

پدیده ترموالکتریک و دماسنجی با ترموکوپل

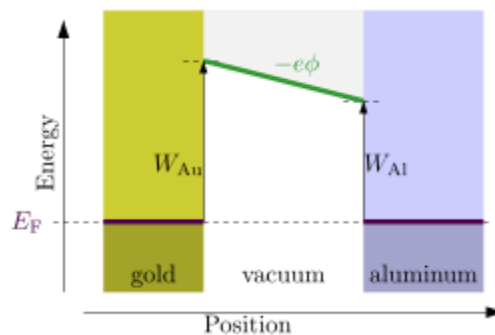
هدف آزمایش:

- آشنایی با پدیده ترموالکتریک
- بررسی بستگی اختلاف پتانسیل ترمو الکتریک به تغییرات دما ؛
- مشاهده اثر پلتیه.
- ساخت و کالیبراسیون ترموکوپل
- سرد سازی با استفاده از اثر پلتیه

مبانی نظری:

اختلاف پتانسیل در اتصال دو فلز

فلزات تعداد بسیار زیادی الکترون آزاد دارند به طوری که مقدار متوسط آن در حدود 10^{28} الکترون آزاد در متر مکعب است. البته میزان دقیق آن هادر فلزات مختلف متفاوت است. تفاوت انرژی الکترون هایی که بیشترین انرژی را در فلزات دارند (سطح فرمی) تا سطح صفر انرژی (حالت آزاد) را تابع کار گویند. وقتی دو فلز با تابع کار متفاوت با یکدیگر در تماس الکتریکی قرار می گیرند چون سطوح فرمی هم سطح می شوند در اتصال اختلاف پتانسیلی معادل اختلاف تابع کار ایجاد می شود که پتانسیل اتصال نام دارد. در شکل زیر اختلاف دو تابع کار فلز طلا با آلومینیوم معادل $e\phi$ است.



شکل 1: شماتیک اتصال دو فلز طلا و آلومینیوم با دو تابع کار متفاوت.

این مقدار در حد میکرو ولت است و به جنس فلز و دمای اتصال بستگی دارد.

اختلاف پتانسیل ترموالکتریک

اگر دو سر یک قطعه فلزی در دو دمای مختلفی باشند اختلاف دما موجب اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه می شود که **اختلاف پتانسیل ترموالکتریک** نام دارد. این به دلیل تفاوت سرعت میانگین الکترون ها و بیشتر بودن در نقطه گرم نسبت به نقطه سرد است. در نتیجه بطور میانگین تعداد الکترون هایی که از نقطه گرم به سرد در واحد زمان میروند بیشتر از جهت عکس است یعنی در نقطه سرد پتانسیل منفی و در نقطه گرم پتانسیل مثبت ایجاد می گردد. این پدیده را اثر سبیک گویند و مقدار آن بستگی به جنس و دما دارد. اختلاف پتانسیل برای اختلاف دمای یک درجه کلوین را ضریب سی بک نامند. جدول 1 مقادیر این ضریب را برای چند ماده نشان می دهد.

ساختار ترموکوپل

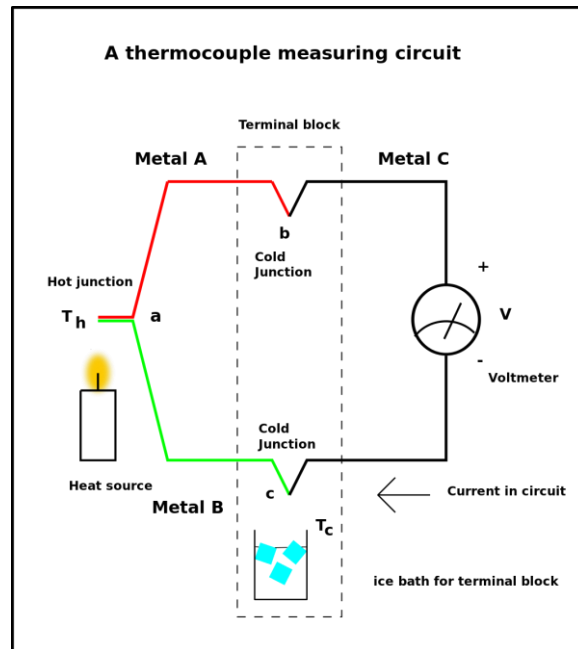
برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل ترمو الکتریک نمیتوان نقاط سرد و گرم نمونه را به ولتمتر متصل نمود زیرا معمولاً اتصالات الکتریکی نمونه ها به ولت متر از طریق سیم های مسی و ولتمتر در دمای اتاق قرار می گیرد. حال برای درک ارتباط ولتاژ اندازه گیری شده به جنس و دما باید بستگی دمایی ولتاژ دو سر اتصالات را بررسی کنیم. مشاهدات نشان می دهد ولتاژ دو سر اتصال دو فلز غیر مشابه که اصطلاحاً ترموکوپل نامیده می شود بستگی به جنس دو فلز و دما دارد. بنابر این با دانستن جنس فلزات و اندازه گیری اختلاف پتانسیل می توان دمای محل اتصال را اندازه گیری کرد. در عمل سعی می شود از فلزاتی استفاده شود که بستگی ولتاژ به دما خطی باشد و بتوان از ترموکوپل ها در دماسنجی استفاده کرد. انواع مختلف مواد ترموکوپل های رایج و ضرایب سی بی آنها در جدول 1 نمایش داده شده است.

جدول 1: مواد مناسب با ضریب سی بی نسبتاً زیاد

Semiconductors	Seebeck Coefficient
	$\mu\text{V}/\text{K}$
Se	900
Te	500
Si	440
Ge	300
n-type Bi_2Te_3	-230
p-type $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$	300
p-type Sb_2Te_3	185
PbTe	-180
$\text{Pb}_{0.3}\text{Ge}_{0.9}\text{Se}_{5.8}$	1670
$\text{Pb}_{0.6}\text{Ge}_{0.6}\text{Se}_{5.8}$	1410
$\text{Pb}_{0.9}\text{Ge}_{0.3}\text{Se}_{5.8}$	-1360
$\text{Pb}_{1.3}\text{Ge}_{2.9}\text{Se}_{5.8}$	-1710
$\text{Pb}_{1.5}\text{Ge}_{3.7}\text{Se}_{5.8}$	-1990
SnSb_4Te_7	25
SnBi_4Te_7	120
$\text{SnBi}_3\text{Sb}_1\text{Te}_7$	151
$\text{SnBi}_{2.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_7$	110
$\text{SnBi}_2\text{Sb}_2\text{Te}_7$	90
PbBi_4Te_7	-53

Type	Couples	Seebeck Coefficient
		$\mu\text{V}/\text{K}$
E	Chromel-Constantan	60
J	Iron-Constantan	51
T	Copper-Constantan	40
K	Chromel-Alumel	40
N	Nicrosil-Nisil	38
S	Pt (10% Rh)-Pt	11
B	Pt (30% Rh)-Pt (6% Rh)	8
R	Pt (13% Rh)-Pt	12

برای داشتن ترموکوپل قابل استفاده در مصارف آزمایشگاهی معمولاً از آرایش شکل 2 استفاده می شود در این چیدمان یک اتصال در یک دمایی مرجع که معمولاً دمای صفر است استفاده شده و اتصال دیگر در دمای مورد نظر و نقاط اتصال به ولت متر در دمای اتاق هستند. در این صورت ولتاژ اندازه گیری شده عبارتست از اختلاف دو ولتاژ ترمو الکتریک دو سیم A و B. (ثابت نمایید ولتاژ اتصالات بدلیل اختلاف توابع کار در اندازه گیری با این آرایش وارد نمی شود).



شکل 2: شماتیک اندازه گیری معمول دما در آزمایشگاه ها

ولتاژ اندازه گیری شده متناسب با اختلاف دمایی محیط های سرد و گرم است. اگر محیط سرد ثابت مثلا صفر و یا در دمایی اتاق باشد عدد ولت متر بستگی به دمایی محیط گرم دارد و می توان از آن بعنوان دماسنج ترموکوپل استفاده نمود. پس ترموکوپل ها ابزار مناسبی برای دما سنجی در دماهای زیادتر و کمتر از صفر که دماسنج های جیوه ای و یا الکلی قادر به کار نیستند می باشند و بنابر این در صنایع مختلف کاربردهای فراوانی دارند. چندین نوع متداول در بازار در جدول 3 ارائه شده است. (چند مثال از کاربردهای ترموکوپل های جدول 3 را ارائه دهید).

اثر پلتیه و اثر تامسون Peltier and Thomson effects

در 1834 میلادی، پلتیه دریافت که جریان الکتریکی عبوری از یک اتصال از فلزات غیر مشابه منجر به سرد و یا گرم شدن نقطه اتصال می شود. در سال 1838 "لنزی" نشان داد که بسته به جهت جریان، نقطه اتصال فلزات تا حدی که آب منجمد و به یخ تبدیل شود سرد شده و یا با تغییر جهت جریان، گرم و یخ ذوب می شود. حرارت جذب و یا ایجاد شده در نقطه اتصال با میزان جریان الکتریکی متناسب است. این تناسب دارای ثابت تناسبی به نام "ضریب پلتیه" است. بیست سال بعد ویلیام تامسون که مدتی بعد لقب "لرد کلونین" را دریافت نمود، توضیح جامعی از اثر های سی بک و پلتیه ارائه و رابطه بین آنها را تشریح کرد که به عنوان روابط کلونین شناخته می شوند. مواد نیمه هادی متعددی برای اتصالات ساخته و در صنعت از این پدیده در سرد سازی استفاده می شود. (روابط کلونین و یک حوزه کاربردی را بیابید).

جدول 2: انواع ترموکوپل های رایج و مشخصات آنها

North American Colour Codes									
Code	Alloy Combination		Thermocouple Color Coding		Maximum Temperature Useful Range	EMF (mV) Over Max. Temperature Range	Limits of Error** (Whichever is Greater)		
	+Lead	-Lead	Thermocouple Grade	Extension Grade			Standard	Special	
J	IRON Fe (magnetic)	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni			0 to 750°C (32 to 1382°F) Therm. Grade 0 to 200°C (32 to 392°F) Ext. Grade	-8.095 to 69.553	0 to 750°C (32 to 1382°F)	2.2°C or 0.75% Above 0°C	1.1°C or 0.4% Below 0°C
K	NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	NICKEL-ALUMINIUM Ni-Al (magnetic)			-200 to 1250°C (-328 to 2282°F) Therm. Grade 0 to 200°C (32 to 392°F) Ext. Grade	-6.458 to 54.886	-200 to 1250°C (-328 to 2282°F)	2.2°C or 0.75% Above 0°C	1.1°C or 0.4% Below 0°C
T	COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni			-200 to 350°C (-328 to 662°F) Therm. Grade -60 to 100°C (-76 to 212°F) Ext. Grade	-6.528 to 20.872	-200 to 350°C (-328 to 662°F)	1.0°C or 0.75% Above 0°C	0.5°C or 0.4% Below 0°C
E	NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni			-200 to 900°C (-328 to 1652°F) Therm. Grade 0 to 200°C (32 to 392°F) Ext. Grade	-9.835 to 76.373	-200 to 900°C (-328 to 1652°F)	1.7°C or 0.5% Above 0°C	1.0°C or 0.4% Below 0°C
N	NICROSIL Ni-Cr-Si	NISIL Ni-Si-Mg			-270 to 1300°C (-450 to 2372°F) Therm. Grade 0 to 200°C (32 to 392°F) Ext. Grade	-4.345 to 47.513	-270 to 1300°C (-450 to 2372°F)	2.2°C or 0.75% Above 0°C	1.1°C or 0.4% Below 0°C
R	PLATINUM 13% RHODIUM Pt-13% Rh	PLATINUM PT	NONE ESTABLISHED		0 to 1450°C (32 to 2642°F) Therm. Grade 0 to 150°C (32 to 300°F) Ext. Grade	-0.226 to 21.101	0 to 1450°C (32 to 2642°F)	1.5°C or 0.25% Above 0°C	0.6°C or 0.1% Below 0°C
S	PLATINUM 10% RHODIUM Pt-10% Rh	PLATINUM PT	NONE ESTABLISHED		0 to 1450°C (32 to 2642°F) Therm. Grade 0 to 150°C (32 to 300°F) Ext. Grade	-0.236 to 18.693	0 to 1450°C (32 to 2642°F)	1.5°C or 0.25% Above 0°C	0.6°C or 0.1% Below 0°C

نکات ایمنی آزمایش ها

سعی کنید که روکش سیمها با سطح هیتر تماس پیدا نکنند. مایعات بر روی میز نریزند و قسمت های بدون روکش سیم ها با بدنه ظروف فلزی تماس نداشته باشند. در کار با شعله به نکات ایمنی توجه کنید.

آزمایش 1 مشاهده اثر سی بک

وزنه مگنت را مطابق شکل 3 روی جک آزمایشگاهی مطابق شکل قرار دهید و ترموکوپل مس کنستانتین قطور را بین شیار مگنت قرار داده و قرص حلقه دار را روی آن قرار دهید و فشار دهید تا کاملا دو سطح بهم بچسبند. سپس با پر کردن یک بشر از آب قسمت اعظم سر میله قطور مسی که قائم است را در آب قرار دهید. حال با روشن کردن فنک ، شعله را نزدیک سر دیگر برده و حدود چند دقیقه آن سر را گرم کنید. مشاهده می کنید که براحتی دیگر نمی توانید وزنه (قرص حلقه دار) را از روی مگنت جدا کنید. چرا؟ جریان الکتریکی ناشی از اثر ترموالکتریک و میدان مغناطیسی ایجاد شده تقریبا چقدر است ؟



شکل 3: مجموعه آزمایش مشاهده اثر ترموالکتریک

آزمایش 2: مشاهده اثر سی بی

عقربه مغناطیسی که بین دو فلز با دو اتصال قرار دارد (شکل 4) را روی پایه قرار داده و یکی از اتصالات را با شعله گرم کنید و حرکت عقربه را مشاهده کنید. دلیل حرکت چیست؟ آیا میزان انحراف بستگی به اتصال ها دارد؟ به جهت ابتدایی میله ها نسبت به میدان زمین چطور؟



شکل 4: عقربه مغناطیسی محصور بین دو اتصال فلزی

آزمایش 3: کالیبراسیون ترموکوپل

مواد و وسایل مورد نیاز:

میکرو ولت‌متر

بشر

دماسنج الکلی

هیتر برقی

ترموکوپل های کنستانتین+مس ویا کنستانتین+آهن ویا کنستانتین+کروم نیکل

مراحل آزمایش:

یکی از ترموکوپل ها را در ظرف حاوی آب و یا روغن که بر روی هیتر قرار دارد جای داده و مقدار ولتاژ خوانده شده توسط ولت‌متر را نسبت به دما تا دمای مشخص شده توسط مسئول آزمایشگاه که با دماسنج قرائت می کنید ثبت نمایید. دقت کنید که دما سنج و ترموکوپل را طوری در آب قرار دهید که اولاًسر ترموکوپل و مخزن دماسنج تا حد ممکن به هم نزدیک باشند و ثانیاً هیچکدام با

کف ظرف در تماس نباشند. دقت نمایید ولت‌متر قبل از اتصال ترموکوپل با اتصال کوتاه کردن و یا دکمه تنظیم صفر شود. با استفاده از داده های گردآوری شده، نمودار ولتاژ ترموکوپل ها را بر حسب دما رسم و تابع ریاضی نمودار حاصل را بدست آورید .
دماسنج های ترموکوپل چه امتیازاتی نسبت به دماسنج های دیگر دارند؟

آزمایش 4: ساخت ترموکوپل

با دو قطعه سیم یک ترموکوپل بسازید و آنرا با ترموپل موجود آنرا برای یک محدوده دمایی حداقل 20 درجه مدرج کنید. آیا ولتاژ اندازه گیری شما بستگی به نحوه اتصال دو سیم دارد؟ چگونه اتصال قابل اطمینان (از نظر پایداری و تکرار پذیری) ایجاد کنیم.

آزمایش 5: سرد سازی با عبور جریان از اتصال

سرد ساز مورد استفاده از شرکت نیو کیت است (شکل 5) و در اصل شامل تعداد زیادی از اتصالات دو فلز و یا نیمه هادی غیر همجنس سری شده است. با اتصال آن به ولتاژ مستقیم DC یکطرف آن به شدت سرد و طرف دیگر به شدت داغ می گردد. برای سرد سازی حرارت ایجاد شده در طرف داغ باید توسط هیت سینک بزرگ و مناسب توام با فن بطور مناسبی دفع کرد و در صورتیکه آنرا بدون اتصال به هیت سینک مناسب راه اندازی کنید ، این قطعه بسرعت خواهد سوخت . مشخصات فنی این قطعه از این قرار است:

ابعاد 4 در 4 سانتیمتر

ولتاژ کار 12 ولت مستقیم

حداکثر ولتاژ مجاز 15/2 ولت مستقیم

حداکثر جریان مصرفی 6 آمپر

حداکثر توان 56/5 وات

حداکثر اختلاف دمای پشت و رو 70 درجه سانتیگراد

با عبور جریان سرد سازی را با یخ زدن آب مشاهده کنید. چرا اگر طرف گرم را خنک نکنیم قطعه می سوزد؟ چند کاربرد از این المان را کر کنید. چه موادی مناسب برای این سرد سازها هستند؟

