كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : حالة صلبة٢

المحاضرة : الرابعة/عملي/ معدلة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

4

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

جامعة طرطوس –كلية العلوم

قسم الفيزياء–طلاب السنة الرابعة

الجزء العملي لمقرر فيزياء الحالة الصّلبة 2

التجربة الرّابعة

الناقلية الكهربائية للأجسام الصّلبة باعتبارها تابعاً لدرجة الحرارة

أهداف التجربة:

i. دراسة تابعية المقاومة الكهربائية للمعادن وأنصاف النواقل لدرجة الحرارة.

ii. قياس المقاومة لمادة نصف ناقلة.

iii. التعرف على المعامل α معامل درجة حرارة المقاومة.

iv. حساب قيمة فجوة الطاقة لمادة نصف ناقلة.

الجزء النظري:

يمكن التعبير عن المقاومة الكهربائية لناقل بأنها الحائل دون تدفق التيار الكهربائي عبر هذا الناقل، ويسمى مقلوبها بالناقلية الكهربائية التي تشير إلى مدى السلاسة التي يعبر بها التيار المادة، أما رياضياً فتعرف المقاومة R لجسم ما على أنها نسبة الجهد الكهربائي V المطبق عليه والتيار I المار فيه.

المعنى الفيزيائي للمقاومة الكهربائية النوعية في المعادن:

تكون الإلكترونات الحرة في حالة حركة عشوائية مستمرة، وتعاني أثناء انتقالها من تصادمات مع بعضها البعض ومع ذرات المعدن، وعند تطبيق فرق في الكمون عبر المعدن ستتحرك الإلكترونات باتجاه القطب الموجب وتتخلّل حركتها هذه التصادمات التي ذكرناها سابقاً التي تمانع حركتها، وتسمى هذه الخاصية للمادة بالمقاومة الكهربائية النوعية.

عند ارتفاع درجة حرارة المعدن، تبدأ الذرات بالاهتزاز حول مواضع توازنها مسببة تصادمات إضافية للإلكترونات مما يؤدي لزيادة المقاومة النوعية.

من أجل مجال كبير لدرجات الحرارة (بعيداً عن درجة الصفر المطلق ودرجة الانصهار) نجد تجريبياً أن مقاومة المادة تتغير خطياً مع درجة الحرارة، ويكون لهذه التابعية الصيغة الرياضية التالية حيثُ $T(°C)$:

$$R_T = R_{ref} \cdot [1 + \alpha(T - T_{ref})] \qquad (1)$$

حيث R_{ref} هي مقاومة العينة عند درجة الحرارة T_{ref}.

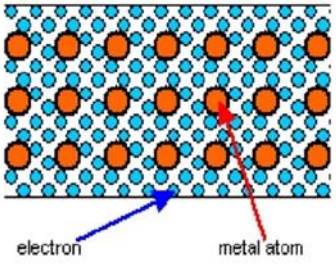


fig.1 electronic structure in metals

α هو معامل درجة الحرارة (أو معامل تغير درجة المقاومة من أجل درجة واحدة) وهي مقدار موجب وثابت من أجل درجة حرارة مرجعية معينة.

باعتبار $T_{ref} = 0°C$ ، بالتالي أصبحت العلاقة (1) بالشكل:

$$R_T = R_0 \,.(1 + \alpha T) \qquad (2)$$

عند استخدام مقاومة من معدن نبيل (كالذهب أو البلاتينيوم) نحصل على علاقة خطية مع ارتفاع درجة الحرارة، وتحسب α من ميل الخط البياني m:

$$\alpha = \frac{m}{R_0} \qquad (3)$$

المعنى الفيزيائي للمقاومة الكهربائية النوعية في أنصاف النواقل:

إنّ مقاومة نصف الناقل النقي (غير المشاب) تتناقص بازدياد درجة الحرارة، حيث تقفز الإلكترونات إلى عصابة الناقلية بفضل الطاقة الحرارية وتتحرك بحريّة مخلفةً وراءها ثقوب في عصابة التكافؤ تتحرك بدورها بحريّة، وتكون العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة أسية:

$$R_T \sim e^{\frac{E_g}{2K_BT}} \qquad (4)$$

حيث E_g فجوة الطاقة، R_T المقاومة الكهربائية عند درجة الحرارة $T(K)$ و K_B هو ثابت بولتيزمان.

يمكن التعبير عن العلاقة (4) بالشكل:

$$R_T = R_0 \, e^{\frac{E_g}{2K_BT}} \qquad (5)$$

وبأخذ لوغاريتم الطرفين نجد:

$$\ln R_T = \ln R_0 + \frac{E_g}{2K_BT} \qquad (6)$$

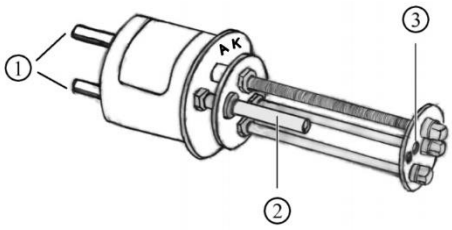
عند رسم الخط البياني لتغيرات $\ln R_T$ بدلالة $\frac{1}{T}$ نحصل على خط مستقيم بميل m:

$$m = \frac{E_g}{2K_B} \qquad (7)$$

ونحسب منه فجوة الطاقة لنصف ناقل:

$$E_g = 2K_B.m \qquad (8)$$

أدوات التجربة:



الشكل (1)

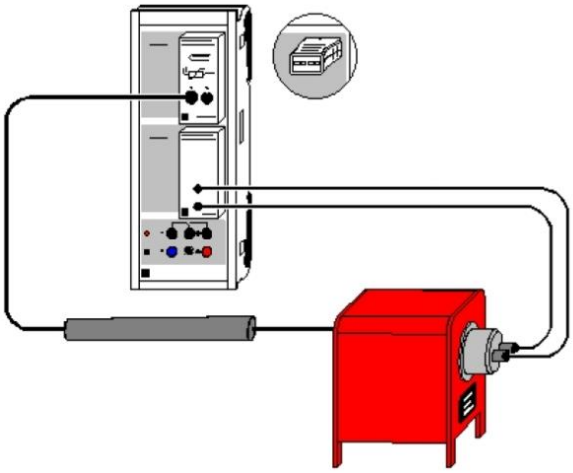
برنامج $Cassy\ lab\ 2$،منبع تيار، محوّل كهربائي، حساس حراري $NiCr - Ni$، مقاومة نصف ناقلة، فرن تسخين كهربائي، توصيلة حماية، أسلاك توصيل، حاسب بأحد أنظمة التشغيل $windows/vista/7/8$.

حيث الشكل(1) يمثل العينة المدروسة وتشير الأرقام إلى:

1 ← مربطا العبنة، 2 ← أسطوانة تحوي العينة. 3 ← فجوة لإدخال حساس الحرارة.

الجزء التجريبي:

يوضح الشكل (2) التوصيل العام للتجربة:



الشكل (2)

يُعنى المدخل A لصندوق درجة الحرارة في اللوحة الإلكترونية بحساب درجة حرارة الحساس الموجود في الفرن الكهربائي، حيث نقوم بإدخال الطرف المدبب في الفتحة الموجودة وراء الفرن بحيث يصبح في الجوار المباشر لعنصر المقاومة.

يقوم صندوق منبع التيار في المدخل B لصندوق الدخل بتسجيل قيم المقاومة الكهربائية.

نقوم بتشغيل البرنامج على الحاسب وننفذ الخطوات التالية:

أولاً: تحميل الإعدادات.

ثانياً: البدء بالقياس (تؤخذ قيمة عند كل ارتفاع لدرجة الحرارة بمقدار $5K$).

ثالثاً: نشغل الفرن.

رابعاً: نوقف القياس عند وصول درجة الحرارة إلى $470K$ أي حوالي $200°C$.

خامساً: نطفئ الفرن وننزع المقاومة مع إعادة القياس في طور التبريد.

الحسابات المطلوبة:

A. أكمل الجدول التالي:

$T(K)$	$R(k\Omega)$	$\ln R$	$\frac{1}{T}\ (K^{-1})$

B. ارسم الخط البياني لتغيرات المقاومة بتابعية درجة الحرارة وماذا تستنتج؟

C. ارسم الخط البياني لتغيرات الناقلية بتابعية درجة الحرارة وماذا تستنتج؟

D. ارسم الخط البياني لتغيرات $\ln R_T$ بدلالة $\frac{1}{T}$ وأوجد ميله ثمّ استنتج قيمة E_g حسابياً.

إذا علمت أن $K_B = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1} = 8.617 \times 10^{-5} eVK^{-1}$.

.....انتهت التجربة.....

بإشراف: أ . د . حسن سليمان

إعداد:

أ . خليل عساف.

أ . زينه خضر.

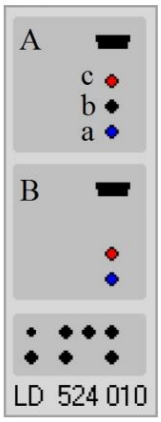
أ . هديل علي.

ملحق التجربة الرابعة

شرح موجز عن تجهيزات برنامج $Cassy\ Lab$:

أولاً: معدات القياس $Hardware$:

1-اللوحة الأساسية $Inter\ face$:



وهي المكون الأساسي لتجهيزات $Cassy\ Lab$، وتعد صلة الوصل بين المقاييس والحاسب، بالإضافة لاحتوائها على مقياسي تيار وكمون، وتتصل بالحاسب عبر المنفذ (com) وتحتوي على مدخلين أساسيين:

- ✓ $Input\ (A)$:

وهو المدخل الأول، يوجد به ثلاثة مآخذ من الأسفل للأعلى:

a. المأخذ المشترك أو الأرضي.
b. مأخذ مقياس الكمون، ويلي الأرضي مباشرة.
c. مأخذ لقياس التيار، وهو المأخذ العلوي.

فإذا أردنا قياس التيار مثلاً علينا أن نصل الطرف السالب بالمأخذ (a) والطرف الموجب بالمأخذ (c).

- ✓ $Input\ (B)$: يوجد به مأخذان، وهما لقياس الكمون فقط.

ويوجد في كل مدخل منفذ تسلسلي، يمكن أن تثبت عليه القطع المساعدة (Box).

2-القطع المساعدة $Boxes$:

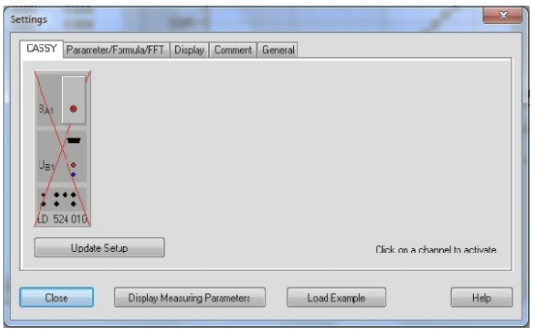
وهي عبارة عن قطع تثبت على اللوحة الأساسية فوق أحد المدخلين $(A$ أو $B)$ ، نستخدمها لقياس مقادير فيزيائية أخرى غير التيار والكمون، أو لقياس التيار والكمون لكن عند مجالات قياس مختلفة.

وأهم هذه القطع:

- $(\mu V - Box)$: لقياس فروق الكمون من مرتبة الميكرو فولت.
- $(30\ A - Box)$: لقياس التيارات العالية تصل على $30A$.
- $(Current\ Source - Box)$: لقياس المقاومة الكهربائية.
- $(B - Box)$: يوصل بها محس حقل التحريض المغناطيسي.
- $(Temperature - Box)$: ويوصل بها مجس قياس درجة الحرارة.

ثانياً: البرنامج ***Cassy Lab Software***:

وهو الجزء البرمجي من التجهيز ويمكن من خلاله تعريف المقادير المقاسة ومجالاتها والتحكم بشروط التجربة وأخذ القياسات بشكل تلقائي ومن ثم معالجة هذه البيانات ورسم الخطوط البيانية واستخلاص النتائج منها من خلال رسم أفضل منحني يمر من النقاط التجريبية المسجلة.



مكتبة A to Z