la cella a combustibile utilizza idrogeno mentre produce energia elettrica.

7. Quando si è diminuita la resistenza da 10 a 1 Ω , cosa è successo alla corrente? Che cosa è successo alla tensione? Qual è il valore massimo di potenza in uscita dalla cella a combustibile che si è determinato?

[i singoli risultati varieranno]

Quando ho diminuito la resistenza, la corrente è salita, ma la tensione si è abbassata. La potenza massima che ho misurato è stata di 0,318 watt con la resistenza da 1 Ω .

8. La dipendenza della corrente e della tensione determinata è tipica anche delle batterie. Possiamo dire che la cella a combustibile è una batteria? Discuterne.

Sì, possiamo dire che una cella a combustibile è una batteria in quanto produce elettricità partendo da una reazione chimica, batteria che è separata in due semicelle con un polo meno (anodo) ed un polo più (catodo).

Le batterie mostrano un comportamento simile. Hanno una tensione di carico zero, che diminuisce con l'aumentare della corrente. La tensione di carico zero di una batteria NiCd, ad esempio, è pari a 1,2 volt.

8.3 Sezione Studente

In questo esperimento si esaminerà se si può utilizzare l'idrogeno in qualità di combustibile.

8.3.1 Possiamo usare idrogeno immagazzinato per produrre elettricità?

Sicurezza → Indossare occhiali di protezione durante l'esperimento.



ATTENZIONE

Accensione dell'idrogeno!

Scottature e danni alla cella a combustibile.

- Vietate fiamme libere.
- Vietato fumare.
- Zona di lavoro ben ventilata.



ATTENZIONE

Sovrappressione nella cella a combustibile reversibile!

Lesioni dovute ad oggetti scagliati fuori quando è ostruita la parte superiore dello scomparto di traboccamento dei cilindri di stoccaggio del gas.

- Non bloccare la parte superiore dello scomparto di traboccamento dei cilindri di stoccaggio del gas.
- Indossare sempre una protezione oculare.

- ✓ Occhiali o protezione oculare
- ✓ Pannello solare o generatore a manovella



CONSIGLIO

In alternativa al pannello solare, l'insegnante può anche chiedere di utilizzare il generatore a manovella come fonte di energia elettrica (vedere Manuale di Istruzioni).

- ✓ 2 o 4 cavi patch
 - ✓ Cella a combustibile reversibile
 - ✓ Automodello con motore
 - ✓ Box di rilevamento sotto carico
 - ✓ Acqua distillata
 - ✓ Lampada PAR da 100–120 watt o fonte luminosa equivalente
 - ✓ Blocco di legno o altro supporto per l'automodello
 - ✓ Orologio con lancetta dei secondi o funzione cronometro
1. Indossare gli occhiali protettivi.
 2. Mettere la cella a combustibile capovolta (numeri rivolti verso il basso) sulla superficie piana.
 3. Togliere i tappi.

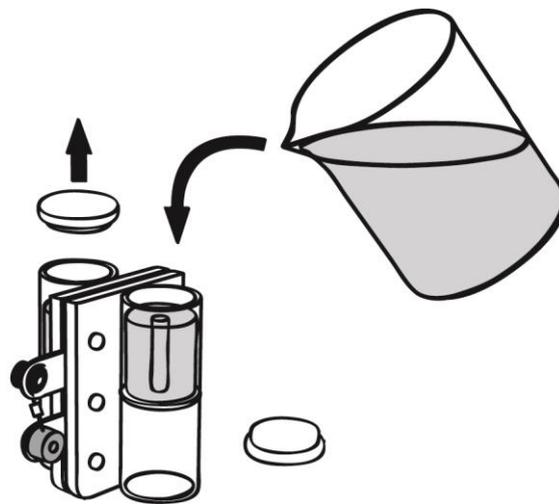


Fig. 8-8 Riempimento della cella a combustibile reversibile con acqua distillata



INDICAZIONE

Utilizzare soltanto acqua distillata!

L'acqua del rubinetto o altri liquidi arrecano danni permanenti alla membrana della cella a combustibile reversibile.

4. Versare l'acqua distillata in tutti e due i cilindri di stoccaggio finché l'acqua non raggiunge la sommità dei tubicini al centro dei cilindri.
5. Dare leggeri colpi alla cella a combustibile per far sì che l'acqua penetri meglio nella zona intorno alla membrana ed alle piastre metalliche collettrici di corrente.

6. Aggiungere dell'altra acqua finché non inizia a traboccare nei tubi dei cilindri.
7. Rimettere i tappi sui cilindri. Accertarsi che non sia rimasta intrappolata dell'aria all'interno del cilindro.

! CONSIGLIO

Una piccola bolla d'aria dell'ordine di 0,5 mL non causa problemi e si può, dunque, ignorare.

8. Ricapovolgere nella posizione corretta la cella a combustibile reversibile.

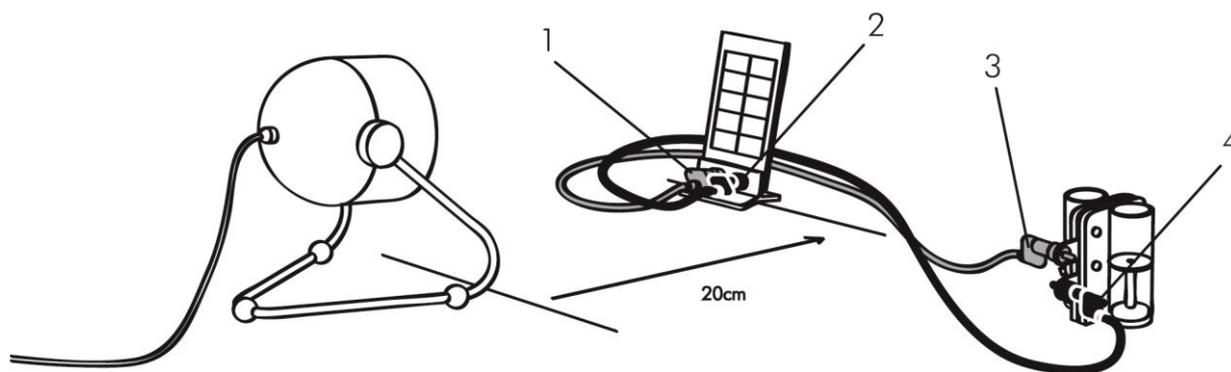


Fig. 8-9 Collegamento del pannello solare e della cella a combustibile

9. Inserire le spine a banana rosse del cavo patch rosso nei relativi terminali rossi (positivi) del pannello solare (1) e della cella a combustibile (3).

! INDICAZIONE

Corto circuito della cella a combustibile reversibile!

Punti caldi della membrana che portano al deterioramento della stessa.

➔ Non cortocircuitare la cella a combustibile reversibile.

10. Ripetere il punto 9 relativamente al cavo patch nero ed ai terminali negativi (2, 4).



INDICAZIONE

Surriscaldamento del pannello solare!

Malfunzionamento delle celle solari o danni permanenti a carico delle stesse.

- Utilizzare soltanto fonti luminose con potenza massima pari a 120 W.
- Mantenere una distanza minima di 20 cm tra la fonte luminosa ed il pannello solare.
- Non concentrare la luce.

11. Allineare il pannello solare alla fonte luminosa, mantenendo una distanza minima di 20 cm.



ATTENZIONE

Superficie molto calda del pannello solare e della lampada!

Scottature.

- Non toccare la superficie molto calda del pannello solare o della lampada.
- Far raffreddare il pannello solare / la lampada prima di toccarli.

12. Accendere la luce.

13. Quando il cilindro di stoccaggio idrogeno è pieno per un po' più di 12 mL:

- Spegnerne la luce.
- Staccare i cavi patch dalla cella a combustibile reversibile.

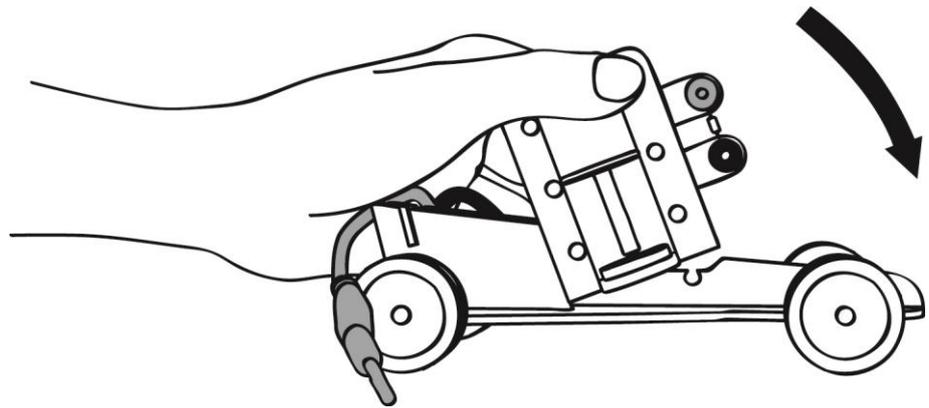


Fig. 8-10 Sistemazione della cella a combustibile reversibile sull'Automodello

14. Con i terminali rosso e nero rivolti verso la parte anteriore dell'automodello, sistemare la cella a combustibile reversibile nei dentelli dell'automodello stesso facendola scattare udibilmente in posizione.

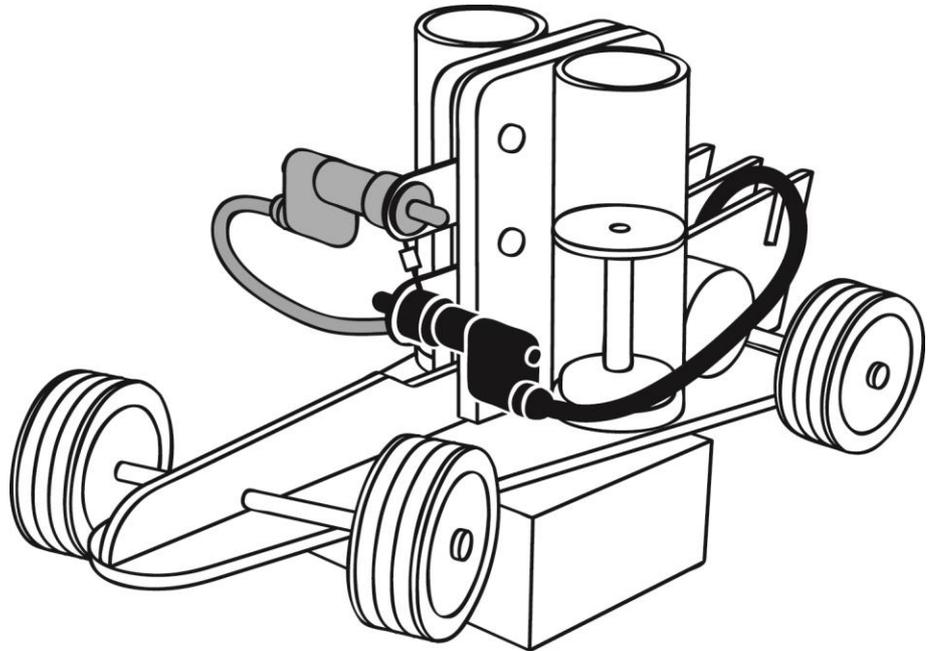


Fig. 8-11 Automodello sul blocco

15. Mettere il blocco di legno sotto la base dell'automodello, in maniera tale che le ruote dello stesso siano libere di girare.
16. Collegare la spina a banana rossa (positivo) con il terminale rosso (positivo) e la spina a banana nera (negativo) con il terminale nero (negativo).
17. Osservare il livello del gas nel cilindro di stoccaggio idrogeno e, quando il livello del gas raggiunge esattamente 12 mL, far partire un cronometro (o segnare il tempo al secondo più prossimo).
18. Segnare il tempo dopo ciascun millilitro consumato, riportandolo nella tabella seguente.

Idrogeno consumato [mL]	Tempo trascorso [s] Prova 1	Tempo trascorso [s] Prova 2	Tempo trascorso [s] Prova 3	Tempo medio trascorso di tutte le prove [s]
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
Quando si fermano le ruote				

Tabella 8-5 Volume di idrogeno e tempo per cui funziona l'automodello

19. Continuare finché non si ferma il motore.
 20. Scollegare la cella a combustibile e l'automodello e collegare la cella a combustibile al pannello solare.
- Per produrre di nuovo idrogeno:
21. Accendere la luce
 22. Ripetere la produzione di idrogeno ed il consumo da parte dell'automodello per il numero di volte ritenuto opportuno (almeno una volta).
 23. Disegnare sugli assi cartesiani sotto riportati un grafico che mostri il volume di idrogeno utilizzato in funzione della lasso di tempo per cui le ruote girano.

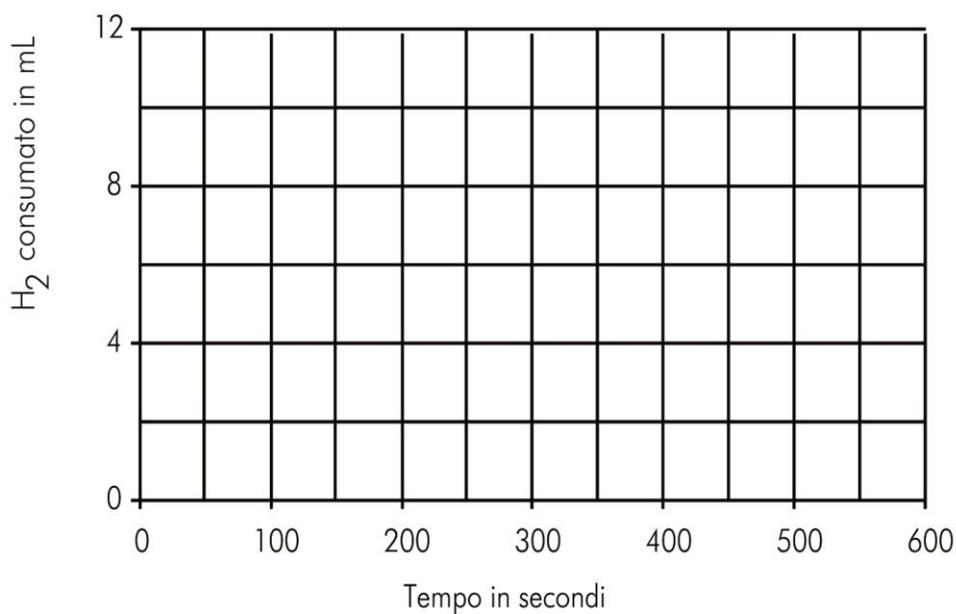


Fig. 8-12 Volume di idrogeno in funzione del tempo per cui girano le ruote

La prima parte dell'esperimento è terminata. Verificare con l'insegnante se continuare o meno.

Quanta potenza può fornire una cella a combustibile

1. Riempire (eventualmente) di acqua distillata la cella a combustibile reversibile e produrre idrogeno, vedere i punti 2-13 a pag. 108-110.

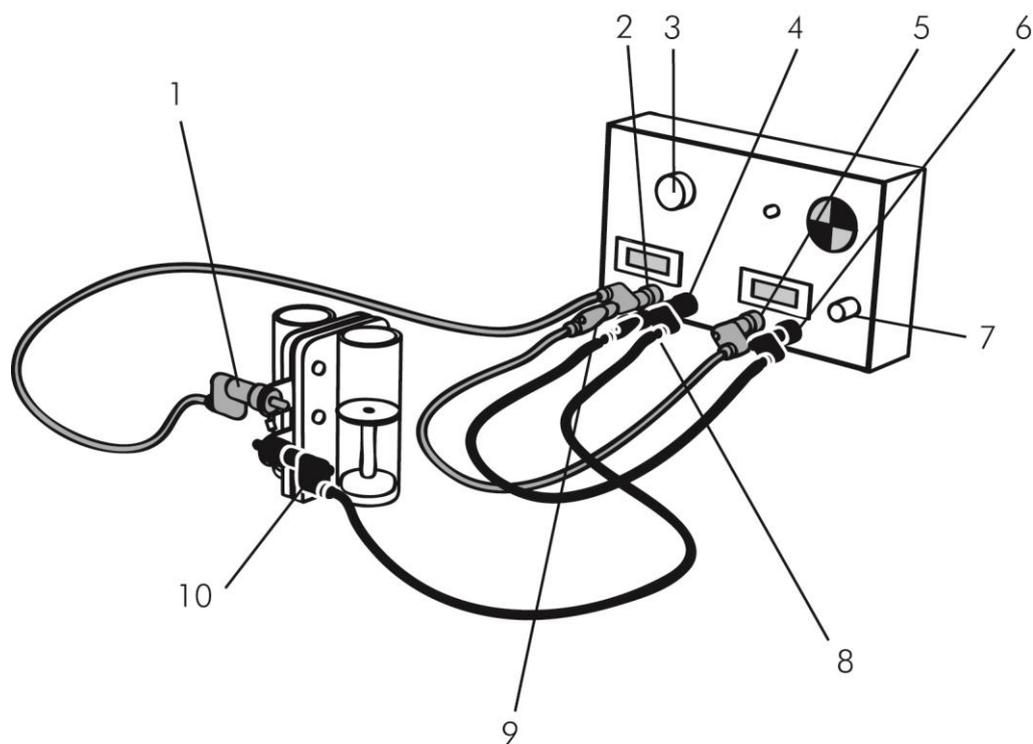


Fig. 8-13 Collegamento della cella a combustibile reversibile e del box di rilevamento sotto carico

3. Portare la manopola del CARICO (3) su OPEN (aperto).
4. Collegare il terminale rosso (positivo) della cella a combustibile reversibile (1) con il terminale rosso (positivo) dell'amperometro sul box di rilevamento sotto carico (2).
5. Collegare il terminale nero (negativo) della cella a combustibile reversibile (10) con il terminale nero (negativo) dell'amperometro sul box di rilevamento sotto carico (4).
6. Collegare il terminale rosso (positivo) dell'amperometro sul box di rilevamento sotto carico (9) con il terminale rosso (positivo) del voltmetro (5) sul box di rilevamento sotto carico.
7. Collegare il terminale nero (negativo) dell'amperometro sul box di rilevamento sotto carico (8) con il terminale nero (negativo) del voltmetro sul box di rilevamento sotto carico (6).
8. Premere il pulsante ON / OFF (7).
9. Portare la manopola del CARICO (3) su 10 Ω.



CONSIGLIO

Può darsi che si veda che la tensione parte ad un valore perfino superiore a 1,23 V (la teoria dice che si tratta del massimo valore possibile di una cella a combustibile a idrogeno-ossigeno) e poi diminuisce lentamente. Questo succede a causa degli strati superficiali rimasti sul catalizzatore dopo l'elettrolisi.

10. Una volta che la corrente e la tensione sembrano essersi stabilizzati, riportarli nella tabella seguente.

Carico [Ω]	Corrente [A]	Tensione [V]	Potenza [W]
10			
5			
3			
1			

Tabella 8-6 Determinazione della potenza in uscita dalla cella a combustibile

11. Modificare il carico impostandolo a 5 Ω , 3 Ω e poi ad 1 Ω e ogni volta segnare la corrente e la tensione.
12. Calcolare la potenza fornita dalla cella a combustibile.
13. Staccare il box di rilevamento sotto carico e spegnerlo.
14. Con cura smontare l'apparecchiatura, riporla e poi togliersi gli occhiali di protezione e restituirli.

8.3.2 Domande – Studenti

Utilizzare un altro foglio per rispondere alle domande.

1. Perché è importante che il cilindro dell'idrogeno gassoso sia riempito con lo stesso quantitativo ogni volta che incominciamo a misurare il tempo per cui girano le ruote per ogni mL di gas?
2. Cosa succede al livello di gas nel cilindro di stoccaggio idrogeno quando le ruote girano? Perché accade?
3. Si potrebbe alimentare il motore elettrico con elettricità prodotta dal pannello solare? Qual è il vantaggio di alimentare una vettura con combustibile a idrogeno invece che tramite un pannello solare collegato direttamente al motore elettrico?
4. Qual è il vantaggio di far combinare l'idrogeno con l'ossigeno in questo modo invece di farlo bruciare ed esplodere come succede nella prova idrogeno?
5. Prevedere per quanto tempo girerebbero le ruote con 20 mL di idrogeno gassoso. Far riferimento al grafico ed estrapolare una risposta.
6. Qual è la risposta alla domanda di cui all'inizio di questo esperimento: Possiamo usare idrogeno immagazzinato per produrre elettricità? Dare una spiegazione.
7. Quando si è diminuita la resistenza da 10 a 1 Ω , cosa è successo alla corrente? Che cosa è successo alla tensione? Qual è il valore massimo di potenza in uscita dalla cella a combustibile che si è determinato?
8. La dipendenza della corrente e della tensione determinata è tipica anche delle batterie. Possiamo dire che la cella a combustibile è una batteria? Discuterne.