Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 12

# Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda

I i II prawo Kirchhoffa, opór zastępczy, obwody z kilkoma źródłami, dioda i prostownik, charakterystyka elementu niespełniającego prawa Ohma. Osiem kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, zadania typu maturalnego, doświadczenie i materiał źródłowy, kartkówka (A i B) i sprawdzian (A i B) – z kluczem i zasadami oceniania.

Fizyka | klasa 3 LO i technikum | Dział 12 | zakres rozszerzony (ZR)

| | Karta | Rodzaj | Poziom | Zadania |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – najważniejsze wiadomości**<br>Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka | Najważniejsze wiadomości | ZR | 4 zad. · 8 pkt |
| 2 | **Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – ćwiczenia podstawowe**<br>Ćwiczę umiejętności z działu | Ćwiczenia | ZR | 7 zad. · 17 pkt |
| 3 | **Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – zadania typu maturalnego**<br>Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki | Zadania typu maturalnego | ZR | 6 zad. · 16 pkt |
| 4 | **Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy**<br>Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane | Praca z materiałem źródłowym | ZR | 3 zad. · 15 pkt |
| 5 | **Kartkówka: prawa Kirchhoffa, opór zastępczy i dioda – grupa A** | Kartkówka | ZR | 4 zad. · 7 pkt · 15 min |
| 6 | **Kartkówka: prawa Kirchhoffa, opór zastępczy i dioda – grupa B** | Kartkówka | ZR | 4 zad. · 7 pkt · 15 min |
| 7 | **Sprawdzian: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – grupa A** | Sprawdzian | ZR | 10 zad. · 20 pkt · 45 min |
| 8 | **Sprawdzian: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – grupa B** | Sprawdzian | ZR | 10 zad. · 20 pkt · 45 min |

## Jak korzystać z zestawu

- Karta 1 przypomina najważniejsze prawa i wzory działu oraz pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku – od niej warto zacząć.
- Karta 2 to ćwiczenia podstawowe, karta 3 – zadania w formule matury 2027 z fizyki (polecenia i punktacja jak w arkuszach CKE), karta 4 – doświadczenie i materiał źródłowy (pomiary, wykres, tekst, dane).
- Karty 5–6 to kartkówka (15 minut), a karty 7–8 – sprawdzian (45 minut), każda w grupach A i B: te same typy zadań i ta sama punktacja, inne dane.
- Klucz na końcu: odpowiedzi, wymaganie z podstawy przy każdym zadaniu, przykładowe rozwiązania i zasady oceniania etapami, jak w zasadach oceniania CKE. Osobny plik „Powtórka": prawa i wzory (co jest w broszurze CKE), typowe błędy, test „Sprawdź się".

## Oznaczenia

| | |
|---|---|
| ZP | zakres podstawowy |
| ZR | zakres rozszerzony (treści tylko dla ZR) |
| (0–2 pkt) | liczba punktów możliwych do zdobycia za zadanie |
| Zadanie 4.1. | wiązka zadań do wspólnego materiału źródłowego |

## Wymagania z podstawy programowej (Dz.U. 2024 poz. 1019)

- **ZR VIII.10** interpretuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku;
- **ZR VIII.12** analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie, z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa);
- **ZR VIII.13** posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle;
- **ZR VIII.14** opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie w prostownikach oraz jako źródła światła;
- **ZR VIII.15** doświadczalnie: a) demonstruje I prawo Kirchhoffa, b) bada dodawanie napięć w układzie ogniw połączonych szeregowo, c) demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników i źródła światła, d) bada charakterystykę prądowo-napięciową elementu, który nie spełnia prawa Ohma.

Materiał oryginalny – zadania nie są kopiami zadań CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum w brzmieniu z 2024 r. (Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania (PR): VIII.10, VIII.12, VIII.13, VIII.14, VIII.15. Stałe fizyczne – według broszury CKE „Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki". Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

# Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – najważniejsze wiadomości

Teoria w pigułce, przykłady rozwiązane krok po kroku, rozgrzewka

ZR KARTA 1/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 8 pkt

Najważniejsze wiadomości · 8 pkt

## Przypomnij sobie

- **I prawo Kirchhoffa:** suma natężeń prądów wpływających do węzła jest równa sumie natężeń prądów z niego wypływających, $\Sigma I_{wpł} = \Sigma I_{wypł}$. To **zasada zachowania ładunku**: w węźle ładunek się nie gromadzi i nie znika.
- **II prawo Kirchhoffa:** w każdym oczku (zamkniętej pętli) suma sił elektromotorycznych źródeł jest równa sumie spadków napięć na oporach: $\Sigma \varepsilon = \Sigma IR$ (z oporami wewnętrznymi). Wybierz kierunek obiegu oczka: SEM źródła, które „pcha" prąd zgodnie z obiegiem, pisz z plusem; spadek $IR$ z plusem, gdy prąd płynie zgodnie z obiegiem. To **zasada zachowania energii** dla ładunku.
- **Źródła i odbiorniki energii:** ogniwo, przez które prąd płynie od „−" do „+" wewnątrz, oddaje energię ($U = \varepsilon - Ir$); gdy prąd płynie w nim w przeciwną stronę (ładowanie akumulatora, ogniwo połączone przeciwsobnie), ogniwo pobiera energię i $U = \varepsilon + Ir$.
- **Opór zastępczy:** szeregowo $R_z = R_1 + R_2 + \ldots$ (ten sam prąd, napięcia się dodają); równolegle $\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$ (to samo napięcie, prądy się dodają; $R_z$ mniejszy od najmniejszego). Dwa równoległe: $R_z = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$; prąd dzieli się odwrotnie proporcjonalnie do oporów.
- **Ogniwa szeregowo** (+ do −): $\varepsilon_z = n\varepsilon$, $r_z = nr$; połączone przeciwsobnie (+ do +) – SEM się odejmują. Ogniwa jednakowe **równolegle**: $\varepsilon_z = \varepsilon$, $r_z = \frac{r}{n}$ – większy możliwy prąd (tak łączy się ogniwa w akumulatorach pojazdów).
- **Dioda półprzewodnikowa** przewodzi w kierunku przewodzenia (zgodnie z „trójkątem" symbolu) dopiero powyżej napięcia progowego (krzem ok. 0,6–0,7 V, LED czerwona ok. 1,8–2 V); w kierunku zaporowym prąd praktycznie nie płynie. Charakterystyka $I(U)$ nie jest prostą – dioda nie spełnia prawa Ohma, jej opór $U/I$ maleje ze wzrostem napięcia.
- **Prostownik:** dioda w obwodzie prądu przemiennego przepuszcza tylko połówki o jednym znaku (prostownik jednopołówkowy); mostek z czterech diod (mostek Graetza) wykorzystuje obie połówki. **LED** w kierunku przewodzenia emituje światło; łączy się ją szeregowo z opornikiem ograniczającym prąd: $R = \frac{U_{zas} - U_{LED}}{I}$.
- **Mierniki:** idealny amperomierz ma opór ≈ 0 (nie zmienia prądu), idealny woltomierz – bardzo duży (nie pobiera prądu). Doświadczalnie: I prawo Kirchhoffa sprawdzamy trzema amperomierzami przy węźle, dodawanie napięć – woltomierzem na pojedynczych ogniwach i na całym zestawie.

## Przykłady z rozwiązaniem

**Przykład 1.** **Źródło o SEM 12 V (opór wewnętrzny pomijalny) zasila opornik $R_1 = 4\ \Omega$ połączony szeregowo z dwoma równoległymi opornikami $R_2 = 6\ \Omega$ i $R_3 = 12\ \Omega$. Oblicz opór zastępczy i natężenia prądów.**

$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 72 : 18 = 4\ \Omega$; $R_z = 4\ \Omega + 4\ \Omega = \mathbf{8\ \Omega}$.

$I = \frac{\varepsilon}{R_z} = \mathbf{1{,}5\ A}$; $U_{23} = 1{,}5\ \text{A} \cdot 4\ \Omega = 6\ \text{V}$; $I_2 = 6\ \text{V} : 6\ \Omega = \mathbf{1{,}0\ A}$, $I_3 = 6\ \text{V} : 12\ \Omega = \mathbf{0{,}50\ A}$. Kontrola (I prawo Kirchhoffa): 1,0 A + 0,50 A = 1,5 A.

**Przykład 2.** **Akumulator o SEM 12 V ładuje akumulator o SEM 6 V (połączone + do +) przez opornik 3 Ω. Każdy akumulator ma opór wewnętrzny 0,5 Ω. Oblicz natężenie prądu i napięcie na zaciskach ładowanego akumulatora.**

II prawo Kirchhoffa (obieg zgodny z prądem): $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I(R + r_1 + r_2) \rightarrow I = 6\ \text{V} : 4{,}0\ \Omega = \mathbf{1{,}5\ A}$.

Ładowany akumulator jest odbiornikiem: $U = \varepsilon_2 + Ir_2 = 6\ \text{V} + 0{,}75\ \text{V} = \mathbf{6{,}75\ V}$.

**Przykład 3.** **Diodę LED (napięcie w kierunku przewodzenia 2,0 V przy prądzie 20 mA) trzeba zasilić z zasilacza 5,0 V. Oblicz opór opornika łączonego szeregowo z diodą.**

II prawo Kirchhoffa: $U_{zas} = U_{LED} + IR \rightarrow R = \frac{U_{zas} - U_{LED}}{I} = 3{,}0\ \text{V} : 0{,}020\ \text{A} = \mathbf{150\ \Omega}$. Bez opornika prąd przez diodę byłby wielokrotnie większy i dioda by się zniszczyła.

## Zadania

### Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Do węzła wpływają prądy o natężeniach 2,0 A i 0,5 A, a wypływają z niego dwa prądy; jeden z nich ma natężenie 1,2 A. Drugi prąd wypływający ma natężenie

A. 0,3 A. B. 0,7 A. C. 1,3 A. D. 3,7 A.

### Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

| | | |
|---|---|---|
| 1. Opór zastępczy oporników połączonych równolegle jest mniejszy od najmniejszego z nich. | P | F |
| 2. Przez każdy z oporników połączonych szeregowo płynie prąd o tym samym natężeniu. | P | F |
| 3. Dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym dobrze przewodzi prąd. | P | F |

### Zadanie 3. (0–1 pkt) ..... / 1

Oblicz opór zastępczy trzech oporników o oporach 6 Ω, 6 Ω i 3 Ω połączonych równolegle. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

# Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – ćwiczenia podstawowe

Ćwiczę umiejętności z działu

ZR

KARTA 2/8

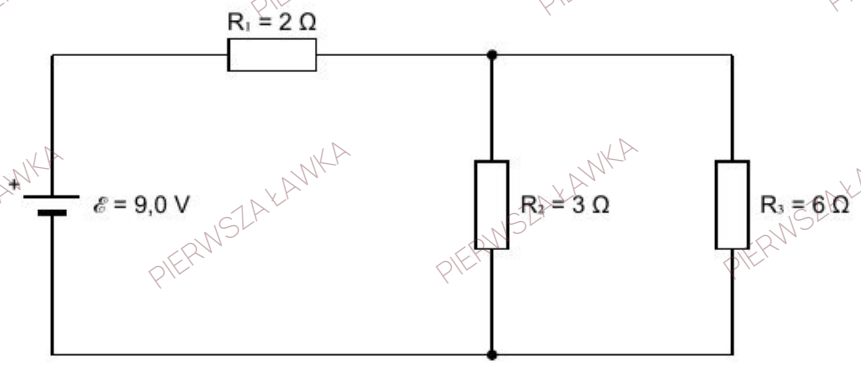
Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 17 pkt

Ćwiczenia · 17 pkt

**Zadanie 1.** (0–3 pkt) ..... / 3

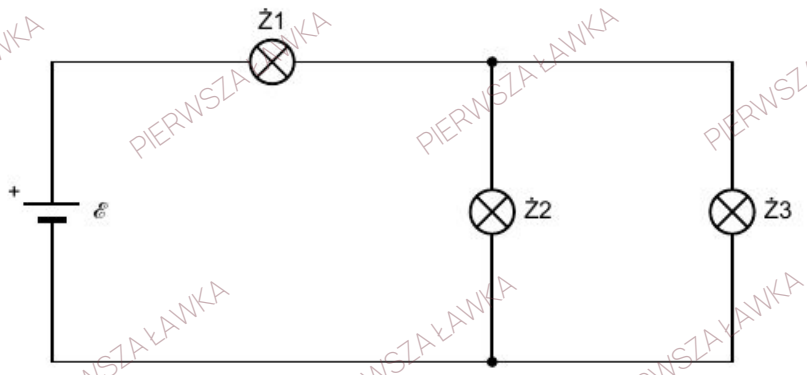
W obwodzie przedstawionym na schemacie źródło ma SEM 9,0 V i pomijalny opór wewnętrzny. Oblicz natężenia prądów płynących przez każdy opornik. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie




**Zadanie 2.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Trzy jednakowe żarówki połączono tak, jak na schemacie. Najjaśniej świeci żarówka




A. Ż1.

B. Ż2.

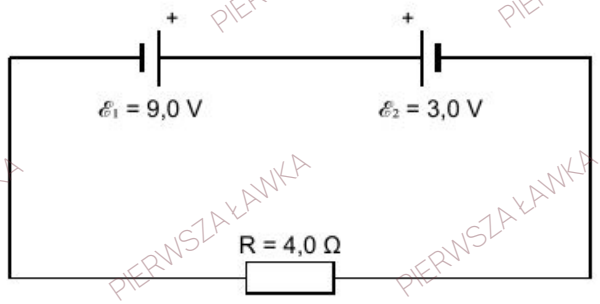
C. Ż3.

D. Ż2 i Ż3 tak samo jak Ż1.

**Zadanie 3.** (0–3 pkt) ..... / 3

Dwa ogniwa o SEM 9,0 V i 3,0 V, każde o oporze wewnętrznym 1,0 Ω, połączono przeciwsobnie (biegunami dodatnimi do siebie, jak na schemacie) z opornikiem 4,0 Ω. Oblicz natężenie prądu i napięcie na zaciskach ogniwa o SEM 3,0 V. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie




**Zadanie 4.** (0–4 pkt) ..... / 4

Przyporządkuj każdemu elementowi (1–4) opis jego charakterystyki prądowo-napięciowej (a–d).

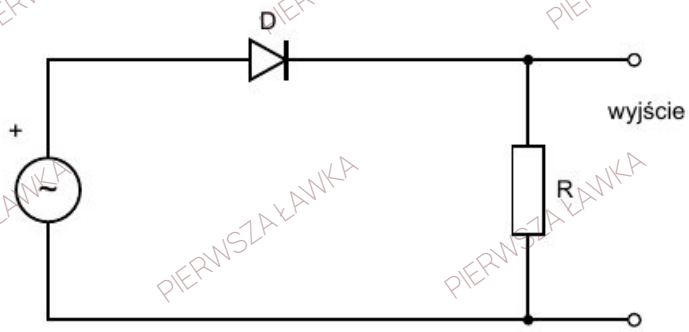
| | |
|---|---|
| 1. opornik metalowy w stałej temperaturze | a) krzywa, której nachylenie maleje – opór rośnie z napięciem |
| 2. żarówka z włóknem wolframowym | b) prosta przez początek układu współrzędnych |
| 3. dioda krzemowa | c) krzywa, której nachylenie rośnie – opór maleje z napięciem (element nagrzewa się, przybywa nośników) |
| 4. termistor półprzewodnikowy nagrzewający się przy przepływie prądu | d) prąd prawie zerowy dla ujemnych napięć, gwałtowny wzrost powyżej ok. 0,6 V |

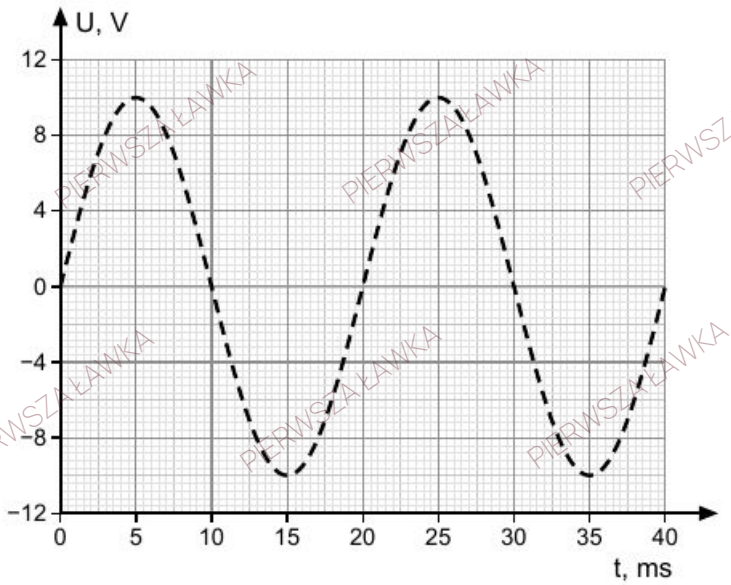
1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

**Zadanie 5.** (0–2 pkt) ..... / 2

Źródło napięcia sinusoidalnego (wykres linią przerywaną; napięcie jest dodatnie, gdy wyższy potencjał ma górny zacisk źródła, oznaczony „+”) zasila opornik R przez idealną diodę (schemat). Na wykresie narysuj, jak zmienia się napięcie na oporniku R w czasie od 0 ms do 40 ms.

Miejsce na odpowiedź




**Zadanie 6.** (0–2 pkt) ..... / 2

Latarka ma 4 ogniwa połączone szeregowo, każde o SEM 1,5 V i oporze wewnętrznym 0,20 Ω. Żarówka ma opór 5,2 Ω. Oblicz natężenie prądu i napięcie na żarówce. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 7.** (0–2 pkt) ..... / 2

Dwa oporniki o różnych oporach połączono równolegle i dołączono do źródła. Oceń, czy zdanie jest prawdziwe (P), czy fałszywe (F).

| | | |
|---|---|---|
| 1. Napięcia na obu opornikach są jednakowe. | **P** | **F** |
| 2. Przez opornik o większym oporze płynie prąd o większym natężeniu. | **P** | **F** |

# Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – zadania typu maturalnego

Polecenia i punktacja jak na maturze 2027 z fizyki

ZR

KARTA 3/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 16 pkt

Zadania typu maturalnego · 16 pkt

## Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Cztery jednakowe oporniki o oporze $R$ połączono tak, że dwa połączone szeregowo tworzą jedną gałąź, a dwa pozostałe połączone szeregowo – drugą gałąź, równoległą do pierwszej. Opór zastępczy układu jest równy

A. $\frac{R}{4}$. B. $\frac{R}{2}$. C. $R$. D. $4R$.

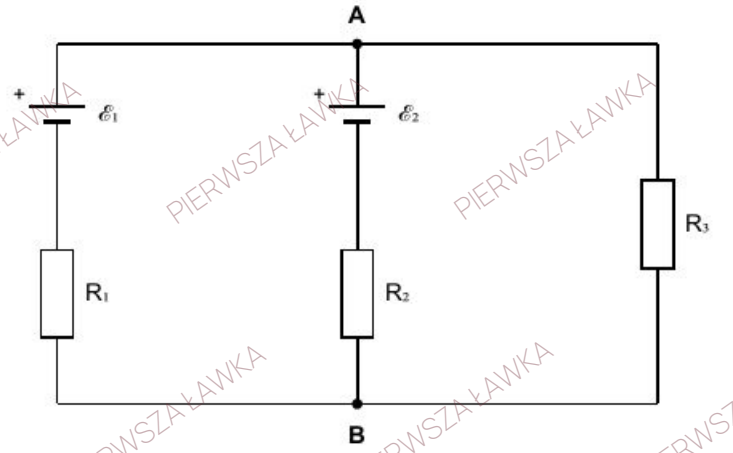
## Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

| | | |
|---|---|---|
| 1. W kierunku zaporowym opór diody jest bardzo duży. | P | F |
| 2. Dioda LED świeci, gdy jest spolaryzowana w kierunku zaporowym. | P | F |

## Zadanie 3. (0–8 pkt)

W obwodzie (schemat) źródła mają SEM $\varepsilon_1 = 12$ V i $\varepsilon_2 = 6$ V, oporniki – opory $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 4\ \Omega$. Przyjmij, że opory wewnętrzne źródeł i opór przewodów są pomijalne.



**Zadanie 3.1.** (0–4 pkt) ..... / 4

Oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik $R_3$. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.2.** (0–1 pkt) ..... / 1

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.
Przez źródło o SEM $\varepsilon_2$ płynie prąd o natężeniu 0,6 A. W tym źródle prąd płynie

A. od bieguna „–” do „+”, więc źródło oddaje energię.

B. od bieguna „+” do „–”, więc źródło pobiera energię.

C. od bieguna „–” do „+”, więc źródło pobiera energię.

D. od bieguna „+” do „–”, więc źródło oddaje energię.

**Zadanie 3.3.** (0–3 pkt) ..... / 3

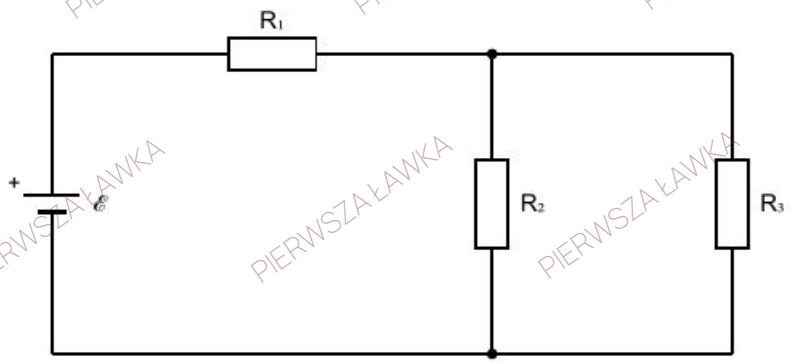
Przyjmij, że $R_1 = R_2 = R$ i $R_3 = 2R$. Wyznacz napięcie $U_{AB}$ między węzłami A i B – w zależności tylko od $\varepsilon_1$ i $\varepsilon_2$. Zapisz odpowiednie równania i przekształcenia oraz podaj postać wzoru na $U_{AB}$.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 4.** (0–2 pkt) ..... / 2

Na schemacie dorysuj amperomierz mierzący natężenie prądu płynącego przez opornik $R_2$ oraz woltomierz mierzący napięcie na oporniku $R_3$. Użyj symboli: amperomierz – kółko z literą A, woltomierz – kółko z literą V.

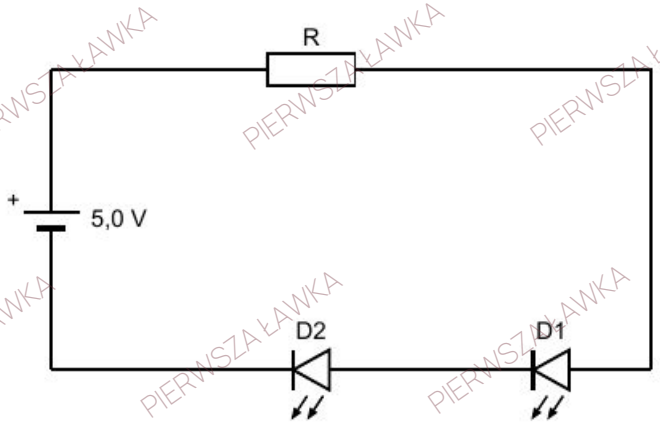
Miejsce na odpowiedź




**Zadanie 5.** (0–3 pkt) ..... / 3

Dwie jednakowe czerwone diody LED połączone szeregowo zasilane są z portu USB o napięciu 5,0 V przez opornik. Przy prądzie 20 mA napięcie na każdej diodzie jest równe 2,0 V. Oblicz opór opornika potrzebny, aby przez diody płynął taki prąd, oraz moc wydzielaną w oporniku. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie




**Zadanie 6.** (0–1 pkt) ..... / 1

Opornik 10 Ω połączono szeregowo z układem dwóch równoległych oporników 30 Ω i 60 Ω. Uzupełnij zdanie. Wpisz właściwą liczbę w wykropkowanym miejscu, aby zdanie było prawdziwe.

Opór zastępczy całego układu jest równy _____ Ω.

# Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy

Pomiary, wykres, niepewność, tekst i dane

ZR

KARTA 4/8

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 15 pkt

Praca z materiałem źródłowym · 15 pkt

## Zadanie 1. (0–7 pkt)

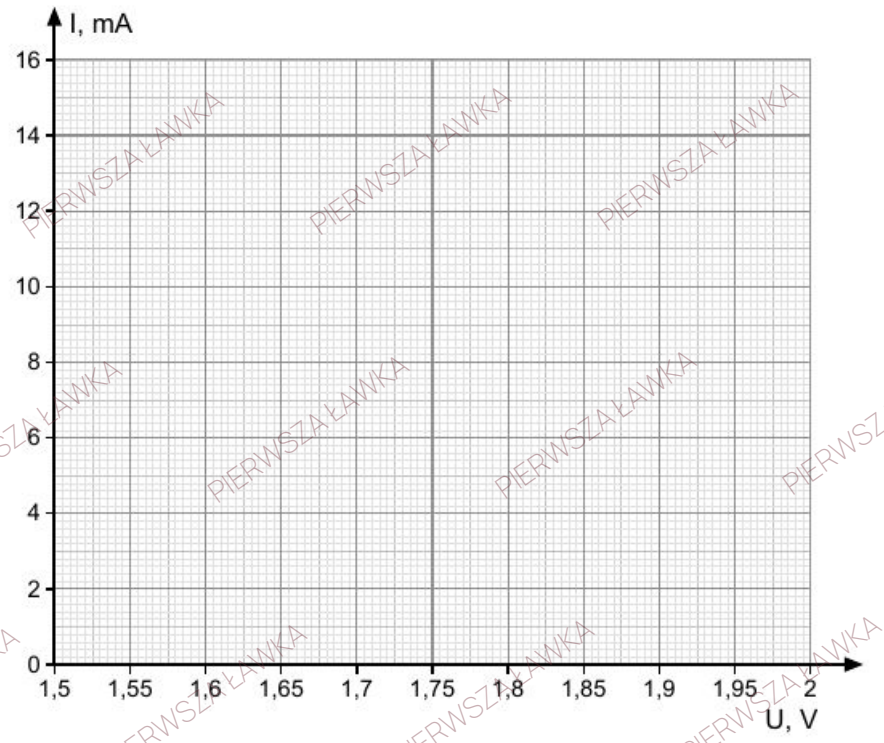
Uczniowie badali zależność natężenia prądu płynącego przez czerwoną diodę LED od napięcia na niej. Diodę połączyli szeregowo z opornikiem ochronnym i miliamperomierzem, a woltomierz dołączyli do zacisków diody. Napięcie zasilacza zwiększali stopniowo. Niepewność pomiaru napięcia wynosi 0,01 V, a natężenia – 0,2 mA. Wyniki zapisano w tabeli (dane modelowe).

| $U$, V | 1,60 | 1,70 | 1,75 | 1,80 | 1,85 | 1,90 | 1,95 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I$, mA | 0,0 | 0,2 | 0,9 | 3,0 | 7,1 | 11,3 | 15,4 |

### Zadanie 1.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Na siatce zaznacz punkty pomiarowe i narysuj gładką krzywą – charakterystykę prądowo-napięciową diody.

Miejsce na odpowiedź




### Zadanie 1.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Oblicz opór diody przy napięciu 1,80 V i przy napięciu 1,95 V. Na tej podstawie rozstrzygnij, czy dioda spełnia prawo Ohma. Wyniki podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 2.2.** (0–2 pkt) ..... / 2

Silnik pobiera z akumulatora moc 80 kW. Oblicz natężenie prądu płynącego z akumulatora i natężenie prądu płynącego przez jedno ogniwo. Pomiń opór wewnętrzny akumulatora. Wyniki podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 2.3.** (0–1 pkt) ..... / 1

Oblicz energię zgromadzoną w akumulatorze (w kW·h) jako iloczyn liczby ogniw, napięcia ogniwa i jego ładunku znamionowego (w A·h). Porównaj wynik z energią podaną w tekście. Zapisz obliczenia.

Miejsce na rozwiązanie

**Zadanie 3.** (0–3 pkt) ..... / 3

Masz trzy ogniwa 1,5 V, dwa oporniki, diodę LED, trzy amperomierze, woltomierz i przewody. Zaplanuj trzy pokazy: (1) sprawdzenie I prawa Kirchhoffa, (2) sprawdzenie dodawania napięć ogniw połączonych szeregowo, (3) pokazanie, że dioda przewodzi prąd tylko w jednym kierunku (rola diody w prostowniku). Opisz, jak połączysz obwody i jaki wynik potwierdzi każde z tych praw lub zjawisk.

Miejsce na odpowiedź

PIERWSZA ŁAWKA

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

# Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – kartkówka, sprawdzian i karty pracy z powtórką, fizyka, klasa 3 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 12 z 40 stron. Pełna wersja: 40 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – najważniejsze wiadomości – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 2: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – ćwiczenia podstawowe – 7 zadań, 17 pkt
- Karta 3: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – zadania typu maturalnego – 6 zadań, 16 pkt
- Karta 4: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – w praktyce: doświadczenie i materiał źródłowy – 3 zadania, 15 pkt
- Karta 5: Kartkówka: prawa Kirchhoffa, opór zastępczy i dioda – grupa A – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 6: Kartkówka: prawa Kirchhoffa, opór zastępczy i dioda – grupa B – 4 zadania, 7 pkt
- Karta 7: Sprawdzian: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – grupa A – 10 zadań, 20 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Obwody elektryczne: prawa Kirchhoffa i dioda – grupa B – 10 zadań, 20 pkt
Karta 1 przypomina teorię i pokazuje przykłady rozwiązane krok po kroku, dalej ćwicze

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-liceum-klasa-3-dzial-12-obwody-prawa-kirchhoffa-dioda-zakres-rozszerzony