كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : حالة صلبة٢

المحاضرة : الثانية/عملي/

{{ A to Z مكتبة }}

Facebook Group : A to Zمكتبة

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

3

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

عنوان التّجربة : **قانون ستيفان- بولتزمان في الإشعاع**

الهدف من التّجربة :

1- التّحقق من قانون ستيفان- بولتزمان في الإشعاع.

2- التّعرف على خاصيّة تغيّر مقاومة ناقل بتغيّر درجة حرارته.

3- التّعرف على الخصائص الإشعاعية للأجسام عند رفع درجة حرارتها.

التّمهيد النّظري : إذا سخّنّا جسماً إلى درجة حرارة مينة ، فإنّ هذا الجسم يصبح مصدر للإشعاع في هذه الدّرجة من الحرارة وإذا رفعنا هذه الدّرجة من الحرارة إلى قيم عالية فإنّ الجسم يصبح مصدراً للإشعاع المؤلّف من ضوء وحرارة ، ونلاحظ هذا في مصباح كهربائي مكوَّن من سلك مصنوع من التّنغستين العادي ، فعند مرور التّيّار الكهربائي في هذا السّلك فإنّه يسخن ويصدر حرارة وفق قانون جول- لينز . تتّصف عمليات الإصدار والامتصاص للإشعاع الكهرطيسي بما يلي :

1- المقدرة الإشعاعيّة للجسم : تعرّف بأنها طاقة الإشعاع الكهرطيسي في كلّ الاتّجاهات في واحدة السّطح وتُقَدّر بواحدة $\left(\frac{watt}{m^2}\right)$.

2- القدرة الامتصاصيّة للجسم : وتعرّف بأنها النسبة بين طاقة الإشعاع الكهرطيسي التي يمتصها الجسم والطّاقة السّاقطة عليه وهذا المقدار ليس له واحدة قياس .

تدلّ التّجربة على أنّ المقدرتين الإشعاعيّة والامتصاصيّة تتعلّقان بطبيعة الجسم (نوعيّته) ، حالته السّطحيّة ، درجة حرارته ، وكذلك بطول موجة الإشعاع .

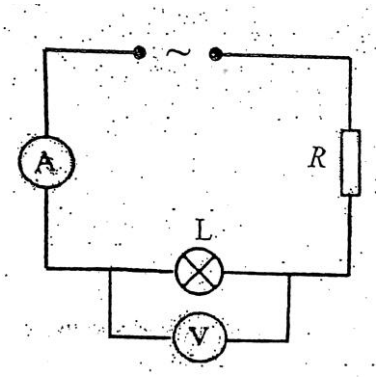
قانون ستيفان – بولتزمان في الإشعاع :

تتناسب الطّاقة الإشعاعية المنبعثة من وحدة المساحات من جسم أسود ساخن في الثّانية الواحدة مع القوّة الرّابعة لدرجة حرارته المطلقة أي $E \propto T^4$ حيث E : الطاقة المنبعثة من وحدة المساحات في الثّانية الواحدة و T : درجة الحرارة المطلقة . ويُعبَّر عن ذلك بالعلاقة التّالية : $E = \varepsilon A \sigma T^4$ حيث ε : ثابت الإصداريّة ويساوي الواحد في حالة الجسم الأسود المثالي وأصغر من الواحد للأجسام الأخرى ، A :مساحة السّطح المشعّ ، σ : ثابت ستيفان - بولتزمان وتساوي قيمتها العدديّة :

$$\sigma = 5.7 \times 10^{-3}\,\frac{Watt}{m^2K^4} = 1.38 \times 10^{-12}\,\frac{Cal}{cm^2.s.K^4}$$

وللقيام بهذه التّجربة نستخدم مصباح من التنغستين نمرّر فيه تيّار كهربائي مناسب .

يوضّح الشّكل الدّارة الكهربائيّة المستخدمة للتّحقق من قانون ستيفان – بولتزمان في الإشعاع عند مرور التيار الكهربائي في الدّارة ، وبالتّالي في سلك التّنغستين فإنّ فقدان الطّاقة الكهربائية من الأخير يكون مؤلّفاً من مجموع (فقدان الطّاقة النّأتج عن التّوصيل الكهربائي أي النّاقليّة وفقدان الطّاقة النّاتجة عن الإشعاع) . بفرض أنّ T : درجة حرارة سلك التّنغستين ، T_0 : درجة حرارة الوسط في هذه الحالة تبعاً لقانون ستيفان- بولتزمان يكون فقدان الطّاقة مساوياً إلى :



الشكل (1)

$$P' = A(T^4 - T_0^4) + B(T - T_0) \ \ldots(1)$$

حيث $B(T - T_0)$ الطّاقة المفقودة بالتّوصيل الكهربائي ، $A(T^4 - T_0^4)$ الطّاقة المفقودة عن طريق الإشعاع ، و A و B ثابتي تناسب والطّاقة المفقودة بالتّوصيل هي الاستطاعة الكهربائيّة المستهلكة أو المصروفة في واحدة الزّمن وتساوي $P = V.I$ حيث V : فرق الكمون المطبّق بين طرفيّ المصباح المدروس ، و I : شدّة التيّار المار فيه.

بما أنَّ مقاومة سلك المصباح الكهربائي تتناسب طرداً مع درجة الحرارة المطلقة ، يمكننا أن نكتب العلاقة التّالية:

$$P' = A'(R^4 - R_0^4) + B'(R - R_0) \ \ldots(2)$$

ثمَّ إنَّ الطَّاقة الضَّائعة بالتَّوصيل أصغر بكثير من الطَّاقة الضَّائعة بالإشعاع. وبالتَّالي، يمكننا إهمال الحدّ الثَّاني أمام الأوَّل وبناءً عليه تؤول العلاقة الأخيرة السَّابقة إلى:

$$P' = A'(R^4 - R_0^4) \ \ldots(3)$$

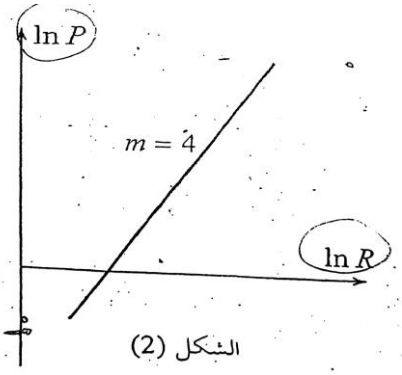
وهي الطَّاقة الضَّائعة بسبب التَّوصيل فقط و بما أن $R \gg R_0$ يمكننا إهمال R_0^4 لتؤول العلاقة (3) إلى :

$$P = A''.R^4 \ \ldots(4)$$

بأخذ لوغاريتم طرفيّ العلاقة الأخيرة :

$$ln(P) = ln(A'') + 4ln(R)$$

وتعطي العلاقة بين $ln(P)$ و $ln(R)$ خطّاً مستقيماً ميله يساوي 4 شكل (2) وهذا ما يحقق قانون ستيفان- بولتزمان في الإشعاع و



الشكل (2)

لإيجاد درجة حرارة السّلك الذّي يمرّ فيه التّيار الكهربائي نطبّق العلاقة التّي تربط بين مقاومته R_t عند درجة الحرارة t ودرجة حرارته $t(0C)$ الآتيه :

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \Longrightarrow t = \frac{(R_t/R_0) - 1}{\alpha}$$

حيث R_0 : مقاومة سلك المصباح في الدّرجة صفر مئويّة ، α : عامل المقاومة الحراري وهو يساوي في حالة التّنغستين $4.6 \times 10^{-3\ 0}C^{-1}$.

<u>الأجهزة والأدوات المستخدمة:</u> محوّل متغيّر لتغيير فرق الكمون ضمن المجال (0-220) – مقياس آمبير – مقياس فولت – معدّلة – مصباح كهربائي L – معدّلة كهربائيّة .

<u>خطوات العمل :</u>

١. نصل الدَّارة كما في (1).
٢. نحرّك المحوّل تدريجيًّا بدءاً من الصفر ونراقب توهُّج سلك المصباح.
٣. نحرّك المعدّلة لنحصل في البداية على أعلى قيمة ممكنة لشدّة التيَّار ومن ثمَّ على أخفض قيمة لها.
٤. نعيّن قيمة مقاومة سلك المصباح والاستطاعة (الطَّاقة الإشعاعية).
٥. نرتّب النَّتائج في جدول المناسب.
٦. ارسم المنحني البياني $P = f(T^4)$ ثمَّ نستنتج قيمة $\frac{P}{T^4}$ ماذا تمثّل؟
٧. ارسم المنحني البياني $P = f(R)$ أي علاقة الطَّاقة المفقودة بمقاومة سلك المصباح.
إذا مدَّدنا الخطّ المستقيم بالاستقراء الخارجي يكون الفرق المحصور بين امتداد المستقيم والخطّ المنحني ممثّلاً للطَّاقة المفقودة بالاشعاع.
٨. ارسم المنحني البياني الذي يربط بين $lnP.lnR$ ، ماذا تستنتج؟؟

الجدول:

$\alpha = 4.6 \times 10^{-3}. R_0 = 2\Omega.$

$V(v)$	$I(A)$	$P(W)$	$R_t(\Omega)$	$T(K^0)$	T^4	lnP	lnR
2	0.16						
4	0.23						
6	0.29						
8	0.34						
10	0.39						
12	0.43						
16	0.5						
20	0.57						
24	0.64						

انتهت التّجربة

إشراف: أ.د . حسن سليمان .

إعداد المدرسين:

أ. إيناس أحمد .

أ. ميّاس جنيد.

أ. فخر عبّاس .

مكتبة A to Z