

استاد:

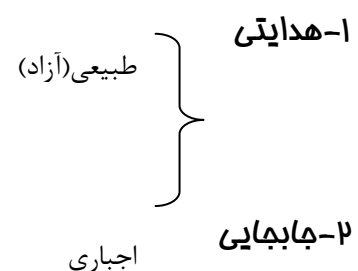
جناب آقای دکتر طالبی

گروه: (مهندسی شیمی)



مقدمه:

بنابر جدیدترین نظریات در باره ی شناخت ماده و خواص آن انرژی حرارتی یا گرمایی اجسام ناشی از جنبش و حرکت ذرات جسم می باشد. که این حرکت در مورد حالات مختلف ماده می تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال این حرکت در مورد جامدات به صورت اتمها یا مولکول های درون شبکه جسم می باشد. هرچه این حرکات سریعتر باشد جسم گرمتر بوده و به عبارت دیگر دمای آن بالاتر است.

انواع انتقال حرارت:**۳- تشعشعی**

۱- هدایتی:

هدایتی (رسانش) به انتقال انرژی ناشی از شیب دما در یک محیط گفته می شود و مکانیزم فیزیکی آن از نوع فعالیت اتمی یا مولکولی است.

انرژی حرارتی از نقاط گرم به نقاط سرد منتقل می شود. در جامدات چگونگی انتقال انرژی حرارتی به صورت جریان الکترون های آزاد و یا انتقال انرژی ارتعاشی ذرات جسم به ذرات مجاور در دمای پایین تر می باشد. بیشتر جامداتی که هادی خوب الکتریسیته می باشند هادی خوب گرما نیز هستند.

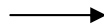
تئوری آزمایش :

هرگاه در جسمی گرادیان درجه حرارت وجود داشته باشد ، انتقال انرژی از نامیه دارای درجه حرارت بالا به نامیه دارای درجه حرارت پایین تر صورت می گیرد . در این حالت می گوییم انرژی از طریق هدایت انتقال یافته است و نرخ انتقال حرارت در وامد سطح متناسب با گرادیان نرمال درجه حرارت می باشد.

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$\frac{q}{A} \propto \frac{\partial T}{\partial x}$$





ضریب ثابت مثبت k موسوم به قابلیت هدایت حرارتی جسم است و علامت منفی هم

به گونه ای در معادله قرار گرفته است که اصل دوم ترمودینامیک برقرار شود. رابطه

فوق را به افتخار ژوزف فوریه به قانون فوریه در هدایت حرارتی می نامند.

در جامدات انرژی حرارتی ممکن است به دو صورت انتقال یابد. ارتعاشات شبکه ای و

انتقال توسط

الکترونهای آزاد. در هادی های فوب الکتریکی تعداد بسیار زیادی الکترون آزاد وجود دارد

که قادر هستند

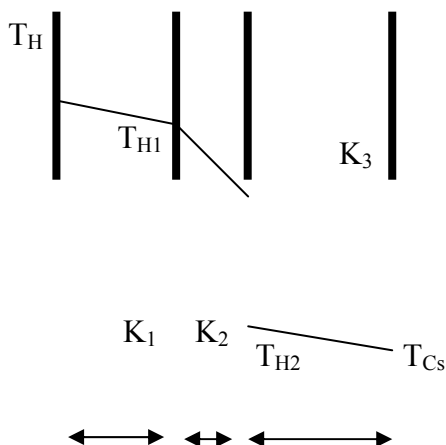
انرژی حرارتی را نیز از یک نامیه با دمای بالا به نامیه ای با درجه حرارت کمتر منتقل کنند.

همچنین انرژی به صورت ارتعاشات شبکه ای در سافتمان جسم انتقال می یابد ، گرچه در

حالت کلی این شکل افیر سهم بسیار ناچیز در انتقال دارد. به این دلیل هادی های

فوب الکتریسیته اغلب هادی های فوب گرما نیز هستند.

برای سیستمی متشکل از مواد مختلف با k های متفاوت همانند زیر داریم :



$$\frac{1}{U} = \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3}$$

$$L_1 \quad L_2 \quad L_3$$

که به U ضریب انتقال حرارت کلی گویند .

در این شکل توزیع دمای میله در هر زمان معین توسط یک منحنی نشان داده شده است. پس از گذشت زمان کافی ($T \rightarrow \infty$) دمای تمام نقاط ثابت می ماند. در این حالت می گوئیم میله به ثبات دمایی یا مال دائم رسیده است. گرمایی را که در واحد زمان از سطح مقطع عبور میکند جریان گرمایی یا نرخ انتقال حرارت می نامند و با q نشان داده می شود. نتایج تجربی نشان می دهد که در حالت دائم داریم:

$$q \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} = A \frac{T_2 - T_1}{\ell}$$

اگر میله از ماده همگن باشد طبق قانون فوریه داریم:

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

k ضریب هدایت حرارتی میله است. ضریب هدایت حرارتی اغلب اجسام با دما تغییر می

کند اما این تغییر

در محدوده ی زمانی معینی جزئی و تقریباً قابل چشم پوشی است. ضریب هدایت حرارتی

فلزات از غیر

فلزات و گازها بیشتر است.



شرح دستگاه

دستگاه برای آزمایش رسانش شامل قسمت های زیر می باشد :

۱- مجموعه اجزای آزمایش هدایت طولی و شعاعی

در سمت راست مجموعه انتقال حرارت طولی

و در سمت چپ مجموعه انتقال حرارت شعاعی

۳- سیمهای اتصال ترموکوپل به مجموعه منبع تغذیه

۴- مجموعه منبع تغذیه و نشانگر های دیجیتالی

دستگاه انتقال حرارت طولی شامل سه قسمت است. قسمت اول که به المان گرم

متصل است و ۳۰ میلیمتر طول دارد و از برنج است. قسمت دوم که با آب فنک می

شود و و طولی مشابه قسمت قبل دارد. در داخل این دو قسمت ۶ ترموکوپل قرار داده

شده است که از هم ۱۰ میلیمتر فاصله دارند. اما قسمت سوم المان های مختلفی

هستند که در دستگاه قرار داده می شوند تا موارد مختلف بررسی شوند. از جمله این

المانها المان برنجی، المان برنجی با سطح مقطع کوچکتر و المان فولادی می باشد.

دستگاه بررسی انتقال حرارت شعاعی از یک دیسک برنجی به قطر ۱۱۰ میلیمتر و ضخامت

۳ میلیمتر تشکیل شده است. این دیسک توسط المان حرارتی که در وسط قرار دارد گرم

می شود و در محیط توسط لوله مسی حاوی آب فنک می شود. سنسور های دما در مرکز

، و شعاع با فاصله ۱۰ میلیمتری از هم نصب شده اند.



مرحله اول: هدایت حرارتی در میله ساده

هدف: یافتن انتقال حرارت در حالت گذرا طولی با توان 13w

مقتصری راجع به آزمایش:

ابتدا توان گرمکن را روی ۱۳ وات تنظیم می کنیم، نمونه برنجی را در قسمت میانی قرار

می دهیم. در قسمت میانی سه سنسور وجود دارد بنابراین در این مرحله ۹ ترموکوپل

داریم.

این آزمایش را در دو حالت گذرا و به حالت پایدار انجام می دهیم. دمای هر ترموکوپل

را در رنج های زمانی مشخص، با توان ثابت دما را می خوانیم.

حالت گذرا:

زمان (min)	$q(w)$	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_4(^{\circ}C)$	$T_5(^{\circ}C)$	$T_6(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_8(^{\circ}C)$	$T_9(^{\circ}C)$
۰	۱۳	۲۳.۸	۲۳.۹	۲۳.۹	۲۴	۲۴.۱	۲۴.۱	۲۴.۱	۲۴.۱	۲۴.۳
۱	۱۳	۲۳.۵	۲۳.۷	۲۳.۸	۲۴.۱	۲۴.۴	۲۴.۶	۲۵	۲۵.۲	۲۶.۲
۳	۱۳	۲۴.۲	۲۴.۶	۲۵	۲۶.۷	۲۷.۶	۲۸.۳	۲۹.۵	۲۹.۶	۳۱.۳
۵	۱۳	۲۵.۱	۲۶	۲۶.۸	۲۹.۶	۳۰.۷	۳۱.۵	۳۲.۶	۳۲.۶	۳۴.۷
۸	۱۳	۲۶	۲۷.۳	۲۸.۳	۳۱.۵	۳۲.۹	۳۴	۳۵.۳	۳۵.۳	۳۷.۸
۱۱	۱۳	۲۶.۲	۲۷.۷	۲۹	۳۲.۴	۳۴	۳۵.۲	۳۶.۸	۳۶.۸	۳۹.۵
۱۵	۱۳	۲۶.۲	۲۷.۸	۲۹.۳	۳۲.۹	۳۴.۷	۳۵.۹	۳۷.۷	۳۷.۸	۴۰.۶



مالت دائم:

آزمایش	q(w)	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_4(^{\circ}C)$	$T_5(^{\circ}C)$	$T_6(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_8(^{\circ}C)$	$T_9(^{\circ}C)$
	۱۳	۲۵.۸	۲۷.۵	۲۹.۲	۳۳.۳	۳۵.۱	۳۶.۵	۳۸.۷	۳۹.۱	۴۲
	۱۸	۲۶.۲	۲۸.۴	۳۰.۳	۳۵.۳	۳۷.۷	۳۹.۶	۴۲.۶	۴۳.۱	۴۶.۵

نتیجه گیری:

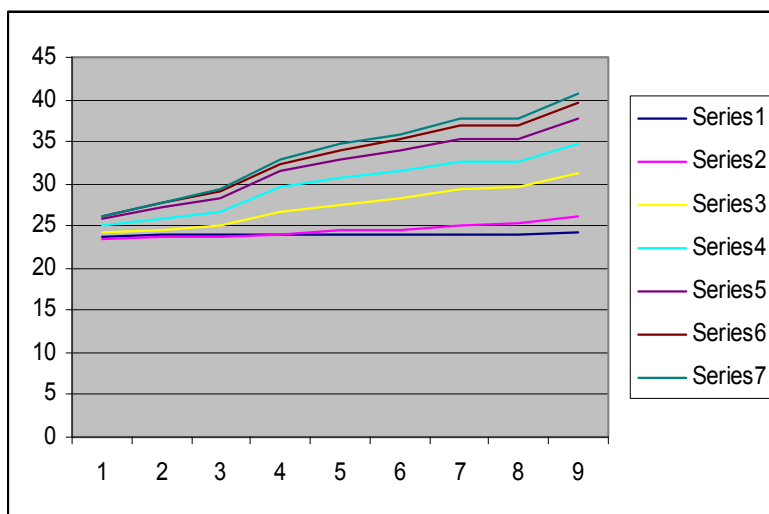
هر چه از ترموکوبل اول تا ترموکوبل نهم دما را می خوانیم دما افزایش می یابد. چون سه ترموکوبل اول مربوط به منبع سرد و سه ترموکوبل وسط مربوط به قسمت میانی و سه ترموکوبل آخر مربوط به منبع گرم است.

نکته:

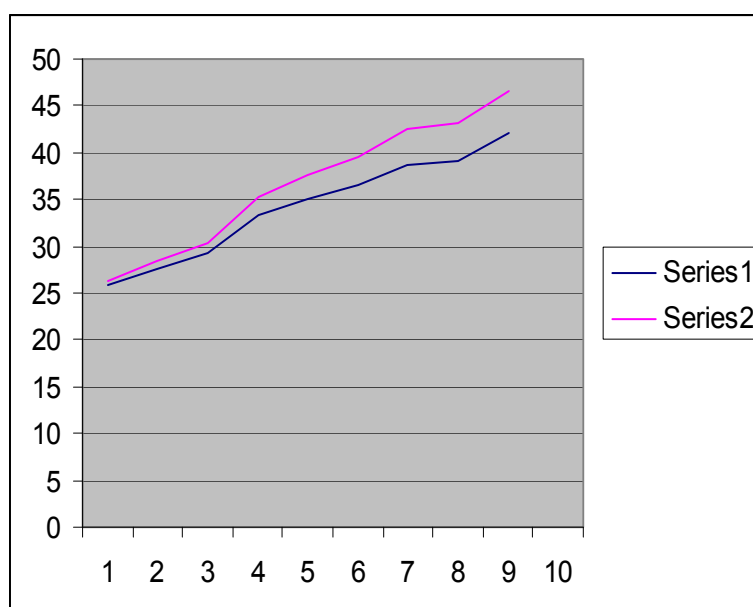
لازم به ذکر است که انتقال حرارت در میله چون یک جسم جامد است از طرق هدایتی و از منبع گرم به منبع سرد است.

پاسخ به سوالات:

۱) پروفیل دما را رسم کنید.



ب) پروفیل دما را پس از رسیدن به حالت دائم رسم کنید.



۲- با استفاده از پروفیل دما ضریب هدایت حرارتی میله برنجی را محاسبه کنید.

$$K_H = \frac{q\Delta x}{A\Delta T} = \frac{13 * 25 * 10^{-3}}{4.9 * 10^{-4} * (26.58 - 25)} = 419.788 \text{ w/m.c}$$

$$K_{H1} = \frac{q\Delta x}{A\Delta T} = \frac{13 * 30 * 10^{-3}}{4.9 * 10^{-4} * (30.51 - 28.74)} = 449.67 \text{ w/m.c}$$

$$K_C = \frac{q\Delta x}{A\Delta T} = \frac{13 * 30 * 10^{-3}}{4.9 * 10^{-4} * (33.84 - 31.57)} = 350.624 \text{ w/m.c}$$

۳- بر اساس نتایج آزمایش اثر دما بر ضریب انتقال حرارت برنجی چقدر است؟

بر اساس نتایج موجود مشاهده می شود که با افزایش دما ضریب انتقال حرارت میله

برنجی کاهش می یابد

۴- عوامل موثر بر خطای آزمایش کدامند؟

مقاومت سطح تماس ، درست کار نکردن ترموکوپل ها ، عدم رسیدن به حالت S.S که

نیازمند زمان طولانی است. خطای ناشی از قرائت دما ها.



مرمله دوم:**هدف از انجام آزمایش:**

بررسی انتقال حرارت هدایتی در دیواره مرکب و تعیین ضریب انتقال حرارت کلی.

در این جا جنس میله قسمت میانی را تعویض می نماییم.(شکستگی در دیواره ایجاد

می شود).

شرح آزمایش:

همانند روند مرملة قبل توان ۱۱ و ۱۵ را به ترتیب در دو مرملة تنظیم نموده و با قطعه

فولادی آزمایش را انجام می دهیم.

توجه: این مرملة هم باید در حالت پایدار انجام شود.

نتایج در جدول یادداشت شده است.

آزمایش	q(w)	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_8(^{\circ}C)$	$T_9(^{\circ}C)$
۱	۱۱	۲۴.۴	۲۵.۳	۲۶.۳	۵۹	۵۹	۶۰.۴
۲	۱۵	۲۵.۱	۲۶.۲	۲۷.۵	۶۶.۸	۶۶.۸	۶۸.۶

نتیجه گیری:

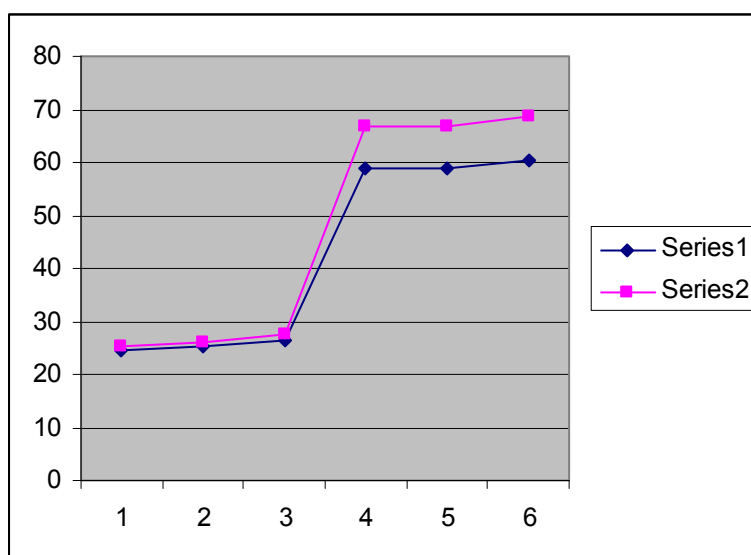
بسته به نوع جنسی که در قسمت میانی قرار می گیرد، چون ضریب هدایت حرارتی برای

اجسام مختلف متفاوت است. میزان انتقال حرارت منتقل شده از جسم گرم به جسم

سرد متفاوت است. تغییرات دمایی برنج زیادتر است.

پاسخ به سوالات:

۱- پروفیل حالت دائم را رسم کنید. دمای انتهای میله T_{HS} و T_{CS} را تعیین کنید.



۲- با استفاده از پروفیل دما ضریب هدایت حرارتی میله فولادی را مناسبه وبا مقدار

نمونه موجود در جداول انتقال حرارت مقایسه کنید.

۳- ضریب انتقال حرارت را با دو روش زیر مناسبه ومقایسه کنید.

$$U = \frac{q}{A(T_{HS} - T_{CS})}$$



$$U = \frac{q}{A(T_{HS} - T_{CS})} = \frac{11}{4.9 * 10^{-4} (60.4 - 24.4)} = 623.58$$

$$\frac{1}{U} = \frac{x_H}{k_H} + \frac{x_S}{k_S} + \frac{x_C}{k_C}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{x_H}{k_H} + \frac{x_S}{k_S} + \frac{x_C}{k_C} = \frac{25 * 10^{-3}}{278} + \frac{30 * 10^{-3}}{27.4} + \frac{30 * 10^{-3}}{82} = 0.00149$$

$$U = 670.7$$

۴-وابستگی خواص حرارتی فولاد و برنج را به دما مقایسه کنید.

این اختلاف به این دلیل است که در روش دوم جملات مربوط به مقاومت سطح تماس منظور نشده است و از آنها صرف نظر شده است. استیل نسبت به دما تغییرات کمتری داشته است .

مرحله سوم:

هدف از انجام آزمایش: تاثیر تغییر سطح مقطع در هدایت حرارتی و پروفیل دما.

شرح آزمایش:

در قسمت میانی دیواره قطعه برنجی قرار می دهیم، تفاوتی که این مرحله با مرحله اول

دارد این است که سطح مقطع مسی کمتر از حالت اولیه است.

در این مرحله روند کار مثل مراحل قبلی است.

نکته:

قسمت میانی سنسور ندارد، یعنی دمای شش ترموکوپل مربوط به طرف گرم و سرد را می خوانیم.

نتیجه گیری:

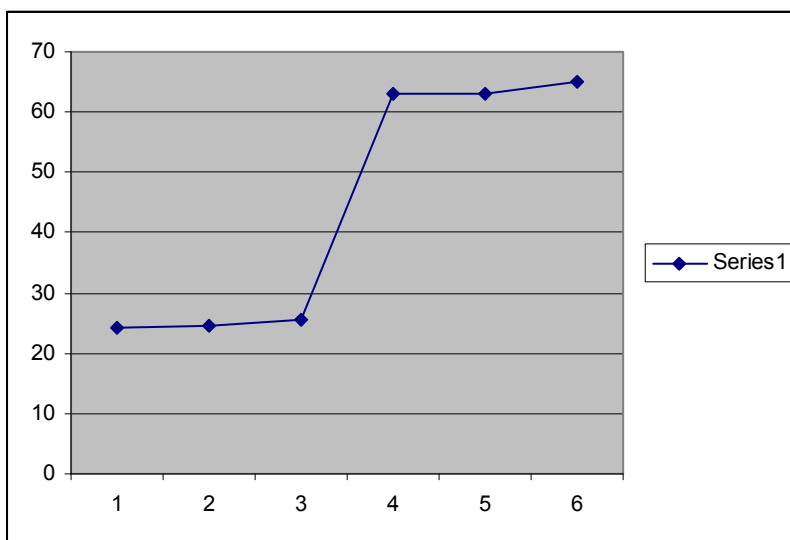
چون شار تشعشعی ثابت است و کاهش سطح گرادیان دما افزایش می یابد.

پاسخ به سوالات:

پس از رسیدن به حالت دائم جدول زیر را پر کنید.

آزمایش	$q(w)$	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_8(^{\circ}C)$	$T_9(^{\circ}C)$
	۱۴	۲۴.۲	۲۴.۵	۲۵.۷	۶۳	۶۳	۶۵

۱- پروفیل دمای حالت دائم را رسم کنید.



۲- با استفاده از پروفیل دما گرادیان دما در نمونه میانی و میله بفش سوم و اول را تعیین

کنید. نسبت گرادیان دما در نمونه میانی به گرادیان دمای بفش اول و سوم را تعیین

و مطابق جدول زیر تکمیل کنید.

آزمایش	$\frac{\left(\frac{dT}{dx}\right)_S}{\left(\frac{dT}{dx}\right)_C}$	$\frac{\left(\frac{dT}{dx}\right)_S}{\left(\frac{dT}{dx}\right)_H}$
	۱۷.۶۳	۴.۰۸

۳- مقادیر جدول بالا را با عدد ۳.۷۰ مقایسه کنید. علت افتلاف چیست؟

$$\frac{17.63}{4.08} = 4.31$$

با توجه به اینکه در سطح مقطع جدید سنسور مرارتی نداریم تا از دمای داخل آن مطلع شویم و از دما های ترموکوپل موجود در دو سمت آن استفاده می شود که به علت مقاومت سطح تماس مقادیری که برای آن در نظر میگیریم این اختلاف را بوجود آورده است .

مرحله چهارم:

هدف از انجام آزمایش: تاثیر وجود ماده سیلیکونی (کاهش دهنده مقاومت سطح) بر میزان انتقال حرارت و تعیین ضریب انتقال حرارت.

شرح آزمایش:

توانهای ۱۵ و ۱۸ وات را در دو مرحله برای حالتی که ماده سیلیکونی را از قسمت میانی حذف کردیم، برای دو جنس مس و فولاد آزمایش می کنیم.

شرایط این مرحله مشابه مراحل قبل است.

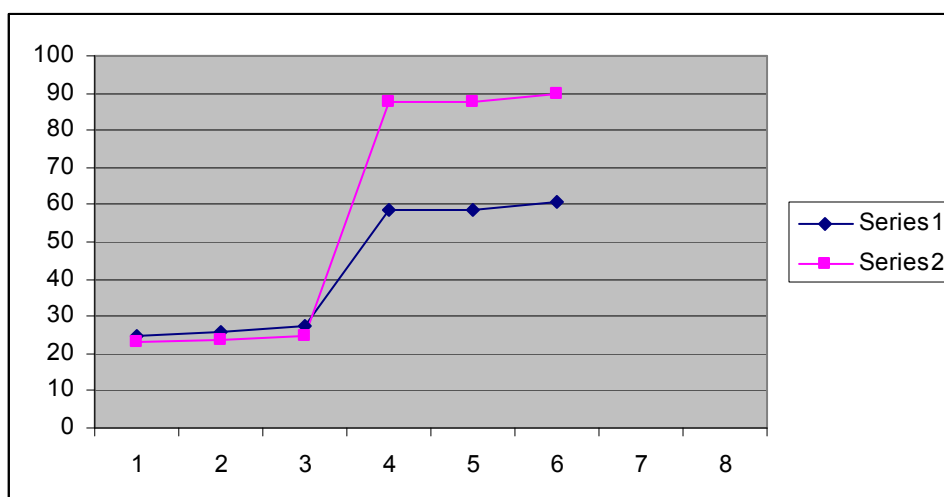
نتایج در جدول زیر ثبت شده است.

$T_9(^{\circ}C)$		$T_8(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_6(^{\circ}C)$	$T_5(^{\circ}C)$	$T_4(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_1(^{\circ}C)$	$q(w)$
www.me-en.com					۱۶			پایگاه اینترنتی آب و آهن و آتش (مهندسی مکانیک)		

۵۷.۷	۵۴.۱	۵۴.۶	۳۹.۳	۳۷.۵	۳۵.۳	۳۰.۲	۲۸.۳	۲۶.۴	۱۸	
۷۰.۶	۶۹.۸	۶۹.۸	۳۹.۳	۳۷.۵	۳۵.۳	۲۶.۵	۲۵.۴	۲۴.۶	۱۵	

پاسخ به سوالات:

(رسم پروفیل:



مرحله پنجم:

هدف از انجام آزمایش: مقاومت سطح تماس (بررسی اثر ماده پر کننده در مقاومت

سطح تماس)

شرح آزمایش:

توان گرمکن را ۱۰ وات تنظیم می نماییم. سپس در قسمت میانی عایق قرار می دهیم.

عایق در این آزمایش استفاده از فیبر و کاغذ است.

دمای ترموکوبل ها را پس از رسیدن به حالت دائم می فوایم.

نتایج در جدول زیر ثبت شده است.

آزمایش	$q(w)$	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_8(^{\circ}C)$	$T_9(^{\circ}C)$
کاغذ	۱۰	۲۴.۷	۲۵.۷	۲۷.۳	۵۸.۵	۵۸.۵	۶۱
فیبر	۱۰	۲۳.۲	۲۳.۵	۲۴.۷	۸۷.۸	۸۷.۸	۹۰

نتیجه گیری:

عایق باعث کاهش تبادل حرارتی می شود. زیرا ضریب حرارت هدایت برای کاغذ و فیبر

پایین است.

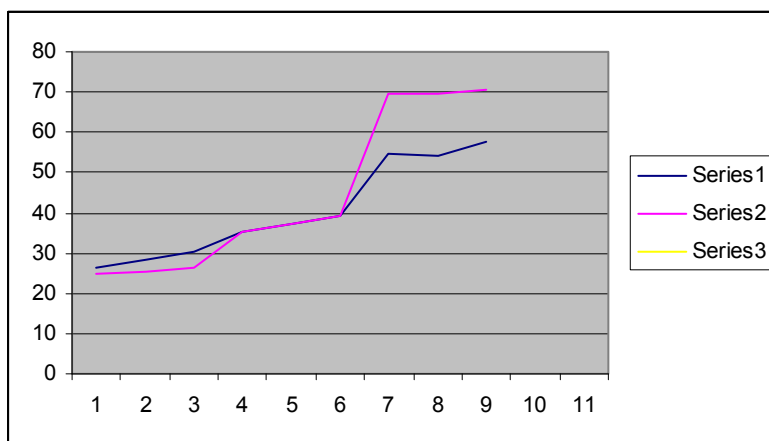
ضریب هدایت حرارتی برای فیبر کمتر از کاغذ است. در واقع مقاومت فیبر بیشتر از

مقاومت کاغذ است.

پاسخ به سوالات:

۱- پروفیل حالت دائم را رسم کنید دمای سطوح تماس وسط و انتهای میله را

رسم کنید.



۲- با استفاده از پروفیل دما ضریب هدایت عایق را مناسبه وبا مقدار نمونه موجود در

جداول انتقال حرارت مقایسه کنید.

مناسبه برای کاغذ:

$$-K_c = \frac{q_c}{T_3 - T_4} = \frac{10}{27.3 - 58.5} 3.846$$

$$k_H = 4$$

مناسبه برای فیبر:

$$k_c = 6.666$$

$$k_H = 4.54$$

۳- اثر مقاومت تماس در خطای آزمایش وسایر عوامل خطا چقدر است؟

مقاومت بالاست و در نتیجه ضریب انتقال حرارتی کاهش می یابد و در نتیجه باعث

کاهش انتقال حرارت می شود.

مرحله ششم:

هدف از انجام آزمایش:

تعیین پروفیل دما و نرخ انتقال حرارت شعاعی در دیسک.

شرح آزمایش:

در این مرحله ترموکوپل ها را به دیسک متصل نموده و با تنظیم نمودن گرمکن روی ۲۰

وات تنظیم می نماییم. پس از رسیدن به حالت دائم دما ها را می خوانیم. (شش

ترموکوپل طرف سرد و گرم است.)

آزمایش	$q(w)$	$T_1(^{\circ}C)$	$T_2(^{\circ}C)$	$T_3(^{\circ}C)$	$T_7(^{\circ}C)$	$T_8(^{\circ}C)$	$T_9(^{\circ}C)$
	۲۰	۲۳.۶	۲۴.۶	۲۶.۸	۳۰.۲	۳۵	۴۴.۱
	۲۵	۲۴.۱	۲۵.۶	۲۸.۳	۳۲	۳۸.۲	۴۹.۳

نتیجه گیری:

دما از سمت گرمتر به سمت سردتر می رود.

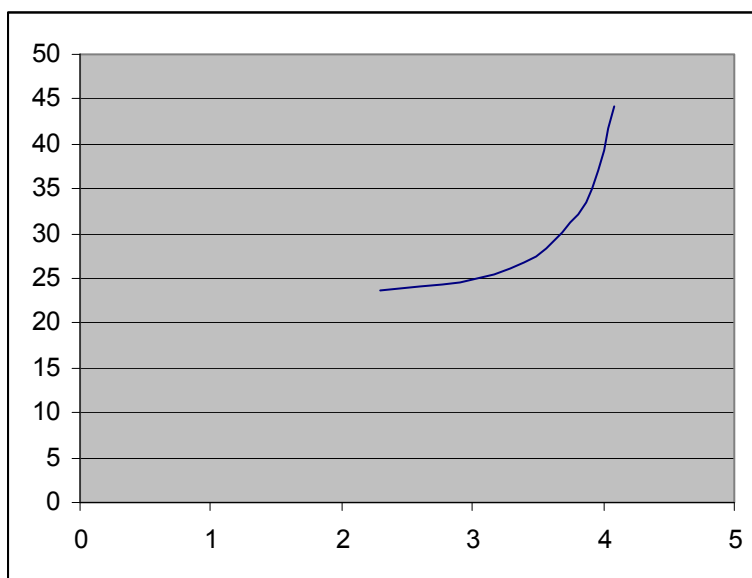
پاسخ به سوالات:

۱- پروفیل دمای حالت را در دو وضعیت آزمایش شده در طول شعاع دیسک در دیاگرام

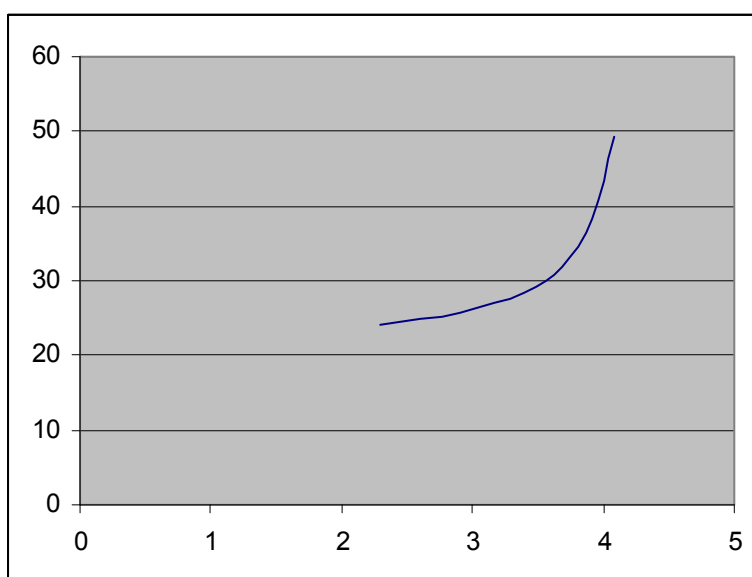
نیمه لگاریتمی ($T-LnR$) رسم کنید.



رسم پروفیل برای ۲۰ وات:



رسم پروفیل برای ۲۵ وات:



۲-دمای سطح داخلی دیسک T_1 و دمای سطح خارجی دیسک T_0 را تعیین کنید.

۳- مقدار انتقال حرارت را با استفاده از پروفیل دما تعیین و با مقدار اندازه گیری شده

مقایسه کنید.

