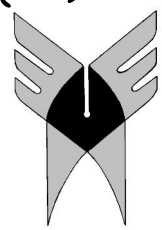
به نام آنکه مرا علم آموخت



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهرضا

آزمایشگاه انتقال حرارت

موضوع:

انتقال حرارت تابشی

www.shimi-eng.net

www.ShimiEng.net

تئوری :

رابطه مورد استفاده در آزمایش $q= \delta T^4$ است.

بر خلاف سازوکار هدایت و جابه جایی که شامل انتقال انرژی در جسم مادی است ، گرما می تواند در نواحی که خلا کامل وجود دارد نیز انتقال باید . سازوکار این حالت ، تابش الکترومغناطیس است. بحث خود را به تابش الکترومغناطیس که در نتیجه اختلاف دما انتشار می یابد و به تابش گرمایی موسوم است ، محدود می کنیم .

ملاحظات ترمودینامیکی نشان میدهد که یک تابنده گرمایی ایدآل یا جسم ، انرژی را با آهنگ متناسب با توان چهارم دمای مطلق جسم و متناسب با مساحت آن گسیل می دارد. بنابراین :

$$q= \delta T^4 \qquad (1)$$

که δ ضریب تناسب بوده و به ثابت استفان بولتزمن معروف است و مقداری آن برابر $5.669*10^{(-8)}\ W/m^2.k^4$ می باشد.

معادله 1 به قانون استفان بولتزمن تابش گرمایی معروف بود ، تنها در مورد اجسام سیاه به کار می رود . توجه کنید که این معادله فقط برای تابش گرمایی معتبر است ، سایر موارد تابش الکترومغناطیس را نمی توان به این سادگی بررسی کرد.

معادله 1 فقط تابش گسیل شده از جسم سیاه به کار می رود. مبادله تابش خالص بین دو سطح متناسب با اختلاف دمای مطلق به توان چهار است.

گفتیم که جسم سیاه جسمی است که طبق قانون T^4 انرژی می تابد. زیرا سطوح سیاه ، رفتاری شبیه قطعه فلزی که با زغال سیاه شده باشد ، دارد. سطوح دیگر مثل سطح براق یا صفحه فلزی صیقلی به اندازه جسم سیاه انرژی نمی تابد ، اگرچه باز هم تابش کلی می کند. برای آنکه سرشت خاکستری این سطوح به حساب آید ضریب دیگری را در معادله 1 وارد می کنیم که به ضریب گسیل معروف بوده ، تابش سطح خاکستری را با تابش سطح سیال ایده آل مرتبط می سازد . به علاوه ، باید این حقیقت را مد نظر داشت که به تابش یک سطح به سطح دیگر نمی رسد زیرا تابش الکترومغناطیس در خطوط مستقیم حرکت کرده ؛مقداری از آن به محیط اطراف می رود.

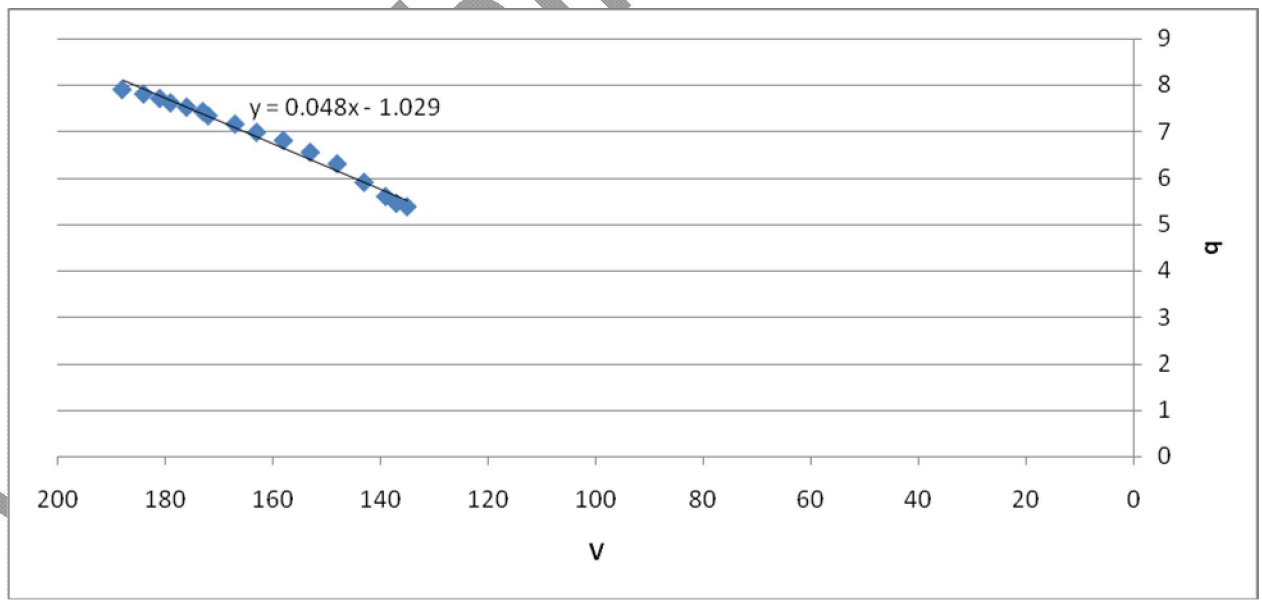
شرح آزمایش:

در ابتدا دستگاه را روشن نموده و صفحه سیاه($\varepsilon=1$) را در دستگاه قرار داده و هر 2 دقیقه یکبار دما و v را خوانده و q را بدست آورده سپس صفحه سفید را در دستگاه قرار داده و با داشتن V می توان q را بدست آورده و با استفاده از آن ε را بدست آورده .ما در این آزمایش اعداد زیر را بدست آوردیم.

www.ShimiEng.net

صفحه سیاه:

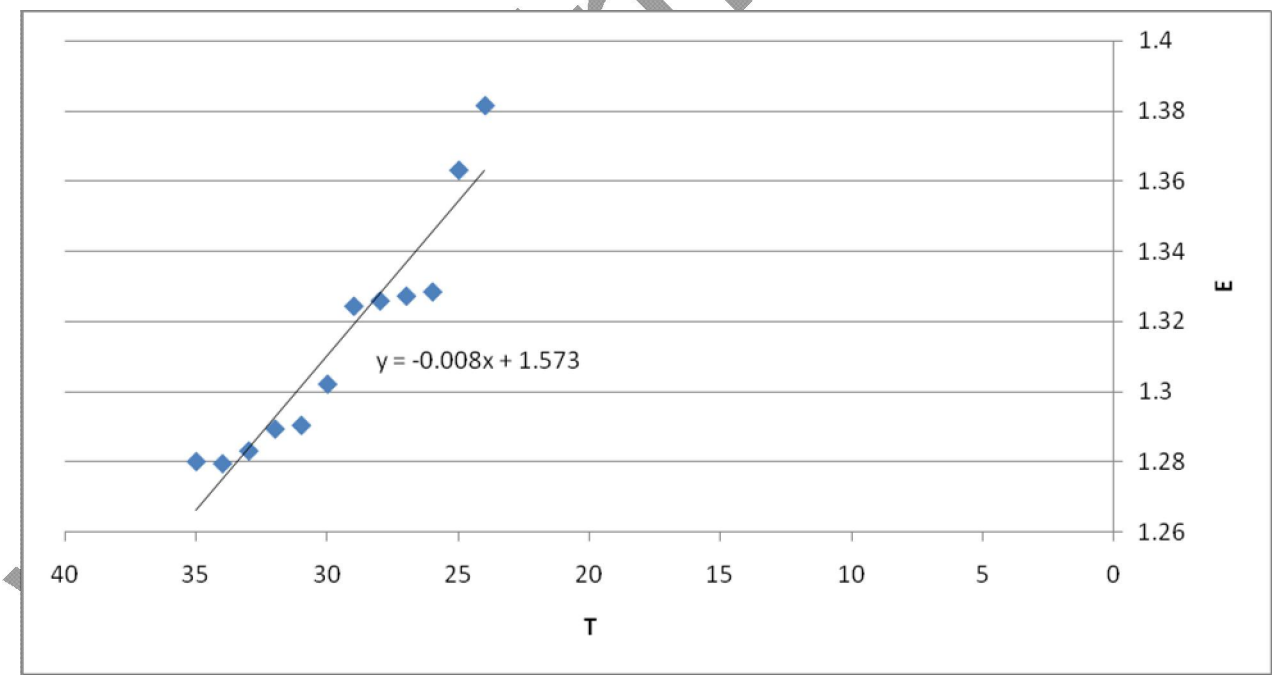
q	V	T(C)
5.38122	135	24
5.454062	137	25
5.60196	139	27
5.90676	143	31
6.305055	148	36
6.553501	153	39
6.809217	158	42
6.983804	163	44
7.161726	167	46
7.343027	172	48
7.434957	173	49
7.527748	176	50
7.621405	179	51
7.715933	181	52
7.811337	184	53
7.907624	188	54



Iran-Eng.net

صفحه خاکستری:

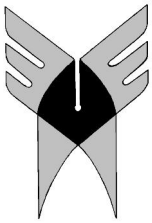
E	qw	Vw	Tw(C)
1.381649	7.43496	173	24
1.363197	7.43496	173	25
1.32842	7.34303	172	26
1.327207	7.43496	173	27
1.325835	7.5268	174	28
1.324325	7.61864	175	29
1.302047	7.59018	178	30
1.290284	7.6214	179	31
1.28924	7.71593	181	32
1.282959	7.77953	183	33
1.279338	7.85948	186	34
1.279932	7.96608	190	35



ε=1.314536 صفحه خاکستری

www.shimi-eng.net

به نام خدا



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهرضا

آزمایشگاه انتقال حرارت

نام آزمایش :

انتقال گرمای هدایت

www.shimi-Eng.net

www.shimi-eng.net

هدف آزمایش:**بدست آوردن k**

تئوری :

رابطه مورد استفاده در آزمایش $q=-kA\ dT/dZ$ است.

تجربه نشان داده است که در صورت وجود گرادیان دما در جسم ، انتقال گرمایی از ناحیه دما بالا به ناحیه پایین دما وجود دارد. می گوییم انرژی به طریق هدایت انتقال یافته و آهنگ انتقال گرما به ازای واحد مساحت متناسب است با گرادیان دما عمودی :

dT/dX متناسب است q/A

با جای گذاری این نسبت داریم:

$q=-kA\ dT/dZ$

که q آهنگ انتقال گرما است و dT/dX گرادیان دما است . ثابت k ر اضریب هدایت گرمایی ماده نامیده می شود و علامت منفی برای صدق قانون دوم ترمودینامیک است، بدین معنی که گرما نسبت به دما سیر نزولی داشته باشد. معادله یک را به یاد ریاضی – فیزیکدان فرانسوی، ژوزف فوریه ، که در بررسی تحلیلی انتقال گرمای هدایتی سهم بزرگی دارد قانون فوریه گرمایی هدایت گرمایی می نامند .از نظر اهمیت باید گفت که معادله 1 معرف ضریب هدایت گرماست و در دستگاه واحدی که جریان گرما بر حسب وات بیان می شود واحد k وات بر متر بر درجه سلسیوس است.

اکنون معادله اساس حاکم بر انتقال گرما در جسم صلب را با استفاده از معادله 1 به عنوان نقطه آغاز ، تعیین می کنیم.

اگر سیستمی در حالت پایدار باشد ، یعنی دما با زمان تغییر نکند ، مساله ساده بوده ، فقط از معادله 1 انتگرال گفته ، مقادیر مناسب را جای گزین کرده ، کمیت مورد نظر را به دست می آوریم . گرچه در صورت تغییر دمای جسم بر حسب زمان یا وجود چشمه یا چاه گرمایی داخل جسم ، وضعیت پیچیده تر می شود. ما مورد کلی را در نظر می گیریم که دما بر حسب زمان تغییر کرده و احتمالاً داخل جسم چشمه های گرمایی موجود است . معادله توازن انرژی برای جزئی به ضخامت dx را می توان چنین نوشت:

(انرژی وارد به سطح + انرژی ایجاد شده در داخل جز=تغییر در انرژی داخلی+هدایتی خروجی از سطح)

www.shimi-Eng.net

و با ساده ساز فرمول داریم و جای گذاری داریم:

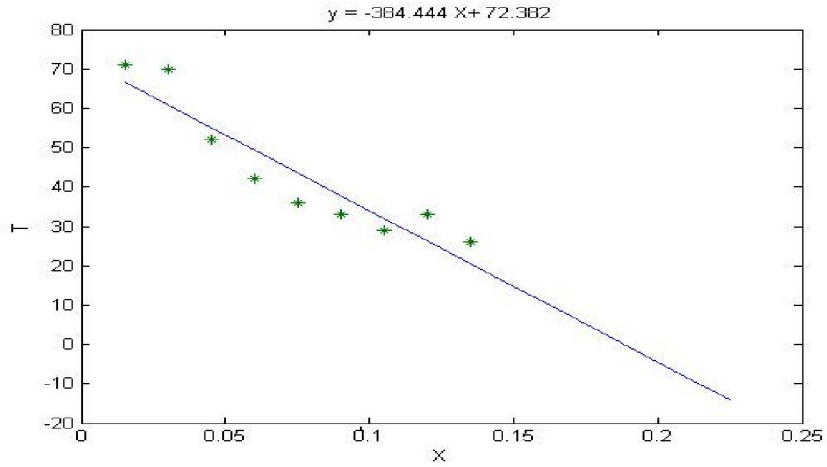
شرح آزمایش:

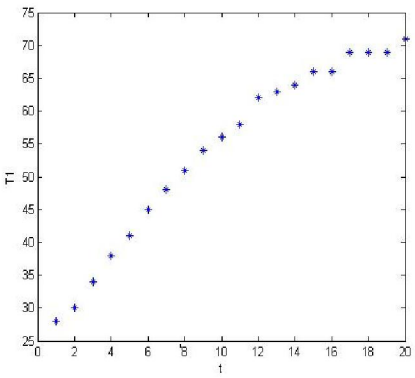
دستگاه را روشن نموده و با استفاده از شاسی که روی دستگاه تعبیه شده است هر 5 دقیقه یکبار دمای 9 قسمت را اندازه گیری نموده و همگامی که دستگاه به تعادل گرمایی رسید آزمایش را قطع نموده و با استفاده از روابط k را بدست آورده . ما در این آزمایش داده های زیر را بدست می آوریم.

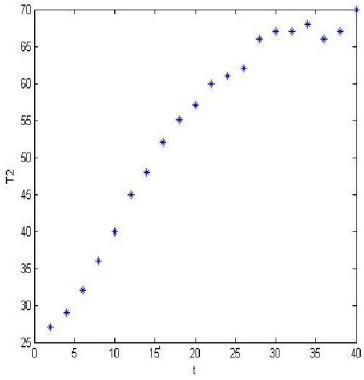
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	q
28	27	26	26	26	27	26	26	26	41
30	29	28	27	27	26	25	26	24	41
34	32	30	28	27	27	25	26	24	42
38	36	33	29	28	27	26	27	24	41
41	40	36	29	28	27	26	27	24	42
45	45	39	32	29	28	27	29	25	41
48	48	41	33	29	28	26	29	25	39
51	52	44	33	30	28	26	29	25	39
54	55	46	34	31	29	27	29	26	39
56	57	47	36	32	30	27	30	26	38
58	60	49	41	34	30	27	30	26	39
62	61	47	38	33	31	38	31	26	38
63	62	50	39	33	32	29	32	26	41
64	66	52	40	34	32	28	33	26	43
66	67	51	41	34	32	28	31	27	36
66	67	53	42	35	33	31	33	26	36
69	68	53	42	35	33	29	32	26	36
69	66	49	42	35	33	29	32	26	34
69	67	48	41	35	33	29	33	26	35
71	70	52	42	36	33	29	33	26	35
71	70	52	42	36	33	29	33	26	35

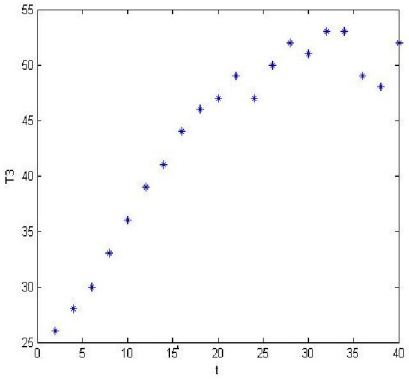
www.shimi-Eng.net

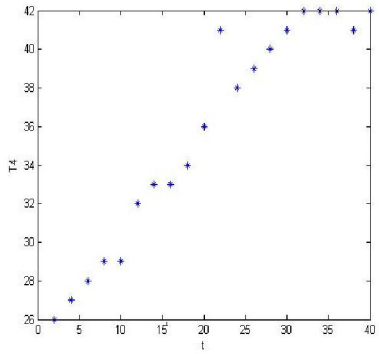
محاسبات:

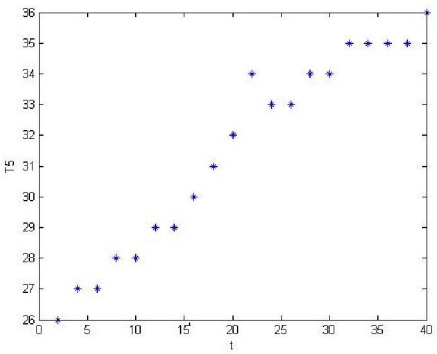


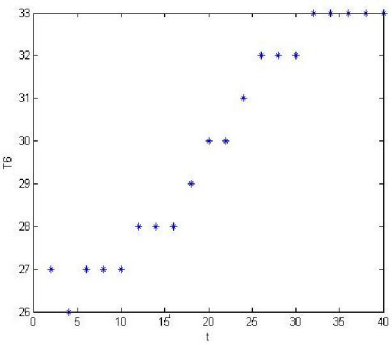


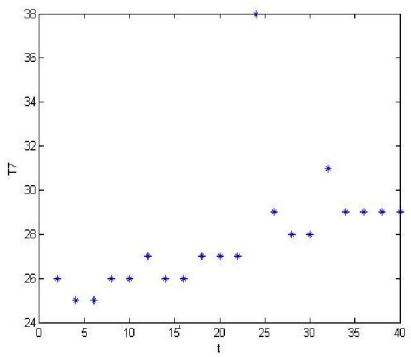


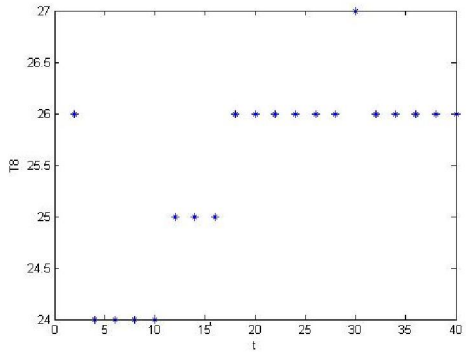


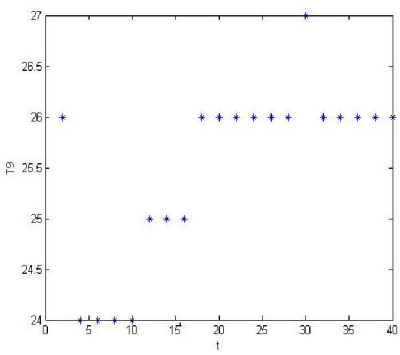












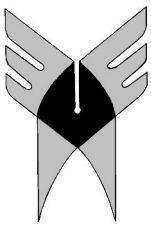
$m = -q/kA_c$, ΔX=1.5cm D=2.5cm ,A=0.005m

k=38.65/(0.005*384.444)=20.19

www.shimi-eng.net

www.shimi-Eng.net

به نام او که مرا علم آموخت



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهرضا

www.ShimiEng.Net

آزمایشگاه انتقال حرارت

موضوع آزمایش:

اندازه گیری صنعتی دما

www.shimi-eng.net

هدف آزمایش:

آشنایی با نحوه عملکرد ترمیستور وترموکوپل

تئوری آزمایش:

وسایل متداول اندازه گیری دما در صنعت عبارتند از:

1.ترموکوپل:

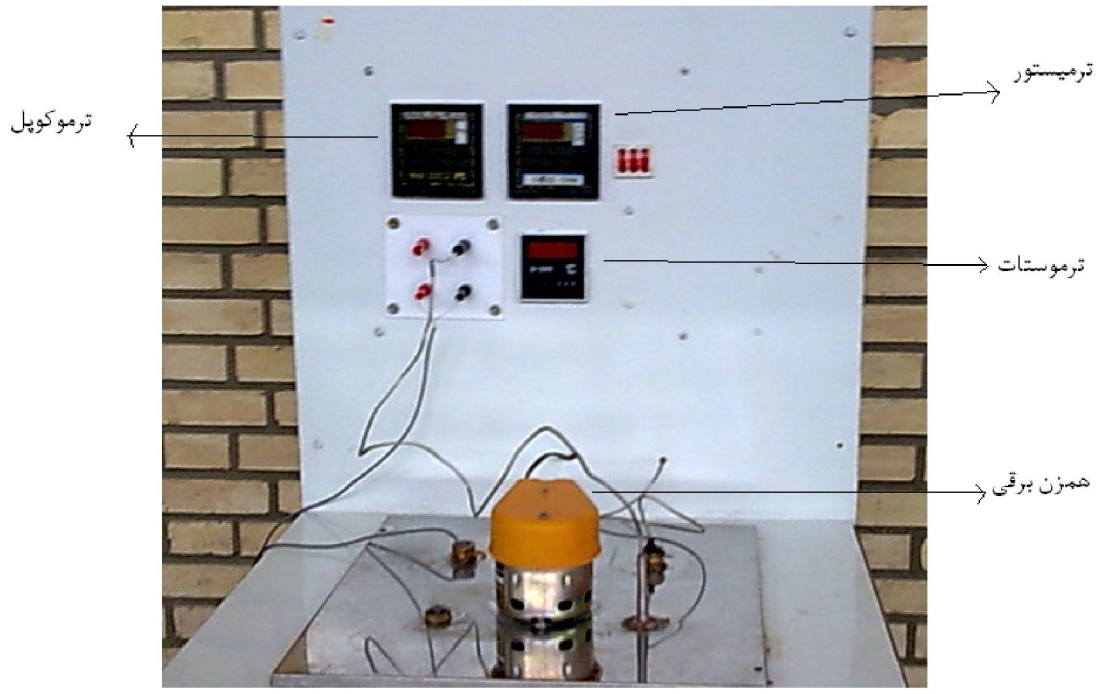
این وسیله بر اساس اختلاف پتانسیل ایجاد شده در محل اتصال دو فلزن نا همگون که تابعی از دمای نقطه اتصال می باشد بعنوان ابزار سنجش دما به کار می رود(بر حسب میلی ولت).

2.ترمیستور:

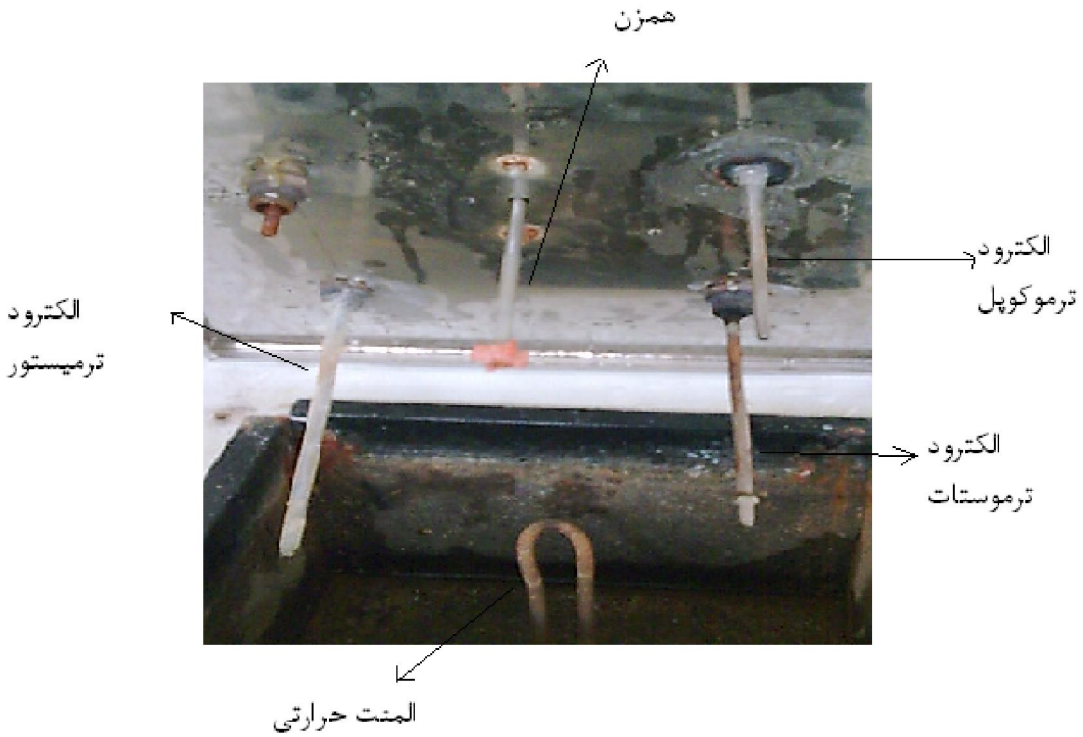
در ترمیستور از تغییر مقاومت الکتریکی بر اثر تغییرات دما بمنظور سنجش دما استفاده می شود(بر حسب اهم).

شرح آزمایش:

مخزن دستگاه را تا ارتفاع مناسب از آب پر کرده و ترموستات را در 30 درجه سانتی گراد تنظیم می کنیم.ترموکوپل و ترمیستور را در جاهکهای لخت قرار دهید.اعداد ولت خروجی ترموکوپل و مقاومت ترمیستور را در جدولی یادداشت کنید و عکس العمل ترموکوپل و ترمیستور را بر حسب دما رسم نمایید.همزن موجود در دستگاه باعث می شود که دمای ایجاد شده توسط المنت حرارتی در سر تا سر دستگاه به طور یکنواخت پخش شود.



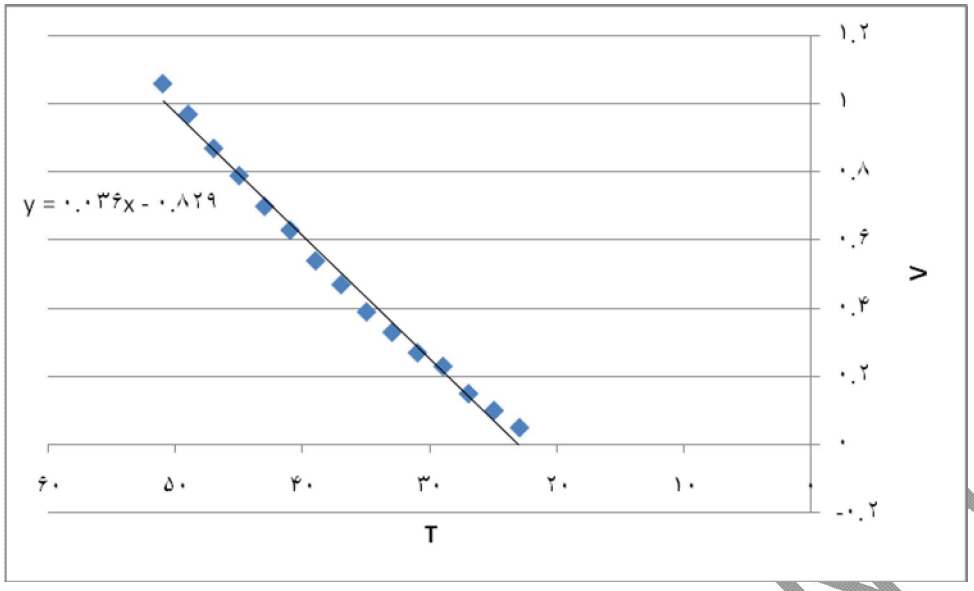
Chimi-Eng.Net

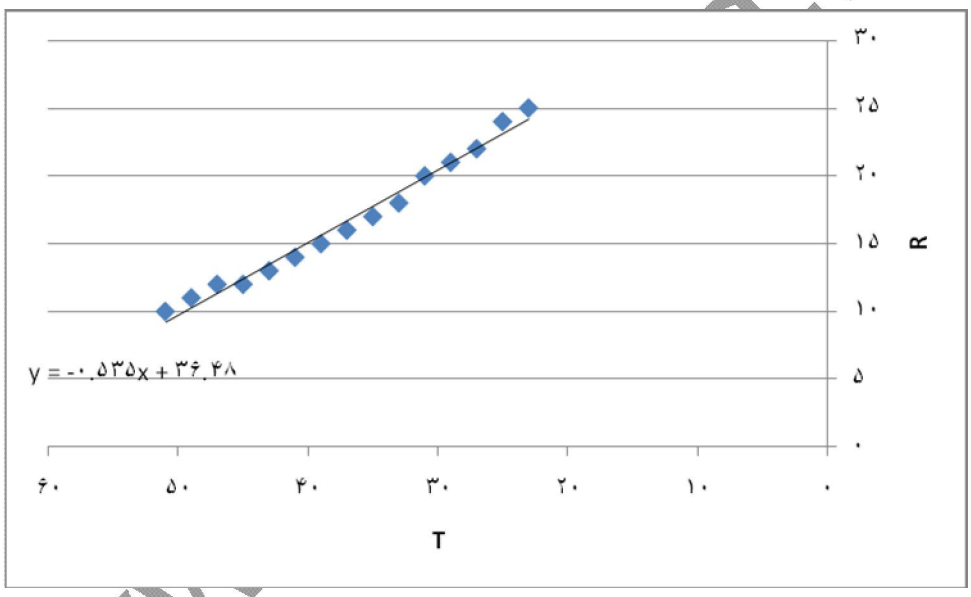


محاسبات:

V	R	ΔT
0.05	25	23
0.1	24	25
0.15	22	27
0.23	21	29
0.27	20	31
0.33	18	33
0.39	17	35
0.47	16	37
0.54	15	39
0.63	14	41
0.7	13	43
0.79	12	45
0.87	12	47
0.97	11	49
1.06	10	51

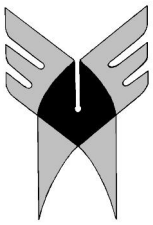
www.Shimi





www.shimi-eng.net

بنام خدا



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهرضا

آزمایشگاه انتقال حرارت

عنوان آزمایش:

سطوح گسترش یافته

www.shimi-eng.net

هدف از این آزمایش، ارائه یک دید عملی ازپره و بدست آوردن مقدار K برای فلزات و همچنین اثر طول پره برانتقال حرارت است.

مقدمه

تئوری

هرگاه در یک محیط یا میان دو محیط اختلاف دما وجود داشته باشد ، انتقال گرما رخ می دهد . انواع مختلف انتقال گرما را شیوه های آن می گویند . وقتی در محیط ساکنی ، که می تواند جامد یا سیال باشد ، شیب دما وجود دارد ، برای انتقال گرمایی که در محیط روی می دهد از واژه رسانش و برای انتقال گرمای بین سطح و سیالی متحرک ، که دمای آنها با هم متفاوت است ، از واژه جابجایی استفاده می شود . نوع سوم انتقال گرما تشعشع گرمایی است . تمام سطوح با دمای معین انرژی را به شکل امواج الکترومغناطیس گسیل می دارند . از این رو ، در نبود محیط واسط ، میان دو سطح با دماهای مختلف انتقال گرمای خالص تشعشعی وجود دارد .

انتقال گرما ، گذار انرژی بر اثر اختلاف دما است .

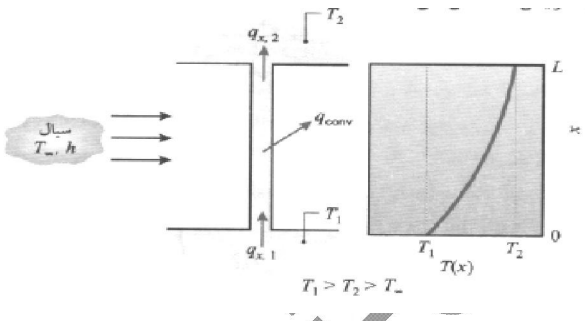
هرگاه در یک محیط یا میان دو محیط اختلاف دما وجود داشته باشد ، انتقال گرما رخ می دهد . انواع مختلف انتقال گرما را شیوه های آن می گویند . وقتی در محیط ساکنی ، که می تواند جامد یا سیال باشد ، شیب دما وجود دارد ، برای انتقال گرمایی که در محیط روی می دهد از واژه رسانش و برای انتقال گرمای بین سطح و سیالی متحرک ، که دمای آنها با هم متفاوت است ، از واژه جابجایی استفاده می شود . نوع سوم انتقال گرما تشعشع گرمایی است . تمام سطوح با دمای معین انرژی را به شکل امواج الکترومغناطیس گسیل می دارند . از این رو ، در نبود محیط واسط ، میان دو سطح با دماهای مختلف انتقال گرمای خالص تشعشعی وجود دارد .

2-2-*انتقال گرما از سطوح گسترش یافته :*

واژه سطح گسترش یافته معمولاً برای نمایش حالت خاص مهمی به کار می رود که در آن انتقال گرمای رسانشی در داخل یک جسم و انتقال گرمای جابجایی (یا تشعشعی) از مرزهای آن روی می دهد . تا به حال ، انتقال گرما از مرزهای یک جسم را در

www.shimi-eng.net

جهت انتقال گرمای رسانشی در جسم گرفته ایم . ولی ، در یک سطح گسترش یافته ، امتداد انتقال گرما از مرزها بر امتداد اصلی انتقال گرما در جسم عمود است .
شمعکی را در نظر بگیرید که دو دیوار با دماهای مختلف را نگه می دارد و در عرض آن جریان سیال برقرار است . با $T_1 > T_2$ ، شیب دما در جهت x باعث برقراری انتقال گرمای رسانشی در شمعک می شود . ولی ، با $T_1 > T_2 > T_\infty$ ، انتقال گرمای جابجایی ، همسو با رسانش ، به طرف سیال برقرار می شود و از این رو q_x و شیب دما ، dT/dx ، با افزایش x کاهش می یابند .



گر چه ترکیب رسانش- جابجایی در موارد بسیاری روی می دهد . اما بیشترین کاربرد آن در سطح گسترش یافته‌ای است که بـرای تقویت انتقـال گرما بین یک جسم و سیـال مجاور آن بـه کار می رود .این سطح گسـترش یافته را پره می‌گویند .
دیوار مسطح در شکل زیر را در نظر بگیرید . اگر T_s ثابت باشد ، دو راه برای افزایش آهنگ انتقال گرما وجود دارد : یا با افزایش سرعت سیال ، ضریب جابجایی h را افزایش می دهیم ، یا اینکه دمای T_∞ سیال را کاهش دهیم . ولی در بسیاری از موارد ، اگر h تا ماکزیمم مقدار ممکن هم افزایش داده شود ، آهنگ انتقال گرمای دلخواه به دست نمی آید ، و در مواردی افزایش هزینه های مربوط به افزایش h مانعی برای افزایش آن است (این هزینه ها مربوط می شوند به دمنده یا پمپی که ، با افزایش حرکت سیال ، h را افزایش می دهد) . راه دوم ، یعنی کاهش T_∞ ، نیز اغلب غیر عملی است . ولی ، با بررسی شکل بالا ، راه سومی نیز وجود دارد . یعنی ، با افزایش مساحت سطحی که جابجایی در آن روی می دهد می توان آهنگ انتقال گرما را افزایش داد . این کار را با استفاده از پره هایی که از دیوار به داخل سیال اطراف گسترش یافته اند می توان انجام داد . رسانندگی گرمایی پره تأثیر بر توزیع دما در

www.shimi-y.net

امتداد پره دارد و بنابراین بر مقدار افزایش آهنگ انتقال گرما تأثیر میگذارد . در حالت ایده آلی ، پره باید دارای رسانندگی گرمایی بزرگی باشد تا تغییرات دما از پایه پره تا نوک آن به حداقل برسد . در حالت حدی رسانندگی گرمایی بی نهایت ، تمام پره در دمای سطح پایه قرار دارد ، و لذا افزایش انتقال گرما به ماکزیمم مقدار ممکن می رسد

از قبل با چند کاربرد پره آشنا هستید ، مانند پره‌های خنک کن بدنه موتور در موتورسیکلت‌ها و چمن‌زن‌ها یا پره‌های خنک‌کن ترانسفورماتورهای برق ، و همچنین لوله‌های پره‌داری که برای تقویت تبادل گرما بین هوا و سیال عامل دستگاه تهویه به کار می روند . در شکل بالا دو آرایش متداول برای لوله‌های پره‌دار نشان داده شده است .

در شکل زیر وضعیت های مختلف پره نشان داده شده است . پره مستقیم سطح گسترش یافته‌ای است که به دیوار مسطحی متصل است . مقطع عرضی این سطح می‌تواند یکنواخت یا بر حسب فاصله x از دیوار تغییر کند . پره حلقوی پره‌ای است روی محیط استوانه‌ای و مقطع عرضی آن بر حسب شعاع از دیواره استوانه تغییر می‌کند . انواع پره‌های فوق‌الذکر دارای مقطع عرضی مستطیلی‌اند ، و مساحت آنها برای پره‌های مستقیم برابر است با حاصل‌ضرب ضخامت t پره در محیط . از طرف دیگر ، پره سوزنی را داریم که سطح گسترش یافته‌ای با مقطع عرضی دایره است . پره‌های سوزنی نیز می‌توانند دارای مقطع عرضی یکنواخت یا غیر یکنواخت باشند . در هر اربرد ، انتخاب نوع پره به عوامل زیر بستگی دارد : ابعاد ، وزن ، فرایند ساخت ، هزینه‌های تولید ، میزان کاهش ضریب جابجایی در سطح و افزایش افت فشار جریان روی پره‌ها .

2-3-تحلیل کلی رسانش :

برای تعیین آهنگ انتقال گرمای مربوط به هر پره ، ابتدا باید توزیع دما را در امتداد پره تعیین کنیم . مانند قبل ، با موازنه انرژی برای یک عنصر دیفرانسیلی مناسب شروع می‌کنیم . سطح گسترش یافته در شکل زیر را در نظر بگیرید . با چند فرض ، تحلیل ساده می‌شود . شرایط را در امتداد طولی (x) یک بعدی می‌گیریم ، گر چه

www.shimi-eng.net

رسانش در پره واقعاً دو بعدی است . آهنگ انتقال انرژی جابجایی بین هر نقطه از سطح پره و سیال با آهنگ انرژی رسانشی که در راستای عرضی (y,z) به آن نقطه می‌رسد موازنه می‌شود . ولی ، پره عملاً نازک است و تغییرات دما در راستای طولی خیلی بیشتر از تغییرات دما در راستای عرضی است . لذا رسانش را یک بعدی و در راستای x می‌گیریم ، با فرض‌های زیر : شرایط پایا ، رسانندگی گرمایی ثابت ، تشعشع ناچیز از سطح ، نبود تولید گرما و ضریب انتقال گرمای جابجایی یکنواخت h در سطح .

با کاربرد اصل پایستاری انرژی برای عنصر دیفرانسیلی شکل بالا :

(1)

$$q_x = q_{x+dx} + dq_{conv}$$

از قانون فوریه : (2)

$$q_x = -kA_c \frac{dT}{dx}$$

که در آن A_s مساحت مقطع عرضی است ، که ممکن است بر حسب x تغییر کند . چون آهنگ گرمای رسانشی در x+dx را به صورت زیر می‌توان بیان کرد :

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{dq_x}{dx} dx \qquad (3)$$

نتیجه می‌شود :

(4)

$$q_{x+dx} = -k\, A_c \frac{dT}{dx} - k \frac{d}{dx}\left(A_c \frac{dT}{dx} \right) dx$$

آهنگ انتقال گرمای جابجایی را به صورت زیر نیز می‌توان بیان کرد :

www.shimi-eng.net

(5)

$$dq_{conv} = h\,dA_s(T - T_\infty)$$

که در آن dA_s مساحت سطح عنصر دیفرانسیلی است . با جایگذاری معادله‌های آهنگ مذکور در
موازنه انرژی :

$$\frac{d}{dx}(A_c\frac{dT}{dx}) - \frac{h}{k}\frac{dA_s}{dx}(T - T_\infty) = 0$$

(6)

یا

$$\frac{d^2T}{dx^2} + (\frac{1}{A_c}\frac{dA_c}{dx})\frac{dT}{dx} - (\frac{1}{A_c}\frac{h}{k}\frac{dA_s}{dx})(T - T_\infty) = 0$$

رابطه بالا شکل کلی معادله انرژی برای شرایط یک بعدی در هر سطح گسترش یافته است . حل آن ، با شرایط مرزی مربوطه ، توزیع دما را می‌دهد . از این توزیع همراه با معادله (2) برای محاسبه آهنگ رسانش در هر نقطه x می‌توان استفاده کرد .

2-4-پره با مقطع عرضی یکنواخت :

برای حل معادله (6) شکل هندسی پره را باید دانست . با ساده‌ترین حالت ، یعنی پره‌های مستقیم مستطیلی و پره‌های سوزنی با مقطع عرضی یکنواخت شروع می‌کنیم . هر پره به یک سطح پایه با دمای $T(0) = T_b$ متصل است و به داخل سیالی با دمای T_∞ گسترش یافته است .
برای پره‌های فوق الذکر ، A_c ثابت است و $A_s = Px$ ، که در آن A_s مساحت سطحی است که از پایه تا x اندازه‌گیری می‌شود و P محیط پره است بنابراین ، با $dA_c/dx = 0$ و $dA_s/dx = P$ ، معادله (6) به صورت زیر در می‌آید :

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{hp}{kA_c}(T - T_\infty) = 0 \qquad (7)$$

برای ساده کردن این معادله ، متغیر وابسته را با تعریف دمای مازاد θ به صورت زیر تبدیل می‌کنیم :

(8)

$$\theta(x) \equiv T(x) - T_\infty$$

که در آن ، چون T_∞ ثابت است ، $d\theta/dx = dT/dx$. با جایگذاری معادله (8) در

www.shimi-eng.net

معادله (7) :

(9)

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - m^2\theta = 0$$

که در آن : (10)

$$m^2 \equiv \frac{hp}{kA_c}$$

معادله (9) یک معادله دیفرانسیل خطی ، همگن ، مرتبه دوم با ضرائب ثابت است .

حل عمومی آن به شکل زیر است : (11)

$$\theta(x) = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx}$$

با جایگذاری ، به سهولت می‌توان دید که معادله (11) در حقیقت حل معادله (9) است .

برای محاسبه ثابت‌های C_1 و C_2 در معادله (11) ، باید شرایط مرزی را مشخص کرد .

یکی از این شرط هارابرحسب دما در پایه پره (x=0) می توان درنظرگرفت:

(12)

$$\theta(0) = T_b - T_\infty \equiv \theta_b$$

شرط دوم ، که در نوک پره (x=l) در نظرگرفته می شود ، می تواند متناظر با یکی از چهار حالت داده شده در جداول باشد.

شرط اول (حالت الف) انتقال گرمای جابجایی از نوک پره را در نظر می گیرد . با کاربرد موازنه انرژی برای سطح کنترل پیرامون این نوک :

(13)

$$hA_c\left[T(l) - T_\infty\right] = -kA_c \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=l}$$

یا : (14)

$$h\theta(L) = -k \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=l}$$

یعنی آهنگ انتقال انرژی جابجایی از نوک پره به سیال برابر است با آهنگ انرژی رسانشی که در پره به نوک آن می‌رسد . با جایگذاری معادله (11) در معادله‌های (12) و (13) به ترتیب نتیجه می‌شود:

(15)

www.shimi-eng.net

$$\theta_b = C_1 + C_2$$

و

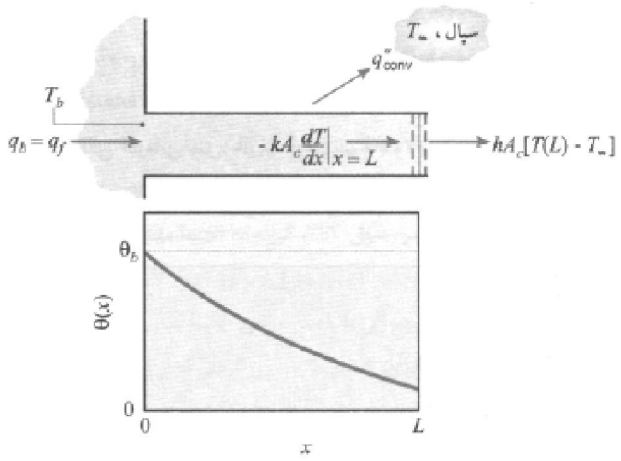
$$h(C_1 e^{ml} + C_2 e^{-ml}) = km(C_2 e^{-ml} - C_1 e^{ml})$$

با حل C_1 و C_2 و پس از عملیات جبری

(16)

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{coshm(L-x) + (h/mk)\, sinh\,(L-x)}{coshmL + (h/mk)\, sinhmL}$$

درشکل زیر این توزیع دما به طور ترسیمی نشان داده شده است . توجه کنید که با افزایش x مقدار شیب دما کاهش می‌یابد ، زیرا با افزایش x انتقال گرمای رسانشی $q_x(x)$ کم می‌شود واین ناشی از دفع پیوسته گرمای جابجایی ازسطح پره است.



می خواهیم گرمای انتقال یافته از تمام پره را بیابیم . ازشکل بالا دیده می‌شودکه آهنگ انتقال گرمای q_f پره را به دو روش می‌توان حساب کرد ، و در هر دو روش از توزیع دما استفاده می شود . در روشی که اینجا از آن استفاده می‌کنیم وساده‌تر نیز می باشد، قانون فوریه را در پایه پره به کارمی بریم . یعنی :

(17)

$$q_f = q_b = -kA_c \frac{dT}{dx}\Big|_{x=0} = -kA_c \frac{d\theta}{dx}\Big|_{x=0}$$

لذا با اطلاع از توزیع دمای ،$\theta(x)$ ، q_f به صورت زیر محاسبه می شود:

(18)

$$q_f = \sqrt{hpkA_c}\,\theta_b \frac{\sinh ml + (h/mk)\cosh ml}{\cosh ml + (h/mk)\sinh ml}$$

طبق اصل پایستاری انرژی ، آهنگ انتقال انرژی ازپره بر اثر جابجایی با آهنگ رسانش در پایه پره برابر است . بنابراین ، رابطه دیگری رابرای q_f به صورت زیرمی توان به دست آورد:

(19)

$$q_f = \int_{dA_s} h\,[T(x) - T_\infty]\,dA_s$$

$$q_f = \int_{A_f} h\,\theta(x)\,dA_s$$

که درآن A_f مساحت کل سطح پره ، شامل نوک پره ، می باشد . جایگذاری معادله (16) در معادله (19) ، معادله (18) را می‌دهد.

شرط دوم نوک پره (حالت ب) متناظر است با این فرض که دفع گرمای جابجایی از نوک پره ناچیز است ؛ در این حالت نوک پره را می‌توان آدیاباتیک گرفت و :

$$\left.\frac{d\theta}{dx}\right|_{x=l} = 0 \qquad (20)$$

با جایگذاری از معادله (12) و با تقسیم کردن بر m :

$$C_1 e^{ml} - C_2 e^{-ml} = 0$$

از این عبارت همراه با معادله (15) برای حل C_1 و C_2 استفاده می‌شود . با جایگذاری نتایج در معادله (12) :

(21)

www.shimi-eng.net

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{coshm(L-x)}{coshmL}$$

با استفاده از این توزیع دما همراه با معادله (17) آهنگ انتقال گرما از پره تعیین می‌شود :

(22)

$$q_f = \sqrt{hpkA_c}\,\theta_b\, tanhmL$$

به همین ترتیب ، می‌توان توزیع دما را در پره و آهنگ انتقال گرما را برای حالت ج ، که در آن دمای نوک پره معلوم است ، به دست آورد . یعنی ، شرط مرزی دوم به صورت $\theta(L) = \theta_L$ است ، و عبارت‌های حاصل به شکل زیر هستند :

(23)

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{(\theta_L/\theta_b)\,sinhmx + sinhm(L-x)}{sinhmL}$$

(24)

$$q_f = \sqrt{hpkA_c}\,\theta_b \frac{coshmL - \theta_L/\theta_b}{sinhmL}$$

پره خیلی بلند ، حالت د ، بسط جالبی از این نتایج است . به خصوص اینکه ، وقتی $L \to \infty$ ، $\theta_L \to 0$ و به سهولت می‌توان نشان داد :

$$\frac{\theta}{\theta_b} = e^{-mx} \qquad \text{و} \qquad q_f = \sqrt{hpkA_c}\,\theta_b$$

3- آنچه که برای حل مسئله باید دانسته شود

3-1-قانون فوریه :

www.shimi-eng.net

اختلاف درجه حرارت باعث انتقال حرارت می شود که مقدار آن را با رابطه فوریه بدست می آوریم. برای حل این مسئله می بایست معادله انرزی را برای آن حل شود که باتوجه به بحث های بالا جواب ان بصورت معادله 21 است :

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{coshm(L-x)}{coshmL} \qquad 21$$

4- چرا مسئله باید حل شود:

همانطور که می دانیم رسانیی گرمایی یکی از راههای انتقال حرارت است که در تمام فازها وجود دارد ولی اهمیت آن در فازهای جامد بیشتر است و در واقع راه اصلی انتقال حرارت در جامدات است.هنگامیکه انتقال حرارت بین یک جامد و یک سیال انجام شود مقدار انتقال حرارت از رابطه زیر

$$q = Ah(T_2 - T_1) \qquad 25$$

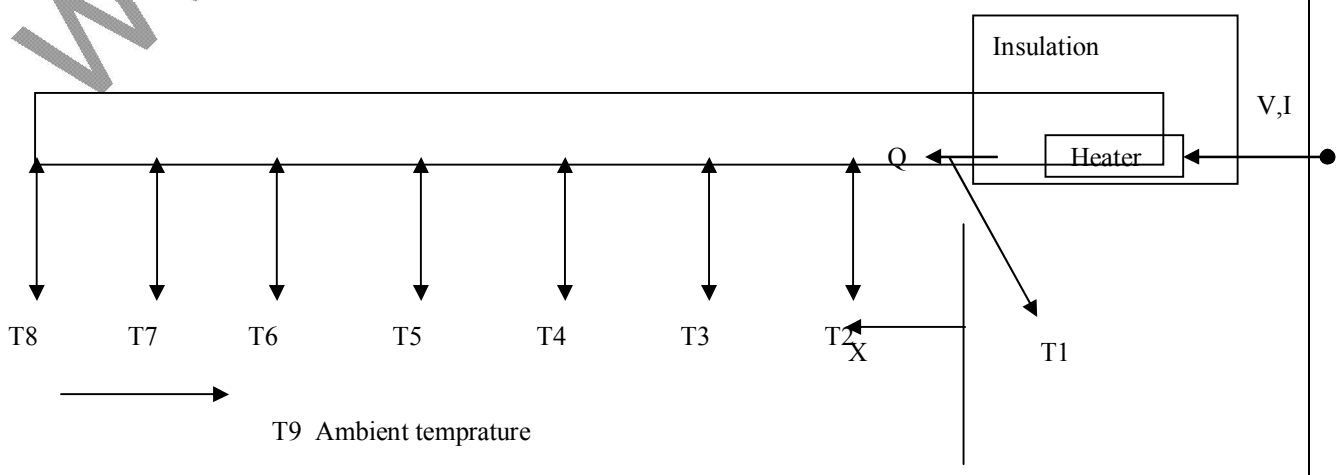
در این ربطه برای افزایش انتقال حرارت باید یکی از موارد $(T_2 - T_1)$,h, A, را افزایش داد که ساده ترین آن افزایش A با استفاده از پره است.

5- شرح ساختمان دستگاه:

5-1-سیستم گرمایش:

برای شبیه سازی منبع گرمایی می بایست یک مقدار مشخص انرژی به جسم داده شود که این مقدار را با الکتریسیته تامین می کنیم. وQ=V.I است.که در هر مرحله ولتاژ و جریان را تغییر می دهیمو در واقع Q را تغییر دادهیم.

5-2-شرح کلی دستگاه:



www.shimi-eng.net

4-5-تئوری اساسی:

در واقع درمرحله اول این آزمایش ما می خواهیم مقدار k را بدست آوریم که این کار را با استفاده از رابطه:

(10)

$$m^2 \equiv \frac{hp}{kA_c}$$

که مقدار m را با استفاده از سعی و خطا و رابطه :

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL} \qquad 21$$

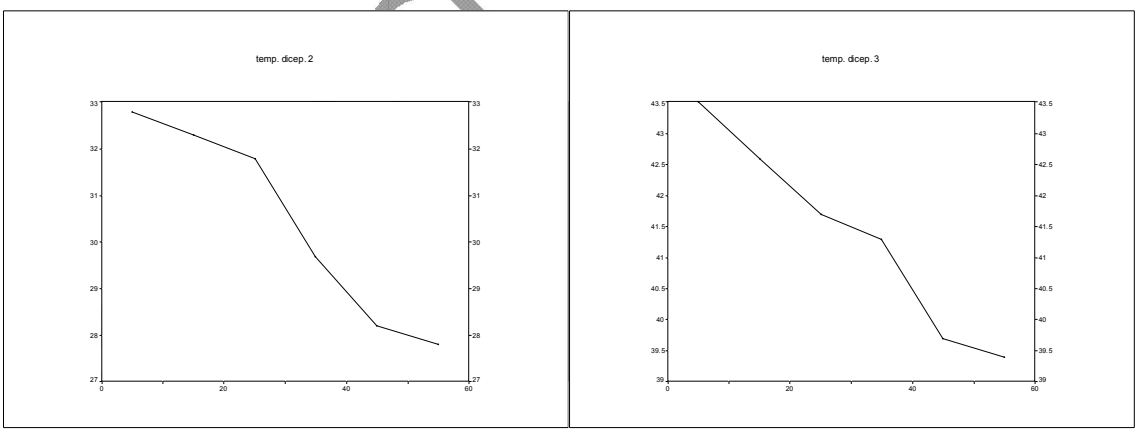
بدست می آوریم.برای اینکه دقت آزمایش زیاد شود اینکار را برای ولتلژ های مختلفی حل می کنیم و سپس متوسط آنها را بدست می آوریم.

6-بخش اصلی- جزییات انجام آزمایش

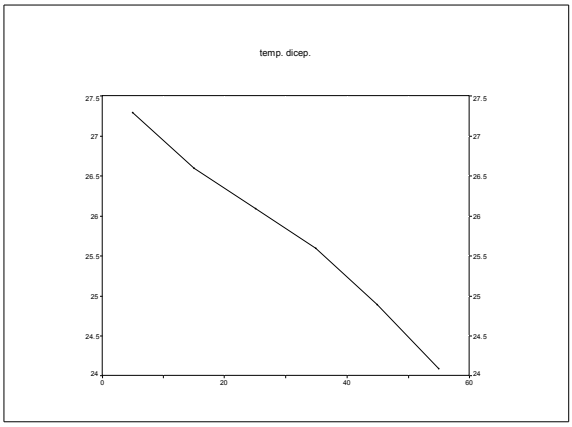
6-1-تحلیل سیستم:

6-3-بررسی نتایج آزمایش:

در این قسمت نمودار های T بر حسب X رسم می کنیم:



shimi-eng.net



منابع خطا:

در اینجا هم مثل آزمایشهای قبل منابع خطا زیاد است

1- ولتاژ دستگاه ثابت نمی شد.

2- دمای دماسنجها ثابت نمی شد و دامنه نوسان آنها خیلی زیاد بود.

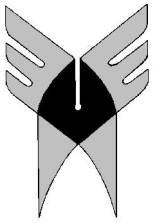
7-منابع و ماخذ :

1-مقدمهای بر انتقال گرما ، نویسنده فرانک-پ.این کروپرا و دیوید-پ. دویت ،ویرایش چهارم

3- دستور کار آزمایشگاه انتقال حرارت

www.shimi-eng.net

به نام او که مرا علم آموخت



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهرضا

آزمایشگاه انتقال حرارت

موضوع آزمایش:

بدست آوردن ضریب انتقال حرارت صفحه عایق

www.Shimi-Eng.net

هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب انتقال حرارت صفحه عایق

تئوری آزمایش:

در سری آزمایشاتی که میزان حرارت تولید شده را از حاصلضرب اختلاف پتانسیل در آمپر بدست می آوریم،این مقدار بدست آمده با مقدار واقعی تفاوت دارد.برای اینکه این مقدار تجربی را به مقدار واقعی نزدیک کنند یا به اصطلاح میزان خطا را کاهش دهند از ضریبی با نماد $Cos\alpha$ استفاده می کنند که به صورت زیر تعریف می شود:

$$q = VICos\,\alpha \qquad Cos\,\alpha = \frac{Heating\ \ time}{cycle\ time}$$

همانطور که در شکل زیر می بینید بر روی دستگاه مورد استفاده،دو سری عدد با نامهای heating time و cycle time باید خوانده شوند،که قاعده ی خواندن آنها بر اساس موراد زیر است:

ابتدا دمای صفحه ی پلیمری را روی دمای ثابتی قرار می دهیم.سپس سلکتور نشان داده شده در شکل را روی عدد یک گذاشته و دکمه ریست را فشار می دهیم.پس از مدتی که دمای صفحه ی پلیمری به دمای مورد نظر رسید اعداد heating time و cycle time شروع به نوسان می کنند.اگر یکی از این دو عدد از عدد 99/9 گذشت باید عدد سلکتور را روی دو گذاشته و مراحل بالا را دوباره تکرار کنیم.البته هر چه مقدار سلکتور را افزایش دهیم مقدار خطا افزایش می یابد و این به دلیل آنست که هر چه عدد سلکتور افزایش یابد زمان کمتری طول می کشد تا دمای صفحه ی پلیمری به دمای دلخواهمان برسد.سپس K به صورت زیر محاسبه می شود.

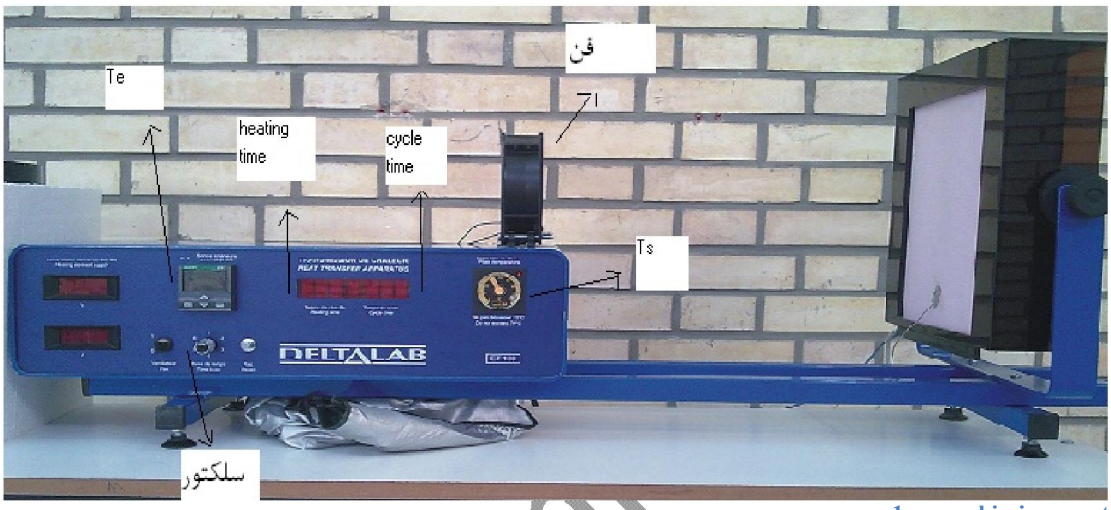
شرح آزمایش:

در این آزمایش از یک صفحه ی فومی استفاده می کنیم.همانطور که در شکل زیر مشاهده می کنید فنی را مشاهده می کنید که فوم را خنک میکند.این کار برای آن است که اختلاف دمایی بیشتری ایجاد کنیم تا driving force انتقال حرارات افزایش یابد.دمای صفحه ی پلیمری را روی عدد 30 درجه سانتی گراد تنظیم کرده و دکمه ی ریست را می زنیم،اگر دو مقدار heating time و cycle time از 99/9 نگذشتند این دو مقدار و مقادیر V و I را یادداشت کرده و به صورت زیر عمل می کنیم:

www.Shimi-Eng.net

$$q = kA\frac{dT}{dx} \Rightarrow \int_0^e q\,dx = \int_{T_e}^{T_s} kA\,dT \Rightarrow q\Delta X = kA(T_s - T_e)$$

$$\Rightarrow k = \frac{\Delta X}{A}\left(\frac{q}{T_s - T_e}\right)$$



1 www.shimi-eng.net

محاسبات:

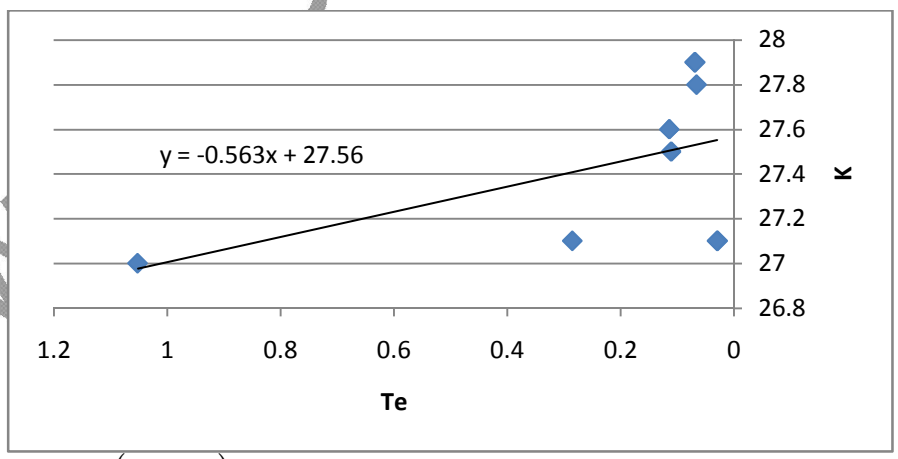
ضخامت صفحه : $\Delta X = 6mm = 0.006m$

سطح ورق : $A = 22 \times 26(cm^2) = 0.22 \times 0.26(m^2)$

www.Shimi

1)با خاموش بودن فن

مراحل آزمایش	T_s $(^\circ c)$	T_e $(^\circ c)$	اختلاف پتانسیل (v)	آمپر (A)	Heating time	Cycle time	q	K $\left(\frac{w}{m.^\circ c}\right)$
1	30	27.6	330	0.242	18.4	43.5	33.56	1.017
2	30	27	231	0.246	15.1	72	43.47	1.052
3	30	27.1	230	0.242	13.5	95	7.9	0.0286
4	30	27.1	230	0.248	6.8	47.1	8.23	0.0297
5	30	27.1	227	0.240	3.4	23.5	7.87	0.0285
6	35	27.5	230	0.245	13.4	95.6	7.894	0.01104
7	35	27.6	229	0.245	6.8	47.6	8.011	0.01136
8	35	27.6	233	0.243	3.4	23.9	8.051	0.01141
9	40	27.8	228	0.244	13.3	96.6	7.654	0.0658
10	40	27.9	232	0.245	6.8	48.2	8.014	0.0697
11	40	27.9	230	0.249	3.3	24	7.874	0.0682



$$k = k_0(1+\beta T) \Rightarrow k = k_0 + k_0\beta T$$

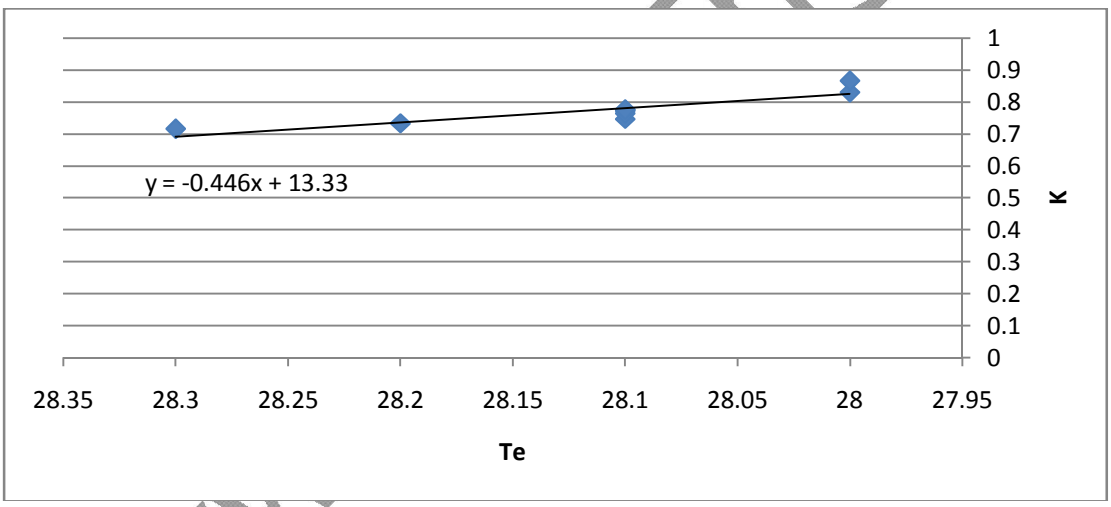
عرض از مبدا $\Rightarrow$ با توجه به نمودار $k_0 = 27.56$

$$slop = k_0\beta = -0.563 \Rightarrow \beta = -0.0204$$

www.Shimi-Eng.net

2)با روشن بودن فن

مراحل آزمایش	T_s $(^\circ c)$	T_e $(^\circ c)$	اختلاف پتانسیل (v)	آمپر (A)	Heating time	Cycle time	q	K $\left(\frac{w}{m.^\circ c}\right)$
1	30	28.3	232	0.25	15.3	63	14.036	0.0868
2	30	28.2	231	0.25	7.8	31.6	14.206	0.0830
3	30	28.1	232	0.249	3.8	15.6	14.037	0.0776
4	35	28.1	232	0.251	15.2	63.9	13.800	0.0764
5	35	28.1	232	0.25	7.6	31.5	13.978	0.0772
6	35	28.1	249	0.231	3.6	15.3	13.516	0.0747
7	40	28.1	232	0.249	15.4	63.2	14.037	0.0777
8	40	28	231	0.25	7.8	32.2	13.975	0.0733
9	40	28	231	0.246	3.8	15.8	13.638	0.0716



$$k = k_0(1+\beta T) \Rightarrow k = k_0 + k_0\beta T$$

نمودار با توجه به مبدا $\Rightarrow$ از عرض $k_0 = 13.33$

$$slop = k_0\beta = -0.446 \Rightarrow \beta = -0.0335$$

www.shimi-eng.net

به نام او که مرا علم آموخت

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهرضا

آزمایشگاه انتقال حرارت

www.Shimi-Eng.Net

موضوع آزمایش:

مبدل حرارتی Shell & Tube

تهیه کنندگان:

محمد رضا ره افروز

www.shimi-eng.net

هدف آزمایش:

بدست آوردن و مقایسه ی راندمان جریان همسو و غیر همسو در مبدلهای حرارتی

تئوری آزمایش:

کاربرد اصول انتقال گرما در طراحی تجهیزاتی که منظور مهندسی معینی را به انجام برساند بسیار اهمیت دارد،زیرا هدف از کاربرد این اصول در طراحی،توسعه تولید برای بهره ی اقتصادی است. از لحاظ مالی اقتصاد نقش اصلی را در طرح و انتخاب تجهیزات انتقال گرما دارد و مهندس طراح باید در برخورد با هر مساله طراحی جدید انتقال این امر را در نظر داشته باشد.وزن و اندازه مبدلهای گرمایی در کاربردهای فضایی و هوانوردی سنجه های خیلی مهم هستند و اغلب در این موارد هزینه های مصالح و ساخت مبدل گرمایی فرعی تلقی می شود.وزن و اندازه از عوامل مهم هزینه ساز است و از این رو ممکن است باز هم به عنوان متغییرهای اقتصادی در نظر گرفته شوند.

انواع مبدلهای حرارتی:

مبدل گرمایی دو لوله:در این نوع مبدل گرمایی ممکن است جریان مخالف یا موازی به کار رود،که سیال گرم یا سیال سرد،فضای حلقوی را اشغال کرده و سیال دیگر در داخل لوله جریان می یابد.نوعی مبدل گرمایی که به طور وسیع در صنایع فرآوری شیمیایی به کار می رود،به صورت آرایش پوسته و لوله است که یک سیال داخل لوله و دیگری داخل پوسته و روی لوله ها به زور رانده می شود.برای آنکه سیال قسمت پوسته در عرض لوله ها جریان داشته باشد و موجب انتقال گرمای بیشتری شود،در پوسته دیوارک هائی قرار داده می شود.بسته به نوع آرایش سرهای دو انتهای مبدل،از یک یا چند پاس لوله استفاده می شود.

شرح آزمایش:

مبدل دارای یک پوسته که سیال سرد از آن عبور می کرد و هفت لوله که سیال گرم از آن عبور می کرد بود.سیال سرد مورد استفاده آب شهر بود و سیال گرم نیز آب مقطری بود که توسط المنت حرارتی گرم میشد.جریان به صورت مختلف الجهت قرار داده شد و دبی ورودی سیال گرم و سرد را تغییر می دادیم و تغییرات دما را یادداشت می کردیم:

T_1 : آب گرم ورودی به لوله

T_2 : آب گرم خروجی از لوله

T_3 : آب سرد ورودی به پوسته

T_4 : آب سرد خروجی از پوسته

www.Shimi-Eng.Net

محاسبات:

$$\Delta T_{hot} = T_1 - T_2 \Rightarrow Q_{e_{hot}} = \left(\dot{m} cp\right)_{hot} \Delta T_{hot}$$

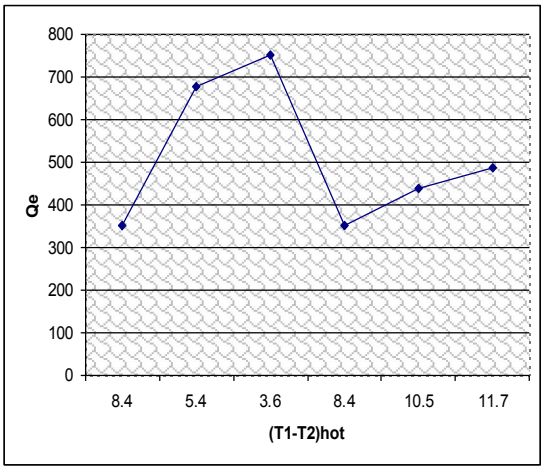
$$\Delta T_{cold} = T_4 - T_3 \Rightarrow Q_{a_{cold}} = \left(\dot{m} cp\right)_{cold} \Delta T_{cold}$$

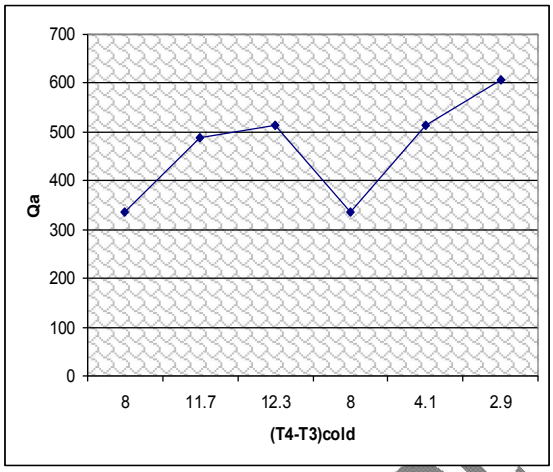
$$T_f = \frac{T_i + T_o}{2}$$

دبی آب سرد $\left(\frac{gr}{s}\right)$	دبی آب گرم $\left(\frac{gr}{s}\right)$	$T_1(°c)$	$T_2(°c)$	ΔT_{hot} $(°c)$	$T_f(°c)$	Cp $\left(\frac{j}{gr.°c}\right)$	$Q_{e_{hot}}$ $\left(\frac{j}{s}\right)$
10	10	46.8	38.4	8.4	42.6	4.174	350.616
10	30	49.2	43.8	5.4	46.5	4.174	676.188
10	50	48.2	44.6	3.6	46.4	4.174	751.32
10	10	46.8	38.4	8.4	42.6	4.174	350.616
30	10	47.4	36.9	10.5	42.15	4.174	438.27
50	10	47.6	35.9	11.7	41.75	4.174	488.358

دبی آب سرد $\left(\frac{gr}{s}\right)$	دبی آب گرم $\left(\frac{gr}{s}\right)$	$T_3(°c)$	$T_4(°c)$	ΔT_{cold} $(°c)$	$T_f(°c)$	Cp $\left(\frac{j}{gr.°c}\right)$	$Q_{a_{cold}}$ $\left(\frac{j}{s}\right)$
10	10	14.4	22.4	8	18.4	4.184	334.72
10	30	14.8	26.5	11.7	20.65	4.184	489.528
10	50	15.2	27.5	12.3	21.35	4.184	514.632
10	10	14.4	22.4	8	18.4	4.184	334.72
30	10	14.2	18.3	4.1	16.25	4.184	514.632
50	10	14.1	17	2.9	15.55	4.184	606.68

www.Shimi-Eng.Net





راندمان:

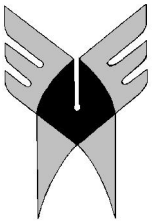
$$\eta_{hot}=\frac{T_1-T_2}{T_1-T_3}\times 100 \quad \eta_{cold}=\frac{T_4-T_3}{T_1-T_3}\times 100 \quad \eta_{mean}=\frac{\eta_{hot}+\eta_{cold}}{2} \quad \eta_{thermal}=\frac{Q_a}{Q_e}$$

$T_1(°c)$	$T_2(°c)$	$T_3(°c)$	$T_4(°c)$	η_{hot}	η_{cold}	η_{mean}
46.8	38.4	14.4	22.4	25.926	24.691	25.323
49.2	43.8	14.8	26.5	15.698	34.012	24.855
48.2	44.6	15.2	27.5	10.909	37.273	24.091
46.8	38.4	14.4	22.4	25.926	24.691	25.323
47.4	36.9	14.2	18.3	31.626	12.349	21.987
47.6	35.9	14.1	17	34.925	8.657	21.791

$Q_{e_{hot}}$	$Q_{a_{cold}}$	$\eta_{thermal}$
350.616	334.72	95.466
676.188	489.528	72.395
751.32	514.632	68.497
438.27	514.632	117.42
488.358	606.68	124.23

www.shimi-Eng.Net

به نام آنکه مرا علم آموخت



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد شهرضا

آزمایشگاه انتقال حرارت

موضوع آزمایش:

مبدل حرارتی لوله ای

www.shimi-eng.net

تئوری :

کاربرد اصولی انتقال گرما در طراحی تجهیزاتی که منظـور مهندسـی معینـی را بـه انجـام برسـاند اهمیت دارد، زیرا هدف از کاربرد این اصول طراحی ، توسعه تولید برای بهره اقتصـادی اسـت. مـالاً اقتصادی نقش الی در طرح و انتخاب تجهیزات انتقال گرما دار دو مهندس طراح باید در برخورد با هر مساله طراحی جدید انتقال این امر را در نظر داشـته باشـید .وزن و انـدازه مبـدل گرمـایی در کاربرد های فضایی و هوانوردی خیلی مهم هستند و اغلـب در ایـن مـوارد هزینـه هـای مصـالح و ساخت مبدل گرمایی فرعی تلقی می شود . وزن و اندازه از عوامل مهم هزینه ساز است و از این رو ممکن است بازهم به عنوان متغییر های اقتصادی در نظر گرفته شوند.

ضریب انتقال گرمای کلی

ضریب انتقال گرما از دیوار تخت چنین بیان می شود:

$$Re=p.u.l/\mu$$
$$Pr=u/\alpha=cp.\ \mu/k$$
$$\text{If } t=cte \quad Nu\ \alpha\ Re^{n}$$
$$\text{If } u=cte \quad Nu\ \alpha\ pr^{m}$$

روش دیگر بدست آوردن q استفاده از LMTD می باشد .

شرح آزمایش:

در این آزمایش ابتدا در دما ثابت و دبی متغییر هر 10 دقیقـه یکبـار دمـا هـای مشـخص شـده را بدست آورده سپس در دبی مشخص و دمای متغییر داده ها را بدست آورده سپس نمودارRe و Pr را بدست آورده و Nu را بدست می آوریم.

حالت اول: دبی آب گرم ثابت(16) و دبی آب سرد متغیر

LMDT	Qc	T6	T5	T4	T3	T2	T1
1.705278	10	15	16.3	14.7	16.5	17.4	17.5
4.432057	20	16.6	18.9	16.5	18.8	22	22.7
5.825662	25	18.4	21.5	18.4	21.3	25.4	26.7

حالت دوم: دبی آب سرد ثابت(20) و دبی آب گرم متغیر

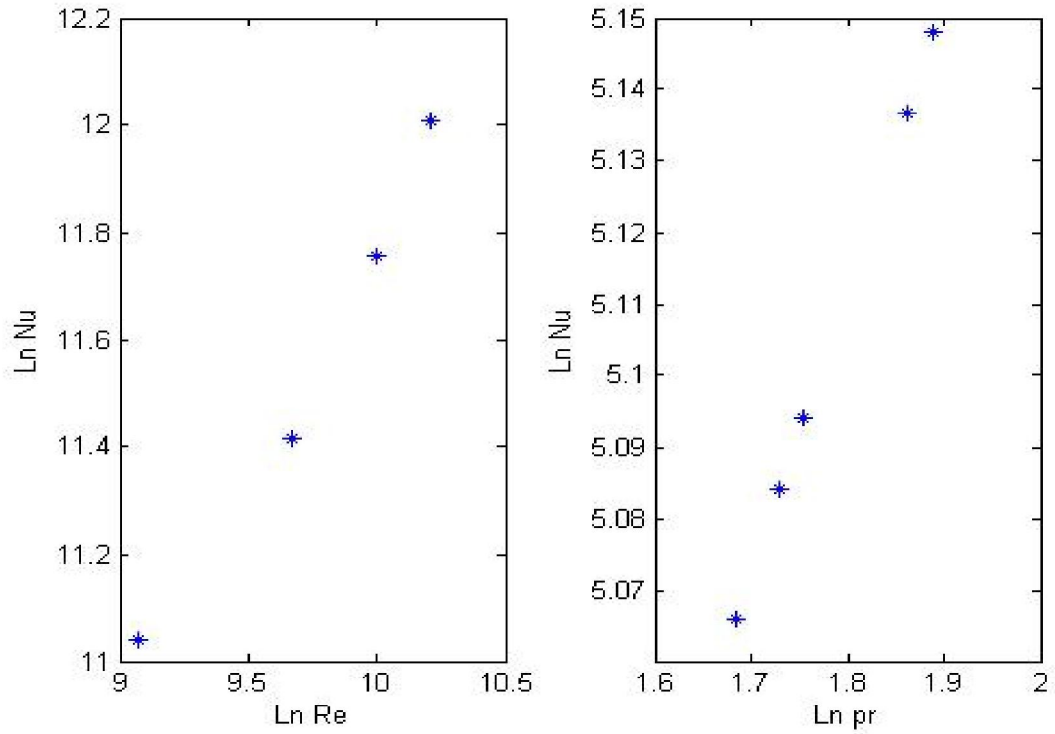
www.shimi-eng.net

LMDT	Qc	T6	T5	T4	T3	T2	T1
7.268726	10	20.1	23.5	20	23.3	28.4	30.4
8.935209	12	21.9	26.4	22.1	26.1	32.4	34.6
9.276132	14	23.5	28.6	23.9	28.2	34.7	36.9

محاسبات:

CP(kJ/kg.c)	p(kg)/m3	μ*10^-4	k	Pr
4.179	996.62	9.219	0.609	6.33
4.17816	995.649	8.440	0.615	5.728
4.1786	995.730	8.5263	0.614	5.793
4.179	969.194	8.896	0.612	6.079
4.179	996.798	9.349	0.608	6.43
4.179	996.022	8.766	0.613	6.613
4.17852	995.714	8.509	0.615	5.78
4.17753	995.714	8.321	0.617	5.636
4.1758	995.258	7.996	0.620	5.386

$$h=q/(A.\Delta T) \quad , \quad q=m.cp.\Delta T \quad , \quad Nu=hd/k$$



$$Nu=0.144\ Re^{0.8421} pr^{0.4000}$$

al-eng.net

www.shimi-eng.net

www.shimi-eng.net