مختبر الفيزياء الحديثة

رقم التجربة ( )

اسم التجربة : **الانبعاث الأيوني الحراري (Thermionic Emission)**

هدف إجراء التجربة: (The purpose of exp.)

١- أثبات صحة معادلة ريتشارد سون.

٢- قياس دالة الشغل لمعدن التنكستن.

النظرية: (Basic Theory)

ظاهرة الانبعاث الأيوني الحراري(Thermal ionic emission)

هي ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح معدن معين عند رفع درجة حرارته لدرجة الاحمرار وهي ظاهرة اكتشفها العالم أديسون حيث تستفيد بعض الإلكترونات الحرة على سطح المعدن من هذه الحرارة للإفلات من سطح المعدن وشرط حدوث هذه الظاهرة عندما يمتلك الإلكترون دالة الشغل وهي الطاقة اللازمة للتغلب على قوة التجاذب الكهربائي مع النواة والإفلات من سطح المعدن حيث تتناسب الطاقة الحركية للإلكترون تناسبا طرديا مع درجة الحرارة.

تفسير ظاهرة الانبعاث الثرموأيوني :- ترتبط الإلكترونات الحرة الموجودة بالقرب من سطح المعدن بالنواة بطاقة معينة سببها قوة التجاذب بين الإلكترونات السالبة والنواة الموجبة. ولكي يترك الإلكترون سطح المعدن لا بد له من الحصول على طاقة تكفي للتغلب على قوة التجاذب بينه وبين النواة . وتسمي تلك الطاقة باسم دالة الشغل.

اذن دالة الشغل (؟)هي الطاقة التي يستهلكها الإلكترون للقيام بشغل للهروب من سطح المعدن وتقاس بوحدات الكترون فولت.

وتتناسب الطاقة الحركية للإلكترون تناسبا طرديا مع درجة الحرارة. ولذلك فإن الانبعاث الثرموأيوني يحدث إذا ارتفعت درجة حرارة المعدن إلى درجة الاحمرار.

شدة الالكترونات المنبعثة تزداد عند رفع درجة حرارة الباعث حسب معادلة ريشارد –.:

المادة الباعثة الأيونية الحرارية:

تعرف المادة التي تبعث الالكترونات بالباعث او المهبط (الكاثود) حيث يسخن اثناء الاستخدام في محيط مفرغ من

الهواء لان وجود الهواء يؤدي الى احتراقه بسب وجود الاوكسجين.

خواص الباعث الايوني الحراري:

ان يمتلك دالة شغل واطئة لكي تنبعث الالكترونات باقل شغل منجز.

ان تمتلك درجة انصهار عالية لان الانبعاث يحدث عند درجات حرارة اعلى من C^o ١٥٠٠, لذلك لا يستخدم النحاس كمادة باعثة بسب درجة انصاهره الواطئة (C^o ١٠٨٠) بالرغم من امتلاكه دالة شغل قليلة.

لتتحمل الاهتزازات والصدمات اثناء العمل فمن المعروف انه لايمكن باي حال تفريغ الأجهزة المفرغة تفريغا تاما ذلك لان سطوح البواعث ،لهذه الأجهزة، تحتوي غازات ممتصة يمكنها الانفصال في اثناء التشغيل .ان اصطدام الالكترونات المنبعثة سوف يؤين هذه الغازات وبالتالي فان الايونات المتبقية سوف تتجه الى الباعث لتصطدم به وعليه سوف تؤدي اخيرا ومع مرور الزمن الى إضعاف الباعث.

يعد التنكستن من احسن العناصر في بعث الالكترونات حراريا وذلك بسبب درجة انصهاره العالية ومتانته الكهربائية مما جعله شائع الاستعمال في الصمامات والاجهزة ذات القدرات والجهود العالية التي تزيد عن ٥٠٠ فولت.

الصمامات الإلكترونية (الأنابيب المفرغة) (Vacuum Tubes)

لم يعد استخدام الصمامات شائعا ألا في حالات خاصة التي تتطلب قدرات عالية مثل اجهزة الارسال، بسبب حجمها الكبير وزيادة تكاليف صناعته واحتياجه الى مصدر تسخين .وكانت الصمامات تستخدم في الراديو والهاتف والحاسبات وغيرها .الا ان معرفة تركيبها وطبيعة عملها يساعد في فهم تركيب وعمل الثنائي البلوري والترانسستور . وعلى الرغم من أن الترانزستورات قد حلت محل الصمامات في كثير من التطبيقات إلا أن الصمامات العالية القدرة لا زالت مستخدمة في التطبيقات التي يلزمها قدرة عالية كمحطات البث الإذاعي والرادارات .

إن المعادن تتميز في تركيبها بوجود عدد هائل من الالكترونات الحرة وهذه الالكترونات لا تكون مقيدة بشكل دائم ولكن تتحرك بطلاقة داخل المعدن . كما إن هذه الالكترونات تجعل من عامة المعادن جيدة التوصيل الكهربائي .

يوجد حاجز جهد عند سطح المعدن يمنع هروب هذه الالكترونات عند درجة الحرارة الاعتيادية وعند تسخين المعدن الى درجة حرارة كافية تقوم بعض هذه الالكترونات باكتساب طاقة كافية للتغلب على حاجز الجهد.

وقد وجد في عدد من الاختبارات لعدد من المعادن إن قيمة الطاقة الدنيا لتحرير الالكترون من سطح المعدن مساوية لدالة الشغل للمعدن (دالة الشغل هي أقل طاقة لازمة لنقل الالكترون من داخل المعدن الى نقطة على سطح المعدن.) حيث يطلق على ظاهرة انبعاث الالكترونات من المعدن بظاهرة الانبعاث الأيوني الحراري ، كما يطلق على الالكترونات المنبعثة بالايونات الحرارية.

وقد وجد في عدد من الاختبارات ان تيار الانبعاث الحراري يعتمد على مادة المعدن ودرجة حرارته.

ان الالكترونات الحرارية و الكهروضوئية لها أصل واحد داخل المعدن على الرغم من اختلاف الطريقة التي يحصل فيها الالكترون على طاقة كافية للهروب من سطح المعدن.

فلمعدن باعث معين عند درجة حرارة T فأن كثافة تيار الانبعاث تساوي

$$J = A_o T^2 e^{(-\frac{w}{kT})} \ (\mathrm{A/cm^2}) \qquad (1)$$

حيث J تمثل كثافة التيار المنبعث من الكاثود المعدني نحو الانود (الهدف) حيث تمثل تيار الانود I_a مقسوما على المساحة السطحية للكاثود

الباعث (S)

$$J = \frac{I_a}{S} \qquad (2)$$

A_o ثابت يعتمد على نوع المعدن المستخدم.

T درجة حرارة المعدن الباعث المطلقة.

$$k = 1.38 \times 10^{-23} (J / k^0)$$

w تمثل دالة الشغل للمعدن بدرجة الصفر المطلق بوحدات (Joule)

يطلق على معادلة (١) معادلة ريتشاردسون (Richardson) وتكتب في بعض المصادر كالتالي :

$$J = A_o T^2 \exp\left(-\frac{e\phi_c}{kT}\right)$$

حيث إن ϕ_c تمثل دالة الشغل بوحدات (eV)

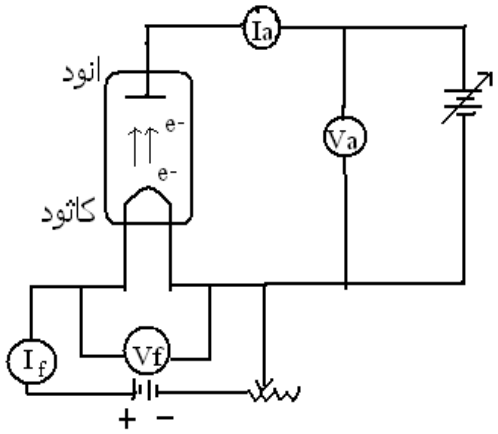
ومن ناحية نظرية وباستخدام بعض الثوابت نجد إن :

$$A_o = \frac{4\pi emk^2}{h^3} = 1.199 \times 10^6 \ (A / m^2 . k^2)$$

$$A_o = 119.9 (A / cm^2 . k^2) \approx 120 (A / cm^2 . k^2)$$

طريقة العمل:

١- أربط الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل التالي



٣- ثبت الفولتية V_a عند قيمة معينة بما فيه الكفاية لتعطي حد الإشباع .

٤- أبدأ بتغير فولتية الكاثود V_f تدريجيا ثم سجل التغيرات المقابلة (في تيار الفتيلة If وتيار الانود Ia) تبعا لذلك.

٥- أحسب مقاومة الفتيلة لكل من قيم تيار و فولتية الفتيلة $R_f = \frac{V_f}{I_f}$ ثم احسب درجة حرارة الفتيلة t مستخدما العلاقة:

$$R_f = R_o(1+xt)$$

Were $R_t = R_f$, $R_o = 0.7272\,\Omega$

$x = 45\times10^{-3}/^oC$

R_0 تمثل مقاومة الفتيلة عند درجة الصفر المطلق.

X تمثل المعامل الحراري للمقاومة .

٥- ارسم العلاقة البيانية بين $\ln\left(\frac{J}{T^2}\right)$ و $\frac{1}{T}\left(\mathrm{K}^{-1}\right)$ حيث

T(K)=t(C)+٢٧٣.١٥

و من المنحني احسب قيمة دالة الشغل w وقيمة الثابت A عمليا. حيث من معادلة (١) :

$$\ln\left(\frac{J}{T^2}\right)=-\frac{w}{KT}+\ln A_0 \qquad (3)$$

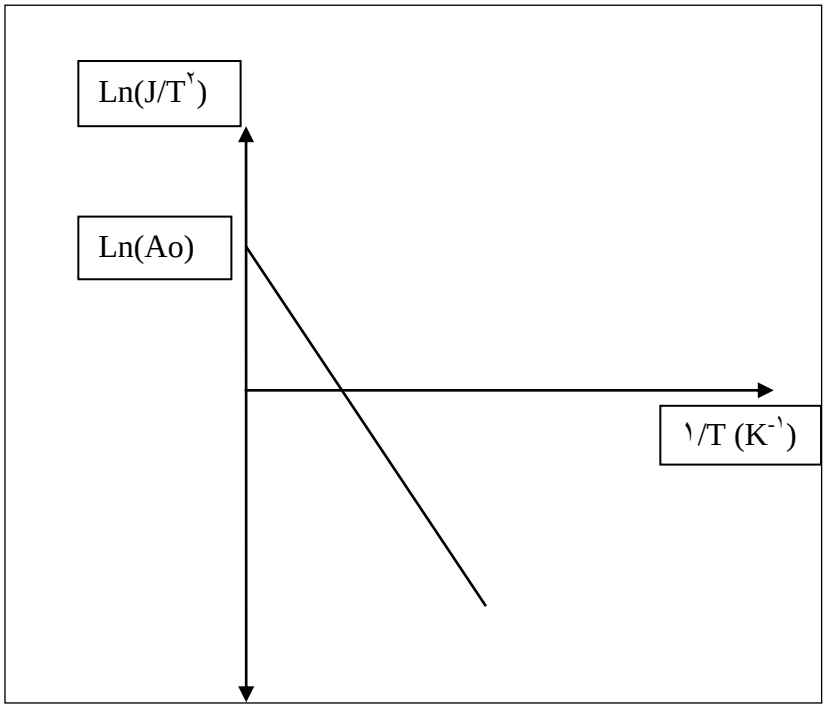
بالمقارنة مع معادلة الميل $y=mx+c$ فأن: $m=slope=-\frac{w}{K}$

وبالتالي:

$$w=-K\times Slope \qquad (4)$$

أحسب قيمة دالة الشغل بوحدات (eV)

٦- أحسب قيمة الثابت A_0 من الرسم البياني



حيث نقطة تقاطع المنحني مع المحور تمثل $\ln(A_o)$ ومنها نجد قيمة A_o

القراءات:

V_f (mV)	I_f (mA)	$I_a x\,10^{-6}$ (A)
٤	٢.٣٥	٤٥.٠٤
٤.٤	٢.٥٥	٤٧.٨٧
٤.٨	٢.٦	٦٥.٢٩
٥.٢	٢.٧	٧٩.٨٦
٥.٦	٢.٨	٩٦.٠١

حيث أن $S=1cm^2$