

Energia promieniowania termicznego – sprawdzenie zależności temperaturowej

Program: **Coach 6**

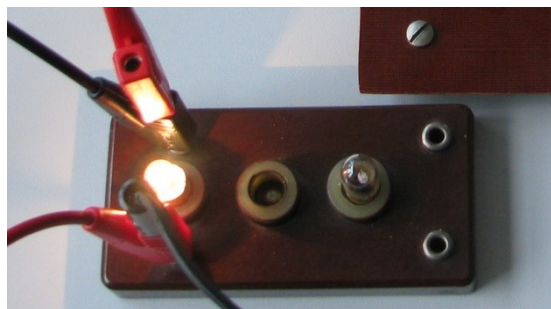
Projekt: komputer „H”

C:\Program Files

(x86)\CMA\Coach6\Full.EN\CMA Coach

Projects\PTSN Coach 6

\Termodynamika\Promieniowanie żarówki2.cma

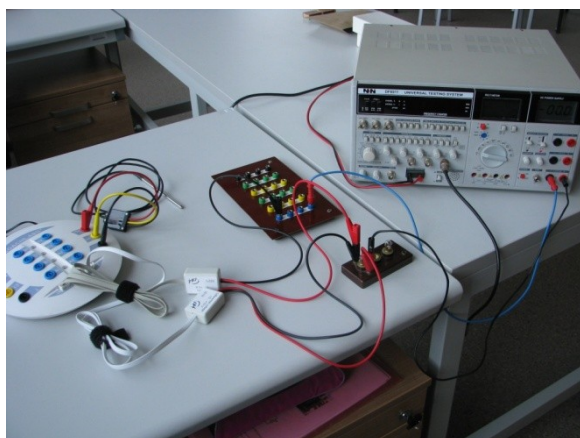


Cel ćwiczenia

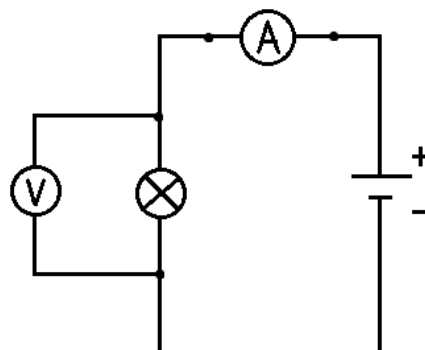
Sprawdzenie czy energia promieniowania termicznego jest proporcjonalna do czwartej potęgi temperatury

Układ pomiarowy

Wykorzystany w ćwiczeniu zestaw składa się z woltomierza (CMA 0210i), amperomierza (CMA 0221i), miernika temperatury (CMA 016), wolframowej żarówki i źródła napięcia DF 6911.



*Rysunek 1.
Układ pomiarowy*



*Rysunek 2.
Układ pomiarowy*

Korzystając ze schematu połączono wszystkie elementy układu. Dodatkowo w celu wyznaczenia temperatury otoczenia skorzystano z miernika temperatury podłączonego bezpośrednio do konsoli pomiarowej.




Rysunek 3.
Konsola pomiarowa w programie Coach 6

Pomiar



Ustawienia parametrów pomiaru:

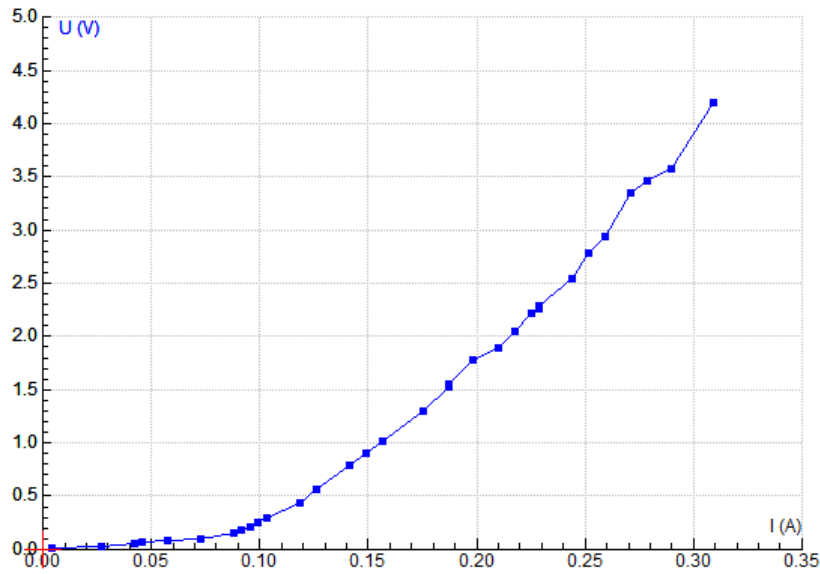
<i>Typ pomiaru</i>	<i>„ręcznie”</i>
<i>Ilość pomiarów</i>	<i>30 pomiarów</i>

1. Nacisnąć zielony przycisk „Start” (F9) 
 - Zostanie dokonany pierwszy pomiar
2. Ustawić żądaną wartość natężenia prądu płynącego przez żarówkę poprzez zmianę napięcia podawanego z zasilacza
 - Każdorazowo po zmianie napięcia należy odczekać chwilę, aż wartość natężenia ustabilizuje się.
3. Dokonać pomiaru za pomocą przycisku „Take measurement” (F8)
4. Seria pomiarowa zakończy się automatycznie po dokonaniu 30 pomiarów.

Opracowanie przykładowych wyników

Zależność $U(I)$

Zależność wielkości mierzonych bezpośrednio, czyli spadku napięcia na żaróweczce (U) i natężenia prądu płynącego przez żaróweczkę (I)

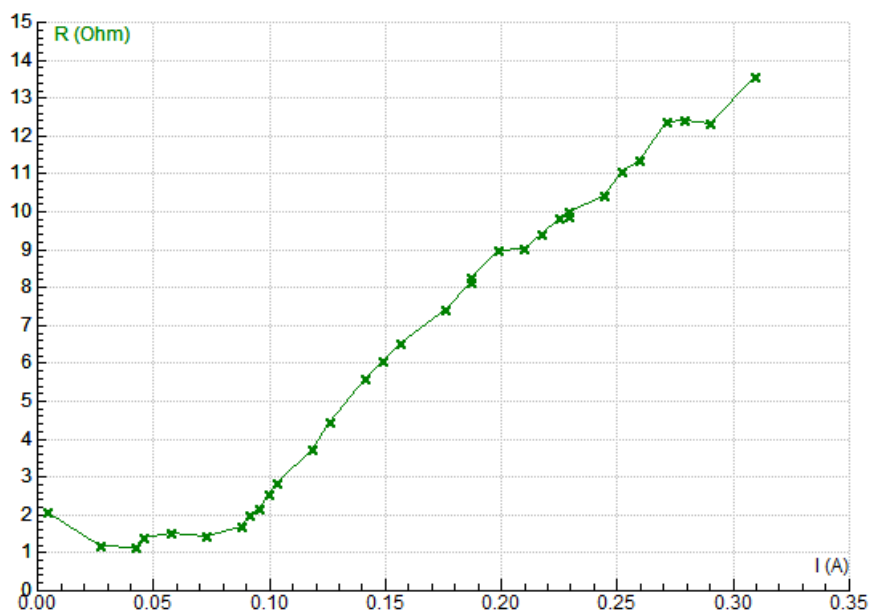


Rysunek 4.
Wykres $U(I)$.

Zależność $R(I)$

Na podstawie zmierzonych wielkości i prawa Ohma można wyznaczyć opór elektryczny.

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



Rysunek 5.
Wykres $U(I)$.

Wniosek 1:

Opór elektryczny żaróweczki rośnie wraz ze wzrostem natężenia przepływającego przez nią prądu elektrycznego, co można kojarzyć ze wzrostem temperatury wolframowego włókna żarówki.

Zależność $P(T)$

Korzystając z liniowej zależności oporu elektrycznego wolframu od temperatury, określonej wzorem

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

gdzie R_0 – opór w temperaturze otoczenia

T – temperatura włókna

T_0 – temperatura otoczenia

oraz odczytanej z tablic wartości temperaturowego współczynnika rezystancji dla wolframu równego $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ i mierząc temperaturę otoczenia T_0 oraz opór żarówki R_0 w tejże temperaturze można wyznaczyć temperaturę włókna żarówki

$$T = T_0 + \frac{(R - R_0)/R_0}{\alpha}$$

Za opór żarówki w temperaturze otoczenia (R_0) można przyjąć opór dla bardzo małych natężeń prądu odczytany z rysunku 5.

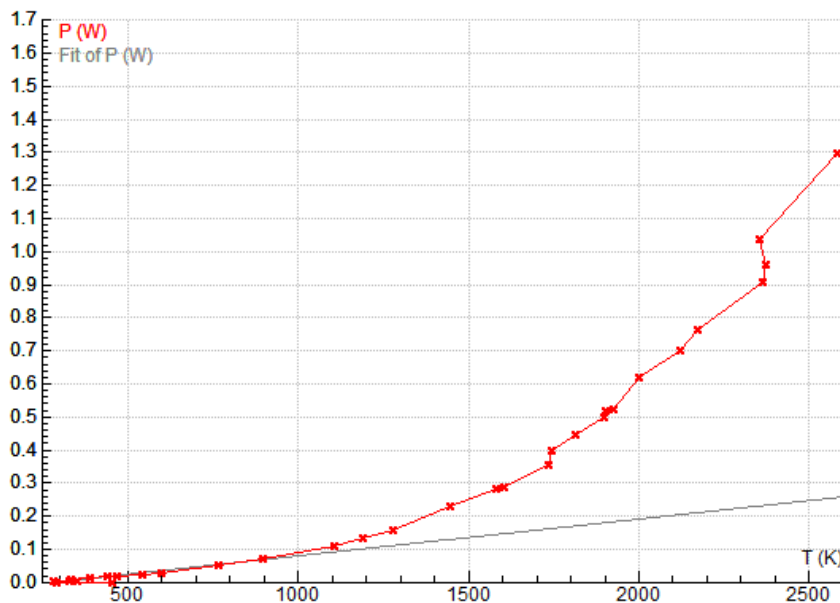
Moc emitowana przez żarówkę w stanie równowagi wyznaczona została ze wzoru

$$P = U \cdot I$$

Włókno żaróweczki emituje energię poprzez przewodnictwo cieplne $P \sim (T - T_0)$ i promieniowanie termiczne $P \sim T^4 - T_0^4$ o czym mówi prawo Stefana-Boltzmana.

$$P = b(T - T_0) + cT^4 - cT_0^4$$

Na rysunku 6 kolorem czerwonym przedstawiono zależność emitowanej przez żarówkę mocy (w stanie równowagi równej mocy dostarczonej) od temperatury włókna żarówki. Następnie kolorem szarym zaznaczono prostą dopasowaną do początkowych punktów pomiarowych, gdzie zależność $P(T)$ można uznać za liniową. Jest to przyczynek liniowy związany z mocą emitowaną poprzez przewodnictwo cieplne.

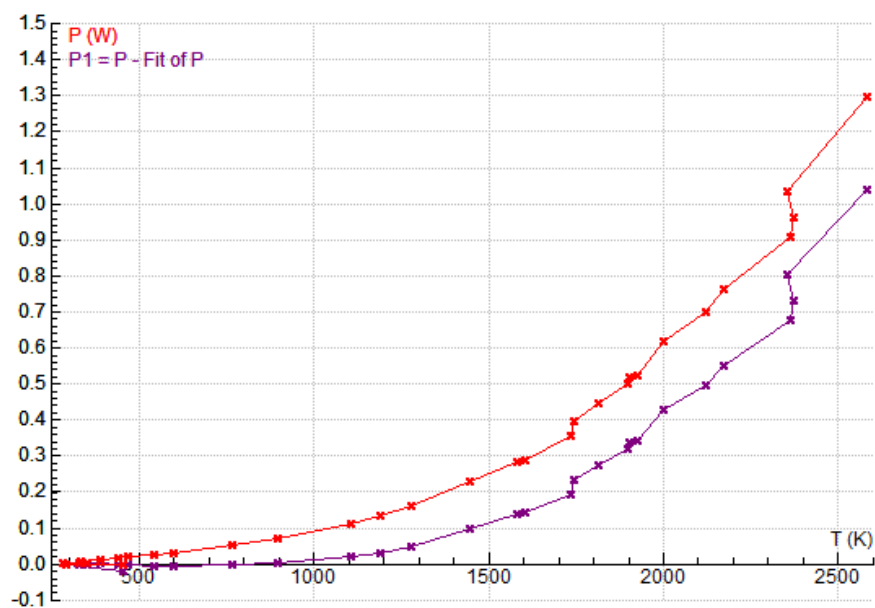


Rysunek 6.
Wykres $P(T)$.

Wniosek 2:

Patrzając na wykres zauważyć można, że dla niskich temperatur przyjmuje on postać zależności liniowej, natomiast dla wyższych wartości temperatury postać wykładniczą

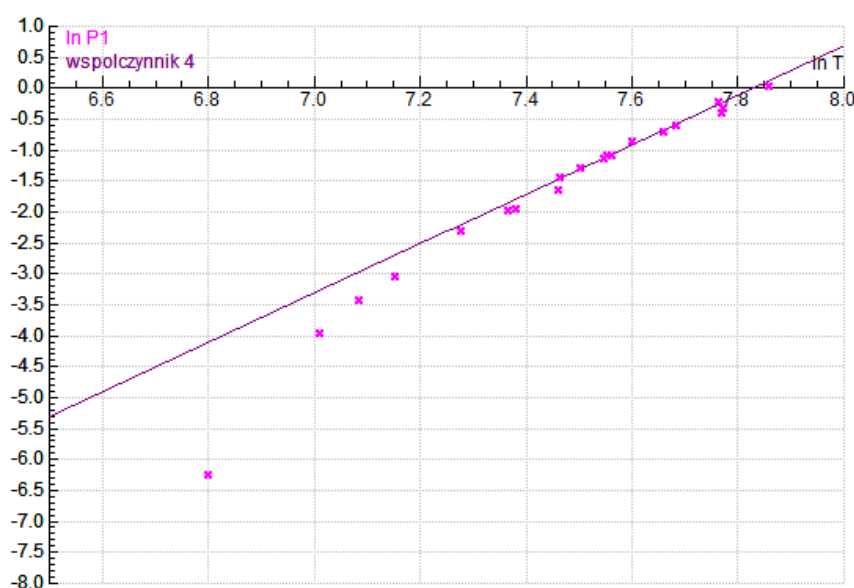
W celu wyznaczenia mocy promieniowania termicznego (P_1 – fioletowy), od całkowitej mocy (P – czerwony) należy odjąć przyczynek liniowy (*Fit of P*).



Rysunek 6.
Wykres $P(T)$ oraz
 $P_1 = P - \text{Fit od } P(T)$.

Zależność $\ln P_1(\ln T)$

W celu sprawdzenia prawa Stefana-Boltzmana przekształcono zależność przedstawioną na rysunku 6, tak by otrzymać zależność $\ln P_1(\ln T)$. Następnie dorysowano wykres zależności liniowej o współczynniku kierunkowym 4.



Rysunek 7.
Wykres $\ln P_1(\ln T)$ wraz
prostą o współczynniku
kierunkowym 4.

Wniosek 3:

Bardzo dobrą zgodność uzyskano dla wysokich temperatur (dużych mocy). Różnice obserwowane dla niższych temperatur mogą pochodzić z niewłaściwie oszacowanego przyczynku linowego oraz dużych niepewności pomiarowych mierzonych wielkości.

Bibliografia

1. *Tablice fizyczno-astronomiczne*, Warszawa: wydawnictwo Adamantan, 2005, s. 172, tabela „Przewodnictwo elektryczne metali”.
2. Materiały do ćwiczeń z II Pracowni Fizycznej, Uniwersytet Jagielloński.
3. Eisberg, Resnick, *Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, jąder i cząstek elementarnych*, Warszawa: wydawnictwo PWN, 1989.
4. Szpolski, *Fizyka atomowa cz. 1*, Warszawa: wydawnictwo PWN, 1953.