

اندازه گیری ضریب قابلیت هدایت حرارتی چند نمونه از آجرهای تهران*

دکتر جعفر سیروس ضیاء - دکتر لطیف کاشیگر - اکبرعلی اکبرزاده

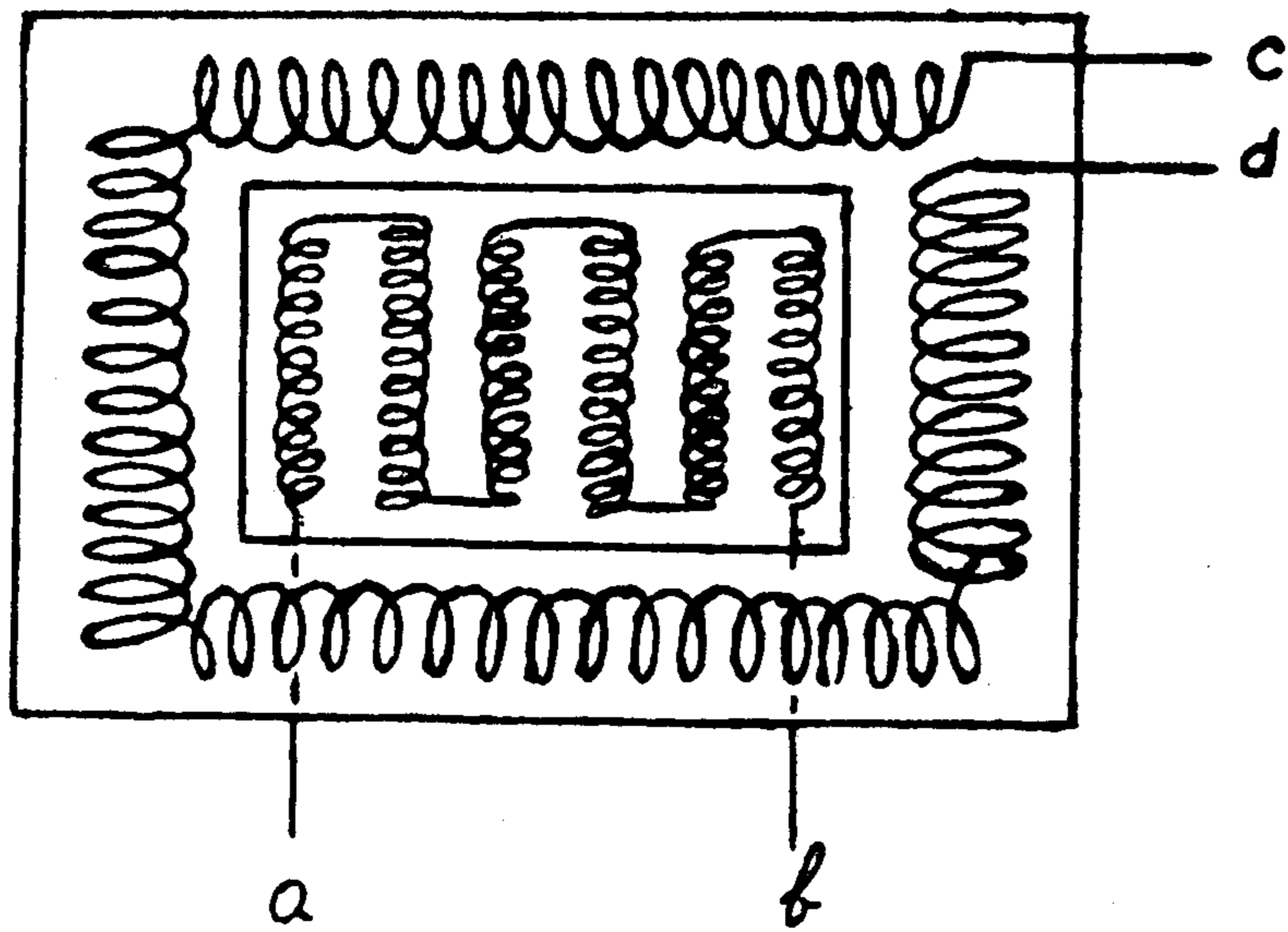
گروه فیزیک دانشکده علوم - دانشگاه تهران

مقدمه :

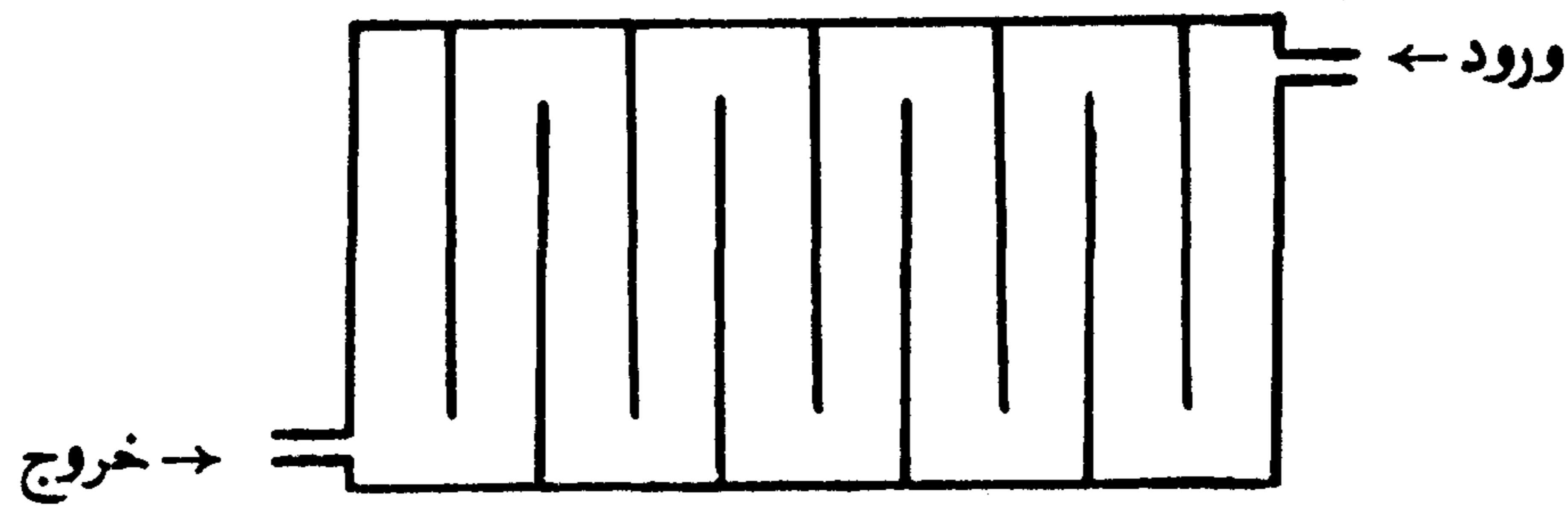
به دنبال اندازه گیری ضریب قابلیت هدایت حرارتی ایرانیت (۱)، تصمیم به اندازه گیری این ضریب در مورد چند نمونه از آجرهای تهران گرفته شد.

تکنیک اندازه گیری - اندازه گیری در رژیم ثابت و به روش سطح مستوی انجام گردید (۲). دستگاهی که برای اندازه گیری به کار رفت توسط مؤلفان ساخته شد. پنبه نسوز را با آب خمیر کرده و مکعب مستطیلی به ضخامت ۲ سانتی متر و ابعاد 14×6.5 تهیه و از آن سیم های فرونیکل عبور داده شد. در اطراف این مکعب مستطیل که گرماده اصلی را تشکیل میدهد نواری به ضخامت ۲ سانتی متر و عرض ۴ سانتی متر و در سطح تحتانی گرماده اصلی، مکعب مستطیلی به ضخامت ۲ سانتی متر قرار داده شد. باین طریق در اطراف گرماده اصلی حلقه محافظی (Anneau de garde) تشکیل شد که در اینجا آنرا گرماده فرعی می نامیم؛ از گرماده فرعی نیز سیم فرونیکل عبور داده شد. در شکل (۱) تصویر افقی گرماده اصلی و فرعی نشان داده می شود. در بالای گرماده اصلی آجر و در بالای آجر یک مخزن مسی به ابعاد $2 \times 10 \times 20$ سانتی متر قرار دارد شکل (۲). در داخل مخزن به فاصله هر ۲ سانتی متر تیغه هایی نصب شده و دولوله ورود و خروج آب در طرفین مخزن قرار داده شد بطوری که با اتصال یکی از دولوله به شیر آب، آب تمام سطح مخزن را جاروب کرده از لوله دیگر خارج میشد. تمام این دستگاه را از خمیر پنبه نسوز به ضخامت ۴ تا ۵ سانتی متر پوشانده و آن را مدت سه شبانه روز در روی اجاق برقی قرار دادیم تا کاملاً خشک و رسانائی الکتریکی آن عملاً صفر شود.

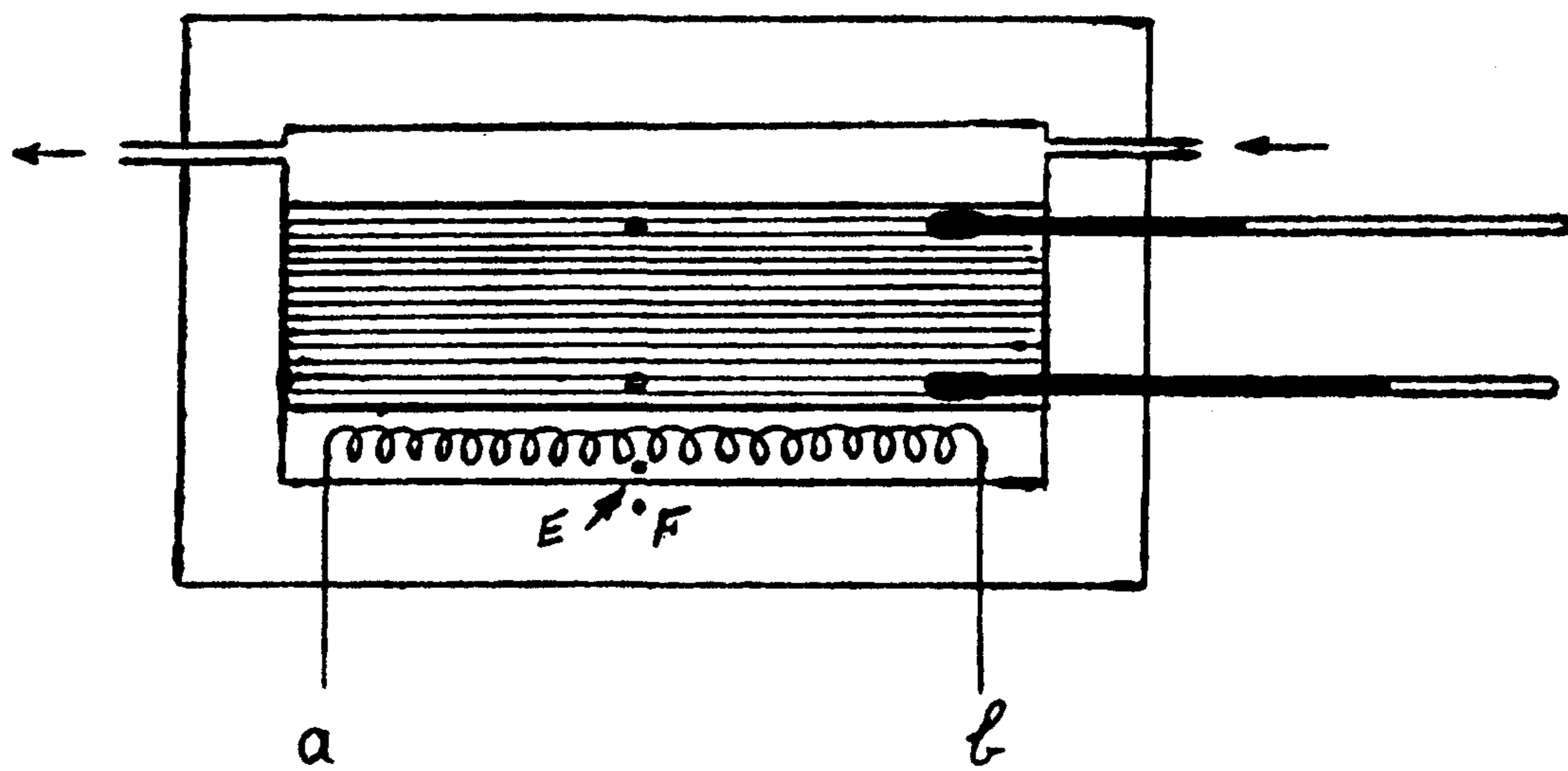
* اعتبارات مورد نیاز برای اجرای این طرح تحقیقی از محل اعتبار مستمر کز برای توسعه تحقیقات علمی دانشگاه تهران پرداخت گردیده است. نویسندگان بدین وسیله از کمک مقامات دانشگاه صمیمانه سپاسگزاری می نمایند.



شکل (۱)



شکل (۲)



شکل (۳)

لازم به تذکر است که وقتی خمیر کاملاً خشک نشود با اتصال دوسرسیم گرماده اصلی (نقاط a و b مربوط به شکل (۱) و اتصال دوسرسیم گرماده فرعی (نقاط c و d) به جریان برق، بین دو نقطه غیرمشخص از دستگاه جریان الکتریکی وجود خواهد داشت. در آجر سوراخ‌هایی به فاصله ۴ تا ۶ سانتی‌متر و به عمق ۵ سانتی‌متر برای نصب دماسنج ایجاد شد شکل (۳).

هنگامی که دماسنج های E و F که دماسنج های کنترل می نامیم اندازه واحدی را نشان میدهد می توان رابطه زیر را برای اندازه گیری ضریب قابلیت هدایت حرارتی به کاربرد :

$$Q = \frac{\lambda S}{l} (T_1 - T_2)$$

که در آن Q گرمائی است که از سطح S در واحد زمان عبور می کند، l فاصله دودماسنج A و B (یا C و D) است که دماهای T_1 و T_2 را نشان میدهد. با تغییر اختلاف پتانسیل بین دو سر سیم گرماده اصلی یا گرماده فرعی می توان دمای دودماسنج کنترل را میزان کرد.

مدت آزمایش برای برقراری تعادل حرارتی با شرایط آزمایشگاهی مربوط به وسایلی که به کار رفت بیش از ۱۲ ساعت است و قرائت دماسنج پس از ۲۴ ساعت انجام گردید. (دماسنج هایی که به کار رفت دماسنج های جیوه ای ۱۰۰ درجه بادقت ۰٫۱ و ۳۰۰ درجه بادقت ۰٫۵ درجه سلزیوس بوده است .

قبل از آزمایش، انطباق دماسنج ها با همدیگر مورد آزمایش قرار گرفت و حداکثر اشتباه ناشی از عدم انطباق دماسنج ها ۲ درجه بوده که تصحیح دماسنجی در مورد آنها انجام شد.

بررسی میزان اعتبار روش اندازه گیری - برای بررسی میزان انرژی تلف شده، بایک آجر* آزمایش نمونه انجام شد و گرمای Q بدو طریق محاسبه گردید. در آزمایش سطح آجر ۱۹۰ سانتی متر مربع و $T_1 = 150^\circ C$ و $T_2 = 468^\circ C$ و فاصله دودماسنج $l = 4.6 Cm$ بود.

الف - گرمای Q به روش الکتریکی محاسبه گردید. از سیم گرماده اصلی تحت اختلاف پتانسیل ۲۲ ولت شدت جریان ۰٫۶۶ آمپر عبور میکرد. ضریب λ باین طریق مساوی ۰٫۲۹ کالری بزرگ بر ساعت بر متر بر درجه میشود.

ب- با بده جریان آب (Débie) ۴۰ گرم بر دقیقه اختلاف دمای آب ورودی و خروجی در مخزن ۰٫۵ درجه است و ضریب λ مساوی ۰٫۲۷ میگردد. با تغییر بده جریان ضریب λ بین ۰٫۲۷ تا ۰٫۳۱ کالری بزرگ بر متر بر ساعت بر درجه تغییر می کند.

تساوی λ در دو روش الف و ب نشان میدهد که گرمای تلف شده در این آزمایش ناچیز است و میتوان گرمای Q را بروش الکتریکی محاسبه کرد.

آزمایش های انجام شده :

آزمایش زیر مربوط به یک نمونه از آجر توی کار ساخت کارخانه ظفر است:

$$AB = 5 Cm \quad T_B = 515^\circ C, \quad T_A = 1515^\circ C$$

$$CD = 4.2 Cm \quad T_D = 50^\circ C, \quad T_C = 131^\circ C$$

$$V = 20 \text{ ولت و } I = 0.72 \text{ آمپر}$$

* آجر بکاررفته آجر توی کار کارخانه ظفر بوده است .

باینطریق ضریب λ برای آجر مساوی ۰٫۴ کالری بزرگ بر متر ساعت درجه بدست آمد .
در این تجربه باده جریان ۸۵۰ گرم آب بردقیقه اختلاف دمای آب ورودی و خروجی ۰٫۰ درجه

بدست می آید ، که باتوجه به اشتباه ۰٫۲ درجه اشتباه نسبی $\frac{\Delta T}{T}$ در حدود ۰٫۰۴ درصد است . این موضوع نشان میدهد که استفاده از روش الکتریکی با اشتباه کمتری همراه است .

مقادیر عددی فوق نشان میدهد که گرادیان دما در ارتفاع آجر ثابت مانده است . زیرا

$$\frac{T_A - T_B}{AB} \text{ مساوی } ۲۰ \text{ و } \frac{T_C - T_D}{CD} \text{ مساوی } ۱۹٫۵ \text{ درجه بر سانتی متر است .}$$

برای بررسی تأثیر عدم تساوی دمای دو دماسنج کنترل ، اختلاف پتانسیل بین دوسریم ab و cd را تغییر دادیم تا دماسنج E مساوی ۲۶۰ و دمای دماسنج F مساوی ۲۸۳ درجه باشد . در اینصورت ازسیم گرماده اصلی تحت اختلاف پتانسیل $V = ۲۳$ ولت شدت جریان $I = ۰٫۶۶$ آمپر عبور میکرد . پس از حصول تعادل حرارتی دمای ترمومترها بقرار زیر بود :

$$T_D = ۶۶٫۲^\circ \text{C} \text{ و } T_C = ۱۰۲^\circ \text{C} \text{ و } T_B = ۶۴^\circ \text{C} \text{ و } T_A = ۱۷۱^\circ \text{C}$$

در اینجا λ مساوی ۰٫۳۲ بدست می آید . باده جریان ۶۱ گرم بردقیقه که آب از مخزن عبور داده شد اختلاف دمای آب ورودی و خروجی ۰٫۷ درجه گردید و باینطریق ضریب λ مساوی ۰٫۴۱ میشود . بطوریکه ملاحظه میشود چنانچه دمای دو دماسنج کنترل باهم مساوی نباشد دو مقدار که برای ضریب λ در روش الکتریکی و روش جریان آب ، بدست می آید تفاوت خواهد داشت . توجیه ضریب کوچکی که در روش الکتریکی در تجربه اخیر بدست آمده است مشکل نیست . در حقیقت در تجربه اخیر گرماده فرعی علاوه بر اینکه گرمای تلف شده را جبران می کند مقداری گرمانیز بداخل آجر میفرستد که در رابطه :

$$\lambda = \frac{QI}{S(T_1 - T_2)}$$

بحساب نیامده است و در نتیجه برای ضریب λ عدد کوچکتری بدست آمده است . در اینجانبین گرادیان دما در

$$\frac{T_C - T_D}{CD} \text{ طرفین آجر تقریباً مساوی است . زیرا نسبت } \frac{T_A - T_B}{AB} \text{ مساوی } ۲۱٫۴ \text{ درجه بر سانتی متر و } \frac{T_C - T_D}{CD}$$

مساوی ۲۰٫۴ درجه بر سانتی متر است .

در آزمایشهایی که روی بعضی نمونه های آجر در تهران بطریق فوق انجام شد نتایج زیر بدست آمد :

جدول ۱- ضریب λ برای نمونه های آجر تهران بر حسب کالری بزرگ بر سانتی متر بر ساعت بر درجه

نوع آجر	مقدار متوسط λ که بدست آمده است (بر حسب کالری بزرگ بر درجه سلزس بر متر بر ساعت)
روی کار سفید ساخت کارخانه ظفر	۰٫۳
روی کار قرمز کارخانه ظفر	۰٫۳۴
توی کار کارخانه ظفر	۰٫۳۷
روی کار کارخانه ناهید نو	۰٫۲۶
توی کار کارخانه ناهید نو	۰٫۲۹

نتیجه - ضریب قابلیت هدایت حرارتی آجرهای تهران از نمونه ای به نمونه دیگر متغیر است و در دمای حدود ۵۰ تا ۲۰۰ درجه سلزیوس بین ۰.۲۵ تا ۰.۳۷ کالری بزرگ بر ساعت بر متر بر درجه تغییر میکند. ضریب λ برای آجرهای مختلف در دماهای متعارفی در جداول مختلف بین ۰.۲ تا ۰.۶ ذکر شده است (۴، ۳، ۲) بدیهی است که لازم است که عوامل مختلف از قبیل جنس خاک مورد استفاده در تهیه آجر، مشخصات فیزیکی از قبیل فشاری که تحت آن آجر تهیه میشود، درجه حرارت کوره و سایر شرایط مورد بررسی قرار گیرد تا نتایج حاصله بنحو دقیقتری تفسیر و توجیه شود و برای این امر لازم است که یک سری آزمایش سیستماتیک روی چند نمونه از یک کارخانه و نمونه های مشابه از کارخانه های مختلف انجام گیرد.

منابع

- ۱- جعفر سیروس ضیاء - حسین طوفان - اکبر علی اکبرزاده «بررسی ضریب قابلیت هدایت حرارتی ایرانیت» نشریه دانشکده علوم - شماره ۲ جلد سوم تیرماه ۱۳۵۰ .
- 2- M. MIKHEYEV. «Fundamentals of heat transfer», 1963, MIR, Moscow.
- 3- R. CASQUET. «Isolation thermique industrielle», 1966, DUNOD, Paris.
- 4- CHARLES, D. SHODGMAN, M.S. «Handbook of Chemistry and Physics», Chemical Rubber Publishing Co. U.S.A.