



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

Όνομα : Κάραλης Νικόλας
A/M: 09104042

Εργαστηριακή Άσκηση 8
Εξάρτηση της αντίστασης αγωγού από τη
θερμοκρασία.

Συνεργάτες:
Ιντζέογλου Χρήστος
Καλαμαρά Αντιγόνη

Υπεύθυνος Εργαστηρίου:

Ημερομηνία Διεξαγωγής : 1/12/2005
Ημερομηνία Παράδοσης : 8/12/2005

Εισαγωγή

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι ο προσδιορισμός της καμπύλης εξάρτησης της αντίστασης του βολφραμίου από τη θερμοκρασία και ο υπολογισμός του θερμικού συντελεστή αντίστασης του βολφραμίου στις υψηλές θερμοκρασίες.

Ακόμα, μελετάται ποιοτικά το φαινόμενο της εξάρτησης της ακτινοβολούμενης ισχύος ενός στερεού από την θερμοκρασία του.

Στοιχεία Θεωρίας

Η αντίσταση ενός αγωγού εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγωγού και δίνεται από τη σχέση $R = \rho \frac{L}{S}$. Η αντίσταση συνδέεται με την θερμοκρασία του

αγωγού με μία σχέση της μορφής $R_\theta = R_0(1 + a\theta)$ όπου a είναι ο θερμικός συντελεστής αντίστασης, θ η θερμοκρασία και R_0 η τιμή της αντίστασης για $\theta=0^\circ\text{C}$.

Η σχέση που συνδέει την αντίσταση με την τάση και την ένταση του ρεύματος είναι ο γνωστός νόμος του Ohm $V = R \cdot I$.

Ο νόμος του Planck για το μέλαν σώμα $E_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right)-1}}$ περιέχει τους

νόμους της ακτινοβολίας σωμάτων με υψηλές θερμοκρασίες.

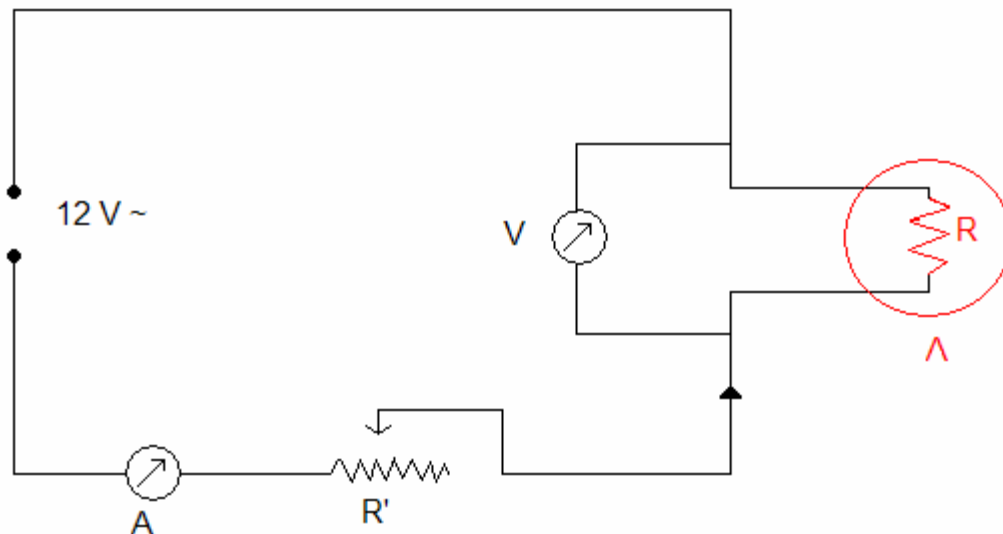
Η γραφική της παράσταση φαίνεται στο Σχήμα 5. Το γινόμενο $E_\lambda d\lambda$ εκφράζει την ακτινοβολούμενη ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας στα μήκη κύματος μεταξύ λ και $\lambda+d\lambda$ σε κάθε θερμοκρασία και ισούται με το εμβαδόν που περικλείεται από την αντίστοιχη καμπύλη και τον άξονα των λ .

Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιούμε ένα κύκλωμα στο οποίο έχουμε συνδέσει μια λυχνία βολφραμίου. Μεταβάλλοντας το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα, μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία και την αντίσταση του νήματος βολφραμίου που υπάρχει μέσα στη λυχνία. Για το νήμα βολφραμίου, υπάρχει μια εμπειρική σχέση που δείχνει τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας του νήματος, του ρεύματος και της διαμέτρου του σύρματος.

Πειραματική διάταξη

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιούμε το παρακάτω κύκλωμα (Σχήμα 1) το οποίο αποτελείται από : μια λυχνία με νήμα βολφραμίου για την οποία $R_0 = 0,25 \Omega$ και η διάμετρος του σύρματος $d = 0,17\text{mm}$, μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης 12V , μια ρυθμιζόμενη αντίσταση R' , ένα ψηφιακό βολτόμετρο ακρίβειας $0,01 \text{ V}$ και ένα ψηφιακό αμπερόμετρο ακρίβειας $0,01 \text{ A}$.

Σχήμα 1



Μετρήσεις

Πίνακας 1

I(A)	V(V)
0,87	0,39
0,94	0,46
1,01	0,58
1,32	1,22
1,50	1,65
1,73	2,30
2,35	4,28
2,78	5,95
3,12	7,60
3,85	11,10

Πίνακας 2

T(K)	I(A)	V(V)	Χαρακτηρισμός
1500	1,20	1,05	Ελάχιστο φως
2000	2,40	4,50	Αρκετό φως
2500	3,30	8,25	Πολύ φως

Επεξεργασία των μετρήσεων

1. Με βάση τον Πίνακα 1 και το Σχήμα 2 (βλ. Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής, σελ.130, σχ.8.3) συμπληρώνουμε τον παρακάτω Πίνακα 2:

Πίνακας 2

I (A)	V (V)	R (Ω)	δR (Ω)	T (K)	θ (°C)
0,87	0,39	0,45	0,028	1150	877
0,94	0,46	0,49	0,024	1200	927
1,01	0,58	0,57	0,020	1300	1027
1,32	1,22	0,92	0,011	1500	1227
1,50	1,65	1,10	0,009	1600	1327
1,73	2,30	1,33	0,007	1800	1527
2,35	4,28	1,82	0,005	2100	1827
2,78	5,95	2,14	0,004	2300	2027
3,12	7,60	2,44	0,003	2400	2127
3,85	11,10	2,88	0,003	2700	2427

2,3. Για τον υπολογισμό της αντίστασης καθώς και του σφάλματος της

χρησιμοποιήθηκε η σχέση : $R = \frac{V}{I} \pm \frac{V}{I} \sqrt{\left(\frac{\delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\delta V}{V}\right)^2}$, ενώ ισχύει ακόμα ότι

$\delta V = 0,01 \text{ V}$ και $\delta I = 0,01 \text{ A}$.

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου χρησιμοποιήθηκε η σχέση : $\theta = T - 273\text{K}$

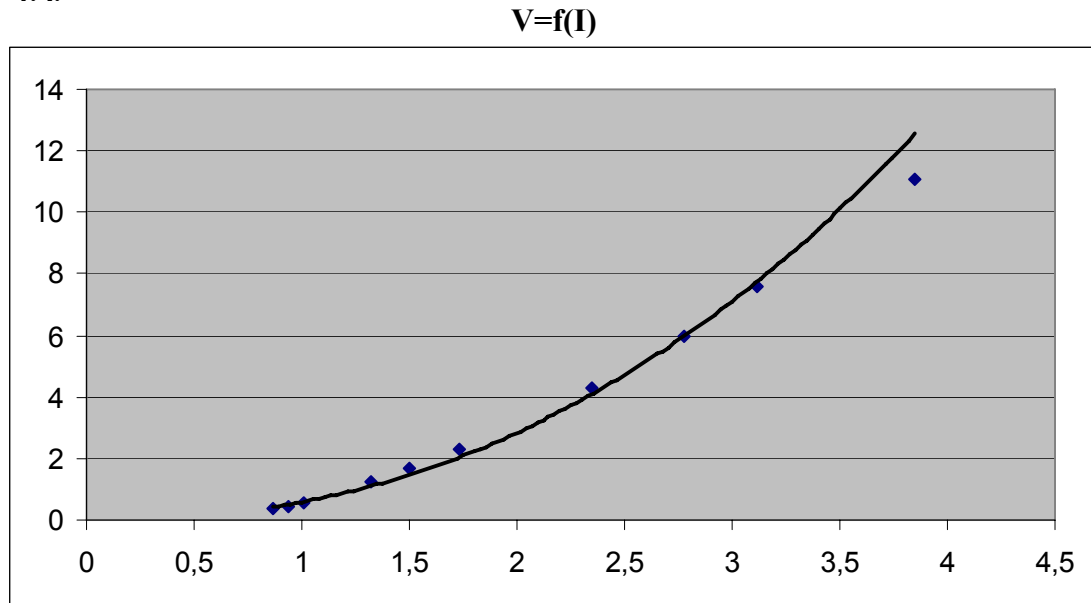
Χρησιμοποιώντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, σχηματίζουμε τον παρακάτω Πίνακα 3 και κατασκευάζουμε την γραφική παράσταση (Σχήμα 3) που αποτελεί την καμπύλη διαφοράς δυναμικού Ω συναρτήσει του ρεύματος I.

Πίνακας 3

I	V	lnI	lnV	I^2	I.V
0,87	0,39	-0,139	-0,942	$1,939 \cdot 10^{-2}$	0,131
0,94	0,46	-0,062	-0,777	$0,383 \cdot 10^{-2}$	0,048
1,01	0,58	0,010	-0,545	$0,010 \cdot 10^{-2}$	-0,005
1,32	1,22	0,278	0,199	$7,708 \cdot 10^{-2}$	0,055
1,5	1,65	0,405	0,501	$16,440 \cdot 10^{-2}$	0,203
1,73	2,3	0,548	0,833	$30,044 \cdot 10^{-2}$	0,457
2,35	4,28	0,854	1,454	$73,003 \cdot 10^{-2}$	1,242
2,78	5,95	1,022	1,783	$104,541 \cdot 10^{-2}$	1,823
3,12	7,6	1,138	2,028	$129,466 \cdot 10^{-2}$	2,308
3,85	11,1	1,348	2,407	$181,730 \cdot 10^{-2}$	3,245

Προκύπτει η σχέση : $V = 0,5867 I^{2,2719}$

Σχήμα 3



4. Χρησιμοποιώντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, σχηματίζουμε τον παρακάτω Πίνακα 4 και κατασκευάζουμε την γραφική παράσταση (Σχήμα 4) που αποτελεί την καμπύλη της αντίστασης της λυχνίας R συναρτήσει της θερμοκρασίας του νήματος θ .

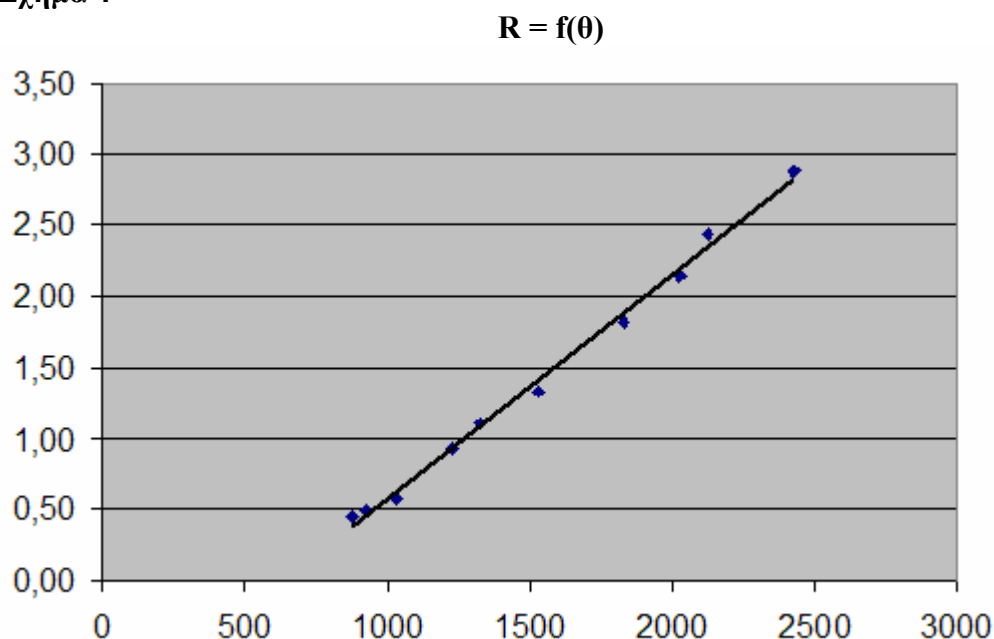
Πίνακας 4

$\theta (^{\circ}C)$	$R (\Omega)$	θ^2	$\theta \cdot R$	d	d^2
877	0,45	769129	394,650	0,074	$0,544 \cdot 10^{-2}$
927	0,49	859329	454,230	0,035	$0,119 \cdot 10^{-2}$
1027	0,57	1054729	585,390	-0,044	$0,193 \cdot 10^{-2}$
1227	0,92	1505529	1128,840	-0,011	$0,012 \cdot 10^{-2}$
1327	1,10	1760929	1459,700	0,011	$0,012 \cdot 10^{-2}$
1527	1,33	2331729	2030,910	-0,076	$0,579 \cdot 10^{-2}$
1827	1,82	3337929	3325,140	-0,061	$0,377 \cdot 10^{-2}$
2027	2,14	4108729	4337,780	-0,058	$0,339 \cdot 10^{-2}$
2127	2,44	4524129	5189,880	0,083	$0,694 \cdot 10^{-2}$
2427	2,88	5890329	6989,760	0,048	$0,230 \cdot 10^{-2}$

Προκύπτει η σχέση : $R = 1,510^{-3} \theta - 1,01$

Αφού έχουμε $y = ax + \beta$ με $\beta = -1,01324$ και $\alpha = 0,001584$

Σχήμα 4



5. Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι η εξίσωση αυτή είναι της μορφής $R(\theta) = R_0 + a \cdot R_0 \cdot \theta$, οπότε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι $R_0 = 0,25 \Omega$ και $a = \frac{0,001584}{R_0} = 0,006336 = 6,336 \cdot 10^{-3} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$

Άρα ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του βολφραμίου στις θερμοκρασίες ($1000^{\circ}C$, $2500^{\circ}C$) είναι $\alpha = 6,336 \cdot 10^{-3} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$

Η τιμή αυτή διαφέρει σημαντικά από τη θεωρητικά αναμενόμενη για τις θερμοκρασίες ($0^{\circ}C$, $100^{\circ}C$) $\alpha = 3,92 \cdot 10^{-3} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$.

Αυτό συμβαίνει μεταξύ άλλων για του παρακάτω λόγους :

1. Η θεωρητική τιμή αναφέρεται στις θερμοκρασίες ($0^{\circ}C$, $100^{\circ}C$) που είναι κατά πολύ χαμηλότερες από τις ($1000^{\circ}C$, $2500^{\circ}C$)
2. Πλέον των σφαλμάτων των μετρήσεων υπάρχει και πολύ σημαντικό σφάλμα κατά την ανάγνωση των τιμών της θερμοκρασίας από το Σχήμα 2.
3. Ο θερμικός συντελεστής αντίστασης είναι μεταβλητός στο εύρος των θερμοκρασιών για τις οποίες υπολογίσαμε την τιμή του, οπότε και η ευθεία που υπολογίσαμε κατά προσέγγιση και μόνο είναι ευθεία. Αυτό γίνεται σαφές και από τη διαφορά ανάμεσα στην θεωρητική / πραγματική και τη μετρούμενη τιμή της αντίστασης R_0

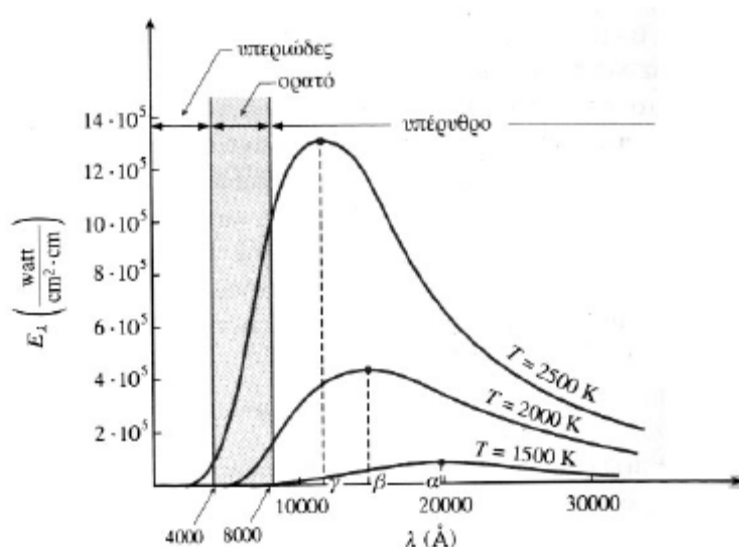
6. Από τον Πίνακα 2 σχηματίζουμε τον παρακάτω Πίνακα 5

Πίνακας 5

T(K)	I(A)	V(V)	P(W)	Χαρακτηρισμός
1500	1,20	1,05	1,26	Ελάχιστο φως
2000	2,40	4,50	10,80	Αρκετό φως
2500	3,30	8,25	27,22	Πολύ φως

7. Σύμφωνα με τη θεωρία και το παρακάτω Σχήμα 4, το γινόμενο $E_{\lambda}d\lambda$ εκφράζει την ισχύ που ακτινοβολείται ανά μονάδα επιφάνειας. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και το περιεχόμενο εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης και των αξόνων, οπότε επαληθεύεται και θεωρητικά το γεγονός που παρατηρήσαμε και υπολογίσαμε από τις μετρήσεις μας, ότι δηλ. αυξάνεται η ακτινοβολούμενη ισχύς με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Σχήμα 5



Αναλυτικότερα, κατά την εκτέλεση του πειράματος παρατηρήσαμε και καταγράψαμε τις αλλαγές στην ένταση του εκπεμπόμενου φωτός και κατά συνέπεια της παραγόμενης ισχύος. Έτσι, για $I \rightarrow 1,14$ A και $V \rightarrow 0,90$ παρουσιάστηκε η πρώτη ισχνή λάμψη και καθώς η ένταση του ρεύματος αυξάνει, διατηρείται ένα αυξανόμενο πορτοκαλί χρώμα μέχρι $I \rightarrow 1,95$ A και $V \rightarrow 2,92$ V. Τότε αρχίζει να γίνεται έντονο το φως, ώσπου για $I \rightarrow$ έχουμε αρκετά έντονο φως και για $I \rightarrow 3,0$ A και $V \rightarrow 8,0$ V δεν είναι ανεκτό για τα μάτια. Τέλος, φτάνουμε στην τιμή $I \rightarrow 3,75$ A που είναι και η μέγιστη που μπορέσαμε να επιτύχουμε και σε αυτή την περίπτωση το φως ήταν εκτυφλωτικό.