



VI OLIMPIADA FIZYCZNA
(1956/1957)
ZAWODY STOPNIA WSTĘPNEGO
CZEŚĆ DOŚWIADCZALNA

Zadanie doświadczalne – D

Nazwa – Badanie rozładowania baterii anodowej.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

– Kazimierz Rosiński *Fizyka w Szkole nr 1*, 1958

– Janusz Ostrowski *Olimpiady Fizyczne V i VI*. PZWS, Warszawa 1963

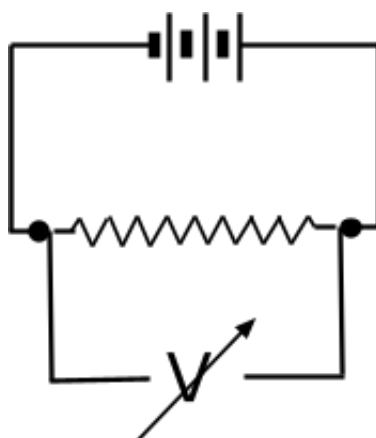
– T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Dane są: woltomierz o skali 0 – 6 V (pożądany jest woltomierz z ruchomą cewką), baterijki płaskie (do latarki kieszonkowej), znany opór wynoszący około 15 Ω i zegarek.

1. Rozładowując baterijkę w sposób ciągły przez dany opór wyznacz, jak zmienia się w zależności od czasu rozładowania napięcie, natężenie i moc prądu w obwodzie zewnętrznym. Wyniki przedstaw w postaci wykresów.
2. Wyznacz w amperogodzinach pojemność baterijki, biorąc pod uwagę okres wyładowania od początku do chwili, gdy napięcie spadnie do wartości 1,5 V.
3. Wyznacz energię wydzieloną w obwodzie zewnętrznym w tym samym czasie.
4. Jak zmieni się pojemność baterijki (patrz drugi punkt zadania) przy wyładowaniu przerywanym (np. godzina pracy, godzina odpoczynku itd.)?
5. Jak zmieni się pojemność baterijki (patrz drugi punkt zadania) przy wyładowaniu przez inny opór?
6. Dlaczego pomiary byłyby niedokładne, gdybyśmy zamiast opornika użyli po prostu żaróweczki?

Rozwiązanie zadania D – VI OF, stopień wstępny, część doświadczalna

Mając woltomierz mierzyć będziemy napięcie na końcach opornika, jednak równie dobrze mogliśmy użyć amperomierza i mierzyć natężenie prądu.



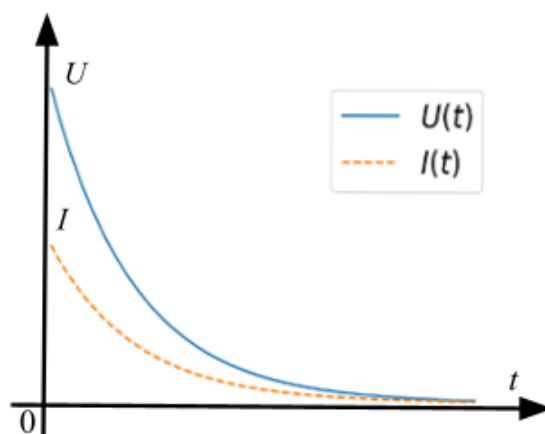
Rys. 1. Schemat obwodu.

Schemat obwodu jest bardzo prosty, nie wymagający niemal zastanowienia (rys. 1). Notujemy wskazania woltomierza, na przykład, co 10 minut. Znając opór R i mierząc napięcie U , obliczamy natężenie prądu:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

oraz jego moc:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}. \quad (2)$$



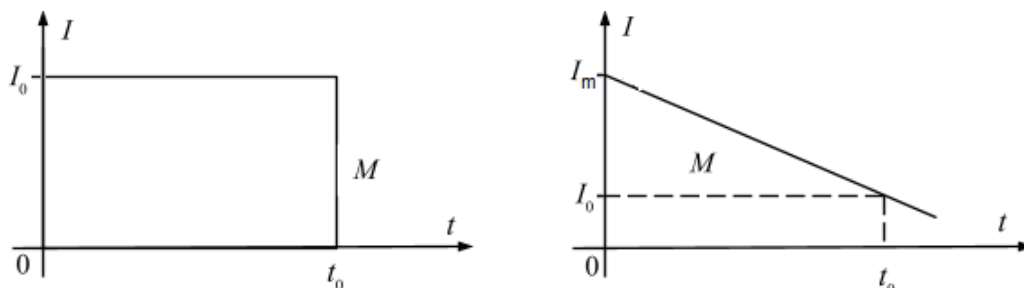
Rys. 2. Przykładowy wykres $I(t)$ oraz $U(t)$.

Na rys. 2 podany jest przykładowy przebieg natężenia prądu w czasie rozładowywania baterii. Podobny charakter ma przebieg napięcia – jak to widać ze wzoru (1). Szybciej natomiast maleje moc wydzielana w obwodzie zewnętrznym – jak to widać ze wzoru (2).

Pojemność bateryjki obliczylibyśmy łatwo w przypadku stałego natężenia prądu:

$$Q = I \cdot t = I_0 \cdot t_0. \quad (3)$$

Wówczas pojemność byłaby równa liczbowo polu prostokąta utworzonego przez osie współrzędnych I , t wykres I oraz odcinek $I_0 t_0$ (rys. 3 - z lewej).



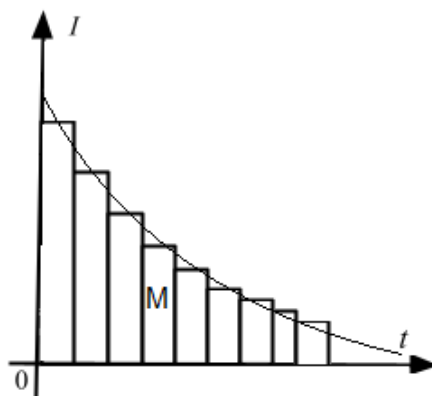
Rys. 3. Z lewej: przypadek stałego natężenia prądu. Z prawej: przypadek liniowego spadku natężenia prądu.

W przypadku liniowego spadku prądu (rys. 3 - z prawej) pojemność Q obliczylibyśmy, biorąc średnią arytmetyczną wartości prądu z początku oraz dla napięcia 1,5 V.

$$M = \frac{I_m + I_0}{2} \cdot t_0, \quad (4)$$

co równe jest liczbowo wartości pola powierzchni trapezu $0t_0I_mI_0$.

W przypadku naszym nie mamy tak prostego sposobu obliczenia pojemności, która – jak rozumować przez analogię – będzie liczbowo równa wartości pola powierzchni figury zawartej pod krzywą $I(t)$, wyrażającą zależność natężenia prądu I od czasu t .



Rys. 4. Schemat podziału pola pod wykresem $I(t)$ na wąskie prostokąty.

Pole figury M (rys. 4) można by obliczyć w przybliżeniu, dzieląc tę figurę na wąskie prostokąty i sumując pola prostokątów. Przy tym szerokość prostokątów, a więc i ich liczba może być dowolna; im węższe są owe prostokąty, a co za tym idzie jest ich więcej, tym dokładniej suma ich pól przedstawiać będzie pole figury zawartej pod krzywą, a więc i pojemność bateryjki. Dokładne

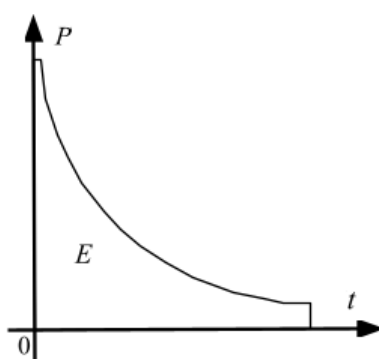
obliczenie pojemności baterijki na podstawie pomiaru prądu lub obliczenie pola pod krzywą $I(t)$ możliwe jest przy pomocy rachunku całkowego, o ile znamy postać analityczną zależności $I(t)$. Całka krzywej $I(t)$ w granicach $t = 0$, $t = t_0$ jest bowiem sumą pól nieskończenie wielkiej liczby nieskończenie wąskich pasków prostokątnych czyli jest polem figury zawartej pod krzywą $I(t)$.

Praktycznie pojemność obliczamy, wykreślając krzywą $I(t)$ na papierze milimetrowym i „licząc” pole w odpowiedniej skali lub też wycinając mierzoną powierzchnię, ważąc ją, a następnie porównując jej ciężar z ciężarem jednostki powierzchni.

Zgodnie z wynikami pomiaru szukana pojemność baterijki wynosi około 1 Ah (amperogodziny).

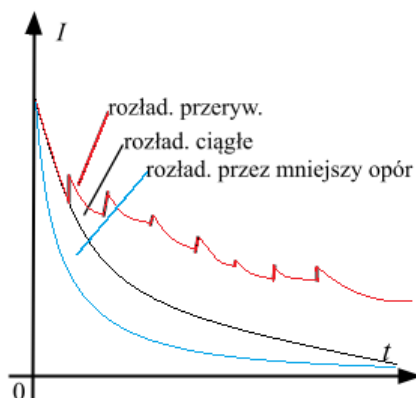
Podobnie przedstawia się sprawa z obliczaniem energii wydzielonej w obwodzie zewnętrznym (na przykład w żarówce). Mamy bowiem znaną zależność $E = P \cdot t$.

Rysujemy zależności mocy od czasu $P(t)$ i mierzymy pole figury zawartej pod krzywą $P(t)$ (rys. 5). Obliczona tym sposobem energia wynosi 2 Wh (watogodziny).



Rys. 5. Przebieg funkcji $P(t)$.

Przy wyładowaniu przerywanym siła elektromotoryczna baterijki, a więc i spadek napięcia na oporze zewnętrznym, jest większa z początku okresu wyładowania niż pod koniec poprzedniego okresu rozładowania. Dzieje się to wskutek procesów regeneracyjnych, jakie zachodzą w bateryjce podczas przerw w wyładowaniu. A zatem pojemność całkowita baterijki jest większa przy używaniu przerywanym niż przy używaniu ciągłym. Jest to fakt dobrze znany; porównaj rys. 6.



Rys. 6. Porównanie rozładowywania przerywanego, ciągłego i przez mniejszy opór.

Rozładowanie przez mniejszy opór, a więc przy pobieraniu większego prądu następuje w krótszym czasie i – jak to widać z rys. 6 – powoduje mniejszą pojemność bateryjki. Wyjaśniamy to procesami chemicznymi, które zachodzą nie tylko podczas przerwy w pobieraniu prądu, ale również w trakcie płynięcia prądu. Im większe natężenie prądu, tym krótszy czas wyładowania, a zatem tym krócej działa proces regeneracyjny, co dodatkowo skraca czas pobierania prądu, czyli zmniejsza pojemność energetyczną baterii. Stosując w roli oporu żaróweczkę zamiast opornika, popełniamy niedokładność polegającą na tym, że opór żaróweczki maleje w miarę zmniejszania się natężenia prądu, włókno żarówki ma bowiem wówczas coraz niższą temperaturę, a jak wiadomo opór elektryczny maleje z obniżeniem temperatury