استقصاء عملي ٨-١: تحديد ثابت بلانك

أ. هلال الشكيلي

مدرسة الإمام محمد بن عبد الله الخليلي

أهداف الاستقصاء العملي

- جمع الملاحظات والقياسات والتقديرات وتسجيلها وتقديمها.
- تحليل البيانات الناتجة من التجارب للوصول إلى استنتاجات وتفسيرها.
- تقييم الأساليب واقتراح التحسينات.

التيار الكهربائي في الوصلة الثنائية الضوئية (LED) هو سيل من الإلكترونات المتحركة. في الوصلة الثنائية الضوئية (LED) تنقل طاقة الإلكترون إلى طاقة فوتون (hf)، وإذا كان فرق الجهد الكهربائي بين طرفَي الـ (LED) هو (V)، فإن الطاقة القصوى للإلكترون هي (eV).

فإذا كانت هذه الطاقة كبيرة بما يكفي لتسبب انبعاث الفوتون، فعندئذٍ:

$$eV = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$E = hf$

حيث (c) هي سرعة الضوء، (e) شحنة الإلكترون، (h) ثابت بلانك، (f) تردد الضوء، (λ) هو طول موجة الضوء.

سوف تستخدم العديد من مصابيح الـ (LED) بألوان مختلفة للتحقق من العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي الذي تبدأ عنده مصابيح الـ (LED) في إصدار الضوء وطول الموجة للضوء الذي ينبعث منها، وسوف تستخدم أيضًا نتائجك لإيجاد قيمة لثابت بلانك (h).

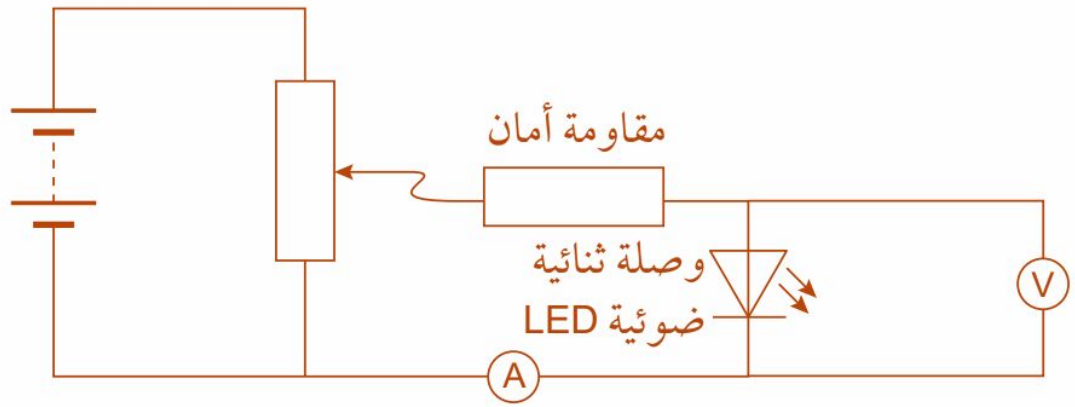
ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- مصدر جهد كهربائي مستمر منخفض الجهد.
- عدة وصلات ثنائية ضوئية LED بألوان مختلفة.
- مقاومة أمان مقدارها بضع مئات أوم.
- مقاومة متغيرة تستخدم كمقياس جهد كهربائي.
- جهاز ملتيميتر أو ڤولتميتر.
- أنبوب صغير معتم، يمكن تشكيله على سبيل المثال من خلال بطاقة سوداء ملفوفة بشكل أسطواني، ليتلاءم مع الوصلة الثنائية الضوئية LED إذا ما وضعت على فتحة من فتحتَي الأنبوب.
- بطاقة تحمل مخططًا ملوّنًا يوضح طول موجة الضوء للألوان المختلفة، أو استخدم الإنترنت للحصول على المخطط.

الطريقة

١. قم بتركيب الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل ٨-٤. ابدأ بفرق جهد كهربائي منخفض بين طرفَي الوصلة الثنائية الضوئية LED وقم بزيادة فرق الجهد الكهربائي بتأنٍ حتى تبدأ الوصلة بالتوهج.



الشكل ٨-٤ : مخطط الدائرة الكهربائية.

من الأفضل القيام بذلك في مكان مظلم في المختبر، ووضع الوصلة الثنائية الضوئية LED داخل أحد جانبَي الأنبوب الأسود، والنظر إلى داخل الأنبوب لرؤية الـ LED، بحيث يمنع الأنبوب كل الضوء من الدخول إلى عين المراقب باستثناء الضوء الصادر من الـ LED. إذا كان العمل يتم مع مجموعة من الطلبة، فيجب على كل طالب محاولة القيام بملاحظة الضوء الصادر من الـ LED، حيث يصعب تقدير اللحظة التي تبدأ فيها الوصلة الثنائية الضوئية LED بإصدار الضوء.

٣. استبدل الوصلة الثنائية الضوئية بأخرى لها لون مختلف وكرر قياس فرق الجهد الأدنى (V_{min}). احصل على متوسط قيمة فرق الجهد وقيمة عدم اليقين، وسجّل قراءاتك في الجدول لخمس وصلات ثنائية ضوئية مختلفة.

٤. قدّر طول الموجة (λ) للضوء المنبعث من كل LED. يمكن القيام بذلك من خلال مقارنة لون الضوء المنبعث من الوصلة مع المخطط الذي يمكن الحصول عليه من الإنترنت.

اكتب القيم المقدرة لطول الموجة في جدول تسجيل النتائج ٨–٢.

النتائج

الوصلة الثنائية الضوئية (LED)	قراءة الفولتميتر V_{min} (V)				λ (m)	$\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1})
	القراءة الأولى	القراءة الثانية	القراءة الثالثة	متوسط القراءات		
1	1.91	1.87	1.87	1.88 ± 0.02	6.6 ____ ×10⁻⁷	1.52 x10⁶
2	2.02	2.03	1.98	2.01 ± 0.03	6.2 ____ ×10⁻⁷	1.61 x10⁶
3	.2 15	2.12	2.14	2.14 ± 0.02	5.8 ____ ×10⁻⁷	
4	2.62	2.65	2.66	2.64 ± 0.02	4.7 ____ ×10⁻⁷	1.72 x10⁶
5				±	____ ×10⁻⁷	2.13 x10⁶

الجدول ٨-٢: جدول تسجيل النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقييم

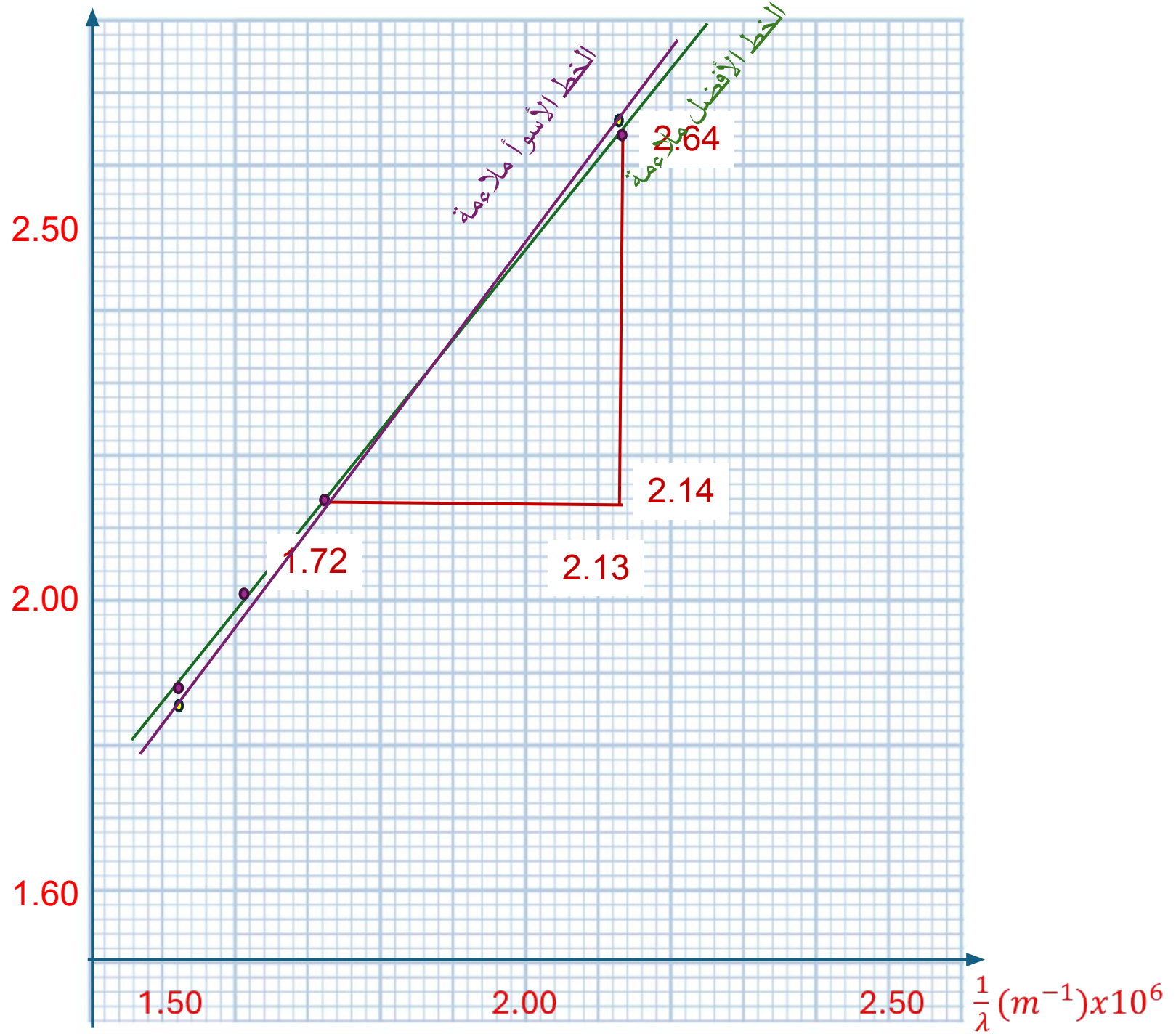
أ. أكمل الجدول ٨–٢ بحساب $\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1}) .

ب. ارسم تمثيلًا بيانيًا لمتوسط قيمة (V) V_{min} على المحور الصادي (y) مقابل $\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1}) على المحور السيني (x). قم بتضمين أشرطة الخطأ على طول المحور الصادي (y)، باستخدام قيم عدم اليقين الواردة في جدول تسجيل النتائج ٨–٢.

ارسم الخط المستقيم الأفضل ملاءمة الذي يمرّ عبر نقاط التمثيل البياني والخط المستقيم الأسوأ ملاءمة.

مهمّ

ارسم الخط الأسوأ ملاءمة عن طريق رسم خط مستقيم بين أسفل شريط الخطأ عند نقطة البيانات الأولى وأعلى شريط الخطأ عند نقطة البيانات النهائية.



أ. هلال الشكيلي

ج. احسب ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة،
وميل الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة ، مع كتابة وحدة قياس الميل، والتي يجب أن تحددها مستعينا بالوحدات في الجدول(8-2) .

ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة = ... $1.22x10^{-6}\ Vm$ $= \text{الميل} = \frac{(2.64-2.14)}{(2.13-1.72)x10^{6}}$

ميل الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة = ... $1.31x10^{-6}\ Vm$ $\text{الميل} = \frac{(2.66-1.86)}{(2.13-1.52)x10^{6}}$

د. باستخدام المعادلة $eV = \frac{hc}{\lambda}$، اكتب تعبيرًا لميل التمثيل البياني بدلالة (e) و (h) و (c).

$$y = mx + c$$

$$V = \frac{hc}{e} \cdot \frac{1}{\lambda}$$

الميل = $\frac{hc}{e}$ .....

هـ. استخدم قيمة ميل الخط المستقيم الأفضل ملاءمة لحساب قيمة ثابت بلانك (h)، علمًا بأن $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C و $c = 3.00 \times 10^{8}$ m s^{-1}، مع كتابة وحدة لإجابتك.

$$h = \text{الميل} x \frac{e}{c} = 1.22x10^{-6}x\frac{1.6x10^{-19}}{3.0x10^{8}}$$

$h = 6.51x10^{-34}\ Js$ .....

و. استخدم قيمة ميل الخط المستقيم الأسوأ ملاءمة لحساب قيمة عدم اليقين في (h).

$h = \text{الميل الأسوأ} x \frac{e}{c} = 1.31x10^{-6} x \frac{1.6x10^{-19}}{3.0x10^{8}}$

$= 6.99x10^{-34} Js$

القيمة المقاسة – القيمة العليا = عدم اليقين المطلق

عدم اليقين المطلق $= 6.99x10^{-34} - 6.51x10^{-34}$

قيمة عدم اليقين = ... $= 0.48x10^{-34}\ Js$

$h = (6.51 \pm 0.48)x10^{-34} Js$

ز. قارن القيمة التي حصلت عليها في الجزئية (هـ) بالقيمة المقبولة لثابت بلانك (6.63×10^{-34} J s).

..... القيمة التي تم الحصول عليها تقع ضمن حدود قيمة عدم اليقين وتتفق مع ...
القيمة المقبولة لثابت بلانك و هي
... $6.63x10^{-34} Js$ .....

.....

ح. إذا كانت القيمة المقبولة لا تقع ضمن حدود قيمة عدم اليقين، فقد يكون هناك خطأ نظامي. اقترح بعض أسباب هذا الخطأ أو بعض أسباب وجود عدم اليقين في قيم قراءة الفولتميتر (V).

قد تكون الأسباب المحتملة للخطأ النظامي هي أن العين لديها استجابات مختلفة عند الأطوال الموجية المختلفة،
قد تكون بسبب صعوبة إجراء تغيير بمقادير صغيرة في قيمة فرق الجهد الكهربائي وهذا يعتمد على جودة مجزئ الجهد الذي تستخدمه.

.....