

I OLIMPIADA FIZYCZNA (1951/1952). Etap III, zadanie teoretyczne – T1

Źródło: Olimpiady Fizyczne, I- IV PZWS, Warszawa 1956
Autor: Stefan Czarnecki
Nazwa zadania: Dwie żarówki
Działy: Elektryczność
Słowa kluczowe: opór, napięcie, natężenie

Zadanie teoretyczne – T1, zawody III stopnia, I OF.

Dwie jednostkowe żarówki każda o oporze $R = 2\Omega$, połączono w szereg ze źródłem prądu o sile elektromotorycznej $E = 4,2 \text{ V}$ i o oporze wewnętrznym $r = 0,2 \Omega$. Równoległe do żarówek przyłączone są dwa identyczne woltomierze o bardzo wielkich oporach. Co wskazują te woltomierze w przypadkach, gdy:

- 1) obie żarówki są włączone?
- 2) wykręcimy jedną żarówkę a drugą pozostawimy włączoną?
- 3) wykręcimy obie żarówki?

Rozwiązanie

Część teoretyczna

Stwierdzimy przede wszystkim, że:

I. bocznikowanie żarówek wielkimi oporami woltomierzy nie zmienia praktycznie ani natężenia prądu w obwodzie ani rozkładu napięć na poszczególnych odcinkach obwodu: oraz że:

II. opory żarówek i opór wewnętrzny źródła można zaniedbać przy szeregowaniu ich połączeniu z woltomierzami, to jest, przyjąć, że spadki potencjałów na tych oporach są praktycznie równe zero.

a. Napięcie źródła w czasie pracy, czyli całkowite napięcie na obu żarówkach połączonych w szereg (rys. 18a), obliczamy z następującego wyrażenia (uproszczona postać II prawa Kirchhoffa):

$$U = E - Jr. \quad (1)$$

Natężenie prądu możemy obliczyć z prawa Ohma dla całego obwodu:

$$J = \frac{E}{r + 2R} \quad (2)$$

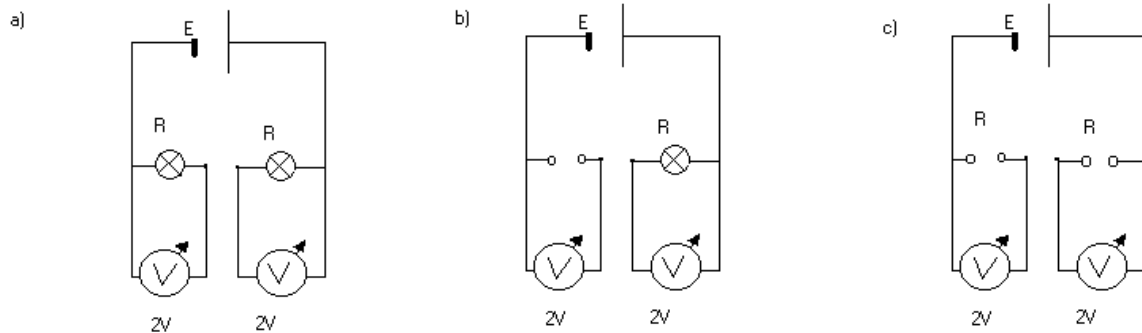
Podstawiając (2) do (1) otrzymujemy

$$U = E - \frac{Er}{r + 2R} = E \frac{2R}{r + 2R} \quad (3)$$

Stąd

$$U = 4,2 \frac{2 \cdot 2}{0,2 + 2 \cdot 2} = 4 \text{ V}$$

Ponieważ obie żarówki połączone są szeregowo i mają takie same opory, przeto każdy woltomierz pokaże 2V.



b. Zgodnie z uwagą II spadek napięcia na oporze woltomierza przy wykreconej żarówce (rys. 18b) jest równy całej sile elektromotorycznej: pokaże on więc 4,2 V. Drugi woltomierz przyłączony do końcówek żarówki włączonej pokaże zero, na jej oporze bowiem wobec znikomości prądu praktycznie nie ma spadku napięcia.

c. Wobec wyłączenia obu żarówek (rys. 18c) jedynymi oporami w obwodzie są opory woltomierzy. Z uwagi na bardzo wielki opór połączonych szeregowo woltomierzy, spadek napięcia będzie równy sile elektromotorycznej źródła. Ponieważ oba woltomierze są identyczne, przeto każdy z nich wskaże $\frac{1}{2}E = 2,1 \text{ V}$.

Z zadaniem tym zawodnicy poradzili sobie stosunkowo nieźle. Średnia uzyskanych ocen wyniosła 5,9 punktu. Prac ocenionych na co najmniej 5 punktów było 57%, prac wyraźnie złych – tylko 30%.