

آزمایشگاه فیزیک 1

محسن نجفی و احسان غزلباش

آزمایش : ترموالکتريک

مختصری از تئوری آزمایش

تغییر حالت جسمی بر اثر گرما را می توان با یک مشخصه فیزیکی با نام درجه حرارت نشان داد. برای اندازه گیری این کمیت از دما سنج استفاده می کنند. یکی از وسایل اندازه گیری دما که در اغلب موارد تحقیقاتی و صنعتی استفاده می شود ترموکوپل است. این وسیله از سه کوپل ترموالکتريک که دو تاي آن در درجه حرارت ثابت نگه داری می شود و سومی به جسمی که باید درجه حرارت آن اندازه گرفته شود در تماس است.

هرچه درجه حرارت جسم بیشتر باشد این نیروی محرکه الکتریکی زیادتر می شود. مدرج کردن یک ترموکوپل به وسیله نیروی محرکه الکترمو توری که در دماهای معین متفاوت در حالی صورت می گیرد که "اتصال مرجع در صفر درجه سانتی گراد نگه داشته شده است" نتایج چنین اندازه گیری ها در بیشتر ترموکوپل ها معمولا می توان به وسیله یک معادله درجه سوم به صورت زیر نشان داد.

$$E = a + bt + ct^2 + dt^3$$

که در آن E نیروی محرکه الکترمو توری و a,b,c,d ضرایبی هستند که برای هر ترموکوپل متفاوتند. در یک گستره محدود دما معمولا معادله ای از درجه دوم کفایت می کند. دامنه ترموکوپل بستگی به موادی دارد که ترموکوپل از آن ساخته شده است. برای مثال دامنه یک ترموکوپل پلاتین_رودیم که 10% پلاتین دارد از صفر تا 1600°C است.

شرح آزمایش

الف) بدست آوردن معادله پتانسیل الکتریکی بر حسب دما

در قسمت قبل شرح داده شد که برای بیان نتایج اندازه گیری ترموکوپل به $^{\circ}\text{C}$ به یک معادله درجه سه نیاز داریم که ضرایب آن برای هر ترموکوپل متفاوت است. برای به دست آوردن این ضرایب نیاز به یک سری اطلاعات داریم که به طریقه زیر به دست آوردیم. ابتدا باید وسیله خود را تنظیم کنیم. برای این کار ترموکوپل و یک دماسنج را در محلول آب و یخ قرار می دهیم و هنگامی که محلول به صفر درجه رسید، پتانسیل سنج را روی صفر تنظیم می کنیم. پس از تنظیم ترموکوپل جدولی تهیه می کنیم که در یک ستون درجه حرارت و در ستون دیگر پتانسیل الکتریکی نگاشته می شود. سپس محلول را بر روی گرم کن الکتریکی قرار می دهیم ما از دمای 19 تا 80 را با فواصل 5 یادداشت کردیم و اطلاعات بدست آمده را در جدول محاسبات قرار دادیم. این اطلاعات و محاسبات انجام شده بر روی آنها برای بدست آوردن معادله اصلی را در قسمت "محاسبات و محاسبات خطا و تصحیح ارقام" قرار داده ایم.

محاسبات و محاسبات خطا و تصحیح ارقام
 می خواهیم معادله در $E = at^2 + bt + c$ مقادیر a, b, c را با استفاده از اطلاعات بدست آمده از آزمایش محاسبه
 کنیم. برای راحتی کار به جای E از y و به جای t از x استفاده میکنیم.
 با توجه به روشهای ریاضی ارائه شده در جزوه باید دستگاه معادلات زیر را حل کنیم:

$$Nc + [x]b + [xx]a = [y]$$

$$[x]c + [xx]b + [xxx]a = [xy]$$

$$[xx]c + [xxx]b + [xxxx]a = [xxy]$$

x	y	xx	xxx	xxxx	xy	xxy
0	0	0	0	0	0	0
19	0.00076	361	6859	130321	0.01444	0.27436
25	0.00095	625	15625	390625	0.02375	0.59375
30	0.00116	900	27000	810000	0.03480	1.04400
35	0.00136	1225	42875	1500625	0.04760	1.66600
40	0.00156	1600	64000	2560000	0.06240	2.49600
45	0.00177	2025	91125	4100625	0.07965	3.58425
50	0.00197	2500	125000	6250000	0.09850	4.92500
55	0.00218	3025	166375	9150625	0.11990	6.59450
60	0.00242	3600	216000	12960000	0.14520	8.71200
65	0.00264	4225	274625	17850625	0.17160	11.15400
70	0.00287	4900	343000	24010000	0.20090	14.06300
75	0.00310	5625	421875	31640625	0.23250	17.43750
80	0.00333	6400	512000	40960000	0.26640	21.31200
جمع	جمع	جمع	جمع	جمع	جمع	جمع
649	0.02607	37011	2306359	152314071	1.49764	93.85636

که با توجه به جدول داریم:

$$14c + 649b + 37011a = 0.02607$$

$$649c + 37011b + 2306359a = 1.49764$$

$$37011c + 2306359b + 152314071a = 93.85636$$

که با حل دستگاه داریم:

$$a = 6.814743514 \times 10^{-8}$$

$$b = 3.593521149 \times 10^{-5}$$

$$c = 1.613164441 \times 10^{-5}$$

پس معادله با تقریب بصورت زیر باز نوشته میشود:

$$E = 7 \times 10^{-8} t^2 + 4 \times 10^{-5} t + 2 \times 10^{-5}$$

با توجه به روشهای ارائه شده می توان خطای محاسبات را محاسبه کرد:

$$\alpha^2 = \frac{[dd]}{N-3}$$

که در آن α خطای استاندارد میباشد و در اینجا داریم:

$$\alpha^2 = \frac{4.48896 \times 10^{-7}}{14 - 3} = 4.083229182 \times 10^{-8}$$

حال خطای ضرایب معادله یعنی a,b,c را به ترتیب $\alpha_3, \alpha_2, \alpha_1$ می نامیم . داریم:

$$\frac{\alpha_1^2}{\Delta_1} = \frac{\alpha_2^2}{\Delta_2} = \frac{\alpha_3^2}{\Delta_3} = \frac{\alpha^2}{\Delta}$$

که در اینجا داریم:

$$\frac{\alpha_1^2}{318004244900} = \frac{\alpha_2^2}{762582873} = \frac{\alpha_3^2}{96953} = \frac{4.083229182 \times 10^{-8}}{397157504800}$$

که بعد از انجام معادلات داریم:

$$\alpha_1 = 1.808160385 \times 10^{-4}$$

$$\alpha_2 = 8.854499445 \times 10^{-6}$$

$$\alpha_3 = 9.983920576 \times 10^{-8}$$

پس معادله بصورت زیر در می آید:

$$E = (9 \times 10^{-8} \pm 9.9 \times 10^{-8})t^2 + (3 \times 10^{-5} \pm 8.85 \times 10^{-6})t + (8 \times 10^{-5} \pm 1.8 \times 10^{-4})$$

ب) بدست آوردن دمای جسم با استفاده از معادله پیدا شده

در این قسمت با استفاده از معادله بدست آمده از قسمت الف دمای یک کوره الکتریکی را در دماهای مختلف بدست می آوریم. برای این منظور دستگاه ترموکوپل را به کوره وصل میکنیم و در زمانهای مورد نظر (که می خواهیم دمای کوره را در آن لحظات اندازه گیری کنیم) مقدار پتانسیل الکتریکی نشان داده شده را یادداشت میکنیم و با قرار دادن آنها در معادله بند الف و حل معادله درجه دو بدست آمده دمای مورد نظر پیدا میشود.

در اینجا ما در سه زمان مختلف دمای کوره را اندازه گیری می کنیم:

$$E_1 = 465 \times 10^{-5}$$

$$E_2 = 687 \times 10^{-5}$$

$$E_3 = 899 \times 10^{-5}$$

یعنی:

$$1) 465 \times 10^{-5} = 9.40 \times 10^{-8} t^2 + 3.31 \times 10^{-5} t + 8.09$$

$$2) 687 \times 10^{-5} = 9.40 \times 10^{-8} t^2 + 3.31 \times 10^{-5} t + 8.09$$

$$3) 899 \times 10^{-5} = 9.40 \times 10^{-8} t^2 + 3.31 \times 10^{-5} t + 8.09$$

که با حل دستگاه داریم:

$$t_1 = 107.25^\circ C$$

$$t_2 = 148.87^\circ C$$

$$t_3 = 185.01^\circ C$$