



Interpretujemy charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Interpretujemy charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu

Źródło: dostępny w internecie: <https://lovepik.com/image-605724391/blue-big-data-internet-banner-poster-background.html> [dostęp 11.07.2022].

Czy to nie ciekawe?

Charakterystyka prądowo-napięciowa to zależność natężenia płynącego prądu od napięcia przyłożonego do elementu obwodu. Niesie zatem informację o właściwościach elektrycznych danego elementu. W szczególności o jego oporze elektrycznym, pozwalając dzięki temu przewidywać jego zachowanie w obwodach elektrycznych.

Twoje cele

- dowiesz się, jakie informacje można odczytać z charakterystyki prądowo-napięciowej;
- poznasz sposoby przedstawienia charakterystyki prądowo-napięciowej;
- przeanalizujesz wykresy charakterystyki prądowo-napięciowej różnych elementów obwodów elektrycznych;
- wykorzystasz zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów i zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Charakterystyka prądowo-napięciowa to zależność natężenia prądu płynącego przez badany element, od napięcia przyłożonego do jego końców. Służy ona prezentacji własności elektrycznych tego elementu w celu wykorzystania ich do budowy obwodów.

Charakterystykę tę najczęściej przedstawia się w formie wykresu, ponieważ na wykresie dobrze widać, jak zmienia się natężenie prądu płynącego przez badany element, w zależności od przyłożonego napięcia.

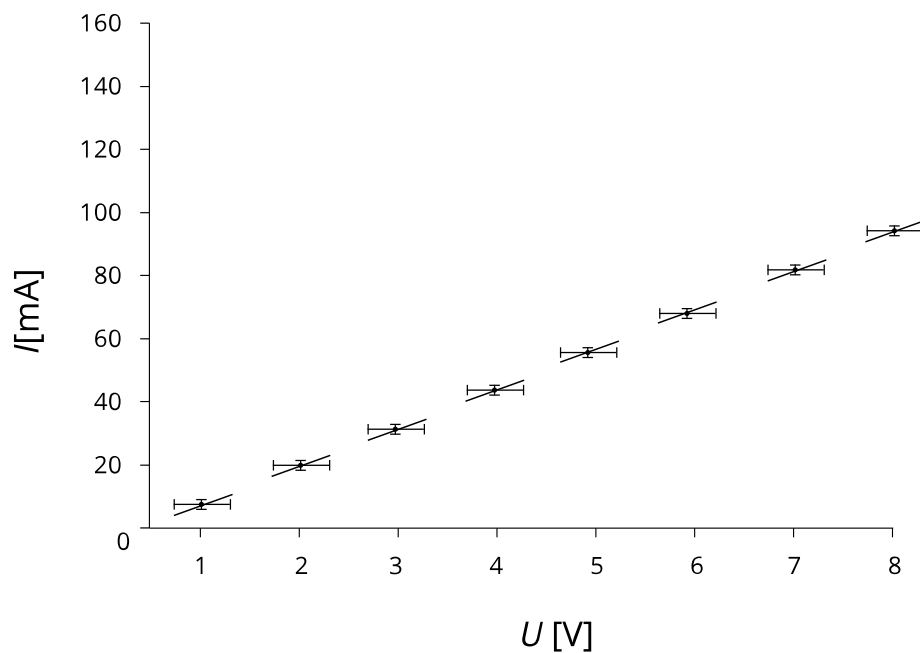
Charakterystykę taką sporządza się zmieniając wartość oraz kierunek przyłożonego napięcia i rejestrując wartość oraz kierunek otrzymanych wartości natężenia prądu. Więcej o doświadczalnych metodach badania elementów można przeczytać w e-materiale „Jak doświadczalnie wyznaczyć charakterystykę prądowo napięciową elementu obwodu”.

Charakterystyka może być przedstawiona za pomocą tabeli (Rys.1.) lub wykresu (Rys.2. i Rys.3.).

opornik	
U[V]	I[mA]
1	10,9
2	22,6
3	31,6
4	42,2
5	53,7
6	63,5
7	73,6
8	82,7
9	93,4
10	102,9
11	113,3
12	122,2
13	131,7
14	143,3
15	153,6
16	163,3
17	173,6
18	182,5
19	192,8

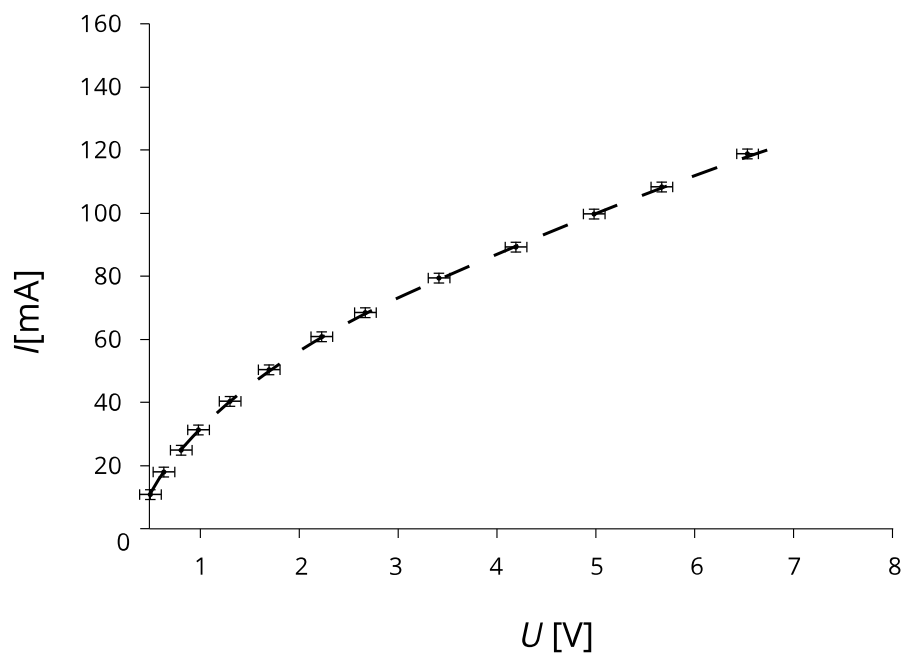
żarówka	
U[V]	I[mA]
0,08	10,9
0,16	17,3
0,38	23,5
0,60	28,0
1,30	42,2
1,72	50,3
2,21	57,4
2,73	64,0
3,50	74,9
4,44	84,3
5,12	91,0
6,34	102,6
7,46	114,2
8,52	121,7
9,33	127,0
9,88	131,6
10,68	137,4
11,60	144,4

Rys.1 Przykładowe dane doświadczalne charakterystyki prądowo-napięciowej opornika metalowego i żarówki z metalowym żarnikiem.



Rys.2 Charakterystyka prądowo-napięciowa opornika metalowego.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.



Rys.3 Charakterystyka prądowo- napięciowa żarówki z wolframowym włóknem.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Wykresy na Rys. 2. i 3. zostały sporządzone na podstawie danych z tabeli z Rys. 1. Przebieg tych zależności nie zależy od kierunku przyłożonego napięcia, dlatego sporządzone są tylko dla napięcia dodatniego.

Jak widać prezentacja graficzna jest bardziej czytelna – łatwo dostrzec charakter przebiegu zależności. Na podstawie tego przebiegu można wyciągać wnioski o właściwościach elektrycznych badanego elementu – szczególnie o oporze elektrycznym i jego zależności od napięcia i innych czynników, które mogą zmieniać się w czasie pomiaru. Na tej

podstawie można weryfikować teoretyczne modele budowy wewnętrznej materiałów i elementów obwodu.

Miarą oporu elektrycznego R obwodu jest stosunek napięcia elektrycznego między końcami opornika do natężenia płynącego w nim prądu, tj.

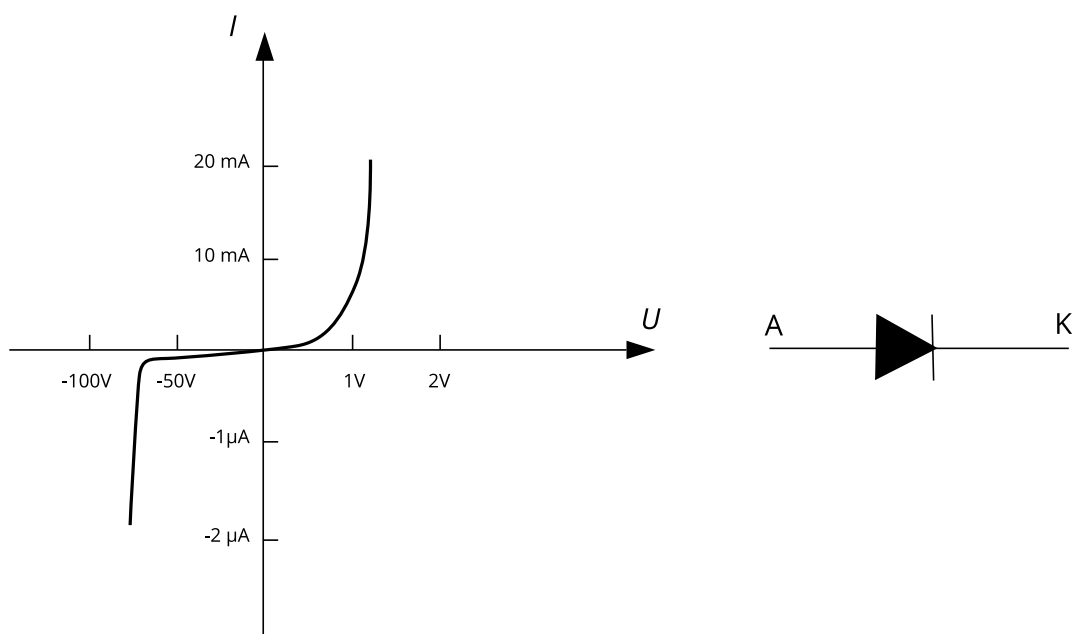
$$R = \frac{U}{I},$$

gdzie U to napięcie przyłożone do elementu, I – natężenie prądu spowodowanego tym napięciem.

Charakterystyka przedstawiona na Rys. 2. jest typowa dla wielu materiałów w dosyć szerokim zakresie napięć, o ile przepływ prądu nie powoduje dodatkowych efektów, np.: wzrostu temperatury, liczby nośników itp. Przebieg tej charakterystyki pozwolił sformułować prawo Ohma: **Natężenie prądu płynącego przez element obwodu jest wprost proporcjonalne do przyłożonego napięcia.** Odkrycie prawa Ohma pozwoliło stworzyć teorię przewodzenia prądu.

Z kolei wykres przedstawiony na Rys. 3. pokazuje wyraźnie, że żarówka nie spełnia prawa Ohma, ponieważ wykresem zależności natężenia od napięcia nie jest linia prosta. Każe to poszukiwać przyczyny zmian oporu ze wzrostem napięcia. Wydaje się, że dosyć łatwo jest znaleźć przyczynę we wzroście temperatury włókna, powodowanym wzrostem natężenia prądu. Zgadza się to dobrze z przewidywaniami klasycznej teorii przewodzenia prądu przez metale.

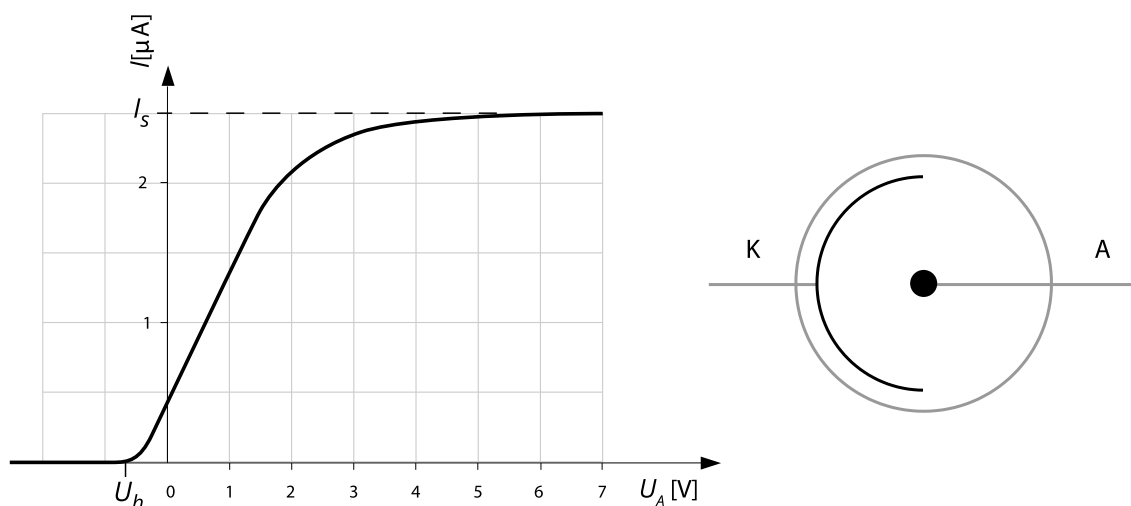
Prześledźmy charakterystykę prądowo-napięciową **diody** (Rys. 4.).



Rys.4. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa diody krzemowej i jej symbol graficzny.

Z wykresu wyraźnie widać, że dioda nie spełnia prawa Ohma, a ponadto przebieg charakterystyki zależy od kierunku napięcia. Dioda przewodzi prąd, gdy potencjał anody względem katody przekracza pewną wartość zwaną napięciem przewodzenia diody. Napięcie to wynosi około 0,6V dla diod krzemowych. W kierunku zaporowym (czyli przy tak zwanej odwrotnej polaryzacji) przez diodę płynie prąd wsteczny o bardzo małej wartości. Po przekroczeniu maksymalnego napięcia wstecznego dochodzi do przebicia lawinowego i w konsekwencji gwałtownego wzrostu prądu. Taka charakterystyka wynika z budowy diody i rodzaju nośników ładunku. Istotny wpływ na właściwości diody wywierają zjawiska zachodzące na złączu między tymi materiałami. Więcej o właściwościach diody możesz przeczytać w e-materiałach „Budowa diody [półprzewodnikowej](#)” i „Zasada działania diody półprzewodnikowej”. Taki przebieg charakterystyki pozwala na różnorodne zastosowania diod (m.in. w sieciowych układach prostowniczych i w układach stabilizacji napięcia i prądu).

Przyjrzyjmy się charakterystyce prądowo-napięciowej fotokomórki (Rys. 5.).



Rys.5. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa fotokomórki oraz symbol graficzny fotokomórki.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Fotokomórka to szklana bańka próżniowa mająca dwie elektrody: katodę K, która pod wpływem światła emituje elektrony i anodę A, której zadaniem jest zbieranie tych elektronów. Jeśli elektrony uwolnione z oświetlonej fotokatody trafią w anodę, to w obwodzie fotokomórki pojawia się prąd elektryczny. Po przyłożeniu do elektrod napięcia o polaryzacji takiej, że anoda ma wyższy potencjał niż katoda, natężenie fotoprądu wzrasta. Gdy napięcie ma dostatecznie dużą wartość, to prąd fotoelektryczny osiąga pewną wartość graniczną, zwaną prądem nasycenia I_s . Gdy katodę fotokomórki łączymy z (+) biegunem źródła napięcia, a anodę z (-), pole elektryczne między katodą i anodą hamuje

fotoelektrony. Prąd nie płynie przez fotokomórkę, tzn. fotoelektrony straciły podczas hamowania całą energię kinetyczną. Napięcie, przy którym prąd w fotokomórce przestaje płynąć, nazywamy napięciem hamującym U_h . Jak widać, fotokomórka również nie spełnia prawa Ohma. Przebieg charakterystyki fotokomórki, szczególnie w zakresie napięć ujemnych, pozwolił na potwierdzenie kwantowych właściwości promieniowania elektromagnetycznego, o czym możesz przeczytać w e-materiale „Efekt fotoelektryczny zewnętrzny”.

Jak widać z przedstawionych przykładów, przebieg charakterystyki prądowo-napięciowej dużo mówi o właściwościach elektrycznych elementu, możliwościach ich zastosowania i budowie wewnętrznej, a nawet może stanowić podstawę do weryfikowania teorii fizycznych. W szczególności:

- z charakterystyk elementów liniowych można odczytać wartość rezystancji jako współczynnik nachylenia prostej dopasowanej do charakterystyki;
- z charakterystyk elementów nieliniowych można wyznaczyć spadek napięcia na przewodzącej diodzie, napięcie przebicia w kierunku zaporowym (jeśli występuje) czy też prąd nasycenia w fotokomórce.

Słowniczek

Dioda

(*ang.: diode*) – dwuzaciskowy (dwuelektrodowy) element elektroniczny, który przewodzi prąd elektryczny w sposób niesymetryczny, to jest przy napięciu o tej samej wartości natężenie prądu w jednym kierunku jest dużo większe niż w przeciwnym.

Półprzewodniki

(*ang.: semiconductors*) – substancje, najczęściej krystaliczne, których **opór elektryczny właściwy** może być zmieniany w szerokim zakresie poprzez domieszkowanie, ogrzewanie, oświetlanie lub inne czynniki. Przewodnictwo typowego półprzewodnika plasuje się między przewodnictwem metali i dielektryków.

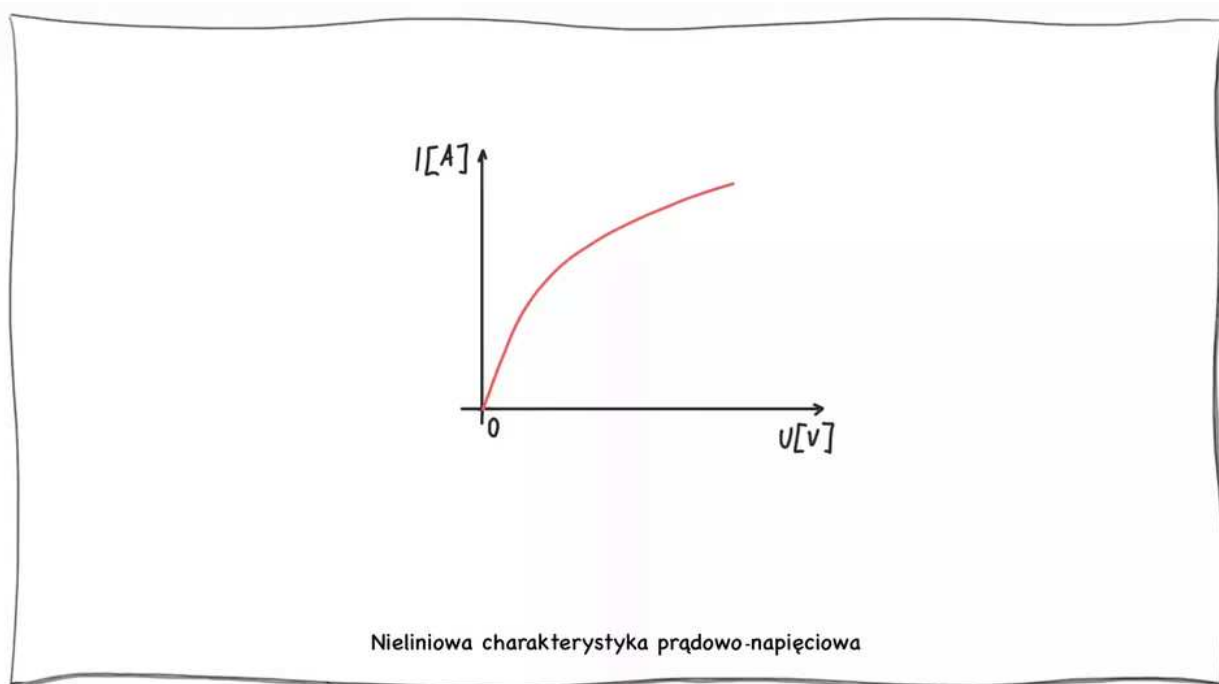
Opór elektryczny właściwy

(*ang.: specific electrical resistance*) – miara zdolności materiału do stawiania oporu przepływającemu prądowi elektrycznemu możemy opisać ją wzorem $\varrho = \frac{RS}{l}$, gdzie ϱ – opór elektryczny właściwy, R – opór elektryczny przewodnika, S – pole przekroju poprzecznego przewodnika, l – długość przewodnika. (Słownik fizyki, Prószyński i S-ka 1999).

Film samouczek

Interpretujemy charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu

Poniższy film samouczek tłumaczy, czym jest charakterystyka prądowo-napięciowa i co na jej podstawie możemy powiedzieć o odbiorniku.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RQvlek7YYqVkx>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Uzupełnij tekst.

Charakterystyka to zależność natężenia prądu płynącego przez element obwodu od przyłożonego napięcia. Dla przewodników i wykonanych z nich elementów obwodu charakterystyka ma w szerokim zakresie napięć przebieg liniowy i od kierunku napięcia. Jednak, gdy wzrost powoduje temperatury, charakterystyka przestaje być liniowa i staje się coraz bardziej pochyła.

wzrost

napięcia

zależy

prądowo-napięciowa

napięciowo-prądowa

spadek

nie zależy

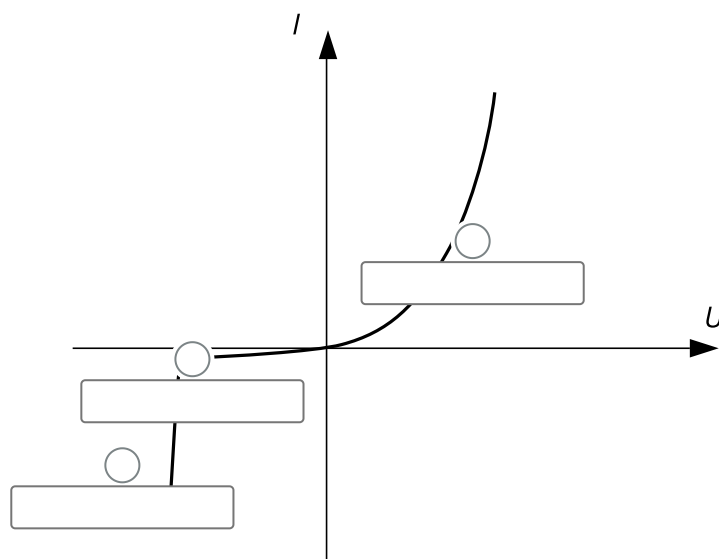
natężenia prądu

niemetalicznych

metalicznych

Polecenie 2

Wiedząc, że $R_1 < R_2 < R_3$, wstaw oznaczenia w odpowiednie miejsca na ilustracji.



R_3

R_1

R_2

Polecenie 3

Przeczytaj poniższy opis działania diody tunelowej i spróbuj narysować jej charakterystykę prądowo-napięciową.

Początkowo, przy wzroście napięcia przewodzenia, natężenie prądu diody wzrasta dużo szybciej niż w przypadku typowej diody półprzewodnikowej. Dalszy wzrost napięcia będzie powodować pogorszenie warunków pracy elementu (reakcja na zmiany napięcia będzie coraz słabsza). Po przekroczeniu napięcia U_p natężenie prądu diody będzie mało, zaś po przekroczeniu „punktu doliny” U_v prąd diody z powrotem zacznie wzrastać. W związku z tym w zakresie $U_p - U_v$ dioda tunelowa ma ujemną wartość tzw. rezystancji dynamicznej (oporności dla składowej zmiennej prądu). W diodzie tunelowej przy polaryzacji zaporowej płynie prąd (wartość napięcia przebicia wynosi 0 V).

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



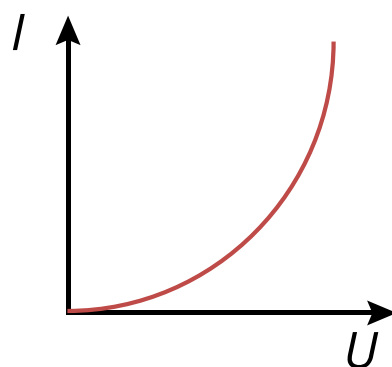
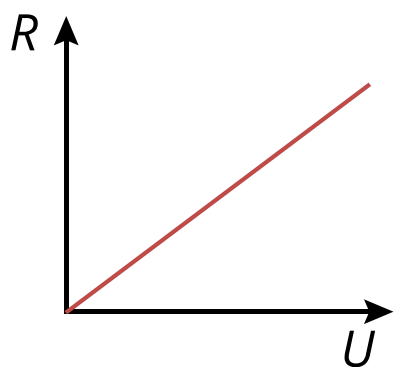
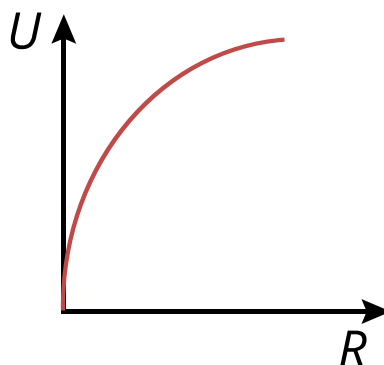
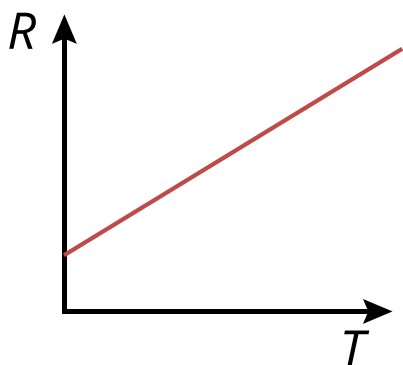
Charakterystyką prądowo-napięciową nazywa się zależność:

- ☐ natężenia prądu płynącego przez element obwodu od przyłożonego do niego napięcia
- ☐ oporu elektrycznego elementu obwodu od przyłożonego do niego napięcia
- ☐ oporu elektrycznego elementu obwodu od natężenia prądu płynącego przez ten element
- ☐ oporu elektrycznego elementu obwodu od temperatury

Ćwiczenie 2



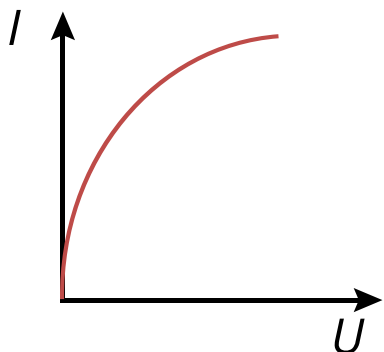
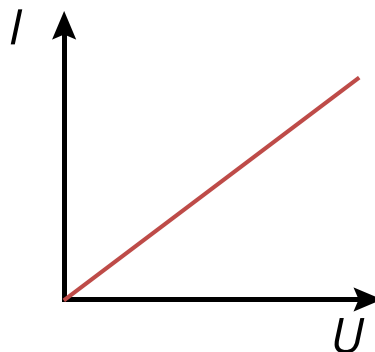
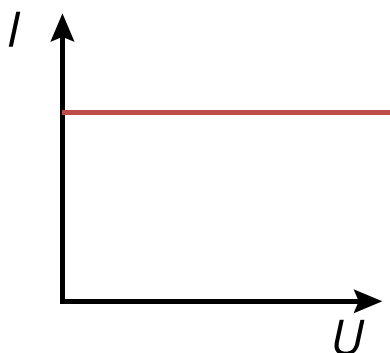
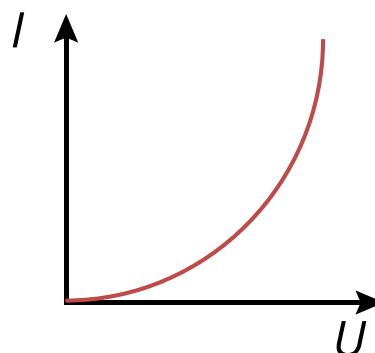
Na którym wykresie przedstawiono charakterystykę prądowo-napięciową?



Ćwiczenie 3



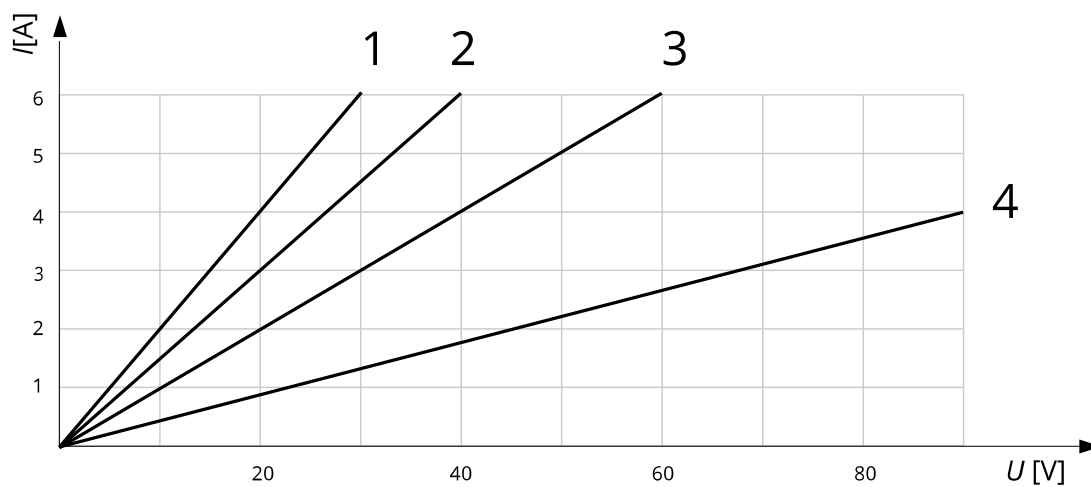
Wykresy przedstawiają charakterystyki prądowo napięciowe różnych elementów obwodu elektrycznego. Na którym wykresie przedstawiono charakterystykę elementu spełniającego prawo Ohma?

☐☐☐☐

Ćwiczenie 4



Wykres przedstawia charakterystyki prądowo-napięciowe czterech oporników:



Uszereguj oporniki od największego do najmniejszego oporu.

2



3



1



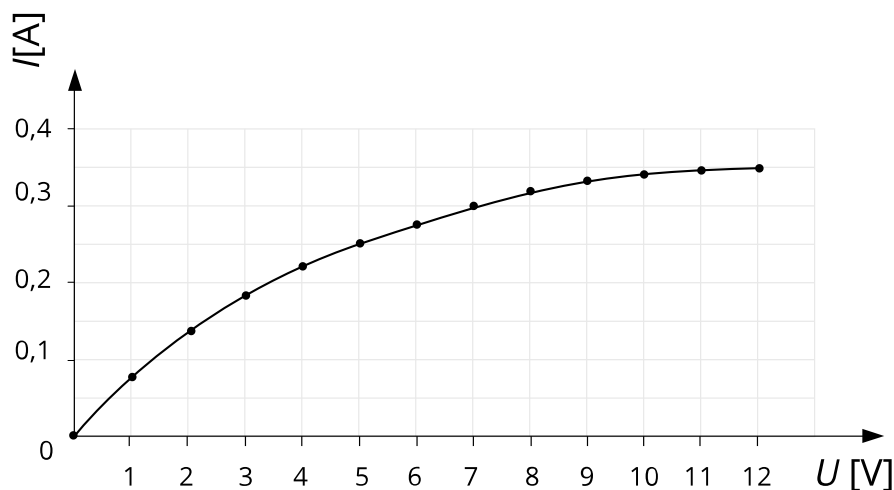
4



Ćwiczenie 5



Na podstawie przedstawionej poniżej charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki samochodowej, odpowiedz na pytanie: Czy żarówka spełnia prawo Ohma? Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 6



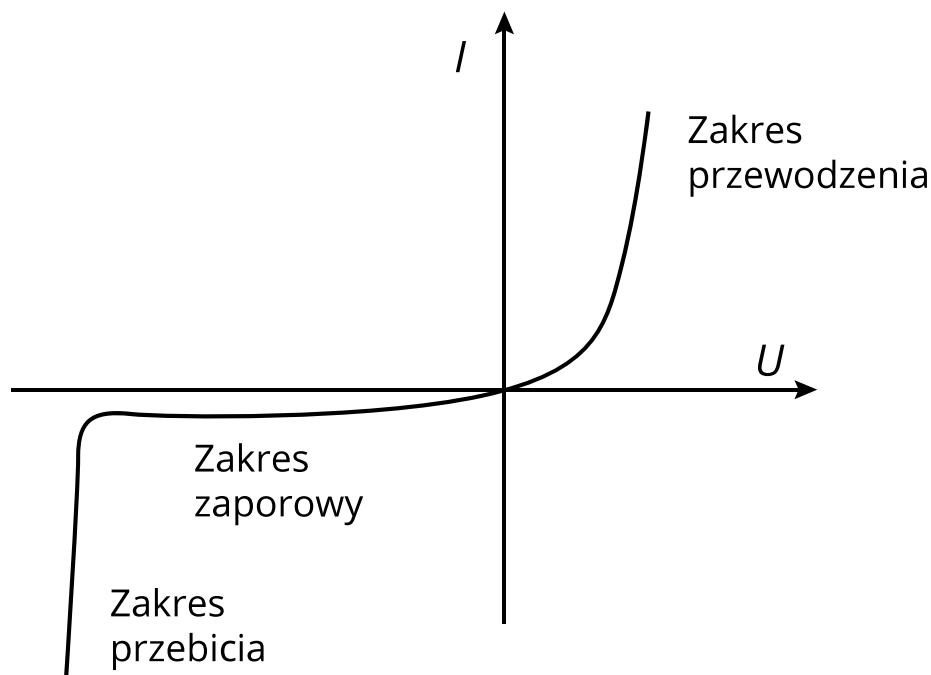
Dla żarówki, której charakterystykę przedstawiono na wykresie w Zad. 5., oblicz stosunek oporu elektrycznego przy napięciu 11 V, do oporu przy napięciu 1 V. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

$$R_2 / R_1 = \text{[input box]}.$$

Ćwiczenie 7



Przebieg charakterystyki diody można podzielić na trzy zakresy napięć: przebicia – w którym natężenie prądu praktycznie nie zależy od napięcia; zaporowy – gdy przez diodę płynie prąd o małym natężeniu i zakres przewodzenia w którym dioda dobrze przewodzi prąd elektryczny.



Na podstawie rysunku uzupełnij zdania.

Największy opór dioda ma w zakresie . W zakresie przewodzenia opór diody jest . W zakresie przewodzenia wzrost napięcia powoduje, że opór diody .

przewodzenia

przebiecia

stały

zaporowym

rośnie

nie zmienia się

maleje

zmienny

Ćwiczenie 8

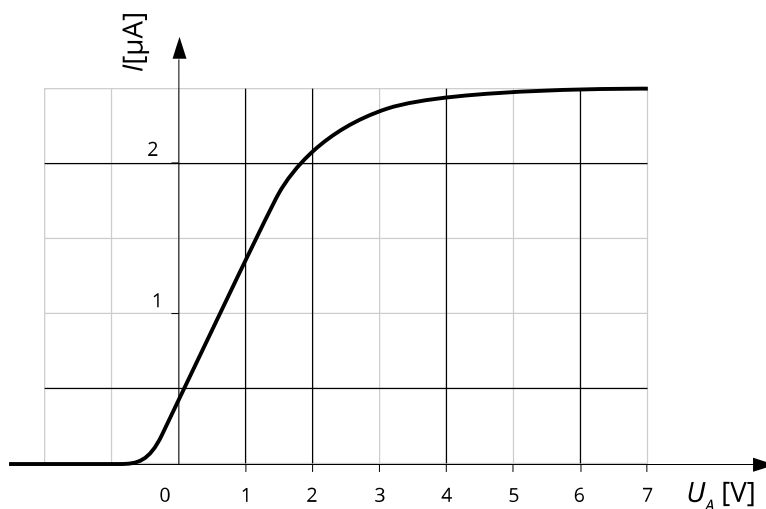


Tabelka przedstawia charakterystykę prądowo-napięciową opornika spełniającego prawo Ohma. Uzupełnij brakujące wpisy w tabelce.

U [V]	I [A]
1,2	0,04
2,4	
	0,16
6	
	0,4

Ćwiczenie 9

Z charakterystyki fotokomórki wynika, że od pewnej wartości napięcia, natężenie prądu praktycznie się nie zmienia.



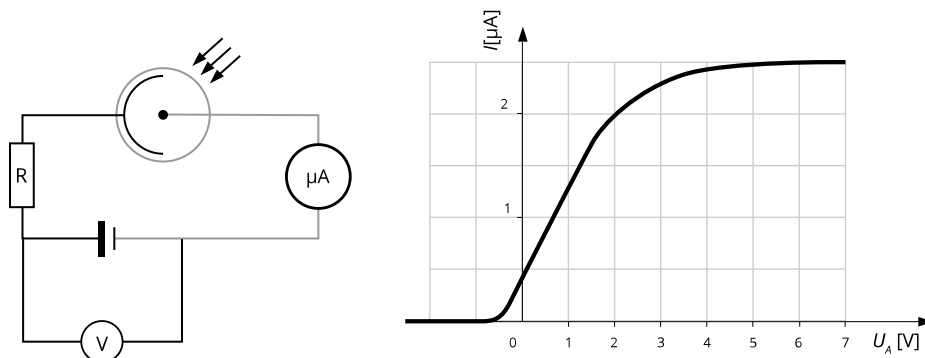
Obliczając opór fotokomórki ze wzoru $R=U/I$ dla napięć, przy których natężenie prądu jest stałe, stwierdzimy, że ze wzrostem napięcia:

- ☐ opór elektryczny fotokomórki wynosi 0
- ☐ opór elektryczny fotokomórki jest stały
- ☐ opór elektryczny fotokomórki maleje
- ☐ opór elektryczny fotokomórki rośnie

Ćwiczenie 10



Dany jest obwód elektryczny z fotokomórką, której charakterystykę przedstawia rysunek obok.



Oblicz wskazania woltomierza, jeżeli mikroamperomierz wskazuje $2\mu A$, a wartość oporu $R = 4\text{ M}\Omega$.

$U =$ $\text{V}.$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Jarosław Krakowski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Co można odczytać z charakterystyki prądowo – napięciowej?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. VIII. Prąd elektryczny. Uczeń: 6) analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma).
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. dowie się, jakie informacje można odczytać z charakterystyki prądowo – napięciowej; 2. pozna sposoby przedstawienia charakterystyki prądowo-napięciowej; 3. wykorzysta zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów i zadań. 4. przeanalizuje wykresy charakterystyki prądowo-napięciowej różnych elementów obwodów elektrycznych.
Strategie nauczania	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przedmiotów przyrodniczych przez odkrywanie/dociekanie naukowe)
Metody nauczania	wykład informacyjny, burza mózgów, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	wykresy charakterystyk prądowo-napięciowych różnych elementów obwodów elektrycznych, zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	rzutnik multimedialny, dostęp do internetu
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Uczniowie przypominają wiadomości o obwodach elektrycznych. Formułują prawo Ohma i pojęcie oporu elektrycznego. Uczniowie wyjaśniają, jak wygląda wykres zależności natężenia od napięcia dla elementów spełniających prawo Ohma.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel prezentuje charakterystyki prądowo-napięciowe opornika metalowego i żarówki. Uczniowie porównują charakterystyki opornika i żarówki i z pomocą nauczyciela poszukują przyczyn różnic w przebiegu, a następnie formułują wniosek o wpływie temperatury na opór metali. Nauczyciel prezentuje charakterystyki prądowo-napięciowe diody i fotokomórki. Uczniowie w grupach analizują przebieg charakterystyki diody i fotokomórki i opisują ich właściwości. Nauczyciel krótko wyjaśnia, z czego wynikają takie przebiegi charakterystyk diod i fotokomórek.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie w tych samych grupach utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie zadań: 2, 3, 5, 7, 9 z zestawu ćwiczeń.

Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje i kontroluje pracę uczniów. Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Uczniowie powtarzają i utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez rozwiązanie w domu zadań : 1, 4, 6, 8, 10 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium może być wykorzystane przy realizacji tematu „prawo Ohma” oraz przy powtarzaniu wiadomości.