

قوانین تابش

۱ اهداف آزمایش

- (۱) تحقیق قانون استفان-بولتزمن
- (۲) تحقیق قانون کیرشف

۲ زمینه نظری آزمایش

تابشهای الکترومغناطیسی که در طیف فرکانسی گسترده‌ای صورت می‌گیرد می‌تواند منابع گوناگونی مانند آنتنهای حامل جریان متناوب (امواج رادیویی)، تحریک الکترونی در اتمهای برانگیخته، بازترکیب الکترون-حفره در فلزات و نیمرساناها، برخورد الکترون با هسته‌های سنگین (اشعه x) و یا واپاشی هسته‌ای در مواد رادیواکتیو (اشعه گاما) داشته باشد. یکی از منابع تابش امواج الکترومغناطیس تابش حرارتی اجسام است. این تابش که در مورد تمام اجسام حتی سیاهچاله‌ها وجود دارد از لحاظ شدت تابش به ماهیت و دمای جسم بستگی دارد.

فرکانس این تابش الکترومغناطیسی با دمای جسم ارتباط مستقیم دارد به طوری که برای دمای کمتر از ۵۰۰ درجه کلوین تابش حرارتی در محدوده مادون قرمز بوده و با افزایش دما فرکانس تابش افزایش یافته و به طیف مرئی گسترش می‌یابد. این خصوصیت تابش حرارتی اساس ساخت دماسنجهای نوری برای اندازه‌گیری دمای کوره‌های با دمای فوق‌العاده بالاست.

در بحث تابش حرارتی تابش جسم سیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جسم سیاه تابنده‌ای است که تمام تابشی که به آن برخورد کند را جذب می‌کند. یک جسم سیاه ایده‌آل یک کاواک است که عبارت از یک استوانه‌ای است که دیواره داخلی آن صیقلی است و یک منفذ کوچک برای ورود نور به داخل استوانه در انتهای آن تعبیه شده است. بدیهی است اگر یک پرتو نور وارد کاواک شود در داخل آن به دام می‌افتد و خروج آن تقریباً غیرممکن است. بعضی از اجسام می‌توانند برای تابش حرارتی به عنوان جسم سیاه عمل کنند به طوری که در یک محدوده فرکانسی مشخص تمام تابش فرودی را جذب کنند. بدیهی است که گر این جسم با محیط اطراف در حال تعادل گرمایی باشد باید به همان اندازه که تابش جذب کرده است به همان اندازه تابش گسیل کند بنابراین برای یک جسم سیاه تابش حرارتی جسم با تابندگی موجود در محیط برابر خواهد بود که میزان آن فقط به دمای محیط و جسم سیاه در حال تعادل با آن بستگی دارد و مستقل از ماهیت جسم است. ولی به طور کلی اگر دمای محیط T_0 و دمای جسم سیاه T باشد و مساحت سطح خارجی آن A باشد، مقدار تابش جسم سیاه طبق قانون استفان - بولتزمن برابر است با

$$M = \sigma AT_0^4 \quad (1)$$

و مقدار جذب تابش از محیط برابر است با

$$M_0 = \sigma AT_0^4 \quad (2)$$

که σ ثابت استفان - بولتزمن است. بنابراین برآیند تابش جسم سیاه (گرمای مبادله شده با محیط) برابر خواهد بود با

$$M' = M - M_0 = \sigma A(T^4 - T_0^4) \quad (3)$$

اما اگر جسم سیاه نباشد فقط کسر α از تابندگی محیط را جذب می کند ($\alpha < 1$) و بنابراین در صورت تعادل با محیط اطراف فقط به اندازه α برابر یک جسم سیاه تابش جذب می کند، یعنی

$$\alpha = \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad (4)$$

که Φ تابش جذب شده توسط جسم و Φ_0 تابش جذب شده توسط جسم سیاه است. از طرفی اگر M تابش جسم غیر سیاه و M_0 تابش جسم سیاه باشد آنگاه

$$\epsilon = \frac{M}{M_0} \quad (5)$$

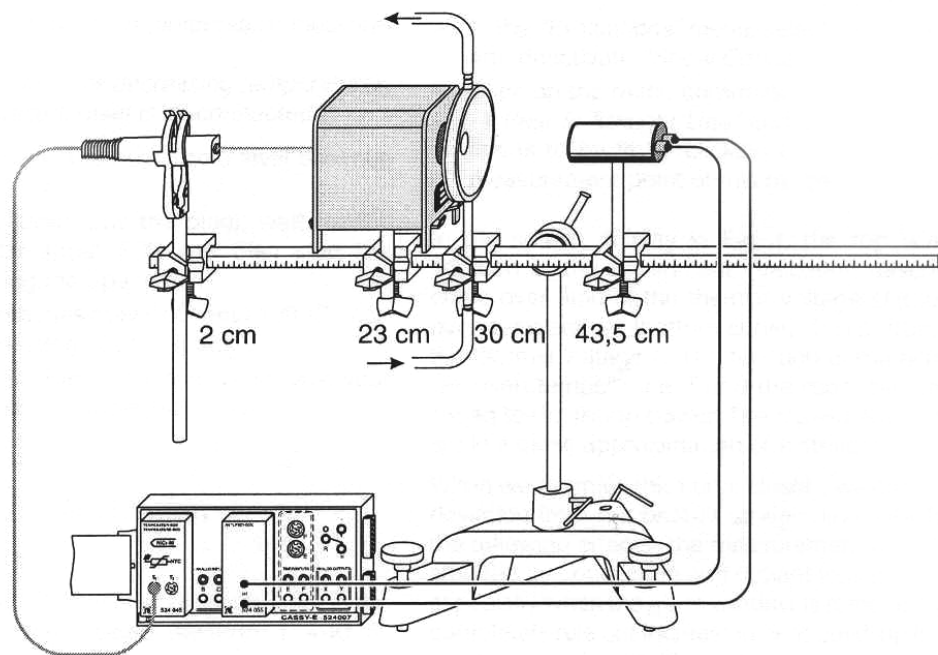
که طبق قانون کیرشف $\epsilon = \alpha$ است، یعنی یک جسم به همان اندازه که جذب کننده خوبی است به همان اندازه نیز تابش کننده خوبی خواهد بود. بنابراین برای یک جسم با ضریب جذب α خواهیم داشت

$$M' = \alpha \sigma A (T^4 - T_0^4) \quad (6)$$

۳ روش آزمایش

الف (تحقیق قانون استفان - بولتزمن)

برای تحقیق قانون استفان - بولتزمن داده شده در معادله (۳)، ما تابش یک جسم سیاه را نسبت به تغییرات دما اندازه گیری می کنیم. در این آزمایش از یک استوانه دوده اندود به عنوان جسم سیاه استفاده می شود که می توان آن را به راحتی داخل یک کوره قرار داد و برای حذف سایر تابشهای



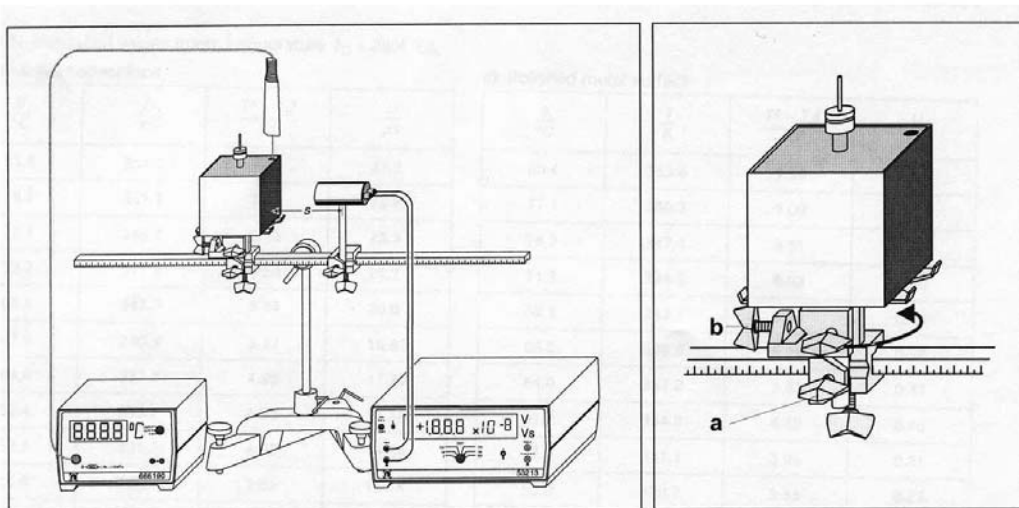
شکل (۱)

محیطی از یک روزنه که با آب خنک می شود بهره می گیریم. برای اندازه گیری شدت تابش از یک ترموپیل مول (Moll) استفاده می شود که از یک سری ترموکوپل تشکیل شده که اختلاف دما در قسمت جذب تابش با قسمت داخلی آن باعث ایجاد ولتاژ در ترموکوپلها شده و این ولتاژ توسط یک میکروولتمتر حساس اندازه گیری می شود.

توجه! چون شدت تابش حرارتی خیلی پایین است تابشهای مزاحم می تواند نتایج آزمایش را کاملاً تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین هرگز به ترموپیل دست نزنید. در نزدیک ترموپیل بویژه در جلوی آن حرکت نکنید. از ایجاد جریانهای هوا و تغییر دمای ناگهانی در اطراف آن جلوگیری کنید و حتی المقدور محیط اطراف را تاریک نگه دارید.

احتیاط! توجه داشته باشید که دمای دیواره کوره از ۲۰۰ درجه سانتیگراد هم بالاتر می رود بنابراین از تماس پوست با آن جداً خودداری کنید.

- (۱) ابتدا مطابق شکل (۱) مدار ایتیکی را ببندید. باید فاصله شکاف تا استوانه سیاه ۵ تا ۱۰ میلیمتر و فاصله شکاف تا ترموپیل حدود ۱۵ سانتیمتر باشد و قسمت براق شکاف به سمت ترموپیل باشد.
 - (۲) پنجره شیشه‌ای ترموپیل را بردارید.
 - (۳) دماسنج دیجیتالی را وصل کرده و میله آن را در داخل روزنه پشت کوره قرار دهید و کلید دماسنج را روشن کنید.
 - (۴) مدار ایتیکی را طوری همخط کنید که دهانه استوانه سیاه مقابل شکاف و شکاف مقابل ترموپیل باشد.
 - (۵) شیر آب مربوط به قسمت خنک کننده شکاف را باز کنید.
 - (۶) ترموپیل را به میکروولت‌متر وصل کرده و آن را روی رنج $10^{-4}V$ قرار دهید. دقت کنید که سیم قرمز ترموپیل به سوکت قرمز رنگ میکروولت‌متر وصل شود.
 - (۷) با کلید auto comp میکروولت‌متر را صفر کنید و اگر لازم بود از پیچ تنظیم صفر میکروولت‌متر استفاده کنید.
 - (۸) حالا دمای جسم سیاه را بخوانید و ولتاژ میکروولت‌متر را هم ثبت کنید.
 - (۹) کوره را روشن کنید و پس از هر ۲۰ درجه افزایش دما ولتاژ میکروولت‌متر را ثبت کنید و ستونهای اول و دوم و چهارم جدول (۱) را تکمیل کنید. آزمایش را تا دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد ادامه دهید.
 - (۱۰) ترموپیل را با یک مقوای سیاه بپوشانید و صفر و میکروولت‌متر را کنترل کنید و مقدار آن را یادداشت کنید.
 - (۱۱) کوره را خاموش کنید و اندازه‌گیری ولتاژ را در جهت عکس تا دمای اتاق انجام دهید.
 - (۱۲) نمودار U بر حسب $T^4 - T_0^4$ رسم کنید.
 - (۱۳) خطای انحراف نمودار فوق از یک خط راست را بدست آورید.
- (ب) تحقیق قانون کیرشف
- در این آزمایش می‌خواهیم اختلاف نمودار تابش نسبت به دما را برای سطوح مختلف اندازه‌گیری کرده و صحت قانون کیرشف را بررسی کنیم.



شکل (۲)

برای انجام آزمایش به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

- (۱) مطابق شکل (۲) وسایل آزمایش را سوار کنید. باید مکعب لسلی به راحتی بتواند روی پایه بچرخد و فاصله آن تا ترموپیل برابر ۱۰ سانتیمتر باشد.
- (۲) چون شدت تابش کم است باید تمام موارد ذکر شده در آزمایش قبل رعایت شود. در موقع آزمایش باید وجه مکعب کاملاً بر محور میله عمود باشد.
- (۳) ترموپیل را مطابق آزمایش قبل به میکروولت‌متر وصل کرده و آن را صفر کنید.
- (۴) با دماسنج دمای اتاق را اندازه‌گیری کنید و سپس آن را داخل مکعب لسلی قرار دهید.
- (۵) داخل ظرف پلاستیکی ۹/۰ لیتر آب بریزید و توسط گرمکن الکتریکی بجوش آورید.
- (۶) آب جوش را داخل مکعب لسلی بریزید و دماسنج را داخل آن قرار دهید.
- (۷) گرمکن الکتریکی و پارچ پلاستیکی را از اطراف محیط آزمایش دور کنید.

۸) آب را هم بزنید و سپس دمای آب و ولتاژ را برای وجه سیاه مکعب بخوانید. این کار را برای سایر وجوه تکرار کنید.

۹) برای کاهش دما در فواصل ۵ درجه سانتیگراد ولتاژ میکروولتметр را برای چهار وجه مکعب بخوانید و ستونهای جدول (۲) را تکمیل کنید.

۱۰) نمودارهای U بر حسب $T_f - T_c$ را بر روی یک صفحه رسم کنید.

نتایج آزمایش را بر اساس قانون کیرشف توجیه کنید.

| $T \text{ } ^\circ K$ | وجه سیاه U | وجه سفید U | وجه تیره U | وجه صیقلی U |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

جدول ۲: