

☆ بسيطة

الفيزياء، البكالوريا، الفرع العلمي

الفعل الكهرحراري ورأسم الاهتزاز الإلكتروني

انتزاع الإلكترونات بالتسخين، وأقسام رأسم الاهتزاز الثلاثة: المدفع الإلكتروني والجملة الحارفة والشاشة المتألقة الإلكترونية والجسم الصلب . الوحدة 4 . الدرس 4

لا يكاد يخلو مختبرٌ بحثيٌّ أو طبيٌّ من جهاز رأسم الاهتزاز الإلكتروني، وهو يعتمد على الفعل الكهرحراري، إحدى طرائق انتزاع الإلكترونات التي مرّت في درس انتزاع الإلكترونات وتسريعها. كيف نفسر هذه الظاهرة، وما الأقسام الرئيسية لرأسم الاهتزاز؟ نتابع مع الكتاب في الصفحات 213 إلى 218.

الفعل الكهرحراري

نسحق سلكاً معدنيّاً، الكتاب، الصفحة 214. تكتسب بعض الإلكترونات الحرّة قرب السطح طاقةً تزيد من سرعتها وحركتها العشوائية، فينطلق بعضها من ذرات السطح، ويكتسب سطح المعدن شحنةً موجبة. وباستمرار التسخين يزداد خروج الإلكترونات وتزداد شحنة المعدن، فيزداد جذبُه للإلكترونات المنطلقة، حتّى يتساوى في لحظةٍ ما عدد الإلكترونات المنطلقة مع عدد العائدة إلى السطح، فتتشكّل حول السلك سحابةٌ إلكترونية كثافتها ثابتة.

تذكّر: «الفعل الكهرحراري هو انتزاع إلكترونات حرّة من سطح معدنٍ بتسخينه إلى درجة حرارةٍ مناسبة.» الكتاب، الصفحة 214.

اكتشف الظاهرة توماس أديسون حين لاحظ أنّ الهواء المحيط بسلك المعدن المتوهّج صار ناقلاً. وإذا طبّقنا حقلاً كهربائياً خارجياً لم تعد الإلكترونات إلى سطح المعدن، بل تتحرّك في الحقل نحو المصعد، فيُسهّم ذلك في إصدار إلكتروناتٍ جديدة، وتتسارع الإلكترونات مكوّنةً حزمةً إلكترونية. ويزداد عدد الإلكترونات المنتزعة في الثانية كلّما قلّ الضغط المحيط بالسطح، وكلّما ارتفعت درجة حرارة المعدن.

يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة في الثانية من سطح معدنٍ مسحقٍ كلّما:

| كيف أبدأ؟ الكتاب، الصفحة 214، يذكر شرطين.

أ) ازداد الضغط المحيط بسطحه

ب) ارتفعت درجة حرارة المعدن

ج) انخفضت درجة حرارة المعدن

ب. نعم: ويزداد أيضاً كلّما قلّ الضغط المحيط.

لماذا تبقى كثافة السحابة الإلكترونية حول السلك المسخن ثابتة؟

| كيف أبدأ؟ قارن عدد الإلكترونات المنطلقة بعدد العائدة.

(أ) لأنّ السلك يتوقّف عن إصدار الإلكترونات

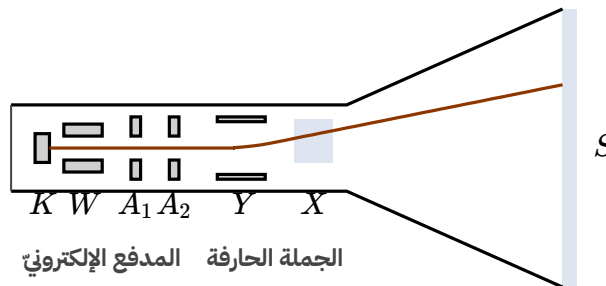
(ب) لأنّ الإلكترونات تتعادل مع ذرات الهواء

(ج) لأنّ عدد المنطقة يساوي عدد العائدة إلى السطح

ج. نعم: المعدن الموجب يجذب بعضها إليه، الكتاب، الصفحة 214.

رأس الاهتزاز: المدفع الإلكتروني

يتألّف رأس الاهتزاز الإلكتروني من أنبوب زجاجي متين يتحمّل الضغط، أسطوانيّ ضيّق في بدايته، ومخروطيّ متّسع في نهايته، ومخلّى من الهواء. وفيه ثلاثة أقسام: المدفع الإلكتروني، والجملة الحارفة، والشاشة المتألّقة. الكتاب، الصفحة 215.



رأس الاهتزاز في مقطع: المهبط K ، وشبكة وهلت W ، والمصعدان A_1 و A_2 ، وصفيحتا الحرف الأفقيّتان Y ، وصفيحتا الحرف الشاقوليتان X أمام الحزمة وخلفها، والشاشة S . الكتاب، الصفحة 215. الرسم من عندنا.

يتألّف المدفع الإلكتروني من: 1. المهبط: صفيحة معدنيّة يطبّق عليها توترٌ سالب، تُصدر إلكتروناتٍ بالفعل الكهرحراري، وتُسخّن تسخيناً غير مباشر بسلك تنغستين يمرّ فيه تيارٌ متواصل. 2. شبكة وهلت: أسطوانة تحيط بالمهبط في قاعدتها ثقبٌ ضيّق، توصل بتوترٍ سالبٍ قابلٍ للتغيير. 3. مصعدان يسرّعان الحزمة على مرحلتين: الأولى بين الشبكة والمصعد الأوّل بتوترٍ عالٍ موجبٍ قابلٍ للتغيير، والثانية بين المصعدين بتوترٍ عالٍ موجبٍ ثابت.

تذكّر: لشبكة وهلت دورٌ مزدوج لضبط الحزمة الإلكترونية، الكتاب، الصفحة 215: «تجميع الإلكترونات الصادرة عن المهبط في نقطة تقع على محور الأنبوب»، و«التحكّم بعدد الإلكترونات النافذة من ثقبها من خلال تغيير التوتر السالب المطبّق على الشبكة ممّا يغيّر من شدّة إضاءة الشاشة».

انتبه: شبكة وهلت لا تُصدر إلكترونات ولا تسرّعها ولا تحرفها: الإصدار من المهبط، والتسريع من المصعدين، والحرف من الجملة الحارفة. دورها الضبط: التجميع والتحكّم بالإضاءة.

نزيد القيمة المطلقة للتوتر السالب المطبق على شبكة وهلت. ماذا يحدث؟

| كيف أبدأ؟ الشبكة السالبة تصدّ الإلكترونات عن ثقبها.

(أ) تقلّ شدة إضاءة الشاشة

(ب) تنحرف البقعة على الشاشة

(ج) تزداد سرعة الإلكترونات عند الشاشة

أ. نعم: ينفذ من الثقب عدد أقلّ من الإلكترونات.

الجملة الحارفة والشاشة المتألّقة

تتألّف الجملة الحارفة، الكتاب، الصفحة 215، من مكثّفةٍ مستوية لبوساها أفقيّان، حقلها الكهربائيّ شاقوليّ فتحرف الحزمة شاقوليّاً، ومكثّفةٍ مستوية لبوساها شاقوليّان، حقلها أفقيّ فتحرف الحزمة أفقيّاً. وانحراف الإلكترون بين لبوسين مرّ في درس انتزاع الإلكترونات وتسريعها: مساره جزء من قطع مكافئ. ويمكن أن نستخدم بدل الصفائح زوجين من الوشائع، أحدهما أفقيّ والآخر شاقوليّ.

وتتألّف الشاشة المتألّقة من طبقةٍ سميكة من الزجاج، وطبقةٍ رقيقة ناقلية من الغرافيت، وطبقةٍ رقيقة من مادّة متألّقة هي كبريت الزنك. وتغطّي الشاشة من الداخل بوريقة من الألمنيوم لا يتجاوز ثخنها بضعة ميكرونات: تسمح للإلكترونات المسرّعة بالعبور فتصطدم بالمادّة المتألّقة، وتعكس الضوء الذي تُصدره هذه المادّة إلى خارج الأنبوب. ويُطلّى الأنبوب من الداخل بطبقةٍ من الغرافيت تحمي الحزمة من الحقول الخارجيّة، وتعيد الإلكترونات التي سبّبت التألّق إلى المصعد فتُغلق الدارة. الكتاب، الصفحتان 215 و 216.

نطبق توتراً على اللبوسين الأفقيّين وحدهما. تنحرف البقعة على الشاشة:

| كيف أبدأ؟ لبوسان أفقيّان يعطيان حقلاً شاقوليّاً.

(أ) شاقوليّاً

(ب) أفقيّاً

(ج) لا تنحرف، لأنّ الحزمة تحميها طبقة الغرافيت

أ. نعم: الكتاب، الصفحة 215.

يُطلّى أنبوب رأسم الاهتزاز من الداخل بطبقةٍ من الغرافيت. دورها:

| كيف أبدأ؟ الكتاب، الصفحة 216، يذكر دورين.

(أ) جعل الشاشة تتألّق

(ب) تسريع الحزمة الإلكترونيّة

(ج) حماية الحزمة من الحقول الخارجيّة، وإعادة الإلكترونات إلى المصعد

ج. نعم: الدوران معاً، الكتاب، الصفحة 216.

استخدامات راسم الاهتزاز

يُستخدم راسم الاهتزاز، الكتاب، الصفحة 216، في دراسة الحركات الدورية السريعة كالتيارات المتناوبة والاهتزازات الصوتية، إذ يُظهر تحولات التوتر بتأثير الزمن على شكل منحني بياني له تواتر الحركة المدروسة نفسه. ويمكن للجهاز قياس فرق الكمون المستمر أو المتناوب بواسطة الشاشة المقسمة إلى تدريجات مناسبة. ويُستخدم أيضاً في أجهزة الاستقبال التلفزيونية، حيث تُستبدل بالمكثفات وشائع تحريضية تقوم بالعمل ذاته، وفي التكبير مثل المجهر الإلكتروني، وفي أجهزة الرادار.

انتبه: ينصح الكتاب، الصفحة 218، بعدم تقريب المغناطيس من شاشة التلفزيون في أثناء تشغيلها. السبب ممّا مرّ في الأشعة المهبطية: الحزمة إلكترونات متحركة، فيحرفها الحقل المغناطيسي عن مكانها على الشاشة.

من الكتاب: مسألة

المسألة، الكتاب، الصفحة 218: تبلغ الطاقة الحركية لأحد إلكترونات حزمة من الإلكترونات المنتزعة $1.8 \times 10^{-16} \text{ J}$ ، والحزمة تكافئ تياراً شدته $10 \mu\text{A}$ ، مع $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ و $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$. المطلوب سرعة الإلكترونات، وكثافة الحرارة المنتشرة خلال 30 s إذا اصطدمت الحزمة بصفحة معدنية وتحولت طاقتها الحركية بالكامل إلى حرارة، وعدد الإلكترونات التي تصل الصفحة في الثانية.

$$v, Q, N = ?$$

$$1. \text{ السرعة } E_k = \frac{1}{2} m_e v^2 :$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 1.8 \times 10^{-16}}{9 \times 10^{-31}}}$$

$$v = 2 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

2. عدد الإلكترونات في الثانية الشحنة التي تصل في ثانية $q = It$ ، وكل إلكترون يحمل e :

$$N = \frac{I}{e} = \frac{10 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$N = 6.25 \times 10^{13}$$

3. الحرارة خلال 30 s كل إلكترون يعطي طاقته الحركية كلها:

$$Q = N t E_k$$

$$N t = 6.25 \times 10^{13} \times 30$$

$$N t = 1.875 \times 10^{15}$$

$$Q = 1.875 \times 10^{15} \times 1.8 \times 10^{-16}$$

$$Q \approx 0.34 \text{ J}$$

الحزمة تيار: عدد إلكتروناتها في الثانية من شدته:

$$N = \frac{I}{e}$$

حزمة إلكترونية تكافئ تياراً شدته $10 \mu\text{A}$. عدد الإلكترونات التي تصل الشاشة في الثانية:

كيف أبدأ؟ $N = \frac{I}{e}$ ، و $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$.

(أ) 1.6×10^{-24}

(ب) 6.25×10^{13}

(ج) 6.25×10^{19}

ب. نعم: الكتاب، الصفحة 218.

المصدر: الفيزياء، الصفحات 213 إلى 218 من الطبعة الرسمية 2025 / 2026.