جامعة تكريت

كلية التربية / طوزخورماتو

قسم الفيزياء

تجارب الكهربائية للمرحلة الأولى

مدرس المادة

نهـــاد عــلي شـــفيق

٢٠١٥_٢٠١٦

أعـــــــــداد: د. نهاد علي شفيق

تجربة رقم(١)

قانـــون أوم

العلاقة بين فرق الجهد والتيار ومقاومة سلك تعطي حسب قانون يدعى بـ أوم

والذي ينص على ان شدة التيار المار في سلك موصل يتناسب تناسباً طردي مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوث درجة الى الحرارة أي ان نسبة الجهد بين طرفي سلك موصل الى شدة التيار المار به كمية ثابتة تدعى بالمقاومة الكهربائية وهي الممانعة التي يبديها سلك موصل لمرور التيار فيه .

R=V\I=CONSTANT

حيث ان Rمقاومة السلك الموصل بالاوم

وV فرق الجهد عبر طرفيه بالفولت

I شدة التيار المار بالامبير

ويطبق قانون اوم على أي جزء من اجزاء الدائرة قد لا تحتوي على مصدر القوة الدافعة الكهربائية **E** كما يمكن تطبيقه على دائرة تحتوي على مصدر القوة الدافعة الكهربائية.

أ_تحقيق قانون اوم عمليا :(أي العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار).

١.اربط بطارية كهربائية وريوستات ومفتاح ومقاومة ثابتة واميتر بحيث يكون كلها على

التوالي .ثم أربط فولتميتر مع مقاومة على التوازي

٢.أمرر التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية واقر الفولتميتر فتحصل على فرق الجهد بين طرفي المقاومة الثابتة وليكن V فولت واقرا الاميتر فتحصل على شدة التيار المار في المقاومة الثابتة ولتكن I امبير.

٣.غير مقاومة الريوستات وستشاهد تغيير قراءة الفولتميتر اي تغير فرق الجهد V كما تتغير قراءة الاميتر أي شدة التيار.

٤.كرر الخطوة بتغير المقاومة ريوستات ورتب القيم Vوا كما مبين بالشكل التالي

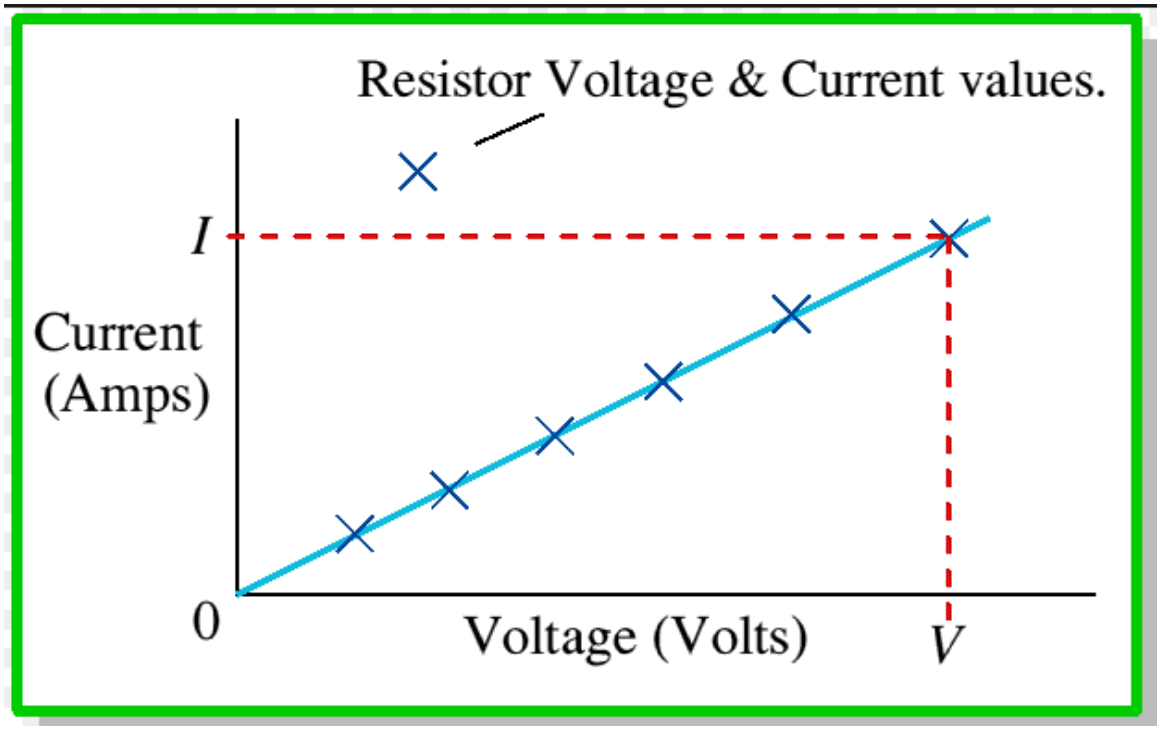
أعـــــــــــداد: د. نهاد علي شفيق

فرق الجهد(فولت)	شدة التيار (امبير)	مقاومة (اوم)

من النتائج السابقة جد قيمة R فماذا ستنتج ؟

(قيمة R هي النسبة بين I وv مقدرة بوحدات اوم)

يمكن رسم قيم v بالفولت على محور الصادي وقيم Iبالامبير على المحور السيني ينتج عن ذلك خطا مستقيما يمر بنقطة الاصل وانحداره يساوي قيمة Rبالاوم



تجربة رقم (٢)

ايجاد قيمة مقاومات مجهولة باستعمال قنطرة وتستون :

الاجهزة المستخدمة :

قنطرة وتستون, خلية جافة, مفتاح, مجموعة من المقاومات المجهولة, مجموعة المقاومات القياسية, كلفانوميترحساس, مفتاح منزلق.

طريقة العمل :

١- اربط الدائرة كما في الشكل.
٢- اغلـــــــق المفتاح K وحرك المفــتاح المنزلق حتـى تحصل على نقطة الاتزان D, (انحراف المؤشر الكلفانوميتر صفرا).
٣- قس طول (CM) $AD=L_1$ وطول (CM)$DC=L_2$
٤- بدل مواقع X,S, وحرك المفتاح المنزلق حتى تحصل على نقطة الاتزان الاخرىD,قس طول (CM)AD=L1وطولAC=L2
٥- اوجد معدل L1',L2'وl1,l2

ملاحظة:

قيمة المقاومة القياسية S تختار بحيث تحصل نقطة الاتزان تقريبا وسط مسافة AC على سلك المجهاد.

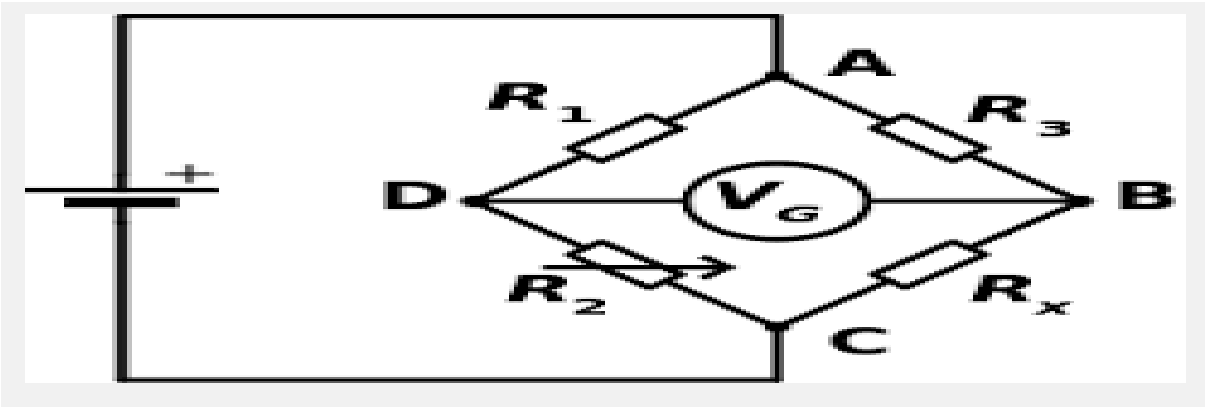
النظرية:

الشكل ABCD يمثل قنطرة وتستون, في نقطة الاتزان (عندما تكون قراءة الكلفانوميتر صفرا)

فرق الجـــــــــــــهد بين النقطتين D,B يساوي صفرا ,اي ان فرق الجهد على طولBD

$(P.d)_{b-d}=0$

أعـــــــــــداد: د. نهاد علي شفيق



الشكل اعلاه يمثل شكل تخطيطي لقنطرة وتستون

عند نقطة الاتزان فرق الجهد بين A.B=فرق الجهد A,D

$(P.D)_{a-b}=(p.d)_{a-b}$

$I_2.R_3=I_1.R_1$.....(1)

فرق الجهد بين النقطتين c,b=فرق الجهد بين النقطتين C,D.

$(P.d)_{D-C}=(p.d)_{B-C}$

$I_2.R_4=I_1.R_2$.....(2)

بقسمة المعادلة(١)على(٢) ينتج :

$R_1/R_2=R_3/R_4$

ولسلك القنطرة R_3 = مقاومة طول السلك L_1

ولسلك القنطرة R_4 = مقاومة طول السلك L_2

(لان مقاومة السلك تتناسب مع طوله)

$R_1/R_2=L_1/L_2$

$R_1=X, R_2=S$

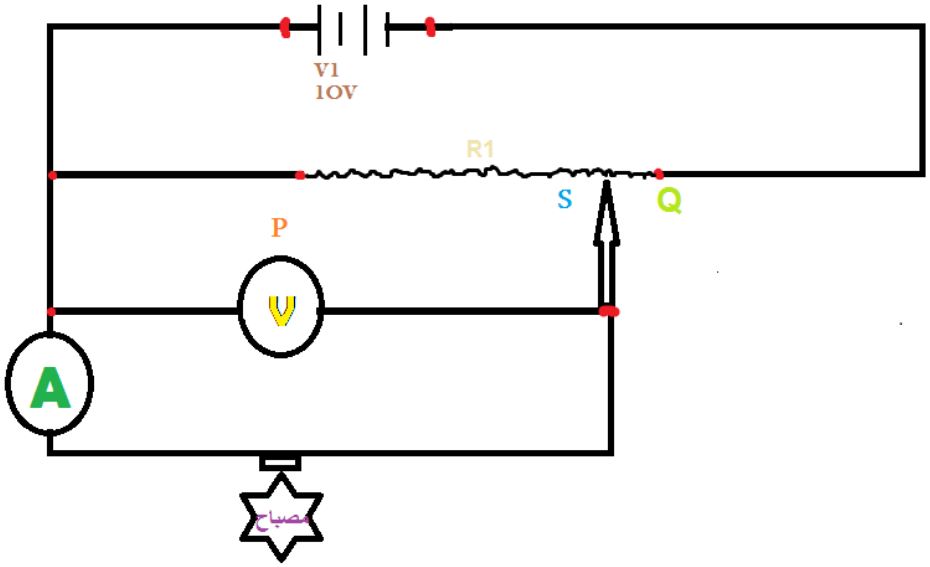
$X/S=L1/L2$

$X=S.L_1/L_2$.....(3)

من المعادلة (3) اعلاه يمكن حساب قيمة المقاومة المجهولة X بالاوم علما بان قيمة المقاومه S بالاوم (قياسية).

تجربة (٣):

لبحث العلاقة بين التيار المار خلال خويط مصباح التنكستن والجهد المسلط على طرفيه:



الاجهزة :

مصدر فولتية واطئة D.C.,مقاومة متغيرة عالية لتستخدم كمجزء جهد,فولتية يقرا ١٢V , اميتر.3Amp, مصباح سيارة ,١٢V, ٣٦watt.

طريقة العمل:

١-اربط الدائرة كما في الشكل اعلاه حيث PQ تمثل المقاومة المتغيرة العالية.

٢- ابدا بالمنزلق S قرب النهايه P للمقاومة المتغيرة, اضبط موقع S حتى تحصل على جهد

٣-سجل التيار المار خلال الخيوط من قراءة الاميتر

٤-الان حرك S باتجاه Q وحصل على عده قيم للجهد والتيار الى ان تحصل على اقصى جهد مسموح به مسلط على المصباح

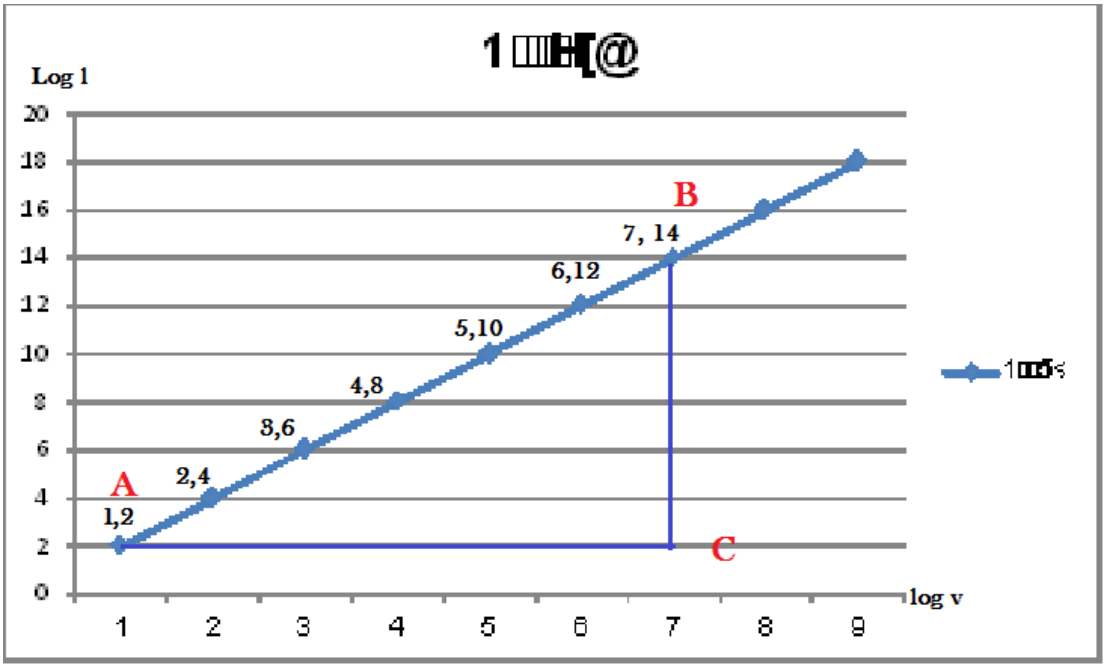
أعـــــــــــداد: د. نهاد علي شفيق

النتائج :

العلاقة بين التيار I ؛ خلال الخيوط المسخن والجهد المسلط V تعطي بالمعادلة العامة التالية

$I=K.V^n$

Log I	Log V	I(Amper)	V(Volt)



حيث n,k هي ثوابت خاصة بالمصباح .

للعلاقة التجريبية بين I,v يمكن الحصول على قيمة الثوابت n,k من الرسم البياني بين log I مقابل log V لذا

$$\text{Log I} = n \log v + \log k$$

وهذا هو خط مستقيم وميله BC/AC يعطي قيمة n القطع OA على محور log I يعطي قيمة log K ومنها يمكن حساب قيمة K .

تجربة (٤)

تحقيق تفريغ متسعة مشحونة وحساب ثابت الزمن لها :

الاجهزة المستخدمة :

متسعة قيمتها 1000مايكروفارادوفولتيميتر ومصدر للتيار المستمر ومفتاح مزدوج وساعة توقيت ومقاومة ثابتة

النظرية:

اذا تركت متسعة ذو شحنة ابتدائية Qo لتفرغ شحنتها خلال مقاومة كبيرة R فانه بعد زمن t تكون الشحنة المتبقية Q كما في المعادلة التالية:

$Q=Q_0.e^{-t/Rc}$

$I=I_0.e^{-t/Rc}$----------(1)

حيث I هي شدة التيار التفريغ ,I_0 هي قيمة التيار عند الزمن t=0 بأجراء تفاضل المعادلة I بالنسبة للزمن

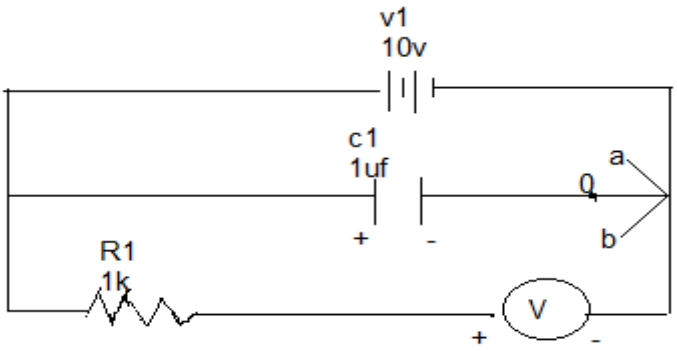
$dI/dt =-I_0/Rc .e^{-t/Re}$

$dI/dt=-1/Rc.I$---------- ----------(2)

والقيمة Rc تسمى ثابت الزمن للدائرة .

الغرض من التجربة :

ايجاد سعة المتسعة .



طريقة العمل:

١- اربط الدائرة كما في الشكل

٢- اشحن المتسعة وذلك بغلق مفتاح الأول وسجل قيمة الفولتية V_0عن طريق فولتيميتر .

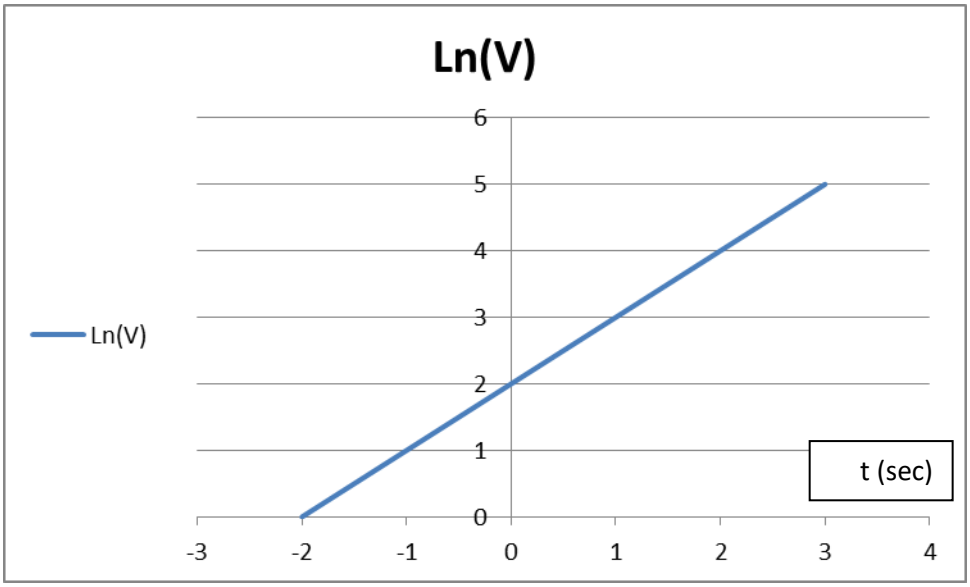
٣- افتح المفتاح الأول ومن ثم اغلق المفتاح الثاني مع فتح ساعة توقيت وسجل الزمن اللأزم لكي تصل الى فولتية معينة اقل من الفولتية V_0.

٤- اعد الخطوات السابقة ولفولتيات مختلفة مع تسجيل الزمن المقابل لها .

٥- دون المعلومات كما في الجدول التالي .

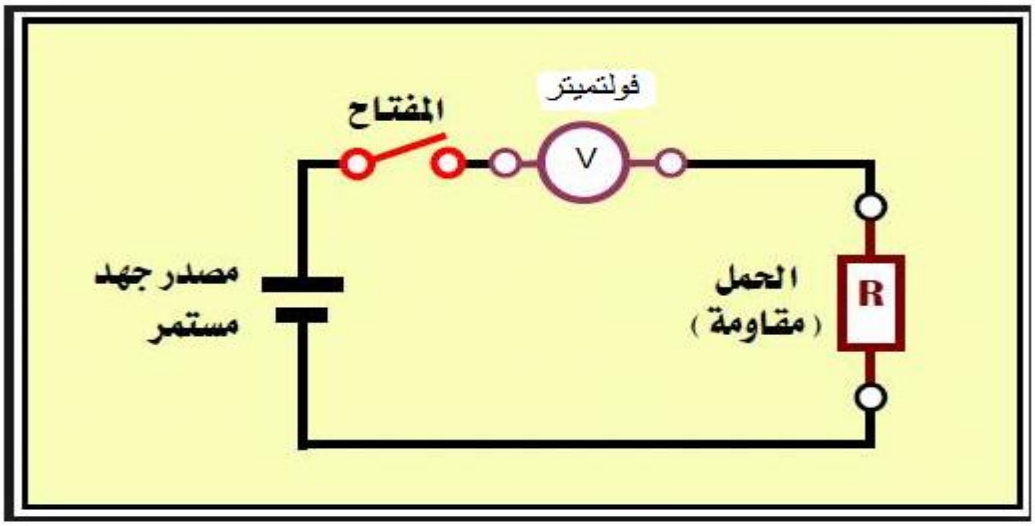
t(sec)	V(volt)	lnV

٦- ارسم رسما بيانيا بين الزمن t على محور Xو lnV على محور y والميل يمثل 1/Rcوالقطع يمثل $\ln V_0$ ومن معرفة قيمة المقاومة يمكن ايجاد سعة المتسعة علما ان $R=1100\ \Omega$.



تجربة رقم (٥)

طريقة بسيطة لايجاد مقاومة فولتميتر



الاجهزة المستخدمة :

فولتميتر المراد قياس مقاومته , بطارية لتجهيز فولتميتر تساوي اقصى قراءة للفولتميتر , صندوق مقاومة متغيرة ذو مقاومة كلية قدرها 500 Ω , مفتاح دائرة.

طريقة العمل :

١- اربط الدائرة كما في الشكل ادناه .

٢- اغلق الدائرة عـــن طريق المفتاح وخـــذ مقاومة مـــــــن صندوق المقاومات R (مثلا 200Ω) وسجل قراءة الفولتميتر .

٣- زد مقاومة R بخطوات مناسبة وفي كل حالة سجل قراءة الفولتميتر .

النتائج والمناقشة :

اذا اهملنـــــا المقاومة الداخلية للبطارية نشاهد ان هبوط الجهد عبر طرفي فولتميتر (مقاومته R_v) وصندوق المقاومة (مقاومته R) يجب ان يساوي القوة الدافعة الكهربائية e.m.f. (E Volt) للبطارية .

قراءة الفولتميتر V(Volt)	مقاومة R(Ω)

أعـــــــــداد: د. نهاد علي شفيق

اذن الهبوط في الجهد (V) عبر طرفي فولتميتر يعطي بهذه المعادلة :

$V = (R_v+R).E$ .....(1)

باعادة ترتيب المعادلة (١) نحصل على

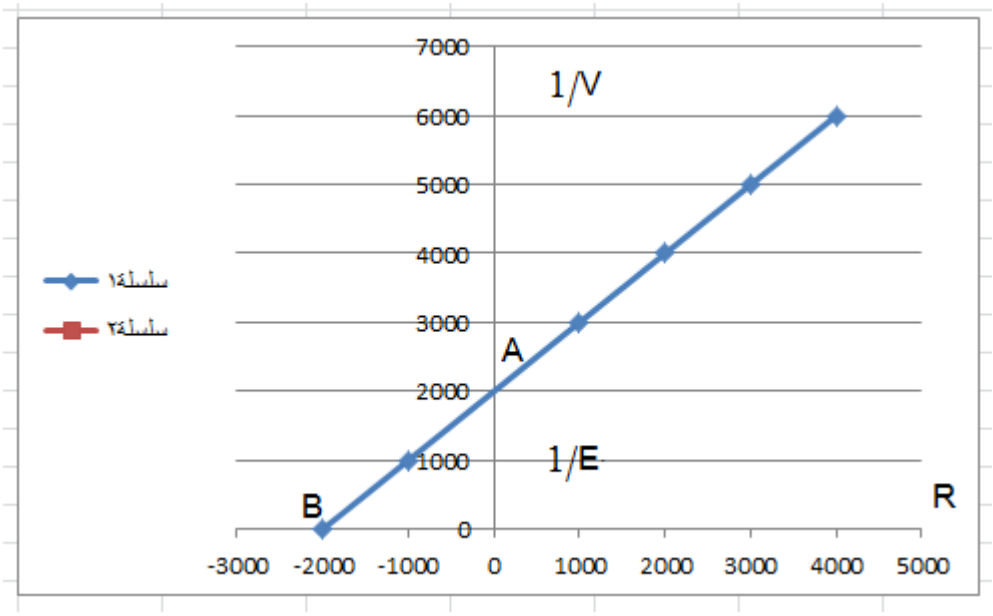
$1/V = 1/E.R_v.R+1/E$ .....(2)

الرسم البياني 1/V مقابل R يعطي خط مستقيم القطع (OB) على محور R يساوي عددا R_v

$R_v = |OB| = ?$ ohm .

والمقطع (OA) على محور 1/V يعطي 1/E اذن

$E = 1/OA$ Volt



الفصل الثانـــي

تجربة رقم (٦)

القدرة القصوى للمولدة:

الغرض من التجربة:

دراسة قدرة الخرج للمولدة وارتباطها بمقاومة الحمل وايجاد المقاومة الداخلية للمولدة.

الاجهزة المستخدمة: بطارية_ مصدر للتيار المستمر _ صندوق مقاومات_ مقاومة ثابتة_ فولتميتر_ أميتر.

النظرية:

عند ربط بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (E) ومقاومتها الداخلية(r) بـ حمل مكون من مقاومة (R)كما في الشكل (١) تصبح القدرة المستهلكة في المقاومة الخارجية (R)

$$P = I^2 . R = E^2 R / (R+ r)^2 \quad .....(1)$$

ومن هذه المعادلة يتبين ان القدرة التي يجهزها الصدر هي ليست مقدارا ثابتا بل التغير بتغير مقاومة الحمل (R). لاحظ الشكل الثالث وللحصول على قيمة المقاومة التي عندها تصبح القدرة التي يجهزها المصدر للحمل اقصى ما يمكن ناخذ مشتقة القدرة بالنسبة للمقاومة(R)فينتج:

$$dP / d R = E^2(R + r)^2 - 2 (R +r) R E^2 / (R+ r)^4 \quad .....(2)$$

ثم نجعل المشتقة مساوية للصفر إي :

$$dP / dR = 0$$

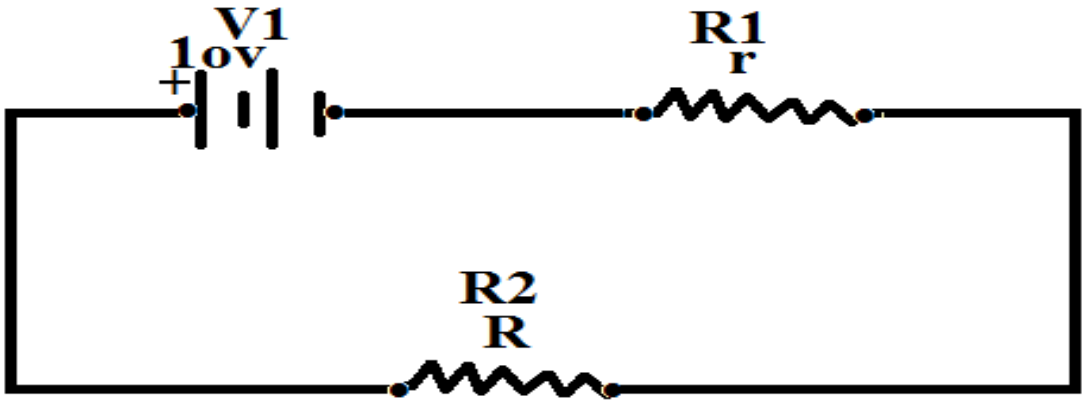
وهو الشرط الذي يجب نوفره لكي تحصل القدرة على ذروة قيمتها وبالتعويض عن هذه القيمة في المعادلة السابقة ينتج:

$$(R + r)^2 - 2\,(R + r)\,R = 0 \quad \text{.....(3)}$$

أي ان:

$$R = r \quad \text{..... (4)}$$

وهذا يعني ان الطاقة التي يجهزها المصدر للحمل تدون باقصى قيمتها عندما تصبح مقاومة الحمل مساوية للمقاومة الداخلية للمولد. عندئذ يطلق على المقاومة الخارجية (R) اسم الحمل المطبق.

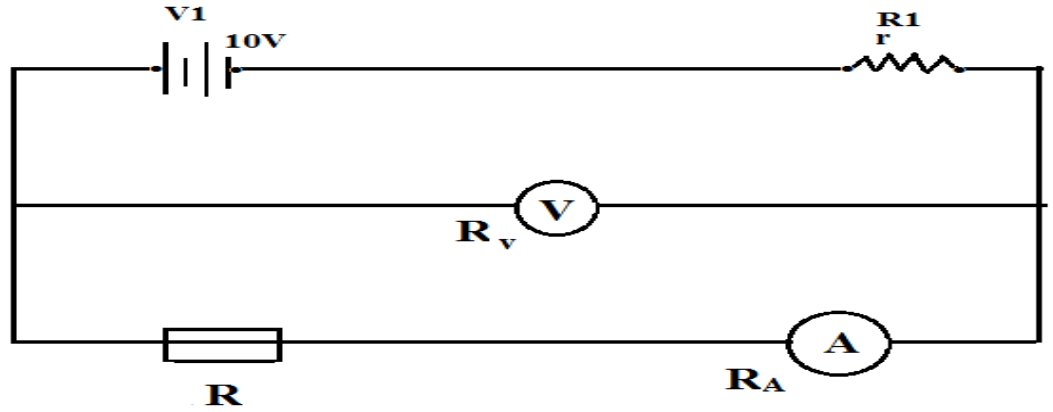


طريقة العمل:

١–اربط الدائرة كما مبين في الشكل (٢) ولاحظ ان (r) هي في الواقع مقاومة ثابتة متصلة عل ـالتوالي مع البطاريـة. ويجب الانتباه هنا إلـى ان الحمل في هذه الدائرة لا يساوي (S) ، انما يساوي المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المكونة من مقاومة Sمتصلة على التوالي مع مقاومة الاميتر R_A ومقاومة الفولتميتر R_V المتصلة على التوازي مع الاثنين معا كما موضح بالشكل (٢) ومن الواضح عندئذ ان مقاومة الحمل تصبح :

$$R = R_V(R_A + S)/ R_A + R_V + S \quad .....(5)$$

وهذه القيمة بطبيعة الحال تختلف قليلا عن مقاومة صندوق المقاومة S

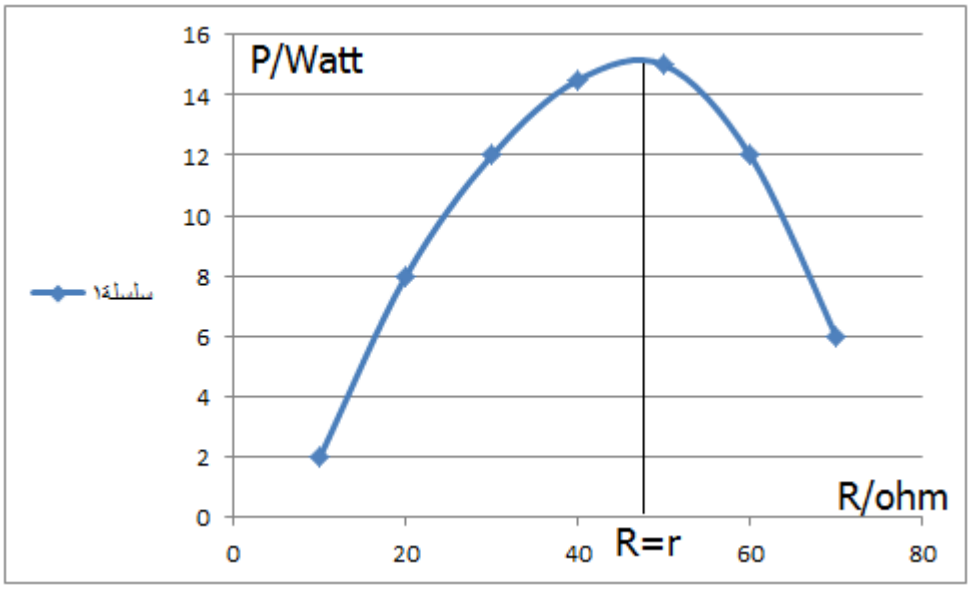


٢–غير قيمة S مرة بعد اخرى ابتداء من الصفر، وسجل قراءة كل من الفولتميتر والتيار في كل مرة كما في الجدول المبين ادناه:

R(Ω)	V(Volt)	I(A)	R=V/I	P=V.I

٣–احسب القيمة المؤثرة للحمل من حاصل قسمة الفولتية على التيار(R=V/I). ثم القدرة من حاصل ضرب الفولتية والتيار(P=V.I) وسجل النتائج التي حصلت عليها في الحقل المخصص لها في الجدول.

٤–ارسم منحنيا بين القدرة على المحور Y والمقاومة على محور X ولاحظ القيم التي تختارها الصندوق المقاومة S يجب ان تكون كافية لكي تظهر (الذروة) قمة المنحني البياني بشكل اوضح وكما مبين في الشكل (٣).



انزل عمودا من ذروة المنحني على المحور X ثم قس موقع تقاطع العمود مع المحور واستخرج قيمة R عند موقع التقاطع، والتي بدورها تساوي المقاومة الداخلية r.

٥–ارسم منحنيا بيانيا اخر بين القدرة والمقاومة مستخدما العلاقة النظرية المتمثلة بالمعادلة (١) لحساب المقاومة (R)على نفس الورقة البيانية ولاحظ الاختلاف بين هذه المنحني العظمى والمنحني الاول.

٦–اعد التجربة نفسها مستخدما مصدرا للتيار المتناوب بدلا من البطارية. كن حذرا بأخذ عدد كافي من القراءات بحيث يتجدد شكل المنحني البياني بصورة واضحة وكن حريصا على ان تشمل تلك القراءات منطقة الذروة للمنحني البياني.

تجربة (٧)

تجربة قانون استيفان في الاشعاع:

قانون استيفان ينص على ان معدل الاشعاع الحراري من الجسم الساخن يتناسب مع الاس الرابع للحرارة المطلقة.

هذا يعني:

$$E \alpha T^4$$

$$E=\alpha T^4 \quad .....(1)$$

T يمثل الحرارة المطلقة

α يمثل ثابت استيفان

مقاومة الخويط عند درجة حرارة الغرفة T_0 هي R_0

المقاومة للخويط عند درجة حرارة T هي R

مقاومة الخويط تزداد بازدياد درجة الحرارة

$$R/R_0 = T/T_0$$

$$T=R.T_0/R_0$$

$$T= \text{ثابت } T_0$$

$$R= R_0/ T_0$$

$$T= R_0. R/T_0$$

$$R \alpha T \quad .....(2)$$

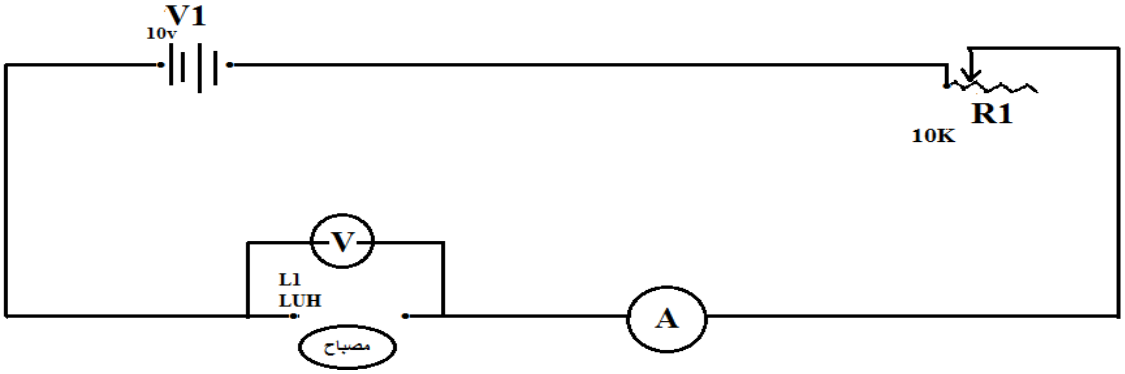
الطاقة المنبعثة لكل سم^2 هي (E_r)

$$E_r= \alpha (T_0/ R_0)^4 R^4 \quad .....(3)$$

$$\text{Log } E_r = 4 \text{ Log } R + 4 \text{ Log } T_0/ R_0 + \log_{\alpha} .....(4)$$

طريقة العمل:

١–اربط الدائرة كما مبين في الشكل.



٢–أبدء بتحريك المقاومة الصغيرة من اعلى قيمة لها حتى اوطئ قيمة وسجل قراءة التيار I وكذلك الفولتية V.

٣–كرر العملية باخذ عدة قراءات للفولتية والتيار.

٤–رتب النتائج كما مبين في الجدول وارسم رسما بيانيا بين الطاقة المصروفة في خويط المصباح E=T*Vعل محور Y والمقاومة R على المحور X واستخرج المنحني OPQ كما هو مبين في الشكل OP وهو خط مستقيم يمثل العلاقة بين RوE عندما لا يكون هنالك اشعاع للطاقة من الخويط. أما الجزء المنحني من الرسم البياني PQ يمثل العلاقة عندما يكون هنالك فقدان الجزء من الطاقة E_rبواسطة الاشعاع من خويط المصباح، عند اي قيمة معينة للمقاومة فالطاقة التي فقدت عن طريق الاشعاع E_r تحسب من الفرق بين القراءتين (E_2, E_1) التي تأخذ من الجزء المنحني البياني PQ .

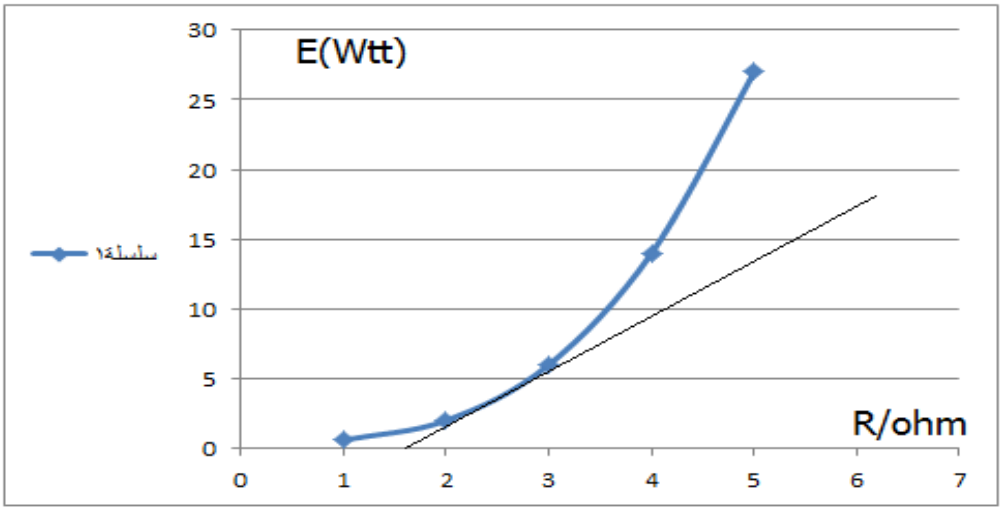
٥–اختيار بضع قراءات للمقاومة واوجد الطاقة الممتصة E_rسوف نحصل على عدة قيم للمقاومة وبالمقابل للطاقة E_r.

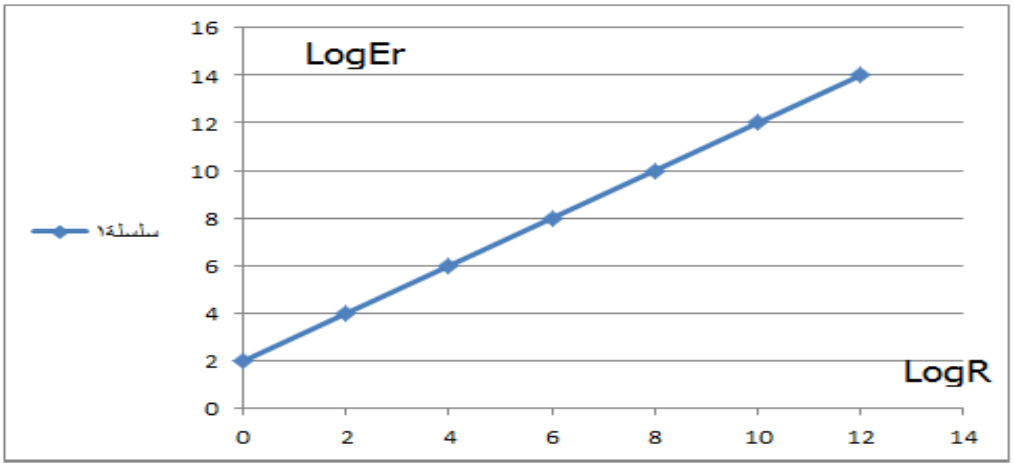
٦–ارسم Log Er على محور Y مع LogR على محور X فتحصل على خط مستقيم الميل يساوي ٤ وهذا يحقق قانون ستيفان.

V	I	E= V*I	R=V/I

R	E_r	Log R	Log E_r

نرسم مستقيم على استقامته الى ان يقطع محور Log E_r واوجد قيمة Ϭ من هذا التقاطع بالاستعانة بالمعادلة (٤).





تجربة رقم (٨)

الاسلسكوب:

الاجهزة المستخدمة:

مصدر للتيار المستمر ومقاومة متغيرة وفولتميتر واسلسكوب.

الغرض من التجربة :

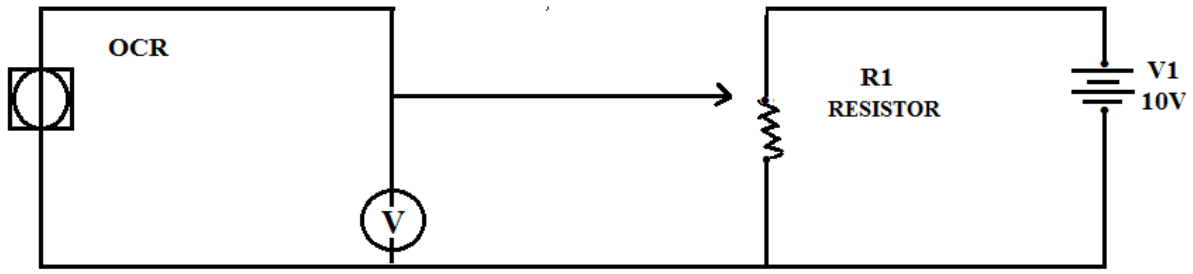
قياس حساسية او ثابت الفولتية للتيار المستمر.

الشرح النظري:

عند توصيل الألواح الصادية Y_1 , Y_2بمصدر جهد مستمر تتجمع الشحنة السالبة على احد اللوحين وتتجمع الشحنة الموجبة على اللوح الأخر. وبذلك تنحرف الحزمة الالكترونية نحو اللوح الموجب. وتنتقل البقعة الضوئية على الشاشة إلى الأعلى والى الأسفل حسب موقع اللوح الموجب أعلىأوأسفل. ويكون مقدار الإزاحة للبقعة الضوئية متناسبا مع قيمة فرق الجهد المسلط بين اللوحين. ولإيضاح ذلك تحليليا نتصور إن حزمة الكترونية تمر بين اللوحينY_1 , Y_2 كما في الشكل.

فإذا كان هنالك فرق جهد مستمر مقداره v مسلطا بين لوحي العمودي Y_1 , Y_2 وكانت المسافة الفاصلة بين اللوحين **d** فان مجال كهربائي منتظم يتولد بين اللوحين مقداره **E** حيث إن **E=V/d**.

طريقة العمل:



١–اربط الدائرة كما في الشكل (٢) واترك المفتاح مفتوحا.

٢–اغلق الدائرة للحصول على نقطة ضوئية ثابتة على الشاشة.

٣–خفف شدة اضاءة البقعة الضوئية ولاتتركها ساكنة في موقع واحد لتلافي تلف الشاشة.

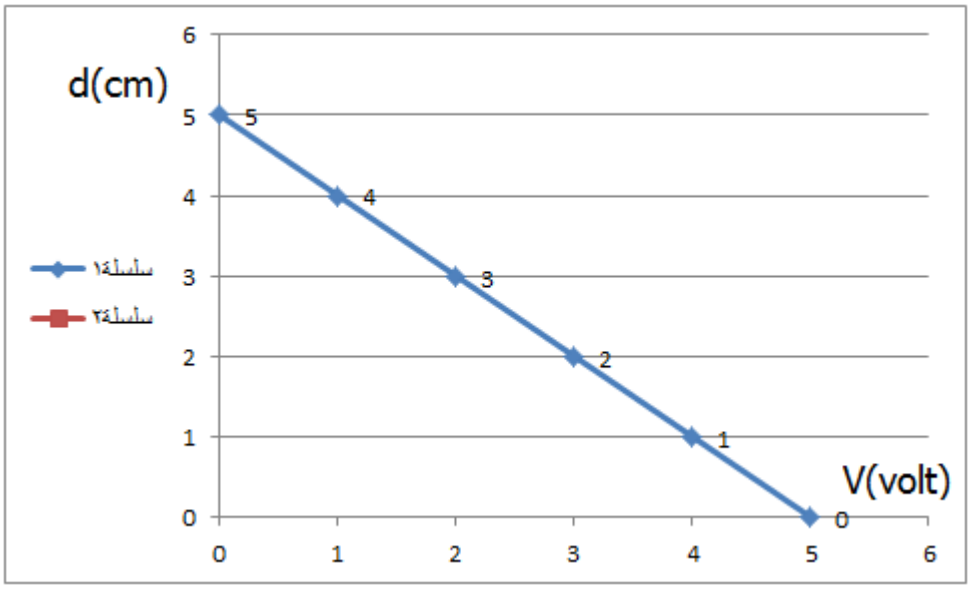
٤–ضع حساسية الانحراف العمودي على أي تدرج مناسب للفولتية لكل سنتمتر، وهذا يعتمد على قيمة الجهد المسلط بين اللوحين، فأذا كان منظم الحساسية مثبتا على التدرج ٢ فولت لكل سم فان تسليط فرق الجهد ١٠ فولت يعني ان البقعة الضوئية ستنحرف ٥سم عن موقعها الاصلي.

٥–اغلق المفتاح واخفض الفولتية الى ان تشير قراءة الفولتميتر الى الصفر عندئذ ثبت البقعة الضوئية على نقطة الاصل في مركز الشاشة.

٦–زد الفولتية قليلا ولاحظ انحراف البقعة الضوئية ثم سجل قيمة الفولتية Vوما يقابلها من انحرف dوندونها في الجدول.

٧–ارسم قيم الفولتية على المحور السيني مع الانحراف على المحور الصادي بالملمتر فينتج خط مستقيم ميله ثابت، ومن ثم نوجد حساسية الجهاز.

V(Volt)	D (cm)


d(cm)
V(volt)
سلسلة١
سلسلة٢
0
1
2
3
4
5
6
5
4
3
2
1
0

تجربة رقم (٩)

قانون كريشوف

الغرض من التجربة: اثبات قانوني كريشوف للفولتية والتيار.

الاجهزة المستخدمة:

١–مصدر فولتية عدد٢

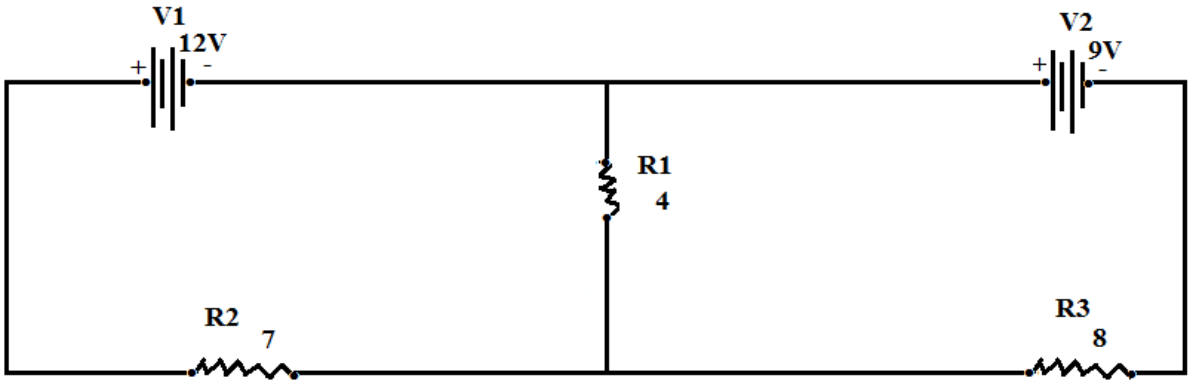
٢–جهاز قياس (AVO) عدد١

٣–مقاومات

النظرية:

القانون الاول في اية لحظة يكون المجموع الجبري للتيارات في مفترق ما يساوي صفر.

القانون الثاني في أي دائرة مغلقة يكون المجموع الجبري لفروق الجهد يساوي صفر.



تطبيق قانون كريشوف

$$I_2 = I_1 + I_3 \quad \text{.....(1)}$$

$$-12 + 7I_1 + 4I_3 = 0 \quad \text{.....(2)}$$

$$-9 - 8I_2 - 4I_3 = 0 \quad \text{.....(3)}$$

$$I = -2I_2 - 2.25 \quad \text{.....(4)}$$

$$7I_1 + 8I_2 = 3 \quad \text{.....(5)}$$

بالتعويض في (١)

$I_1 - 2I_2 - 2.25 = I_2$

$I_1 = 3I_2 + 2.25$ .....(6)

$21I_2 + 15.75 + 8I_2 = 3$ .....(7)

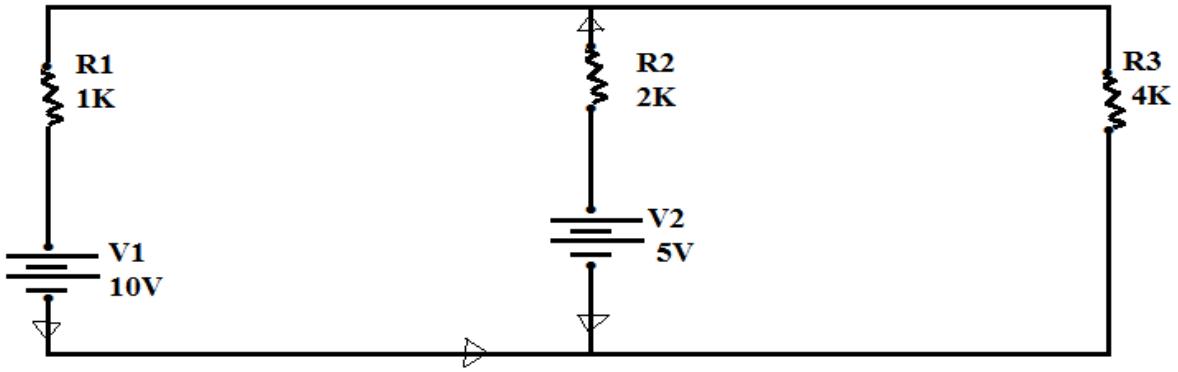
$I_2 = 0.44$ A

$I_1 = 093$A

$I_3 = 1.37$ A

طريقة العمل:

١–اربط الدائرة المبينة في الشكل.



٢–قس التيارات في الدائرة باستعمال اميترواحد مع مراعاة الاتجاه.

٣–قس الفولتيات بين النقاط المختلفة للدائرة مع مراعاة الاتجاه.

التقرير:

١–حلل الدائرة نظريا واوجد التيارات في الدائرة وفرق الجهد.

٢–قارن النتائج العملية مع النتائج النظرية واوجد نسبة الخطأ وناقش الاختلافات.

٣–وضح مدى تحقيق قانون كريشوف عمليا.

تجربة رقم (١٠)

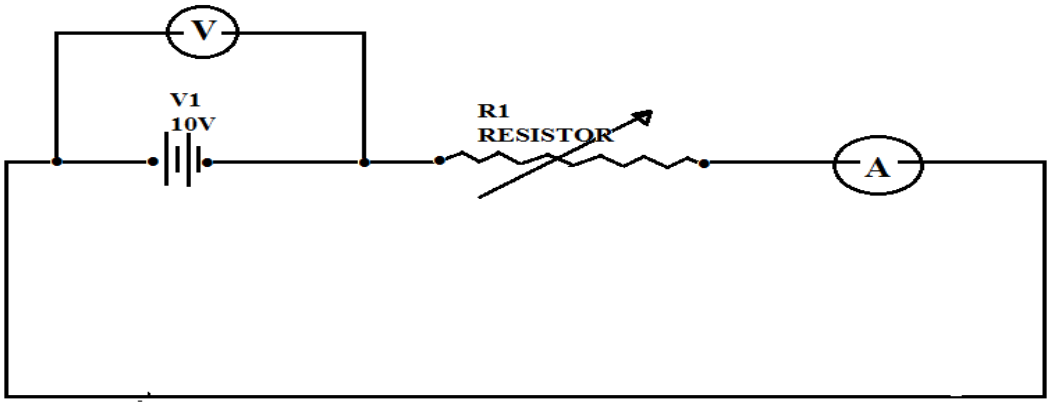
ايجاد المقاومة الداخلية لخلية كهربائية.

الغرض من التجربة:

ايجاد المقاومة الداخلية لخلية كهربائية باستخدام الاميتر مرة وباستخدام الاميتروالفولتمتير اخرى.

الاجهزة المستخدمة:

خلية جافة– اميتر– صندوق مقاومات– فولتميتر.



النظرية:

هنالك طريقتان بسيطتان لايجاد المقاومة الداخلية للخلية الكهربائية الاولى هي طريقة الفولتية المفقودة وتستخدم فيها اميتر وفولتميتر والطريقة الثانية التقليدية وتستخدم فيها الاميتر.

طريقة العمل:

١–فك الفولتميتر في الدائرة المبينة.

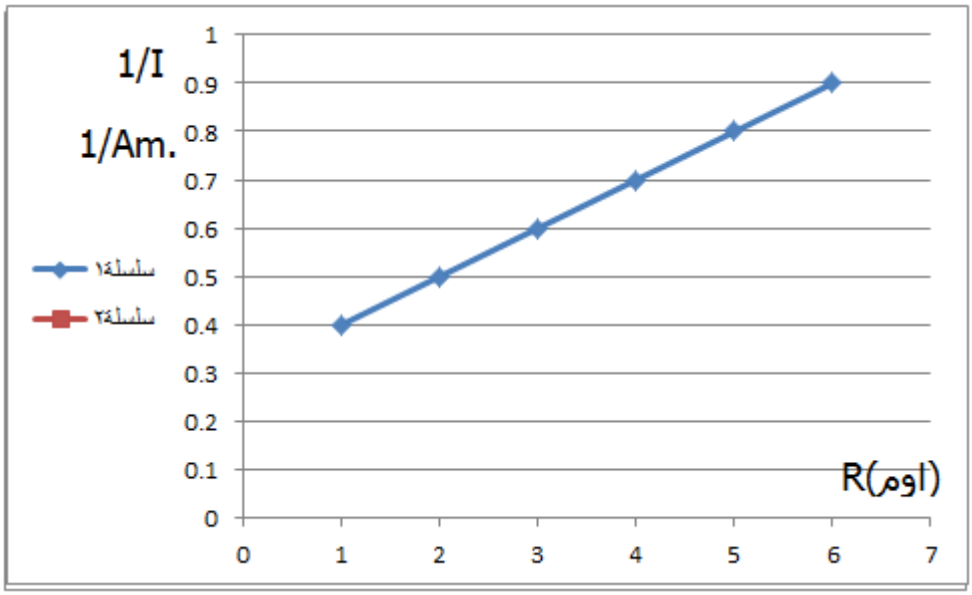
٢–ضع قيمةRعلى ٠,٥ او ١٠٠ واغلق الدائرة المبينة في الشكل ثم سجل قيمة I ورتب القراءات كما في الجدول.

I (A)	R()
Ma	٠,٥ او ١٠٠

٣–اعد الخطوات السابقة لقيم مختلفة ل R لغاية ٠,٥ وسجل قيمة I في كل مرة.

٤–ارسم خطا بيانيا بين R على المحور الصادي و ١/I على المحور السيني فينتج خط مستقيم ميله E ونقطة تقاطعه مع المحور السيني تساوي r و تصبح المعادلة

$$R= E.1/I- r$$



بعد ايجاد r ونوجد نسبة الخطأ.

ملاحظة: مطلوب من الطالب ارجاع الفولتميتر وتطبيق التجربة بالطريقة الثانية:

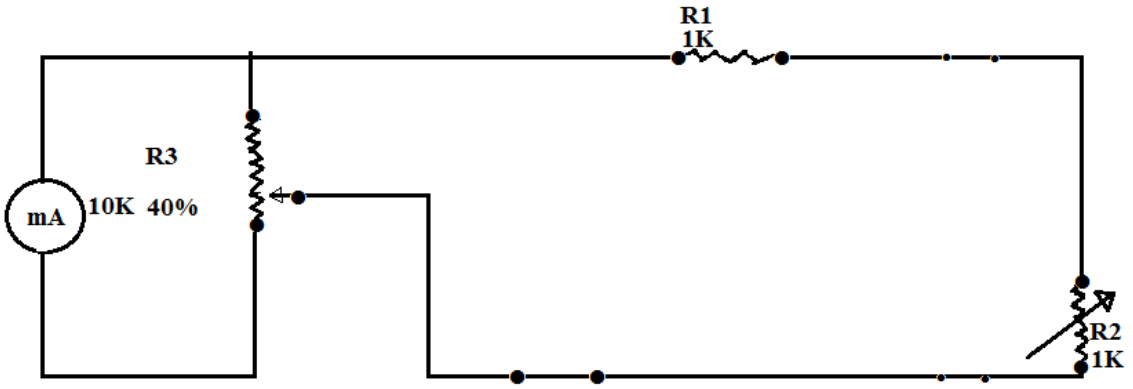
Slope= 1/I/R = 1/ RI = 1/ V

تجربة رقم (١١)

تحويل الاميتر غلى الاوميتر.

الاجهزة المستخدمة:

اميتر– مقاومة متغيرة– مقاومة ثابتة– ريونات– مصدر مستمر– مفتاح.



طريقة العمل:

١–نربط الدائرة كما في الشكل.

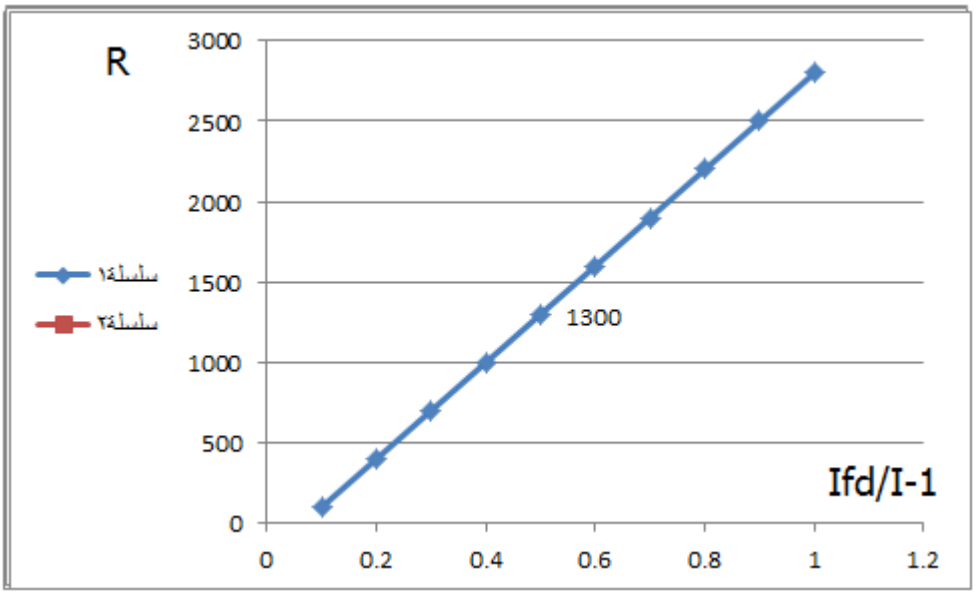
٢- نسجل قيمة التيار عندما تكون $R_X = 0$ وهذا عن طريق وصل القطبين a,b مع بعضها بدون مقاومة R_x اي بمعنى قيمته اعظم ما يمكن ويساوي ١ ونرمز لها بـ I_{fd}.

٣- نغير قيمة المقاومة ونسجل قيمةIبالتكرار لعدة قيم وندون كما في الجدول ونرسم العلاقة بين$I_{fd}/ I-1$على المحور السيني والمقاومةR_Xعلى المحور الصادي ونوجد الميل والذي يمثل المقاومةR_1حسب العلاقة التالية:

$R_X=R_1(I_{fd}/I- 1)$

I(A)	R_X	$I_{fd}/I- 1$

أعـــــــــــداد: د. نهاد علي شفيق



٤- ندون قيم Iوقيم R_X كما في الجدول التالي ونرسم تدريجاتالاوميتر.

I(A)	R_X

حظا سعيدا