كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء اشعاعية

المحاضرة : الاولى/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

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

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة طرطوس
كلية العلوم
قسم الفيزياء

الفعل الكهرضوئي

إعداد الطلاب:

البتول سليمان ديوب
مايا محمد حسن
أسماء نظير خليل
كريستينا عدنان مصلح
إنانا غازي علي
هبه جمال المشحره
عفراء رجب كنعان
ولاء مصطفى شويش
ريتا غسان خضر

بإشراف الدكتورة:

فاتن أحمد

القسم النظري:

❖ الطيف الكهرومغناطيسي:

هو مجموعة من الموجات التي تنتشـــر في الفضـــاء وتتميز بأنها تتكون من حقول كهربائية وحقول مغناطيسية متذبذة ومتعامدة على بعضها البعض وتنتقل بسرعة ثابتة وهي سرعة الضوء في الفراغ.

- **تتسم طبيعة الطيف بما يلي:**

1. يتألف من موجات ذات ترددات وطول موجي متفاوت.
2. يشمل جميع أنواع الإشعاعات التي تتدرج من الأشعة ذات التردد المنخفض والطول الموجي الكبير مثل الأشعة الراديوية إلى الأشعة تحت الحمراء والضوء المرئي ثم الأشعة فوق البنفسجية ثم الأشعة السينية وأخيراً أشعة غاما ذات التردد العالي والطول الموجي القصير.

- **تُظهر طبيعة الطيف الكهرومغناطيسي** خصائص موجية مثل الإنعكاس والإنكسار والإرتداد وأيضاً خصائص جسمية عند تفاعلها مع المادة خاصةً في حالات الأشعة السينية وأشعة غاما.
- **تعتبر تجربة الطيف الكهرومغناطيســـي** من أهم التجارب التي من خلالها تم حســـاب ثابت بلانك حيث وضع العالم بلانك علاقة بين طاقة الفوتون والتردد:

$$E = h.\vartheta$$

حيث:

- ✓ E ترمز الى طاقة الفوتون ويقدر ب eV.
- ✓ h ترمز الى ثابت بلانك.
- ✓ ϑ ترمز الى التردد وقيمته HZ.

❖مفهوم الفعل الكهرضوئي:

هو عملية تحويل الطاقة الضوئية التي تنتمي إلى الطيف المرئي في الطيف الكهرومغناطيسي إلى طاقة كهربائية بواسطة مادة شبه موصلة (ناقلة) مثل السيليكون والجرمانيوم

فعندما يسقط الفوتون (الضوء) على هذه المادة يمتصها مما يؤدي إلى انطلاق الإلكترونات داخل المادة وتوليد تيار كهربائي.

♦ تطبيقات الفعل الكهرضوئي:

يستخدم الفعل الكهرضوئي في عدة تطبيقات عملية ومنها:

1. الخلايا الشمسية(الألواح الشمسية):

هي عملية تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء فالفعل الضوئي هو أساس الخلايا الشمسية فعند سقوط ضوء الشمس على الخلية الشمسية ينتج تيار كهربائي.

2. تخزين الطاقة:

يمكن تخزين الكهرباء التي تم توليدها خلال النهار بإستخدام بطاريات لتوفيرها في الليل أو خلال فترات الطقس السيئة.

3. تطوير الأجهزة الإلكترونية:

يمكن الإستفاده من الفعل الكهرضوئي في تطوير الأجهزة الإلكترونية مثل:

1) الآلات الحاسبة الشمسية:

التي تعمل بالطاقة الشمسية فهي تحول ضوء الغرفة إلى كهرباء مما يسمح باستخدامها بدون الحاجة إلى البطاريات.

2) الدراجات الكهربائية المزودة بألواح شمسية صغيرة:

حيث يمكنها أن تشحن أثناء وجودها في الشمس مما يطيل من عمر البطارية ويقلل من الحاجة إلى شحن الكهرباء التقليدي.

3) الفضاء والأقمار الصناعية:

جميع الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض تعتمد على الخلايا الشمسية حيث تكون مزودة بألواح شمسية وذلك لضمان توفير الطاقة ولتشغيل المعدات مثل أجهزة الإتصالات وأجهزة الإستشعار.

♦ آلية الفعل الكهرضوئي:

هي العملية التي يتحرر فيها الالكترون من المعدن بفعل الضوء وبتسلسل حدوث هذه الظاهرة يمكن توضيح آليتها خلال الخطوات التالية:

➢ الخطوة الأولى: سقوط الضوء على المعدن

إن الضوء يسقط على سطح المعدن فالضوء يتكون من فوتونات وكل فوتون يحمل كمية محددة من الطاقة حيث تلتقي طاقة الضوء مع الالكترون في المعدن.

➢ الخطوة الثانية: امتصاص الالكترونات للطاقة

الالكترونات الموجودة في المعدن تمتص طاقة الفوتونات التي تصطدم بها ثم كل الكترون يحاول استغلال الطاقة القادمة من الفوتون وبدون امتصاص هذه الطاقة لن يتمكن الالكترون التحرر من المعدن.

➢ الخطوة الثالثة: التحقق من كفاية الطاقة

كل معدن له حد أدنى من الطاقة المطلوبة لتحرير الالكترون يسمى الشغل الكهربائي والالكترون يتحرر فقط إذا كانت الطاقة المكتسبة أكبر أو مساوية للشغل الكهريائي و إذا كانت الطاقة أقل من هذا الحد يبقى الالكترون مرتبطاً بالمعدن ولا يتحرر.

➢ الخطوة الرابعة: تحرير الالكترون من المعدن

عندما تحصل الالكترونات على طاقة كافية تتحرك من سطح المعدن وتصبح حرة وهذه الخطوة هي الجوهر الأساسي للفعل الكهرضوئي لأنها تظهر أن الطاقة تأتي في كمات صغيرة(الفوتونات) وليس بشكل مستمر.

➢ الخطوة الخامسة: حركة الالكترون الحر:

الالكترونات التي تحررت تبدأ بالتحرك بحرية في الفراغ أو داخل المعدن إذا كان متصلاً بدارة كهربائية وسرعة الالكترون الحر تعتمد على كمية الطاقة التي حصل عليها الفوتون.

➢ الخطوة السادسة: توليد التيار الكهربائي

إذا كان المعدن متصلاً بدارة كهربائية عندها تتحرك الالكترونات الحرة داخل الدارة وتولد تياراً حيث أن عدد الالكترونات يعتمد على شدة الضوء وطاقة كل الالكترون تعتمد على تردد الضوء.

مكونات أنبوب الخلية الكهرضوئية:

1. الغلاف الزجاجي المفرغ:

وهو أنبوب زجاجي له شكل اسطواني أو كروي يتم تفريغه من الهواء وأحياناً يُملأ بغاز خامل مثل الأرغون أو النيون بضغط منخفض لتحسين كفاءة انبعاث الالكترونات

حيث أنه يمنع تصـــادم الالكترونات المنبعثة من المهبط مع جزيئات الهواء وحماية الأقطاب الداخلية من التأكســد والسماح بمرور الضوء خلال جزء مخصص يسمى النافذة الضوئية.

2. النافذة الضوئية: هي جزء من الغلاف الزجاجي مصنوع من زجاج شفاف عالي النفاذية للضوء والأشعة فوق البنفسجية تدخل من خلالها الفوتونات إلى داخل الإنبوب لتصل إلى المهبط.
3. المهبط (الكاثود): هو سطح معدني أو شبه معدني مغطى بطبقة حساسة للضوء كالسيزيوم أو البوتاسيوم وعند ســـقوط الضـــوء عليه تمتص هذه الطبقة طاقة الفوتونات فإذا كانت طاقة الفوتونات أكبر من طاقة انتزاعها يتم تحرير الالكترونات.
4. المصعد (الأنود): هو سلك معدني أو صفيحة معدنية توضع أمام المهبط ومتصلة بالقطب الموجب لمصدر الجهد الخارجي

تصمم على شكل شبكة أو نصف أسطوانة لتجمع أكبر عدد ممكن من الالكترونات وبفضل فرق الجهد بين القطبين السالب والموجب يتم تسريع الالكترونات المنبعثة من المهبط وعند وصولها إلى المصعد يتكون تيار كهرضوئي يمر عبر الدارة الخارجية

5. مصدر كهربائي: يزود الأنبوب بفرق جهد بين المهبط والمصعد.
6. الأســـلاك والقاعدة المعدنية: تعمل على تثبيت المكونات الداخلية وتعمل على نقل التيار من الأقطاب داخل الأنبوبة إلى الدارة الخارجية.

♦ آلية عمل أنبوب الفعل الكهرضوئي:

عندما يصطدم ضوء ذو تردد كافٍ على سطح الكاثود تمتص ذرات المعدن طاقة هذه الفوتونات فإذا كانت طاقة هذه الفوتونات كافية (تردد الضوء أكبر من تردد العتبة) فإن الالكترونات تكتسب طاقة حركية كافية لتغادر سطح الكاثود. وهذه الالكترونات المنبعثة من الكاثود متجهه نحو الأنود فعند وصـــولها يمر تيار في الدارة الخارجية يعرف بالتيار الكهرضوئي.

القسم العملي:

ملاحظة: تم تنفيذ التجربة باستخدام موقع phet(https://phet.colorado.edu/en/simulations/photoelectric)

دراسة تأثير التردد على التيار الناتج من أجل عدة أنواع من الصفيحة المعدنية:

- نسقط الضوء على المهبط ونغير من تردده (نبدأ بتغيير اللون) مع اختيار نوع المعدن وليكن الصوديوم

نلاحظ عند التغيير من الأشعة تحت الحمراء وصولاً للون الأخضر لا يتحرر أي الكترون والتفسير لذلك هو أن طاقة الفوتون لا تزال أصغر من طاقة ارتباط الالكترون بالمعدن.

- عند الوصول الى اللون الأزرق تبدأ الالكترونات بالانطلاق من المهبط، ويزداد عددها بزيادة تردد الضوء ويبدأ تشكل التيار وبالوصول الى الأشعة فوق البنفسجية نلاحظ زيادة سرعة الالكترونات بسبب زيادة الطاقة الحركية لها وتزداد قيمة التيار لتصل الى 4.227 تقريباً.
- عند تغيير نوع المعدن للمهبط وليكن الكالسيوم، ونعيد الخطوات السابقة فنلاحظ أيضاً اعلى قيمة للتيار عند الأشعة فوق البنفسجية هي 4.227 تقريباً

ولكن الاختلاف أن انطلاق الالكترونات لا يبدأ الا عند الوصول للأشعة فوق البنفسجية.

تأثير جهد البطارية على قيمة التيار:

- نترك جهد البطارية على الصفر دون تغيير في قيمته فنلاحظ أنه لا يؤثر على حركة الالكترون المنطلقة من الكاثود الى الأنود ونلاحظ أيضاً أن قيمة التيار لن تتغير.
- عند وضع البطارية على القطب الموجب نلاحظ بأن هنالك تسريع بحركة الالكترونات وقيمة التيار لن تتغير ويرسم على المنحني خط مستقيم.
- عند وضع البطارية على القطب السالب عند قيمة معينة حيث أصبح الكاثود ذات شحنة موجبة والأنود ذات شحنة سالبة نلاحظ أن بعض الالكترونات يصل الى الأنود والبعض الآخر يرتد ويعود الى الكاثود والسبب هو أن الطاقة الحركية للالكترونات تتغلب على القوة الكهربائية التنافرية.

- **ملاحظة1:**

في حال زيادة القطبية أكثر نلاحظ أن كل الالكترونات ترتد وتعود الى الكاثود ويعود السبب الى أن شحنة الالكترونات سالبة والأنود اصبح سالباً فيكون هناك تنافر أي أن القوة الكهربائية التنافرية هي المسيطرة والالكترون يرتد تحت تأثير هذه القوة.

- **ملاحظة2:**

عندما نعكس قطبية الكاثود فإن التيار سوف ينعدم بلحظة معينة وهذا ما ندعيه جهد المانع وهو أقصى جهد نطبقه فينعدم عنده التيار.

تأثير الكثافة (شدة الضوء) على التيار:

- في هذه التجربة نلغي تأثير البطارية أي يكون جهد البطارية صفر، وهنا أصبح دور المصعد محايد (أي انه لا يساهم بجذب أو منع الالكترونات).
- نجعل شدة الضوء ضعيفة في البداية ونزيد من قيمة التردد تدريجياً حتى تبدأ الالكترونات بالتحرر

ثم نقوم بزيادة شدة الضوء الساقط تدريجياً هنا نلاحظ أن عدد الالكترونات المنبعثة يزداد من سطح المهبط (الباعث)ومنه تزداد قيمة التيار.

- نفسر هذه الزيادة بعدد الالكترونات بأن الضوء يتكون من فوتونات حسب العالم اينشتاين فإن زيادة شدة الإضاءة يؤدي الى زيادة عدد الفوتونات الساقطة في الحزمة الضوئية وكما نعلم أن كل الكترون يمتص فوتون واحد فقط أي كلما زاد عدد الفوتونات الساقطة يزداد عدد الالكترونات التي تمتص هذه الفوتونات ومنه يزداد عدد الالكترونات المتحررة وبالتالي يزداد التيار.

✓ **نستنتج مما سبق:**

أن هناك تناسب طردي بين شدة الضوء والتيار، فكلما ازدادت شدة الضوء ازداد التيار والعكس صحيح.

العلاقة بين طاقة الفوتون وتردد الضوء الساقط وحساب ثابت بلانك:

لدينا معادلة الضوء تنقسم الى قسمين:

1. الطاقة الحركية للالكترونات Kmax.
2. دالة الشغل ϕ، وهي أقل طاقة لازمة لتحرير الالكترون.

حيث:

$$Kmax = e.Vs$$

: أي أن الطاقة الحركية يمكن التعبير عنها بانها عبارة عن الجهد المانع مضروباً بشحنة الالكترون.

تصبح المعادلة

$$h.F = Kmax + \phi$$

$$\Rightarrow$$

$$h.F = \phi + e.Vs \quad .1$$

مثال توضيحي:

تخيل أن تقذف كرة من بئر عميق فإن عمق البئر هو دالة الشغل ϕ اللازمة لإخراج الالكترون وقوة القذف هي طاقة الفوتون $h.F$ وسرعة الكرة بعد خروجها هي الطاقة الحركية $Kmax$.

- إذاً الطاقة الحركية: هي أقصى طاقة حركية يمكن أن يمتلكها الالكترون بعد خروجه من سطح المعدن مباشرة نتيجة التأثير الكهرضوئي.
- هذه التجربة كانت من أهم التجارب التي توصلنا من خلالها لحساب ثابت بلانك من خلال العلاقة 1.
- ✓ لحساب ثابت بلانك نجري التجربة الآتية:

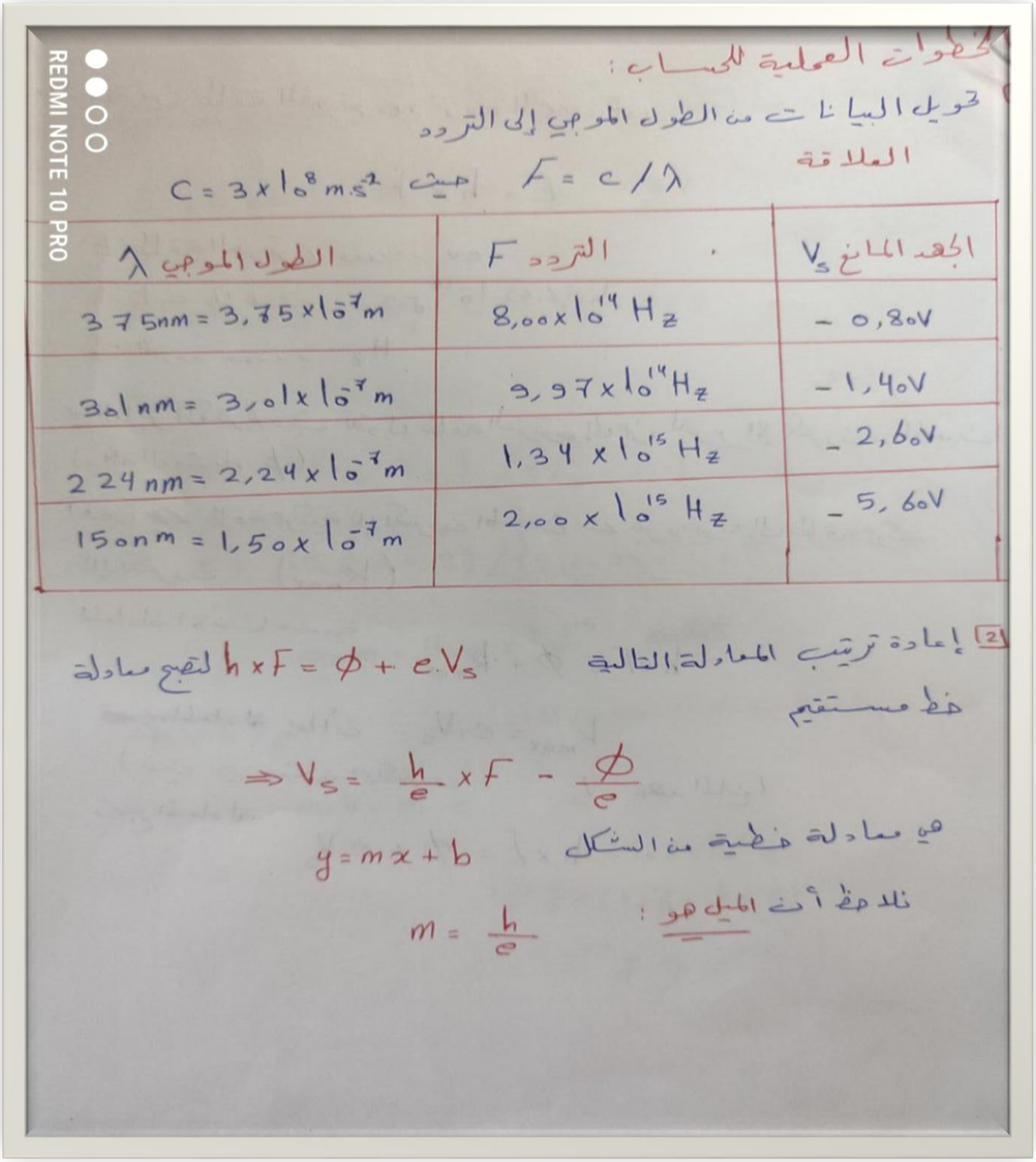
نثبت الكثافة ونأخذ قيمة للطول الموجي ولتكن **375nm**ونرى اذا كان هناك قيمة للتيار لان في تجربة حساب ثابت بلانك يجب معرفة الجهد المانع.

- ✓ ما هو الجهد المانع؟ هو أقل قيمة للجهد ينعدم عنده التيار.
- ✓ كيف نحسب الجهد المانع؟ بعكس القطبية أي نزيد القيمة السالبة للجهد الى ان ينعدم التيار فان قيمة الجهد السالبة لحظة انعدام التيار هي قيمة الجهد المانع وكانت قيمة جهد المانع عند التردد **375nm** وتساوي **-0.8.**

- نلاحظ أن الجهد المانع يزداد لماذا؟

لانه عندما نزيد الطول الموجي أو الترددات تزداد الطاقة الحركية للفوتون الساقط والالكترونات تمتص كل طاقة الفوتون لذلك عند زيادة الطاقة الحركية للالكترونات يجب زيادة الجهد المانع Vs لإيقافها.

الخطوات العملية للحساب:



3) حساب الميل من نقطتين : نأخذ النقطتين الأبعد للحصول على أدق نتيجة

النقطة الأولى :

$F_1 = 8,00 \times 10^{14}\ Hz$ ، $V_{s_1} = 0,8\ V$

النقطة الثانية :

$F_2 = 2,00 \times 10^{15}\ Hz$ ، $V_{s_2} = 5,6\ V$

الميل هو :

$$m = (V_{s_2} - V_{s_1}) / (F_2 - F_1)$$

$$m = (5,6 - 0,8) / (2,00 \times 10^{15} - 8,00 \times 10^{14})$$

$$\Rightarrow m = 4,0 \times 10^{-15}$$

4) حساب ثابت بلانك من الميل : بما أن $m = h / e$

$$\Rightarrow h = m \cdot e$$

نعلم أن $e = 1,6 \times 10^{-19}\ C$

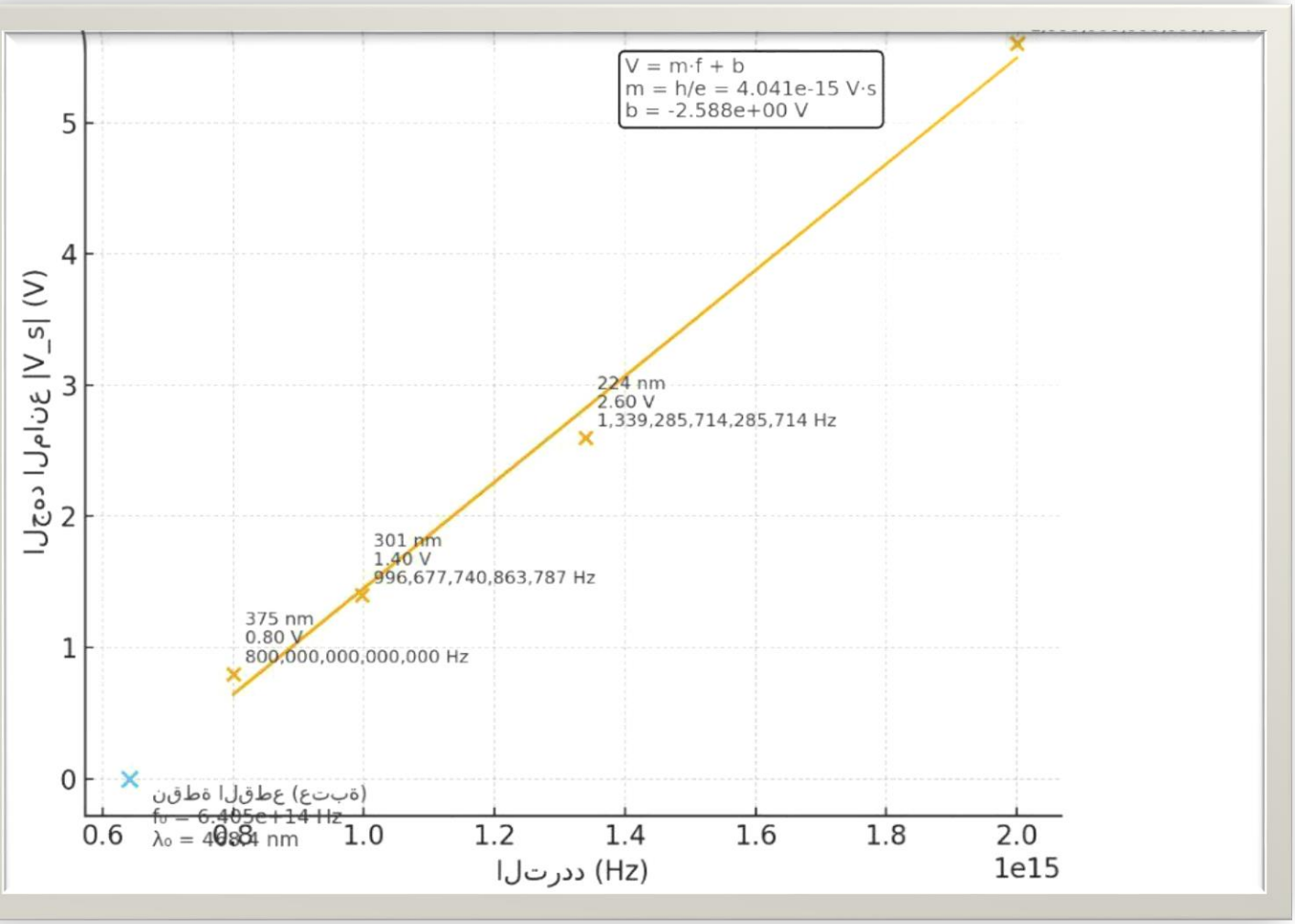
$$\Rightarrow h = (4,0 \times 10^{-15}) \times (1,6 \times 10^{-19})$$

$$= 6,4 \times 10^{-34}\ J.S$$

* التحقق من النتيجة : نعلم أن القيمة النظرية المعروفة لثابت بلانك هي $6,62 \times 10^{-34}\ J.S$

والقيمة التي ظهرت عند الحساب هي $6,4 \times 10^{-34}\ J.S$

الفرق هو $3,3\%$ ويرجع لأخطاء القياس بجهد المانع.


V = m·f + b
m = h/e = 4.041e-15 V·s
b = -2.588e+00 V
224 nm
2.60 V
1,339,285,714,285,714 Hz
301 nm
1.40 V
996,677,740,863,787 Hz
375 nm
0.80 V
800,000,000,000,000 Hz
نقطة القطع (عتبة)
f₀ = 6.405e+14 Hz
λ₀ = 468.4 nm
الجهد المانع |V_s| (V)
التردد (Hz)
1e15
0
1
2
3
4
5
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0