

PRAWO OHMA DO LAMUSA?— CZYLI STRASZNE WNIOSKI, DO JAKICH MOŻNA DOJŚĆ PRZY CECHOWANIU PIROMETRU

W ubiegłym miesiącu skonstruowaliśmy wspólnie pirometr, który może służyć do pomiaru temperatury silnie rozgrzanych ciał. Składa się on z żaróweczki, baterijki i spirali grzejnej, połączonych w szereg. Regulując prąd żaróweczki przy użyciu spirali jako opornicy suwakowej doprowadzamy do zrównania się temperatury włókna żaróweczki z temperaturą na przykład płomienia świecy, co poznajemy po tym, że włókno obserwowane na tle płomienia zlewa się z nim. Odczytujemy następnie położenie suwaka naszej opornicy i ... nadal nie znamy temperatury. Aby móc określić jej wartość, zajmiemy się zagadnieniem z pozoru nie związanym z budową pirometrów, a mianowicie

CZY ŻARÓWKA SPEŁNIA PRAWO OHMA?

Na takie pytanie może odpowiedzieć jedynie doświadczenie. Dla wykonania go zestawiamy obwód według rysunku. Wykorzystujemy drugą spiralę napiętą na tej samej linii, co pierwsza, która służyła nam do regulacji prądu w żarówce. Nasz obwód różni się od pierwotnego obwodu pirometru jedynie tym, że między bieguny baterii została włączona dodatkowo druga spirala. Chcemy wiedzieć, jakie jest napięcie na żarówce, czyli napięcie punktu A względem punktu B . Znajdziemy w tym celu na drugiej spirali punkt C o potencjale równym potencjałowi punktu A . Wtedy napięcie punktu C względem punktu B (U_{CB}), równe napięciu na żarówce, obliczymy łatwo wiedząc, że napięcie spada proporcjonalnie do długości przewodnika:

$$\frac{U_{CB}}{U_b} = \frac{l_{CB}}{l},$$

gdzie l_{CB} jest odległością między punktami C i B , zaś l — całkowitą długością spirali, a U_b — napięciem baterii. Na pewno zapytacie teraz: A po czym poznać ten punkt C , którego potencjał równy jest potencjałowi punktu A ? Bardzo prosto: trzeba je połączyć drutem. Jeśli potencjały punktów są równe, pomimo połączenia ich prąd nie popłynie i nic w obwodzie się nie zmieni, a w szczególności żarówka nie zmieni natężenia świecenia. Przy nierównych potencjałach popłynie prąd przez łączący przewód i, w zależności od jego kierunku, żarówka rozjaśni się lub zmniejszy natężenie świecenia. W praktyce jeden koniec przewodu łączymy na stałe z punktem A , a drugim końcem z dołączoną wtyczką radiową dotykamy spirali w różnych punktach szukając takiego, w którym zwieranie nie powoduje zmiany jasności żarówki. W taki sposób określimy napięcie na żarówce:

$$U_z = U_b \frac{l_{BC}}{l}.$$

Oczywiście napięcie na opornicy regulującej prąd żarówki wyniesie:

$$U_R = U_b - U_z = U_b \frac{l - l_{BC}}{l}.$$

Możemy teraz obliczyć natężenie prądu płynącego przez opornicę I_R , jeśli tylko znamy jej opór R_1 :

$$I_R = \frac{U_R}{R_1} = \frac{U_b}{R_1} \frac{l - l_{BC}}{l}.$$

Jest ono oczywiście równe natężeniu prądu płynącego przez żarówkę I_z . Brakujący opór R_1 wyliczamy ze wzoru wynikającego z II prawa Ohma:

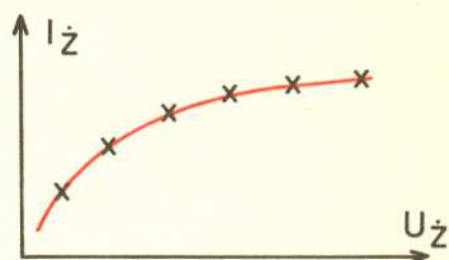
$$R_1 = R \frac{l_1}{l},$$

gdzie R jest oporem całej spirali, a l_1 długością jej czynnej części. Wobec tego mamy:

$$I_2 = I_R = \frac{U_B}{R} \frac{l - l_{BC}}{l_1}.$$

Po sporządzeniu stosownej tabelki dla szeregu położenia suwaka opornicy możemy narysować wykres zależności natężenia prądu płynącego przez żarówkę I_2 od napięcia na żarówce U_2 . Wiemy z prawa Ohma, że natężenie prądu jest wprost proporcjonalne do napięcia. Wykres takiej zależności jest, jak wiadomo, linią prostą. Jeżeli sporządzimy starannie wykres I_2 w funkcji U_2 , przekonamy się ze zgrozą, że nie jest on linią prostą, a wygląda na przykład tak, jak ten na rysunku.

| Nr | 1 | 2 | 3 | 4... |
|----------|---|---|---|------|
| l_{CB} | | | | |
| l_1 | | | | |
| U_2 | | | | |
| I_2 | | | | |



Czyżby więc Georg Simon Ohm był w błędzie, a wraz z nim i Wasz nauczyciel fizyki? Nie jest tak źle. Obaj mają rację, natomiast w interpretacji naszego doświadczenia tkwi błąd. Zmieniając napięcie na żarówce zmienialiśmy przecież także jej temperaturę! „Czyste” sprawdzenie prawa Ohma wymagałoby stałej temperatury. W takich warunkach przekonalibyście się, że jest ono rzeczywiście spełnione. Tu pytanie do przemyślenia: Jak wyobraźlibyście sobie poprawne sprawdzenie doświadczalne prawa Ohma? Wracając do naszego doświadczenia, jego wynik był na pozór tak dziwny, ponieważ **opór włókna żarówki silnie zależy od temperatury**. Właśnie to zjawisko fizyczne, które sprawiło nam tyle kłopotu przy rozważaniu prawa Ohma, umożliwi nam wreszcie

CECHOWANIE PIROMETRU

Liczne pomiary wykazały, że opór wolframu zmienia się w przybliżeniu liniowo z temperaturą według wzoru: $R = R_0(1 + \alpha t)$, gdzie R jest oporem w temperaturze t , a R_0 oporem w temperaturze 0°C . Wielkość α , czyli współczynnik temperaturowy zmian oporu, wynosi dla wolframu $0,0045 \text{ K}^{-1}$. Wobec tego znając opór włókna żarówki w jakiejś temperaturze i opór w 0°C , możemy tę temperaturę wyznaczyć. Na podstawie tabeli napięcia i natężenia, którą sporządziliśmy przy wykonywaniu wykresu I_2 w funkcji U_2 , możemy obliczyć wartości oporu:

$$R = \frac{U_2}{I_2},$$

a następnie narysować wykres R w funkcji położenia suwaka opornicy l_1 . Nasza tabela zawiera oczywiście l_1 , potrzebne do wyznaczania I_2 . Kiedy więc określimy, przy jakim położeniu l_1 włókno żarówki zlewa się z przedmiotem, na którego tle je obserwujemy, odczytujemy z wykresu wartość R , a następnie wyliczamy temperaturę z podanego wyżej wzoru. Wartości temperatury odpowiadające poszczególnym położeniom suwaka opornicy możemy też nanieść wprost na linijkę i odczytywać z niej temperaturę bezpośrednio. Pozostaje jeszcze pytanie, skąd mamy znać opór całkowity spirali grzejnej oraz opór zimnego włókna żarówki.

Najlepiej poszukać w szkole lub w zaprzyjaźnionym warsztacie radiotechnicznym możliwości zmierzenia tych wartości omomierzem. Jeśli Wam się to nie uda, moja najlepsza rada brzmi: przyjąć opór spirali równy wyliczonemu z podanej mocy spirali i napięcia (220 V), natomiast opór żarówki na zimno — wynoszący około jednej dziesiątej jej oporu w warunkach normalnej pracy — znajdziemy dzieląc przez siebie nominalne wartości napięcia i natężenia, wypisane na cokole żarówki.

Jak zwykle, proszę Was o listy z uwagami na temat naszej rubryki i propozycjami nowych doświadczeń.

