MODUŁ V

Temat 1

Podsumowanie

Temat	
Wydajność ogniw słonecznych	
Czas trwania	90 min
Przedział wiekowy uczniów	10 - 14 lat

Podsumowanie lekcji

Celem jest sprawdzenie, ile energii słonecznej może przechwycić ogniwo słoneczne. Zostanie ono umieszczone w świetle słonecznym, a pomiary napięcia i prądu zostaną wykonane w celu obliczenia maksymalnej mocy i mocy dostarczanej do małego wentylatora.

Efekty uczenia się

Cele edukacyjne

- Uczniowie dowiadują się, w jaki sposób energia słoneczna jest przekształcana w energię elektryczną.
- Zrozumienie pojęcia wydajności ogniwa słonecznego i sposobu jej pomiaru.
- Sprawdzenie, jak rozmieścić ogniwa słoneczne, aby zwiększyć dostarczaną przez nie moc.

Cele przekrojowe

- Zrozumienie działania modułów fotowoltaicznych.
- Nauka jak mierzyć napięcia i prądy w obwodzie elektrycznym.

Powiązanie z Celami Zrównoważonego Rozwoju

Ten temat jest zgodny z Celem Zrównoważonego Rozwoju nr 7 „Czysta i dostępna energia”, a dokładniej z celem 7.2: „Do 2030 roku znacząco zwiększyć udział odnawialnych źródeł energii w globalnym miksie energetycznym”.

Wdrożenie

Przygotowanie i ułatwienia

- Należy wybrać dzień z czystym i bardzo słonecznym niebem i porę, gdy słońce jest w zenicie lub przeprowadzić ćwiczenie w pomieszczeniu z dostępnymi w 100-watowe żarówki.
- Zaleca się utworzenie grup cztero- lub pięcioosobowych w celu przeprowadzenia tego ćwiczenia.
- Przed lekcją należy upewnić się, że wszystkie materiały są gotowe (ogniwa słoneczne, przewody, wtyki laboratoryjne itp.; lutowanie może być konieczne do podłączenia wtyczek).
- Aby wykonać pomiary na zewnątrz, potrzebne będą stoły lub odpowiednie miejsce do ustawienia wszystkich materiałów.

Potrzebne materiały

Materiały dla każdej grupy uczniów (patrz rysunek V.1.1):

- Dwa ogniwa słoneczne (lepiej z już ułożonymi przewodami)
- Jeden multimetr do pomiaru woltów i amperów (DC)
- Światło słoneczne lub inne silne źródło światła, takie jak 100-watowa żarówka
- Jeden mały wentylator USB (zasilany napięciem 5 V) lub dowolny mały silnik 5 V DC używany z Arduino, przewody czerwony i czarny do podłączenia (może być konieczne lutowanie)
- Wtyki laboratoryjne lub zaciski krokodylkowe (trzy czerwone i trzy czarne) do przewodów ogniw słonecznych i zabawek
- Linijka
- Kalkulator, papier i długopis



Rysunek V.1.1. Materiały dla każdej grupy uczniów

Pomysły na kontynuację

- Przetestuj wpływ zacienienia na ogniwa słoneczne, mierząc ich napięcie i natężenie prądu przy różnych zacienionych częściach ogniw.
- Odwiedź instalację fotowoltaiczną i sprawdź, ile energii elektrycznej produkuje.

Źródła i przygotowanie do zajęć

- To ćwiczenie jest oparte na https://www.exploratorium.edu/snacks/output-solar-cell, stworzonym przez Exploratorium Teacher Institute, na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjnem– Na tych samych warunkach 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Aby dowiedzieć się więcej o fotowoltaice

- Energy Kids to przyjazna uczniom strona internetowa prowadzona przez Departament Energii Stanów Zjednoczonych, Energy Information Administration (EIA). Witryna zawiera różnorodne informacje i ćwiczenia dotyczące energii.

Aby dowiedzieć się więcej o napięciu i prądzie

- BBC Bitesize to bezpłatne internetowe źródło, przeznaczone do pomocy w nauce, powtarzaniu materiału i odrabianiu prac domowych. Bitesize wspiera uczniów w wieku od 5 do 16 lat z różnych przedmiotów szkolnych.

Konspekt lekcji

Czas	Instrukcje krok po kroku
20 min	**Wprowadzenie** Co to jest ogniwo słoneczne, jak działa, co to jest napięcie i prąd i jak je zmierzyć?
15 min	**Pomiary napięcia i prądu (Voc, Isc)** Umieść jedno ogniwo słoneczne w bezpośrednim świetle słonecznym i zmierz jego napięcie (V) i natężenie (I) za pomocą multimetru. Umieść ogniwo słoneczne do góry nogami (unikając światła słonecznego) i zmierz napięcie i natężenie prądu. Ustaw ogniwo słoneczne tak, aby uzyskać maksymalną wartość napięcia, w którym to momencie promienie słoneczne padają prostopadle na powierzchnię ogniwa. Teraz zmierz wartość napięcia, wartość ta nazywana jest Voc (napięcie obwodu otwartego). Powtórz tę samą procedurę, aby zmierzyć prąd, wartość ta jest nazywana Isc (prąd zwarciowy). Oblicz maksymalną moc (Voc x Isc)
15 min	**Pomiary napięcia i prądu z obciążeniem (Vload, Iload)** Podłącz dwa przewody ogniwa słonecznego do dwóch przewodów urządzenia. Odwróć ogniwo słoneczne do góry i zwróć uwagę, jak się obraca, gdy jest na słońcu. Przechyl ogniwo słoneczne, aby zmaksymalizować prędkość silnika. Zmierz napięcie na silniku, gdy pracuje on z maksymalną prędkością. Następnie ustaw multimetr na pomiar prądu i połącz go w jednej pętli z silnikiem i ogniwem słonecznym Oblicz moc dostarczaną do obciążenia (Pload = Vload x Iload)
10 min	**Oblicz sprawność ogniwa słonecznego** Użyj linijki, aby zmierzyć obszar aktywny A ogniwa słonecznego Oblicz moc słoneczną docierającą do ogniwa słonecznego, mnożąc natężenie promieniowania słonecznego (1000 W/m^2) przez powierzchnię ogniwa słonecznego. Oblicz maksymalną wydajność i rzeczywistą wydajność przy podłączonej zabawie.
15 min	**Maksymalna moc. Dwa ogniwa połączone szeregowo** Połącz dodatni biegun jednego ogniwa z ujemnym biegunem drugiego. Zmierz napięcie na pozostałych dwóch zaciskach ogniw. Całkowite napięcie powinno być w przybliżeniu równe sumie napięć każdego ogniwa. W takim układzie należy zmienić zaciski multimetru do pomiaru prądu. Prąd serii powinien być w przybliżeniu równy prądowi jednego ogniwa. W tym układzie uzyskasz podwójną moc, ponieważ uzyskasz podwójne napięcie.

15 min	**Maksymalna moc. Dwa ogniwa połączone równolegle** Podłącz dodatni zacisk jednego ogniwa do dodatniego zacisku drugiego ogniwa i zrób to samo z ujemnymi zaciskami. Następnie podłącz multimetr równolegle, aby zmierzyć napięcie. Napięcie równoległe powinno mieć w przybliżeniu taką samą wartość, jak w przypadku tylko jednego ogniwa. W tym układzie zaciski multimetru są zmieniane w celu pomiaru prądu. Prąd równoległy powinien być sumą prądu dwóch ogniw. W tym układzie uzyskasz podwójną moc, ponieważ uzyskasz podwójny prąd.

Ocena formatywna

Stosowana metodologia: Obserwacje w klasie i kwestionariusze.

Informacje zwrotne

Net Promoter Score (NPS), czyli Wskaźnik Rekomendacji Netto, to powszechnie stosowane narzędzie do pomiaru lojalności i satysfakcji klientów lub, w kontekście edukacyjnym, uczniów. Mierzy on prawdopodobieństwo, że uczniowie polecą dany przedmiot lub kurs innym osobom.
Poniżej wyjaśniono, jak analizować i stosować NPS:

Opracowanie pytania NPS:

- Główne pytanie: “W skali od 0 do 10, jak bardzo prawdopodobne jest, że polecisz ten temat innym studentom?”
- Pytania uzupełniające: “Dlaczego wybrałeś tę ocenę?” i “Jak możemy poprawić tę kwestię?”

Zbieranie odpowiedzi:

- Ankiety cyfrowe: Skorzystaj z narzędzi online, takich jak Formularze Google, SurveyMonkey lub Typeform, aby zebrać odpowiedzi uczniów.
- Ankiety papierowe: Kwestionariusze papierowe są rozdawane uczniom do wypełnienia pod koniec lekcji. Szablon do zbierania odpowiedzi za pomocą ankiet papierowych znajduje się w załączniku.
- Aplikacje interaktywne: Aplikacje interaktywne, takie jak Quizziz, Mentimeter lub Kahoot! służą do zbierania odpowiedzi w czasie rzeczywistym.

Klasyfikacja odpowiedzi:

- Promotorzy (ocena 9-10): Uczniowie są bardzo zadowoleni i prawdopodobnie polecą przedmiot.
- Obojętni (wynik 7-8): Zadowoleni, ale nie entuzjastyczni uczniowie; mogą łatwo zmienić zdanie.
- Krytycy (ocena 0-6): Niezadowoleni uczniowie i mało prawdopodobne, aby polecili przedmiot; mogą dostarczyć konstruktywnej krytyki.

Obliczanie NPS:

- Wzór: NPS = % promotorów - % krytyków.
- Interpretacja wyników: NPS waha się od -100 do +100. Pozytywny wynik (powyżej 0) jest ogólnie dobry, a wynik powyżej 50 jest doskonały.

Analizowanie i wykorzystywanie komentarzy:

- Przejrzyj komentarze, aby zrozumieć powody, dla których przyznano punkty.
- Zidentyfikuj wzorce i konkretne obszary wymagające poprawy wśród krytyków i osób obojętnych.
- Wykorzystaj pozytywne komentarze promotorów, aby wzmocnić pozytywne aspekty tej kwestii.

Załączniki

Uwzględnij w tym rozdziale wszystkie zasoby, które należy wykorzystać / wdrożyć / wykorzystać podczas opracowywania tematu (w tym oceny). Przykłady: Plany, mapy, tabele, pytania, grafiki itp.

ANKIETA ZBIERAJĄCA INFORMACJE ZWROTNE

W skali od 0 do 10, jak prawdopodobne jest, że poleciłbyś/poleciłabyś ten kurs innym uczniom?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Mało prawdopodobne — Bardzo prawdopodobne

Dlaczego wybrałeś/wybrałaś ten wynik?

Jak można ulepszyć tę lekcję?

KWESTIONARIUSZ DO ZBIERANIA POMIARÓW OGNIW SŁONECZNYCH

Wypełnij tabelę V.1.1 pomiarami napięcia i natężenia prądu ogniwa.

	Pełne światło słoneczne	Słabe oświetlenie
Voc		
Isc		

Tabela V.1.1. Pomiary napięcia i prądu w ogniwie

Wypełnić tabelę V1.2. Na podstawie pomiarów napięcia i natężenia prądu na ogniwie podłączonym do funkcji.

	Pełne światło słoneczne
Vload	
Iload	

Tabela V.1.2. Pomiary napięcia i natężenia prądu na ogniwie podłączonym do zasilania

Wypełnij tabelę V.1.3 z obliczeniami mocy.

$$Power = VxI$$

	V	I	Moc
Maksymalna moc			
P aktualny			

Tabela V.1.3. Wyniki obliczeń mocy

Wypełnij tabelę V.1.4 z obliczeniami wydajności.

$$Efficiency(\%) = \frac{Pout}{Psun} x100$$

	Obszar (A)	Psun	Pout	Wydajność (%)
Maksymalna wydajność				
Rzeczywista wydajność				

Tabela V.1.4. Wyniki obliczeń wydajności

Wypełnij tabelę V.1.5 pomiarami napięcia i natężenia prądu dla dwóch ogniw połączonych szeregowo i równolegle.

	Voc	Isc	Moc
Seria			
Równoległy			

Tabela V.1.5. Wyniki pomiarów napięcia i prądu na dwóch ogniwach połączonych szeregowo i równolegle

Pomiar napięcia

Zmierz napięcie obwodu otwartego (Voc) na ogniwie słonecznym. Jest to napięcie, gdy przez ogniwo nie przepływa prąd. Ponieważ prąd nie płynie, woltomierz mierzy napięcie obwodu otwartego.

Ustaw multimetr na skalę napięcia ⎓ stałego (V), aby mógł zmierzyć kilka woltów. Podłącz wspólny zacisk (COM) miernika do ujemnego zacisku ogniwa słonecznego. Następnie podłącz dodatni zacisk miernika do dodatniego zacisku ogniwa słonecznego.

Przechyl i orientuj ogniwo słoneczne do momentu uzyskania maksymalnej możliwej wartości napięcia. Rysunek V.1.2 pokazuje, jak podłączyć multimetr, w tym przypadku, na przykład, mieliśmy V = 5,68 V w pełnym słońcu.

Rysunek V.1.2. Pomiar napięcia Voc

Jeśli umieścimy ogniwo do góry nogami, gdy nie dociera do niego prawie żadne światło słoneczne, napięcie zmierzone w naszym przypadku wynosi 3,80 V (rysunek V.1.3)

Rysunek V.1.3. Pomiar napięcia przy słabym oświetleniu

Bieżący pomiar

Ponownie odwróć ogniwo słoneczne tak, aby światło padało bezpośrednio na nie i ustaw miernik na „DC amperes" na skali, która będzie mierzyć kilka amperów prądu elektrycznego. Podłącz wspólny zacisk (COM) miernika do ujemnego zacisku ogniwa słonecznego. Następnie podłącz dodatni zacisk miernika do dodatniego zacisku ogniwa słonecznego. Należy pamiętać, że musimy przenieść dodatni zacisk miernika do oddzielnego zacisku do pomiaru amperów.

Maksymalny prąd, jaki może wytworzyć ogniwo słoneczne, występuje, gdy przewód jest podłączony do zacisków. Nazywa się to prądem zwarciowym lub Isc. Podobnie jak przewód, amperomierz ma bardzo niską rezystancję, więc zarejestruje pomiar jak zwarcie.

Patrz rysunek V.1.4, aby zobaczyć Isc przez ogniwo słoneczne. W naszej konfiguracji ogniwo słoneczne mierzyło Isc = 0,508 A w pełnym słońcu (wyniki mogą się różnić).

Rysunek V.1.4. Pomiar prądu Isc

Spróbuj przechylić ogniwo słoneczne. Jak zmienia się natężenie prądu? Patrz rysunek V.1.5.

Rysunek V.1.5. Pomiar prądu Isc przy słabym oświetleniu

Obliczanie mocy

Podłącz dwa zaciski ogniwa słonecznego do dwóch zacisków zabawki, jak pokazano na rysunku V.1.6. Odwróć ogniwo słoneczne do góry i zwróć uwagę, jak obraca się zabawa, gdy jest na słońcu. Przechyl ogniwo słoneczne, aby zmaksymalizować prędkość zabawy, a następnie odchyl je od maksymalnej orientacji. (Zauważ, że prędkość wentylatora jest największa, gdy ogniwo słoneczne jest ustawione prostopadle do linii biegnącej od słońca do ogniwa słonecznego.

Rysunek V.1.6. Podłączenie ogniwa do wentylatora

Zmierz napięcie na silniku, gdy pracuje on z maksymalną prędkością, podłączając miernik w taki sam sposób, jak w przypadku pomiaru napięcia. Taki układ jest określany jako równoległe podłączenie miernika, jak pokazano na rysunku V.1.7.

Rysunek V.1.7. Napięcie V z ogniwem podłączonym do wentylatora

Następnie należy ustawić multimetr na pomiar prądu i podłączyć go w jednej pętli z ogniwem słonecznym. Taki układ określa się jako szeregowe połączenie miernika (patrz rysunek V.1.8).

Rysunek V.1.8. Prąd I z ogniwem podłączonym do wentylatora

Obliczenia mocy

Moc ogniwa słonecznego jest iloczynem napięcia na ogniwie słonecznym i prądu przepływającego przez ogniwo słoneczne.

$$Power = VxI$$

Maksymalna teoretyczna moc naszego ogniwa słonecznego, Pmax, jest iloczynem Voc i Isc.

Pmax = 5,68 x 0,508 = 2,9 W

Rzeczywista moc, Pactual, dostarczana przez ogniwo słoneczne do modułu funkcyjnego jest w praktyce równa napięciu na module funkcyjnym, Vload, pomnożonemu przez prąd płynący przez moduł funkcyjny, Iload.

Rzeczywista = 5,16 x 0,332 = 1,7 W

Oblicz sprawność ogniwa słonecznego.

Sprawność ogniwa słonecznego to stosunek mocy elektrycznej uzyskanej na jego wyjściu do mocy słonecznej otrzymanej na jego wejściu.

$$Efficiency(\%) = \frac{Pout}{Ps} x100$$

Oto jak obliczyć wydajność ogniwa słonecznego:

Najpierw należy obliczyć moc słoneczną docierającą do ogniwa słonecznego, mnożąc intensywność nasłonecznienia przez powierzchnię ogniwa słonecznego.

Natężenie promieniowania słonecznego Si na danym obszarze powierzchni Ziemi różni się w zależności od pory dnia i stanu nieba. W środkowych godzinach dnia, przy bezchmurnym niebie, może ono wynosić około 1000 W/m2. Jest to wartość używana do definiowania wydajności i mocy modułów słonecznych.

Za pomocą linijki zmierz obszar aktywny A ogniwa słonecznego (patrz rysunek V.1.9).

Rysunek V.1.9. Rozmiar ogniwa słonecznego

Ogniwa w tym eksperymencie miały wymiary 13 cm na 15 cm.

$$A = 13\ cm \times 15\ cm = 195\ cm^2 = 0{,}0195\ m^2$$

Moc promieniowania słonecznego, P_s , przechwytywana przez ogniwo tej wielkości wynosi

$$Ps = 1000\ W/m^2 \times A\ (m^2) = 1000 \times 0{,}0195 = 19{,}5\ W$$

Maksymalną teoretyczną sprawność ogniwa słonecznego szacuje się na

$$Efficiencia(\%) = \frac{Pmax}{Ps} x100 = \frac{2{,}9}{19{,}5} x100 = 14,9\%$$

Rzeczywista wydajność ogniwa słonecznego podczas dostarczania energii do zabawy wynosiła:

$$Efficiencia(\%) = \frac{Pactual}{Ps} x100 = \frac{1{,}7}{19{,}5} x100 = 8,7\%$$

Maksymalizacja mocy

Ważnym wyzwaniem inżynieryjnym jest próba zmaksymalizowania mocy dostarczanej do zabawy przy użyciu energii słonecznej. Jednym ze sposobów jest połączenie dwóch ogniw słonecznych szeregowo lub równolegle. To właśnie robi się w module solarnym, łącząc kilka ogniw w celu uzyskania większej mocy.

Dwa ogniwa w szeregu

Połączyć dodatni zacisk jednego ogniwa z ujemnym zaciskiem drugiego ogniwa. Zmierz napięcie za pomocą dwóch pozostałych zacisków ogniw (patrz rysunek V.1.10).

Rysunek V.1.10. Pomiar napięcia 2 szeregowo połączonych ogniw

Całkowite napięcie jest sumą napięć każdego ogniwa, w tym przypadku mieliśmy 11,42 V. Pamiętaj, że napięcie zmierzone wcześniej z jednego ogniwa wynosiło 5,68 V.

W takim układzie należy zamienić miejscami zaciski multimetru do pomiaru prądu. Prąd szeregu jest równy prądowi jednego ogniwa. W tym eksperymencie mieliśmy 0,527 ampera, tylko trochę więcej niż prąd Isc, ze względu na lepsze warunki słoneczne (rysunek V.1.11).

Rysunek V.1.11. Pomiar prądu 2 ogniw połączonych szeregowo

Moc 2 ogniw połączonych szeregowo wynosiła zatem:

Seria mocy = 11,42 x 0,527 = 6 W

Ponieważ mamy dwa razy większe napięcie, otrzymujemy dwa razy większą moc.

Dwa ogniwa połączone równolegle

Podłącz dodatni zacisk jednego ogniwa do dodatniego zacisku drugiego ogniwa i podłącz ujemny zacisk jednego ogniwa do ujemnego zacisku drugiego ogniwa. Następnie podłącz równolegle multimetr, aby zmierzyć napięcie (patrz rysunek V.1.12).

Rysunek V.1.12. Pomiar napięcia 2 ogniw połączonych równolegle

Napięcie w układzie równoległym wynosiło 5,55 V, czyli mniej więcej tyle samo, co przy użyciu tylko jednego ogniwa.

W takim układzie należy zmienić zaciski multimetru, aby zmierzyć prąd. Prąd równoległy jest sumą prądu dwóch ogniw. W tym eksperymencie mieliśmy 1,1 ampera (rysunek V.1.13).

Rysunek V.1.13. Pomiar prądu 2 ogniw połączonych równolegle

Moc 2 ogniw połączonych równolegle wynosiła zatem:

Moc równoległa = 5,55 x 1,1 = 6,1 W

Dzięki takiemu rozwiązaniu ponownie uzyskasz podwójną moc.