الفيزياء العملية (2)


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق

كلية العلوم

الفيزياء العملية (2)

الدكتور محمد قعقع

أستاذ في قسم الفيزياء

الدكتور فخري كتوت

أستاذ في قسم الفيزياء

الدكتور أحمد اليحيى

مدرس في قسم الفيزياء

محمد السعيد

مشرف على الأعمال في قسم الفيزياء

منى عسكري

مشرفة على الجوانب التطبيقية

جامعة دمشق


وقل رب زدني علما
Damascus University

فهرس المحتويات

التجربة 1	الطرائق البيانية في تحليل النتائج التجريبية	15
التجربة 2	أدوات القياس الكهربائية	39
التجربة 3	المعادل الميكانيكي للحريرة	55
التجربة 4	العمل الكهربائي والطاقة	67
التجربة 5	العزم المغنطيسي في الحقل المغنطيسي	73
التجربة 6	جسر قياس الممانعات باستخدام الطريقة السمعية	85
التجربة 7	قانون كولون	93
التجربة 8	المزدوجة الكهرحرارية	107
التجربة 9	مقياس الكمون	117
التجربة 10	قوانين أوم	129
التجربة 11	راسم الاهتزاز المهبطي	135
التجربة 12	قانونا كيرشوف	151
التجربة 13	جسر وطسطن	159
التجربة 14	التيار المتناوب	171
التجربة 15	الحقل المغنطيسي للملفات – قانون بيوسافار	183
التجربة 16	قياس ثابت العزل لمكثفة مستوية	197
التجربة 17	تعيين المقاومة الداخلية والقوة المحركة الكهربائية لمنبع والتحقق من نظرية انتقال القدرة العظمى	207
التجربة 18	دراسة خواص صمام إلكتروني (ديود)	215
التجربة 19	شحن المكثفة	223
	المراجع	227
	دليل المصطلحات العلمية	229

وقل رب زدني علما
Damascus University

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

تشكل الفيزياء العملية الجانب التجريبي من دراسة لفيزياء،ومن خلالها يتعرف الطالب على أهمية القوانين الفيزيائية وتطبيقاتها. ومن خلالها يدرك أمية الحرص على استعمال الأداة المناسبة والجهاز المناسب لإجراء تجربة من التجارب والحصول على نتائج معقولة ودقيقة قدر الإمكان.

يتناول هذا الكتاب الذي يحمل اسم "الفيزياء العملية 2" تجارب عملية في الكهرباء الراكدة والمغنطيسية الراكدة والتيار المستمر. كما يحتوي على تجربة واحدة في التيار المتناوب وتجربة عن الصمام الثنائي.

ولما كان لأدوات القياس، والتي لا تخلو منها تجربة من التجارب، أهمية كبيرة في إنجاح التجربة والوصول إلى نتائج مرضية، خصّصنا التجربة الأولى من تجارب هذا الكتاب للترف على أجهزة القياس الكهربائية المختلفة من أجل استعمالها الصحيح. وكان هدفنا من ذلك أن يتعلم الطالب كيف يحسن اختيار أداة القياس وكيف يحسن استعمالها. من أجل ذلك عرضنا مقاييس الفول والأمبير والأوم على اختلاف أنوعها وبيّنا المواصفات التي يجب أن يتمتع بها كل جهاز إذا ما أريد استعماله على الوجه الصحيح ليعطي قياسات مضبوطة.

كما خصصنا تجربة للتعرف على راسم الاهتزاز المهبطي واستخداماته المختلفة. وبذلك يكون الطالب مهيئاً لاستخدام أجهزة القياس الكهربائية المختلفة في التجارب التي سيجريها لاحقاً.

ولما كانت عملية تمثيل النتائج التجريبية وتحليلها للتحقق من صحة القوانين الفيزيائية واستخراج الصيغ الرياضية المناسبة لهذه القوانين فقد خصصنا كذلك تجربة يتدرب بها الطالب على تحليل المعطيات التجريبية بيانياً واستخراج الصيغ الرياضية للقوانين الفيزيائية.

والكتاب مزود بثبت للمصطلحات العلمية في الكهرباء والمغنطيسية باللغتين العربية والإنكليزية رتبت وفق الحرف اللاتيني. كما زودنا بقائمة للواحدات في الجملتين الدولية والثغثية.

ونحن إذ نضع هذا الكتاب بين أيدي زملائنا الأساتذة وأبنائنا الطلاب نأمل أن نكون قد حققنا الهدف الذي نسعى إليه، مع يقيننا بأن وجود بعض الهنات أو الثغرات فيه لن يكون إلا حافزاً لنا في المستقبل على استدراك ما فات وتصحيح ما غاب. والله من وراء القصد.

دمشق 2010/04/17

المؤلفون

جملة الواحدات

1. جملة الواحدات الدولية (SI):

تُعدُّ جملة الواحدات الدولية من أكثر النظم شمولية ومنطقية، فهي مصممة لتستخدم في جميع فروع العلم والتكنولوجيا، وقد أقرت واعتمدت رسمياً عام 1960 من قبل المؤتمر العام للموازين والمقاييس التابع للمنظمة الدولية للمقاييس.

وتتميز هذه الجملة بشموليتها النظرية والعملية وسهولة التحويل منها إلى أي جملة.

تتمتع هذه الجملة بعدة ملامح:

1- تحتوي على واحدات أساسية ومتممة ومشتقة.

2- لا تستخدم فيها واحدات مساعدة، فمثلاً واحدة الضغط في هذه الجملة هي (N/m^2) وتستبعد استخدام واحدات كالجو والتور مثلاً.

3- مضاعفات وأجزاء واحدات هذه الجملة تكون محدودة القوى (10^n) لهذا فإن الواحدات مثل (gr,cm,.....) لا تظهر في هذه الجملة .

وفيما يلي جدول بأهم واحدات هذه الجملة:

أ- **الواحدات الأساسية:**

المقدار	واحدة القياس	الرمز
الطول	متر	m
الكتلة	كيلو جرام	kg
الزمن	ثانية	s
شدة التيار الكهربائي	أمبير	A
درجة الحرارة	كلفن	K
كمية المادة	مول	mol
شدة الإضاءة	كاندلا (الشمعة)	cd

ب-واحدات متممة:

المقدار	واحدة القياس	الرمز
الزاوية المستوية	الراديان	rad
الزاوية المجسمة	الستيراديان	Sr

ج- الواحدات المشتقة:

المقدار	واحدة القياس	الرمز
المساحة	متر مربع	m^2
الحجم	متر مكعب	m^3
السرعة	متر لكل ثانية	$m.s^{-1}$
السرعة الزاوية	راديان لكل ثانية	$Rad.s^{-1}$
التسارع	متر لكل ثانية مربع	$m.s^{-2}$
القوة	نيوتن	$N=kg.m.s^{-2}$
العمل أو الطاقة	جول	$J=N.m$
الاستطاعة	واط	$W=J.s^{-1}$
الضغط	باسكال	$Pa=N.m^{-2}$
التواتر	هرتز	Hz
الكتلة الحجمية	كيلو جرام لكل مترمكعب	$kg.m^{-3}$
كمية الكهرباء	كولون	$C=A.s$
فرق الكمون	فولط	$V=J.C^{-1}$
المقاومة الكهربائية	أوم	$\Omega=V.A^{-1}$
شدة الحقل الكهربائي	فولط لكل متر	$V.m^{-1}$
السعة الكهربائية	فاراد	$F=C.V^{-1}$
التدفق المغنطيسي	ويبر	$Wb=V.s$

التحريض المغنطيسي	تسلا	$T=W.m^{-2}$
التحريضية	هنري	$H=\Omega.s$
التدفق الضوئي	ليومن	lm
الإضاءة	لوكس	lx
الفاعلية (النشاط الإشعاعي)	بكريل	Bq
الجرعة الإشعاعية	غري	Gy
الجرعة الاشعاعية المكافئة	سيفرت	Sv

الأجزاء العشرية:

الاسم	الرمز	الكسر
ميللي	m	10^{-3}
ميكرو	μ	10^{-6}
نانو	n	10^{-9}
بيكو	p	10^{-12}
فمتو	f	10^{-15}
اتو	a	10^{-18}

د- المضاعفات:

الاسم	الرمز	الكسر
كيلو	k	10^{3}
ميغا	M	10^{6}
جيغا	G	10^{9}
تيرا	T	10^{12}
بيتا	P	10^{15}
اكسا	E	10^{18}

ملاحظة: يؤخذ المقدار عادةً مع الواحدة ثم يحوّل قبل استعماله.

مثال:

$$1(\mu m)^2=10^{-12}\ m^2$$

تستخدم أحياناً جملة واحدات كانت شائعة الاستخدام قبل تطبيق الجملة الدوليـــة تعرف بالجملة السغثية (c.g.s) وفيما يلي أهم واحداتها:

المقدار	واحدة القياس	الرمز
الطول	سنتمر	cm
الكتلة	غرام	gr
الزمن	ثانية	s
المساحة	سنتمتر مربع	cm^2
الحجم	سنتمتر مكعب	cm^3
السرعة	سنتمتر لكل ثانية	$cm.s^{-1}$
التسارع	سنتمتر لكل ثانية مربع	$cm.s^{-2}$
القوة	دينه	dyne
العمل	ارغه	erg
الاستطاعة	ارغة لكل ثانية	$erg.s^{-1}$
الشحنة	في الجملة الكهراكدة	U.e.s
الشحنة	في الجملة الكهرطيسية	U.e.m
التحريض المغنطيسي	غوص	Gauss
تدفق التحريض المغنطيسي	ماكسويل	Maxwell

هـ- الواحدات الكهربائية والعلاقة بين الجملتين:

$1A = 10^{-1}$ U.e.m = C/10 U.e.S
$1V = 10^{8}$ U.e.m $= 10^{8}/C$ U.e.S
$1\Omega = 10^{9}$ U.e.m $= 10^{9}C^{2}$ U.e.S
$1F = 10^{-9}$ U.e.m $= 10^{-9}C^{2}$ U.e.S
$1H = 10^{9}$ U.e.m $= 10^{9}/C^{2}$ U.e.S
$1T = 10^{4}$ U.e.m (gauss)
1Wb = 10^{8} U.e.m (Maxwell)
$1A.m^{-1} = 4\pi.10^{-3}$ U.e.m (Oersted)
$c \approx 3.10^{10}$ cm.s^{-1} سرعة الضوء
$1e.V = 1.6022 .10^{-19}$ J
$mc^{2} = 931.5Me.V$

و- واحدات أخرى:

الطول	1 ميكرون $= 10^{-6}$ m
	1 انكستروم $= 10^{-10}$m
المساحة (واحدة المقطع العرضي)	1 بارن $= 10^{-28}m^{2}$
القوة	1 دينه $= 10^{-5}$N
الطاقة	1 ارغه $= 10^{-7}$J
كمية الحرارة	1 حريرة $= 4.1868$ J
الضغط	1 بار $= 10^{5}$ Pa
	1 جو $= 1.01325\times10^{5}$Pa
	1 تور $= 1.3322$ Pa

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 1

الطرائق البيانية في تحليل النتائج التجريبية

Analysis of Experimental Results Using Graphical Methods

تمهيد:

يستخدم الفيزيائي الرياضيات للتعبير عن نتائجه بلغة واضحة خالية من الغموض، ثم يعالجها كي يحصل منها على استنتاجات لا جدال حولها. ومن البديهي انه كلما كان بارعاً أكثر في استخدام الأدوات الرياضية، كان مؤهلاً أكثر للقيام بهذا العمل، وكان فهمه لما يعمل أكثر وضوحاً، لأن الرياضيات تسهل كل ما تتعامل معه. وأكثر الأدوات التي يستخدمها الرياضي فائدة هي "التمثيل البياني". سنستخدم الرسم البياني أو التمثيل البياني هنا في أربعة أهداف:

1- لاستنتاج قيمة وسطى لنسبة ما.

2- لمعرفة مدى انحراف القيم الفردية عن القيمة الوسطى.

3- لتبيان الكيفية التي يتغير بها مقدار ما عن مقدار آخر.

4- لاستنتاج العلاقة الرياضية بين مقدارين.

وسنتناول هذه الاستخدامات الواحدة تلو الأخرى.

استنتاج وسطي القيم من الرسم البياني:

الاستخدام الشائع للمنحنيات البيانية هو من أجل الحصول على قيمة وسطى لنسبة مقدارين. فإذا كان لدينا عدد من القيم لمقدارين a وb، وكان المطلوب إيجاد قيمة للنسبة a/b، فيمكننا أن نجد كل نسبة على حدة ثم نجد القيمة الوسطى لهذه النسب بالرياضيات. لكن الأسرع أن نرسم a بدلالة b ثم نجد ميل الخط المستقيم الذي حصلنا عليه، وهو الذي سيمثل القيمة الوسطى المطلوبة.

وعلى سبيل المثال، من أجل قياس مقاومة مجهولة في تجربة قانون أوم، لـدينا سلسلة من قيم التيار I والتوتر V، ويعطي العمود الأخير المقاومة R كما يعطي السطر الخير من هذا العمود القيمة الوسطى للمقاومة R يمكننا عمل ذلك بيانياً بأن نرسم V بدلالة I فنحصل على خط مستقيم يعطي ميله القيمة الوسطى للمقاومة.

اختلاف القيم الفردية عن القيمة الوسطى:

إذا كانت كل القيم الفردية متوافقة مع القيمة الوسطى، فالخط المستقيم المستعمل لإيجاد القيمة الوسطى سيمر عبر كل النقاط. وكلما كانت النقطة أبعد عن "الخط الوسطي" كان الخطأ التجريبي المحتمل في عملية الرصد أكبر. وهكذا وبنظرة سريعة يمكننا أن نرى فيما إذا كان التعيين موثوقاً ويعوّل عليه، بملاحظة مقدار اقتراب النقاط ووقوعها على الخط الوسطي. إن أي نقطة نراها بعيدة بصورة واضحة عن الخط المستقيم يمكن إهمالها، لأنها تعبر بوضوح عن نتيجة عرضه لخطأ شاذ. وينبغي التحقق من هذه القيمة إذا كان الوقت والظروف تسمح بذلك. لذا ينصح أن يتم رسم المنحني البياني مباشرة بعد أخذ القراءات، حيث الجهاز لا يزال جاهزاً للعمل ولإعادة القياس والقراءة بالنسبة للنقطة الشاذة.

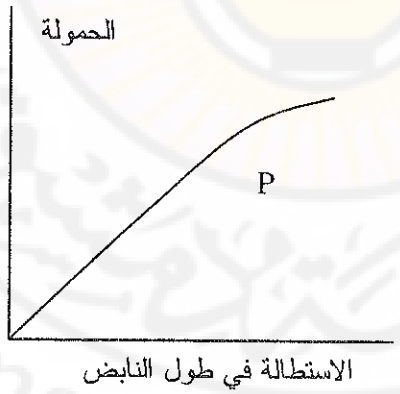
المنحنيات البيانية التي تبين كيف يتغير مقدار مع مقدار آخر:

إن نتائج تجربة ما غالباً ما ينتج عنها سلسلة من القيم المتقابلة لمقدارين متغيرين. وفي لغة الرياضيات، يسمى احد هذين المقدارين "المتحول المستقل" (أي يمكن أن يُعطى أي قيمة مختارة حسب رغبة المجرب)، ويسمى المقدار الآخر "المتحول غير المستقل" أو المتحول التابع (أي المتحول الذي تتعين قيمته بواسطة قيمة المتحول الأول، وهو الذي يمكن حسابه إذا كانت العلاقة الرياضية

معلومة). من المهم أن ندرك المغزى لهذين المتحولين، فاحدهما يتحكم به المجرب، والآخر ثابت بصورة آلية. إن اختيار أي واحد من هذين المتحولين كمتحول مستقل في تجربة معينة مسألة تتبع ما هو متاح وملائم.

إن سلسلة القيم التي نرجع إليها نرتبها في أغلب الأحيان في جدول، ولكن إذا لم تكن العلاقة بسيطة جداً، فإن الأشكال لا تتنبأ إلا بالقليل لمن يريد أن يحللها. لذا فإن أحد الاستعمالات المهمة للمنحني البياني هو رسم "صورة" للتغير. معظم الناس يجدون علاقة أسهل للفهم عندما تمثل في صورة مرئية.

يبين الشكل (1) كيف أن الزيادة في طول النابض مرتبطة بالزيادة في الحمولة التي تسبب إطالة النابض. ولما كان باستطاعة المجرب أن يغير الحمولة حسب مشيئته، لذا يمكننا أن نَعدَّ هذه كمتحول مستقل، في حين الزيادة في الإطالة هي المتحول التابع. وبنظرة سريعة إلى الشكل نرى أن النابض يمتط بصورة منتظمة مع زيادة الحمولة حتى النقطة P، وبعدها يحدث زيادة كبيرة في الطول من أجل زيادة صغيرة في الحمولة.



الشكل (1)

استنتاج المعادلة من التغير:

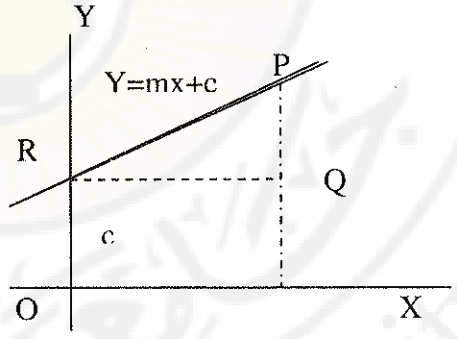
توجد دائماً علاقة رياضية بين المتحولين. يمكن أن تكون هذه العلاقة بسيطة آو يمكن أن تكون معقدة. وسنستعرض الآن بعض الطرق المستخدمة لاستنتاج العلاقات البسيطة.

يمكن تقسيم المنحنيات البيانية إلى مجموعتين: المنحنيات البيانية التي هي خطوط مستقيمة والمنحنيات التي ليست هي خطوط مستقيمة. وهذا التمايز البديهي مهم جداً، لأن المنحني البياني الذي هو خط مستقيم أسهل على التفسير والتأويل من أي منحنٍ آخر. والسبب في ذلك هو أنه الصورة لعلاقة مباشرة ويمكن دائماً رده إلى معادلة بسيطة من النوع الذي نناقشه أدناه.

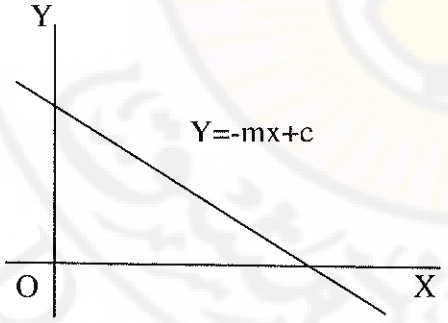
1- المنحنيات البيانية خطوط مستقيمة:

معادلة الخط المستقيم هي من الشكل $y = m x + c$

حيث y هي المتحول التابع، و x المتحول المستقل، و m ميل المستقيم، و c تقاطع المستقيم مع المحور y. هذا كله مبين في الشكل (2).



الشكل (2)



الشكل (3)

إذا كان الرسم البياني الذي نحصل عليه من تجربتنا هو خط مستقيم، فيمكننا إيجاد المعادلة بعد إيجاد الثابتتين m و c. وبعدئذ يمكننا أن ندّعي أننا حصلنا على صيغة مضبوطة للعلاقة التي تربط بين المتحولين.

يمكننا تعيين الثابت c بقياس التقاطع مع المحور Y، مقدراً بواحدات المحور Y. وعندما يمر المستقيم من مبدأ الإحداثيات تكون c مساوية الصفر. أما الميل m فيمكن إيجاده من قياس الطولين P Q ,R Q في المثلث. مع أخذ بواحدات المحور الموازي والموافق للضلعين بالحسبان. وبذلك يكون الميل في الشكل (2) مساوياً PQ/QR. أما واحدات m فستكون واحدات المحور Y مقسومة على واحدات المحور X. قد يكون الميل m سالباً في بعض الأحيان، كما هو مبين في الشكل (3)، وعندها تكون المعادلة من الشكل:

$$y = - m x + c$$

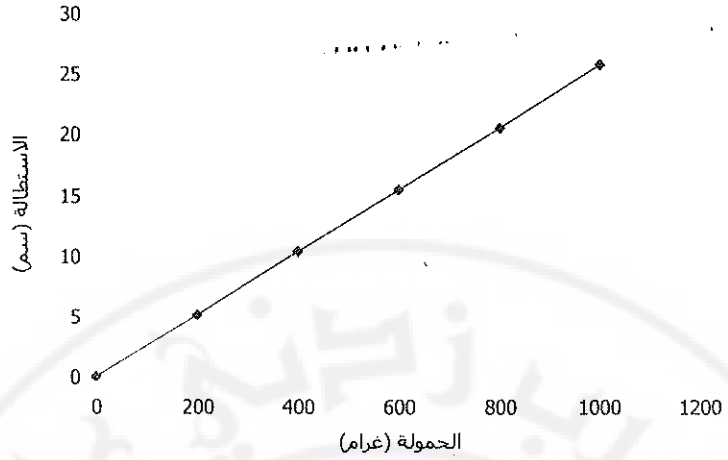
والمثال التالي يوضح طريقة تعيين المعادلة.

مثال 1:

يبين الشكل (4) النتائج المرسومة بيانياً لتجربة النابض من أجل التحقق من قانون هوك، كما يعطي الجدول (1) نتائج القياسات.

الحمولة(غرام)	0	200	400	600	800	1000
الاستطالة(سم)	0	5.1	10.4	15.5	20.6	25.8

الجدول (1)



الشكل (4)

من النظر إلى الشكل نرى أن العلاقة بين الحمولة والاستطالة هي علاقة خطية، أي علاقة خط مستقيم، لذا يمكن التعبير عنها بالمعادلة $y = m\,x + c$.

من الواضح أن قيمة c تساوي الصفر، لأن المستقيم يمر من المبدأ. يمكن الحصول على قيمة m بالطريقة التي ذكرت أعلاه. ففي هذه الحالة إذا اخترنا الإحداثي الأفقي 1000 غرام. وزن، فالإحداثي الرأسي الموافق له يكون 26.0 سم. وعليه فإن $m = 26.0/1000=0.026$ سم/غرام.وزن. فإذا رمزنا للاستطالة بـ l وللحمولة بـ w فمعادلة النابض هي:

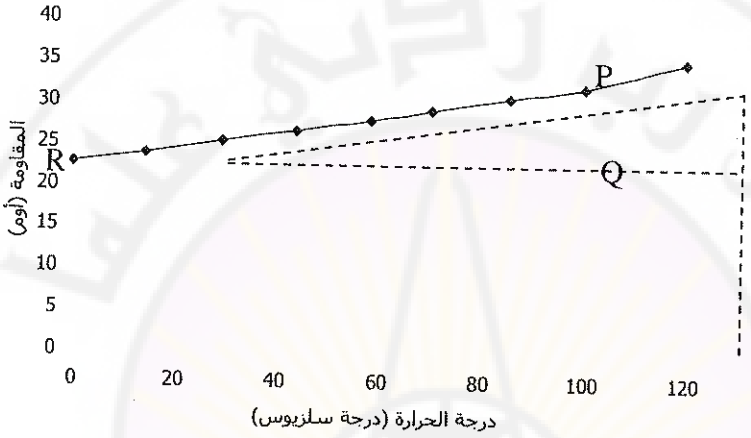
$$l = 0.026\ w$$

مثال 2:

يبين الشكل (5) النتائج المرسومة بيانياً والمستخرجة من دراسة تغير مقاومة سلك من النحاس مع درجة الحرارة في المجال $14^{o}\ C$ إلى $100^{o}\ C$ المدونة في الجدول (2).

درجة الحرارة (درجة سلزيوس)	14	29.2	43.6	58.2	70.5	85.3	100.0
المقاومة(أوم)	23.7	25.2	26.5	27.8	29.0	30.6	31.9

الجدول (2)



الشكل (5)

وفي هذا المثال أيضاً نرى أن العلاقة خطية. كما يجب أن نشير إلى أنه يجب علينا أن نفرض أن العلاقة الخطية تبقى كذلك في المجال من $14^{o}C$ حتى $0^{o}C$. ولما كان علينا أن نجد c من التقاطع مع المحور Y، فإننا نمدد الخط المستقيم حتى يحدث التقاطع . (هذا التوسيع في العلاقة خارج القيم المرصودة هو عملية يطلق عليها اسم "الاستقراء الخارجي"). وبالعودة إلى الرسم البياني نجد أن $c=22.45\Omega$. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه ليس من الضرورة أن نظهر الصفر على محور المقاومة كي نحصل على هذه القيمة.

نجد الآن قيمة m كما يلي: نرسم الإحداثي الرأسي المقابل لـــ 100°C فنجـد قيمته تساوي 32Ω. نطرح الآن قيمة c (22.45 Ω) من 32 ونقسم الحاصـل على 100°C. وهكذا نجد أن قيمة m تساوي 0.095 أوم/درجة سلزيوس.

وهكذا نحصل على معادلة

$$R_t = 0.0955t + 22.45\ \Omega$$

ملاحظة: من المعلوم أن المعادلة التي تعطي تغير المقاومة الكهربائية مع درجة الحرارة تكتب على الشكل:

$$R_t = R_o\,(1 + \alpha\, t)$$

فبمقارنة المعادلة التي حصلنا عليها مع هذه المعادلة يمكننا أن نستنتج قيمـة α. من السهل أن نجد أن:

$$\alpha = 0.0955/22.45 = 42.54\times10^{-4}/^{o}C$$

يمكن مقارنة هذه القيمة بالقيمة التي تعطيها جداول الثوابت الفيزيائية.

2- المنحنيات البيانية ليست خطوطاً مستقيمة:

إذا كان الرسم البياني الذي نحصل عليه من رسم نتائجنا مباشـرة لـيس خطـاً مستقيماً، فما يزال بالإمكان إيجاد معادلة بسيطة تعبر عن العلاقة، ومن المناسب أن نعرف ما هي. يمكن تحويل مثل هذه العلاقات إلى علاقات خطية (ومن ثـم إلى رسوم بيانية هي خطوط مستقيمة) بعملية تعرف فـي الرياضـيات "تغييـر المتحولات". في الحقيقة نحن لانغير الكمية التي هي متحول إطلاقـاً، فعمليـة التغيير هي مناورة رياضية بكل ما في الكلمة من معنى القصـد منهـا تبسـيط التحليل. وسيكون هذا واضحاً عندما ندرس النتائج التي نحصل عليها من تجربة ما للتحقق من القانون الذي تخضع له.

مثال على تجربة بويل وماريوط:

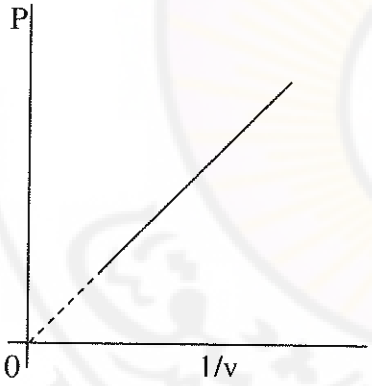
إن قانون بويل وماريوط، على سبيل المثال، يكتب على الشكل التالي:

$$pv = k$$

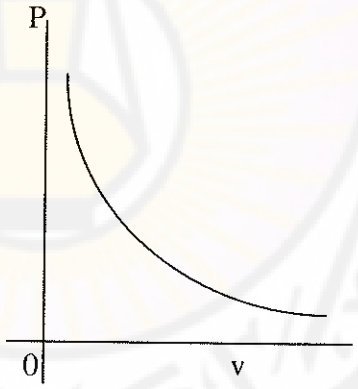
حيث p هي ضغط الغاز، وv هي حجمه وk مقدار ثابت، فيجب علينا ألا نتوقع ان يعطي الرسم البياني خطاً مستقيماً. إن المنحني الحقيقي الذي نحصل عليه هو المبين في الشكل (6). على كل حال، إذا رسمنا p بدلالة 1/v فإننا نحصل على الرسم البياني للعلاقة

$$p = k\,x \qquad \text{حيث } x = 1/v$$

الذي سيكون خطاً مستقيماً ميله k (انظر الشكل (7)). من وجهة النظر الرياضية يعتبر x متحولاً جديداً، ولكن من الناحية التجريبية لازال v هو المقدار الذي يتغير. إن قيمة هذا الإجراء هي أنه يمكننا من إيجاد k، التي لم نكن قادرين على إيجادها بسهولة من الرسم البياني لـ p مقابل v.



الشكل (7)



الشكل (6)

لكن الأمر من الناحية العملية ليس بهذه البساطة في أغلب الأحيان. فلنفرض أننا لا نعلم بوجود العلاقة، وعلينا أن نبحث عنها فماذا نفعل؟ يوجد في الفيزياء

العديد من العلاقات المألوفة، والمنحني الذي حصلنا عليه بالرسم البياني قد لا يهدينا إلى العلاقة المضبوطة (وبصورة خاصة مع وجود الأخطاء التجريبية التي تجعل الأمر أصعب). وهكذا يبدو من الصعب، إن لم يكن من المستحيل، أن نميز بين المنحنيين البيانيين $y = x^2$ و $y = x^3$ بمجرد نظرة سريعة. يمكن التعبير عن المشكلة ببساطة بقولنا كيف يمكننا تحويل المنحني البياني الذي لا تعرف معادلته إلى خط مستقيم نستطيع من خلاله أن نستنتج تلك المعادلة؟

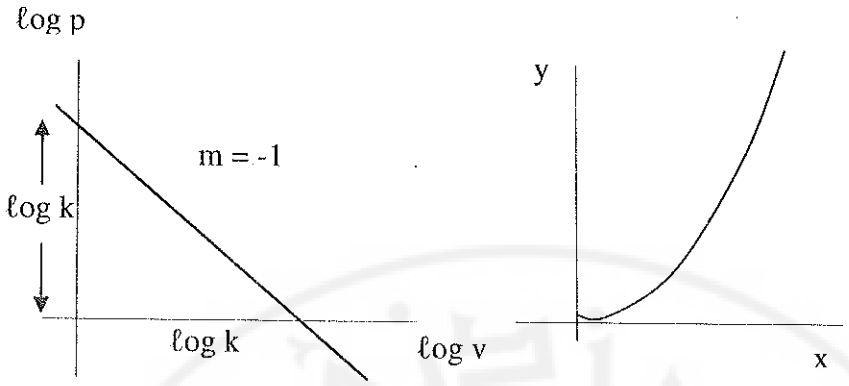
مما لا شك فيه أننا نستطيع دائماً أن نتبنى طريقة "التجربة والخطأ". وهكذا إذا حصلنا على منحنٍ يمر من المبدأ، كالمنحي المبين في الشكل (8)، فبإمكاننا أن نحاول رسم y بدلالة x^2، فإذا لم نفلح في الحصول على خط مستقيم فلنرسم y بدلالة x^3، وهكذا. قد يكون هذا عملاً طويلاً وليس علمياً خالصاً، لذا نلجأ مرة أخرى إلى حقيقة رياضية كي تساعدنا. إذا رسمنا log y مقابل log x فميل المستقيم يعطينا في الحال قوة x في العلاقة الأصلية. والنظرية التي يبنى على أساسها هذا العمل هي الآتي: لتكن لدينا العلاقة:

$$y = k\, x^m$$

نأخذ لغاريتم الطرفين فنحصل على:

$$\log y = m.\ \log x + \log k$$

وبذلك تقع نقطة التقاطع c مع المحور الرأسي في الرسم البياني الجديد على بعد من المبدأ ويساوي لغاريتم الثابتة الأصلية k، والميل m هو القوة الحقيقية التي نبحث عنها انظر الشكل (9). لاحظ بأن هذا ينطبق على الإحداثيات الموجبة والإحداثيات السالبة على حد سواء كما ينطبق أيضاً على الإحداثيات الكسرية، وبذلك تكون طريقة فعالة في تعيين العلاقة التي يمثلها الرسم البياني.



الشكل (8)

الشكل (9)

هذه الطريقة تصلح من أجل قانون بويل وماريوط ، على سبيل المثال: إذا حصل الطالب من التجربة على المنحني المبين في الشكل (6)، وهو لايعرف القانون، فبإمكانه أن يرسم log p بدلالة log v ويحصل على المنحني البياني المبين في الشكل (9). إن ميل هذا المستقيم يساوي 1-، كما يرى من الشكل، كما يمكن إيجاد log k من تقاطع المستقيم مع المحور الرأسي أو مع المحور الأفقي (لأنهما متساويان في هذه الحالة الخاصة). وهكذا يدرك الطالب أن $p = k\ v^{-1}$ ويعلم كذلك قيمة الثابتة k. وبذلك تكون المسألة قد حلت كلية برسم منحنيين ويمكن تثبيت الحل برسم p بدلالة 1/v.

من المهم أن نتذكر أن الجزء العشري من اللغاريتم (أي الجزء الكائن بعد الفاصلة) موجب دوماً، فلغاريتم كسر يعطي صفة مميزة سلبية فقط. وهذا أمر مهم آ-عند رسم لغاريتمات لها صفات مميزة سالبة، وب-عند استنتاج التقاطع من رسم بياني لغاريتمي إذا كان التقاطع يحدث عند قيم سالبة. وسنوضح هذه النقاط فيما يلي:

أ- افرض أننا نود أن نضع على مخطط بياني لغاريتمي النقطة التي إحداثياها $(\bar{3}.2156,0)$ يعني الرقم $(\bar{3}.2156)$ أنه يساوي 0.2156+3- أي 2.7844-. وهكذا تكون النقطة التي نريد أن نضعها هي (2.7844,0-). يمكن تعيين هذه النقطة على المخطط بسرعة أكبر بأن نضع قلم الرصاص على النقطة (3,0-) ثم نحركه بالاتجاه الموجب بمقدار 0.2156. ويتم هذا الإجراء في الحالة العامة بأن نبدأ من المبدأ إلى النقطة التي تمثل الصفة المميزة مع أخذ الإشارة بالحسبان، ثم نحرك القلم مقداراً قليلاً يساوي الجزء العشري من اللغاريتم، ولكن علينا أن نجري هذه الخطوة الثانية في الاتجاه الموجب.

ب-عندما نستنتج تقاطعاً يكون سالباً، تنطبق عليه الأمور ذاتها التي ذكرت أعلاه. وهكذا تصبح الإجراءات كما يلي:

1-الصفة المميزة، أي العدد الذي يسبق الفاصلة العشرية، يجب زيادته بواحد ووضع خط فوقه.

2-يجب طرح العدد الذي يتبع الفاصلة العشرية من 1.0000 واستعماله بوصفه الجزء العشري عندما ننظر إلى مقابل اللغاريتم لإيجاد قيمة k. نقدم فيما يلي مثالاً على التقاطع كي يتضح الأمر. إذا كان التقاطع في تمثيل بياني هو 1.2540- فإن قيمة log k ستكون $\bar{\bar{2}}.7460$ ومن ثم فإن k تكون 0.05572.

معالجة المنحنيات ذوات الدوال الأسية:

لننظر الآن في الدالة التي تأخذ الشكل التالي:

$$I(t)=I_0e^{at}$$

التي نصادف دوال مماثلة لها في تجربة شحن المكثفة وفي عمليات تفكك المواد ذات النشاط الإشعاعي وفي عمليات الامتصاص وفي علاقة التيار الناتج عن

الوصلة p-n وغيرها. تسمى الدالة من هذا النوع بالدالة الأسية. نستطيع بسهولة أن نحول هذه العلاقة الأسية إلى علاقة خطية بأخذ اللغاريتم الطبيعي للطرفين فنجد:

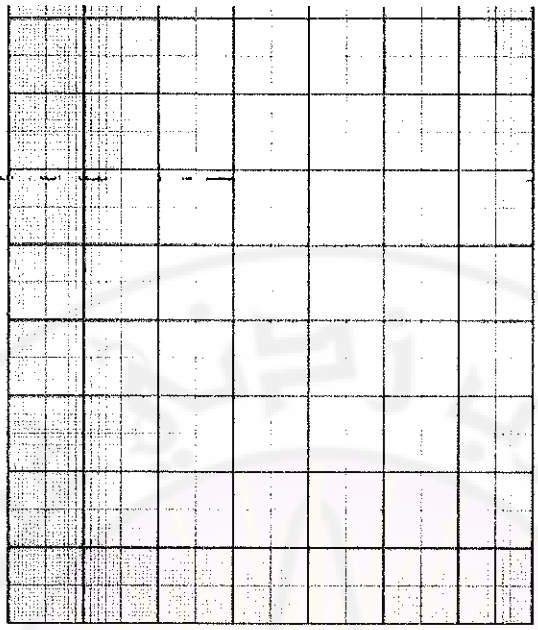
$$\ln I(t) = \ln I_0 + at$$

إذا رسمنا $\ln I(t)$ بدلالة t نحصل على مستقيم ميله a وتقاطعه مع المحور الرأسي $\ln I_0$.

الأوراق المستعملة في الرسوم البيانية:

لدى تمثيل المعطيات التجريبية بيانياً نستعمل أوراقاً بيانية خاصة تتحكم باختيارها طبيعة العلاقة بين المتحولات التجريبية. توجد أنواع مختلفة من الأوراق البيانية نقتصر هنا على ذكر ثلاث منها، لأنها الأكثر استخداماً لتمثيل المعطيات التجريبية في الفيزياء.

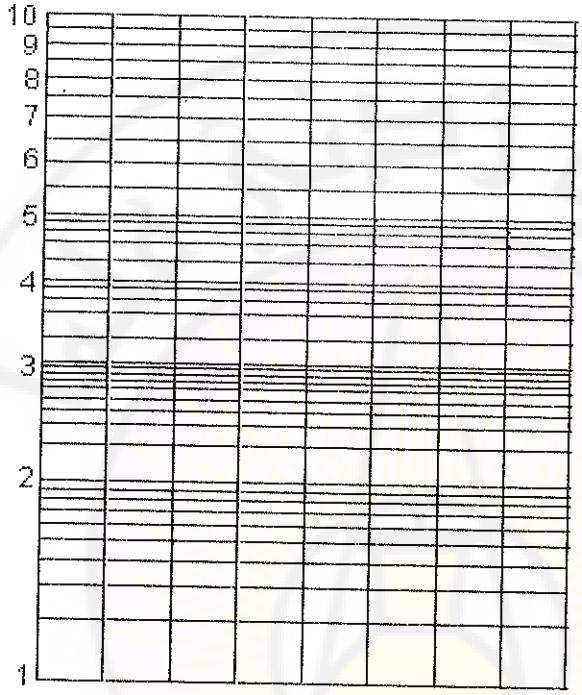
1- الورقة المليمترية: وهي ورقة عادية مقسمة إلى أجزاء متساوية على المحورين، وغالباً ما يكون طول الجزء الواحد يساوي سنتمتراً واحداً. وقد يقسم كل جزء منها إلى أجزاء أصغر طول كل منها 1 مليمتر أو 2 مليمتر، ومن هنا جاءت التسمية "ورقة مليمترية". يبين الشكل (10) نموذجاً لهذا النوع من الأوراق. نستعمل هذا النوع من الأوراق إذا كانت العلاقة بين المتحولات علاقة خطية، أو حولناها نحن إلى علاقة خطية. يُدرج المحوران الأفقي والرأسي تدريجات مناسبة بحيث يتسعان لكل النقاط التي تمثلها المعطيات في حيز مناسب من ورقة الرسم. وليس من الضروري أن تكون التدريجات متساوية على المحورين، كما أنه ليس من الضروري أن تبدأ التدريجات من المبدأ، أي من نقطة الصفر.



الشكل (10) ورقة بيانية عادية (مليمترية)

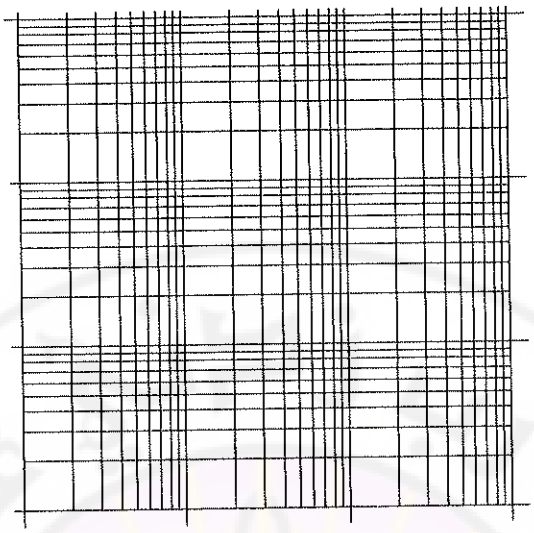
2- الورقة نصف اللغاريتمية: وهي ورقة تقسيماتها الأفقية (على المحور x) متساوية، أي مأخوذة بمقياس خطي. أما تقسيماتها على المحور الرأسي (على المحور y) فليست متساوية لأنها مأخوذة بمقياس لغاريتمي. يبين الشكل (11) نموذجاً لهذا النوع من الأوراق. تستعمل هذه الأوراق لتحويل المنحني الذي دالته الرياضية دالة أسية إلى مستقيم دالته خطية، كما بينا في الفقرة السابقة. لاحظ أن التدريج الرأسي يمتد من 1 إلى 10. لاحظ أيضاً أن هذه التدريجات على الورقة مقسمة إلى تدريجات فرعية. تبلغ التدريجة الفرعية 0.1 في المجال الممتد من 1 إلى 3، وتساوي 0.2 في المجال الممتد من 3 إلى 5، و0.5 من 5 إلى 10، كما يظهر في هذه الورقة التي يعرضها الشكل (11)، يمكن أن تمثل الأرقام على المحور الرأسي قيماً للمعطيات تقع بين 1 و10 أو بين 10 و100 أو بين 100 و1000 أو بين

0.1 و1 أو 0.01 و0.1 وهكذا. هذه الورقة نصف لغاريتمية بدور واحد أو عقد واحد. توجد أوراق نصف لغاريتمية بـدورين (أي مـن1-10-100) وبثلاثة أدوار (أي من 1-10-100-1000) أو أكثر.



الشكل (11) ورقة بيانية نصف لغاريتمية

3- الورقة اللغاريتمية: هي ورقة تقسيماتها الأفقية والرأسية متماثلة ومـأخوذة بمقياس لغاريتمي. توجد نماذج مختلفة لهذه الورقة تحتوي على 1×1 دور، أو 1×2 دور، أو3×2 دور، أو 3×5 دور. يبين الشكل (12) نموذجاً لورقة لغاريتمية مكونة من 3×3 دور.



الشكل (12) ورقة بيانية لغاريتمية

نقدم في الفقرة التالية تمثيلاً بيانياً للمعطيات التجريبية لأحدى التجارب على الأوراق الثلاث، وعندها ستظهر لنا فائدة استعمال الورقة اللغاريتمية أو نصف اللغاريتمية وتسهيلاتها التي لا تتوفر في الأوراق العادي.

مثال على تمثيل النتائج التجريبية:

ذكرنا أعلاه أنه كي نحول الدالة الأسية $N= N_o e^{at}$ إلى علاقة خطية (خط مستقيم)، علينا أن نجد اللغاريتم الطبيعي لكلا جانبي المعادلة ونرسم $\ln(N/N_o)$ بدلالة t لنحصل على خط مستقيم ميله a.

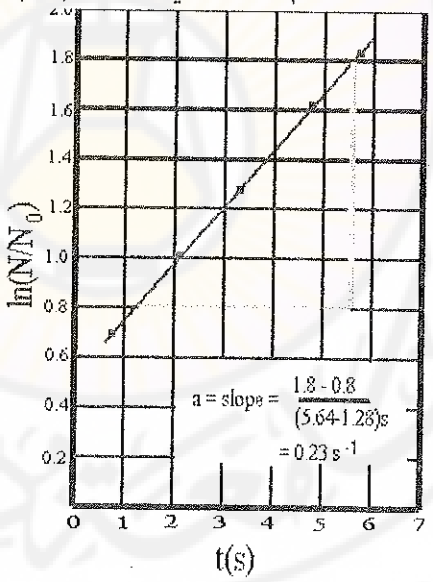
قد يكون من المزعج في بعض الأحيان أن نجد مجموعة من اللغاريتمات للقيم N/N_o، لذا فإننا نستعمل نوعاً خاصاً من الأوراق البيانية التي تقوم بهذا العمل بصورة آلية.

6.35	5.05	3.58	2.78	2.02	N/N_o
5.8	4.8	3.3	2.2	0.8	t(s)
1.85	1.62	1.28	1.02	0.70	$\ell n(N/N_o)$

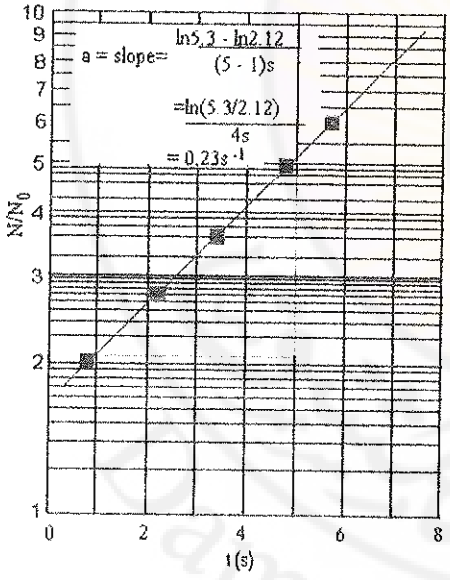
الجدول (3)

يعطي السطر الأول من الجدول (3) قيم N/N_o التي تتبع علاقة أسية، كما يعطي السطر الأخير اللغاريتم الطبيعي لهذه القيم. والمنحني البياني في الشكل (13) هو رسم لهذه القيم بدلالة t. لاحظ أن هذا الرسم البياني أجري على ورقة بيانية عادية، وليس على ورقة نصف لغاريتمية. وكما ترى، فالرسم البياني هو خط مستقيم يمكن إيجاد ميله a بسهولة كما هو موضح على الشكل.

لنر الآن كيف تبسط الورقة نصف اللغاريتمية كل ذلك كما هو مبين في الشكل (14). استعملنا هنا المعطيات نفسها التي في الجدول (3)، ولما كانت معطيات N/N_o التي لدينا تقع بين 1 و10، فبإمكاننا أن نستعمل الأعداد الموجودة في الطرف الأيسر من الورقة البيانية كما هي. وكل ما علينا عمله هو أن نرسم الأعداد كما هي معطاة. لسنا هنا بحاجة لإيجاد اللغاريتمات، فالورقة تقوم بذلك نيابة عنا. وتلك هي ميّزة الورقة نصف اللغاريتمية. ونتيجة الرسم نحصل على الخط المستقيم المبين في الشكل (14).



الشكل (13) تمثيل العلاقة على ورقة عادية



الشكل (14) تمثيل العلاقة على ورقة نصف لغاريتمية

دعنا نجد الآن الثابتة a. وهنا أيضاً علينا أن نجد ميل المستقيم وهذه العملية تتضمن إيجاد لغاريتمات ولكنها هنا عند نقطتين فقط على أي مثلث نستعمله لتعيين الميل. لاحظ كيف تتم عملية حساب الميل وهي مبينة على الشكل (14) أيضاً، ومن الجدير بالملاحظة أننا أخذنا اللغاريتم الطبيعي في هذا الحساب.

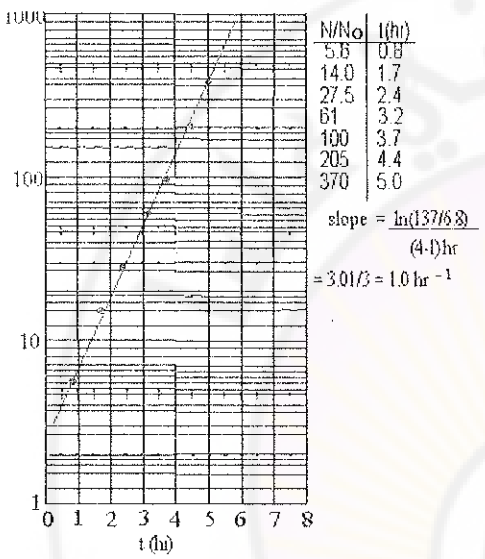
لاحظ كيف أننا نبحث عن لغاريتم واحد فقط في عملية حساب الميل لأن الفرق بين لغاريتمي عددين يساوي إلى لغاريتم النسبة بينهما. وهنا أيضاً نحصل على قيمة للميل $a = 0.23\ s^{-1}$ كالسابق ولكن بعمل أقل.

افرض الآن أن معطياتنا هي الآن كما تظهر في الجدول على الشكل (15). إن قيم t بقيت كما هي بدون تغيير، لكن قيم النسبة N/N_o صارت أكبر بعشر مرات. ماذا سنفعل الآن؟

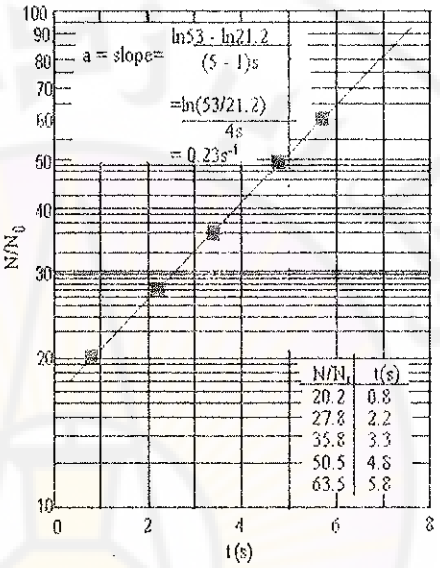
الجواب هو أن نغير قيم الأدوار على طول المحور الرأسي، حيث إن قيمها اختيارية محضة. لنأخذها في هذه الحالة من 10 إلى 100، ثم نعين النقاط على الورقة كما فعلنا في السابق. وأخيراً نحصل على الخط المستقيم ونحسب ميله كما فعلنا من قبل ونحصل على النتيجة ذاتها. هذا وتظهر على الشكل (15)، إضافة إلى جدول المعطيات، طريقة حساب الميل.

دعنا نفترض الآن أنه لدينا المعطيات المعطاة في الشكل (16). لن تفلح أي من الأوراق نصف اللغاريتمية التي رأيناها حتى الآن في استيعاب هذه المعطيات وتمثيلها. بإمكانك تمثيل العدد الأول، أو العدد الثاني حتى الخامس، أو الخامس حتى السابع، ولكنك لا تستطيع تمثيلها جميعاً معاً، لأن الورقة اللغاريتمية بدور واحد تتسع لأعداد تمتد من 1 إلى 10، أو من 10 إلى 100، أو من 100 إلى 1000، وبعبارة أخرى نقول إنها تتسع لدور واحد فقط. ولكن النسبة N/N_o تمتد الآن عبر ثلاثة أدوار، أي من 1 إلى 1000. لذا فأنت بحاجة إلى ورقة

نصف لغاريتمية ذات ثلاثة أدوار، وهي التي استعملناها هنا في الشكل (16) لتمثيل معطيات الجدول المذكور. توقف قليلاً وأمعن النظر في الرسم وفي عملية الحساب في الشكل (16). وكما ترى من هذا الرسم، اننا نختار عدد الأدوار في الورقة البيانية لتلائم المعطيات لدينا وتتسع لها.

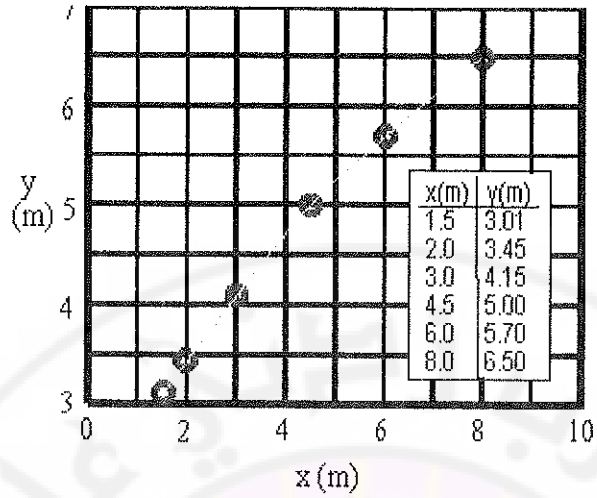


الشكل (16)



الشكل (15)

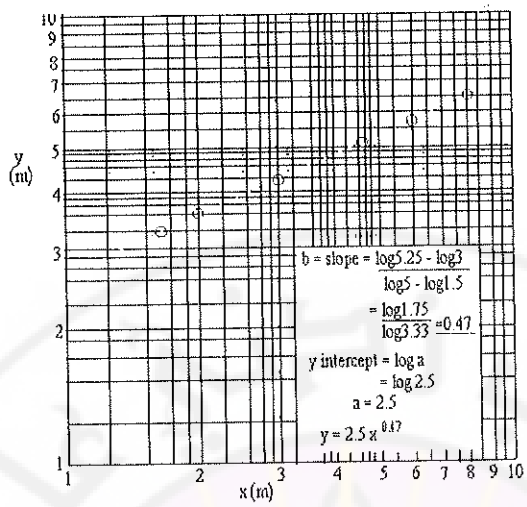
دعنا الآن ننتقل إلى مسألة جديدة. لنفرض أنك أعطيت مجموعة المعطيات المدونة على الشكل (17) الذي يوجد عليه تمثيل بياني للدالة y بدلالة المتحول x أيضاً، ويمكنك أن ترى أنه منحنٍ سلس. لكن ماعدا ذلك، لا يعطينا معلومات كثيرة. على كل حال، افرض أيضاً أنه توجد خلفية نظرية للاعتقاد أن هذه المعطيات تتبع قانون قوة من الشكل $y = a\ x^b$. كيف يمكننا إيجاد الثابتتين a و b إذا كان هذا صحيحاً؟



الشكل (17)

نأخذ لغاريتم المعادلة فنحصل على $\log y = \log a + b \log x$ وهذه يمكن مقارنتها بالمعادلة $y = A + m x$. وهكذا نرى أن المنحني البياني لـ $\log y$ بدلالة $\log x$ يعطي خطاً مستقيماً ميله A وتقاطعه مع المحور y هو $\log a$. وبالعكس، إذا أعطى التمثيل البياني $\log y$ بدلالة $\log x$ لمجموعة من المعطيات خطاً مستقيماً، فإن هذه المعطيات تحقق بالفعل العلاقة $y = a x^b$. والآن يمكننا أن نأخذ جدولاً من قيم $\log x$ و $\log y$ ونرسمه، ولكنني أفضل أن لا أزعج نفسي وأقوم بذلك لأنه توجد طريقة أسهل من ذلك، كما وجدنا في الدالة الأسية.

لما كان علينا رسم $\log y$ بدلالة $\log x$، فإننا نحتاج إلى ورقة بيانية مقسمة لغاريتمياً على طول المحورين، وهي التي أطلقنا عيها اسم ورقة لغاريتمية، والتي عرضنا نموذجاً لها في الشكل (12). ولما كانت معطياتنا المدونة في الشكل (17) يمكن احتواؤها وتمثيلها على ورقة لغاريتمية بدور واحد، فقد رسمنا هذه المعطيات على ورقة لغاريتمية من هذا النوع وحصلنا على خط مستقيم في الشكل (18)، ميله $b = 0.47$ وتقاطعه $a = 2.5$.



الشكل (18)

تأمّل الرسم ملياً ولاحظ كيف حسبنا الميل b والقوة a في العلاقة التي تربط بين الدالة y والمتحول x.

- ملاحظة1:

يمكن حساب الميل في مثل هذا التمثيل (أي عند استعمال ورقة مقسمة لغاريتمياً على المحورين) بسهولة وذلك برسم مثلث من أي نقطتين تختارهما على المستقيم وتقيس الضلعين القائمين بمسطرة مليمترية ثم تجد النسبة بينهما. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الميل هنا مقدار لابعد له لأنه يمثل، كما رأينا نسبة طولين أو نسبة لغاريتمين.

تتعين قيمة a من تقاطع المستقيم مع المحور y . كي نحصل على هذه القيمة، نفتش عن نقطة على المستقيم يكون المتحول الأفقي لها معدوماً. تذكر أن المحور الأفقي هو محور لغاريتمي، فالمتحول الأفقي هو في الحقيقة log x، وليس x، لذا فنحن نبحث عن النقطة حيث يكون log x = 0. ولكي يكون log x معدوماً ينبغي أن يكون x = 1. يمكن أن نقرأ التقاطع على الخط الشاقولي حيث x = 1. وفي هذه الحالة يحدث التقاطع عند log 2.5. إذن log a = log 2.5، أي إن a = 2.5.

والآن نستطيع أن نكتب أن هذه المعطيات تلائم المعادلة $y = 2.5\ x^{0.47}$.

ينبغي أن نضمن الواحدات المناسبة مع قيمة a. لإيجاد هذه الواحدات، نعيد ترتيب المعادلة $y = a\ x^{0.47}$ ونكتبها على الشكل التالي: $a = y/x^{0.47}$. مع ملاحظة أن كلاً من y و x مقدر بالأمتار. وهكذا فإن واحدات a يجب أن تكون $^{0.53}$(متراً).

بقيت نقطة أخيرة حول هذا الرسم البياني. لنفرض أن المحور الأفقي لم يبدأ عند 1، وليس هناك حاجة أنه ينبغي أن يكون كذلك. يمكن أن تكون قيم x بين 10 و100، في هذه الحال تكون قد بدأتَ المحور الأفقي عند 10. في هذه الحالة، لن تكون قادراً على قراءة التقاطع مع المحور y. ينبغي أن يقرأ عند $\log x = 0$، حيث $x = 1$. لإيجاد قيمة a في هذه الحالة، يمكنك استخدام المعادلة $y = a\ x^b$، عوض عن قيم x و y و b ثم أوجد قيمة a.

إذا كانت قيم x و y لايتسع لها دور واحد ، ينبغي عندئذ استخدام أدوار أكثر.

تمارين على تحليل النتائج التجريبية بيانياً:

1- يعطي الجدول التالي مجموعة من القياسات لشدة التيار I المار في مقاومة R وفرق الكمون V بين طرفيها. مثل بيانياً هذه المعطيات وارسم المنحني البياني الذي تمثله. استنتج من الرسم البياني قيمة هذه المقاومة، واكتب المعادلة التي تربط بين توتر المقاومة V والتيار المار فيها I.

V (فولط)	0.69	0.90	1.11	1.32	1,57	1.80	2.00	2.20
I (ملي أمبير)	30.5	40.0	50.1	59.5	70.3	80.0	90.0	99.0

2- يعين معامل تمدد الهواء الجاف (عند ضغط ثابت) بقياس الطول لعمود الهواء، المحبوس في أنبوب شعري، عند درجات حرارة مختلفة. كانت النتيجة كما هو مدون في الجدول التالي:

99.0	87.0	71.2	62.0	53.0	41.0	32.0	23.3	درجة الحرارة (^oC)
8.9	8.6	8.2	8.0	7.8	7.5	7.3	017	طول عمود الهواء (سم)

مثّل بيانياً هذه القياسات واستنتج معامل تمدد الهواء α علماً بأن المعادلة التي تربط طول عمود الهواء l_t في الدرجة t^oC والطول l_o في الدرجة 0^oC هي $l_t = l_o(1 + \alpha\, t)$.

3- وضعت مقاومة مجهولة في الفجوة اليسرى من جسر وطسطن ووضعت علبة مقاومات متغيرة (0-9 Ω) R في الفجوة اليمنى. سجلت نقاط التوازن التالية من أجل قيم R المختلفة:

9	8	7	6	5	4	3	2	1	R(Ω)
25.9	38.3	31.1	34.4	38.6	43.9	50.9	60.9	57.7	وضع التوازن (l cm)

ارسم منحنياً بيانياً لـ $\frac{100-l}{l}$ مقابل R واحصل منه على قيمة المقاومة المجهولة.

4- العلاقة بين المقدارين x و y هي من الشكل $y = a\, x^n$ حيث a و n ثابتان. يعطي الجدول التالي القيم المتقابلة لـ x و y. ارسم منحنياً بيانياً لـ log y بدلالة log x واستنتج منه قيمتي a و n.

5	4	3	2	1	X
1563	640	203	40	2.5	Y

5- العلاقة بين h و l هي من الشكل $h = k\, l^p$ حيث k و p ثابتان. استعمل القيم الموجودة في الجدول التالي وارسم منحنياً بيانياً واستنتج منه قيمتي k و p.

7.99	4.00	1.00	0.09	000063	L
0.028	0.020	0.010	0.003	0.0024	H


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 2

أدوات القياس الكهربائية
Electrical measuring instruments

مقدمة:

تعد أجهزة القياس في تجارب الكهرباء والإلكترونيات المكونات الأساسية لكل تجربة. وإنه لمن الضروري أن يكون لدى المجرب معرفة عملية كافية بأدوات القياس وطرق استعمالها وتشغيلها. والقياسات الصحيحة المأخوذة من أجهزة القياس في تجربة ما هي التي تقرر نجاح أو الإخفاق في الوصول إلى الهدف الذي يسعى إليه المجرب.

سنحاول في هذه التجربة أن نعرّف الطالب بأدوات القياس الكهربائية التي يستخدمها في التجارب اللاحقة، كي تكون مألوفة لديه ويحسن استخدامها عندما يجري تلك التجارب، وكي يتفادى أيضاً الاستخدام الخاطىء لها، والذي يؤدي إلى نتائج خاطئة أو إتلاف الأجهزة المستخدمة.

من أهم المبادىء الأساسية التي يجب أن تتوفر في أدوات القياس أن لا يكون إدخال الأداة سبباً في إحداث تشويش أو اضطراب في الجملة التي يجري عليها القياس. وبعبارة أخرى نقول يجب أن لا يؤدي إدخال أداة القياس إلى تغيير في نتيجة القياس. إن تحقيق هذا المبدأ الأساسي يتطلب أدوات قياس مثالية وكاملة من جميع النواحي. لكن أدوات بهذه المواصفات غير متوفرة عملياً ولا هي موجودة أصلاً. لكن بعض الأدوات أفضل من بعضها الآخر في اقترابها من المثالية، كما أن أدوات أخرى تكون عديمة الجدوى إذا استخدمت في غير المجال الذي أعدت من أجله. لذا يجب على كل من يستعمل أداة من أدوات القياس أن يكون على علم بمجال تلك الأداة وحدودها.

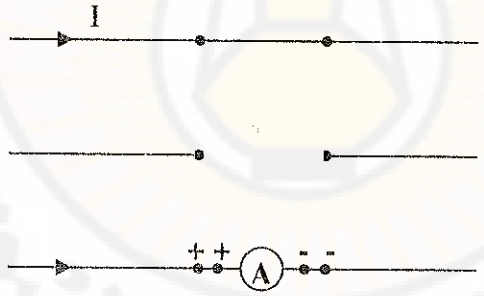
سيدرس الطالب في هذه التجربة مقاييس الأمبير (Ammeters) ومقاييس الفولط (Voltmeters) ومقاييس الأوم (Ohmmeters) والمقاييس متعددة القياسات واستعمالاتها.

أما راسم الاهتزاز المهبطي فقد خصصت له تجربة مستقلة يتعرف فيها الطالب على الجهاز وطريقة تشغيله واستخداماته.

مقاييس الأمبير:

يستعمل مقياس الأمبير لقياس التيار الجاري في الدارة الكهربائية. ولمّا كان التيار الكهربائي هو جريان للشحنة الكهربائية فمقياس الأمبير يقيس معدل هذا الجريان، وعليه ينبغي أن يمر التيار في مقياس الأمبير.

فإذا أردت أن تقيس التيار الجاري في أي فرع من فروع الدارة الكهربائية عليك أن تقطع الدارة (تفتح الدارة) في هذا الفرع وتدخل مقياس الأمبير في مكان القطع، كما يدل الشكل (1) على ذلك.



الشكل (1)

توجد مقاييس أمبير مخصصة لقياس التيار المستمر (DC)، كما توجد مقاييس مخصصة لقياس التيار المتناوب (AC). وبعض مقاييس الأمبير يمكن استخدامها في الحالتين وذلك بوضع زر ناخب له وضعتان: (AC) و(DC)، يجري اختيار إحداهما من قبل المجرّب حسب طبيعة التيار المراد قياسه.

وتجدر الإشارة إلى أنه ينبغي وصل المقياس في الدارة وصلاً صحيحاً في حالة التيار المستمر (DC). يجب أن يدخل التيار المقياس من طرفه الموجب ويخرج من طرفه السالب، أي ينبغي وصل الطرف الموجب لمقياس الأمبير إلى الجانب الموجب من مكان القطع الحاصل في الدارة، كما هو مبين في الشكل (1).

يمكن أن يستخدم مقياس الأمبير لقياس مجال واسع من التيارات (تمتد قيمتها من المكرو أمبير (μA) إلى عشرات الأمبيرات) وذلك عن طريق استخدام مفرّعات. وترتّب هذه المفرّعات بحيث تمرر جزءاً محدداً من تيار الدارة حول مقياس الأمبير.

كي يعطي مقياس الأمبير القيمة الصحيحة للتيار، يجب أن لا يؤثر إدخاله في الدارة على التيار الجاري فيها. وهذا يتطلب أن تكون مقاومة مقياس الأمبير صفراً. ولكن هذه الحالة المثالية ليست محققة عملياً ولا يوجد مقياس أمبير مثالي مقاومته معدومة. ولكي نقلل من تأثير مقاومة مقياس الأمبير في القراءة الصحيحة للتيار المطلوب قياسه يجب أن تكون مقاومة المقياس المستخدم أقل بكثير من مقاومة الدارة. إن مقاومة مقياس الأمبير العملي تتراوح ما بين أجزاء من ألف من الأوم وبين آلاف الأومات تبعاً لما يطلب قياسه.

دعنا نأخذ فكرة عن كيفية اختيار مقياس الأمبير المناسب لقياس التيار في الدارة بدقة كافية ومقبولة. فمثلاً، إذا ماغُذيت الدارة بتوتر من رتبة الفولطات وكان التيار الجاري من رتبة الأمبيرات فإن مقاومتها ستكون من رتبة الأومات. لذا فإن استخدام مقياس أمبير مقاومته من رتبة الأومات ستزيد من مقاومة الدارة وستؤدي إلى تخفيض التيار عن قيمته الحقيقية. أما إذا غذّيت الدارة بتوتر من رتبة الفولطات وكان التيار الجاري فيها من رتبة المكرو أمبير فإن مقاومة الدارة ستكون من رتبة الميغا أوم. إن استخدام مقياس أمبير مقاومته بضع

أومات لن يؤدي إلى تغيير مقاومة الدارة بشكل محسوس، ومن ثم لن يؤدي إلى تغيير محسوس في قيمة التيار الجاري فيها. حتى ولو كانت مقاومة مقياس الأمبير المستخدم في هذه الحالة من رتبة الكيلوأوم فلن تحدث فرقاً ملحوظاً في شدة التيار المقيسة.

وعليه يمكننا أن نعطي فكرة تقريبية عن قيمة مقاومة مقياس الأمبير:

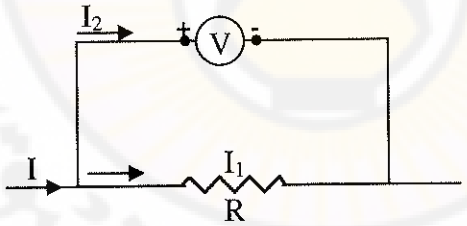
1. يمكن أن تكون مقاومة مقياس الأمبير (الذي مجاله الأمبيرات) من رتبة أجزاء مئوية من الأوم.
2. يمكن أن تكون مقاييس الملي أمبير (مجالها هو الملي أمبير) من رتبة الأومات.
3. يمكن أن تكون مقاومة مقاييس المكرو أمبير (مجالها هو المكرو أمبير) من رتبة آلاف الأومات. يبين الشكل (2) صورة لأحد مقاييس الأمبير المستعملة في هذه التجربة.



الشكل (2)

مقاييس الفولط:

يستعمل مقياس الفولط لقياس القوة المحركة الكهربائية التي يولدها منبع كهربائي، أو لقياس فرق الكمون بين نقطتين في دارة كهربائية. ولما كان يوجد في كل الأحوال فرق في التوتر بين نقطتين فإننا نقيس توتر إحدى النقطتين بالنسبة للنقطة الأخرى. فإذا أردنا قياس فرق الكمون بين طرفي مقاومة، مثلاً، فإننا نصل مربطي مقياس الفولط إلى طرفي المقاومة كما هو مبين في الشكل (3) إن مقياس الفولط له مقاومة، وعند وصله بالدارة سيمر جزء من التيار في هذه المقاومة ويمر الجزء الباقي في العنصر المراد قياس فرق كمونه. وعليه، سيقل التيار المار في المقاومة R بعد وصل مقياس الفولط بين طرفيها عما كان عليه قبل وصله. ومن ثم سيعطينا مقياس الفولط قراءة خاطئة لفرق الكمون بين طرفي العنصر (المقاومة R) تقل عن قيمته الحقيقية. ولكي نحصل على قياس أفضل لفرق الكمون بواسطة مقياس الفولط يجب أن تكون مقاومة المقياس أكبر بكثير من مقاومة العنصر المراد قياس فرق الكمون بين طرفيه، لأن ذلك يقلل من قيمة التيار I_2 المار في المقياس والمتفرع عن التيار I .



الشكل (3): وصل مقياس الفولط في الدارة لقياس توتر عنصر من عناصرها

إن مقاومة مقياس الفولط يجب أن تكون لانهائية، من الناحية المثالية، كي لا يحدث تغيير في قيمة التيار المار في الدارة. وباختصار نقول يجب على مقياس الفولط أن لا يسحب أي تيار من الدارة. لكن مقاييس الفولط لها مقاومات متغيرة بشكل ملحوظ من الناحية العملية.

تعرّف حساسية مقياس الفولط بالعلاقة:

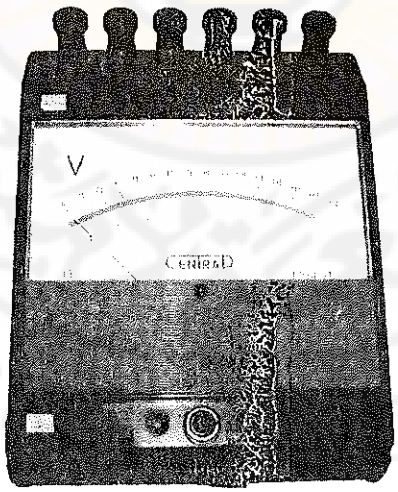
$$\text{الحساسية} = \frac{\text{مقاومة مقياس الفولط (بالأوم)}}{\text{قيمة التوتر المقابل لكامل التدريج (بالفولط)}}$$

وفي أغلب الأحيان تكتب قيمة مقاومة مقياس الفولط على الجهاز أو تعطى حساسية الجهاز مكتوبة على قرص التدريجات في أسفله.

إن حساسية مقاييس الفولط التي تعمل على التيار المستمر (DC) والبالغة $20000\Omega/V$ تعد حساسية نموذجية. فمقياس الفولط الذي تبلغ حساسيته هذه القيمة له مقاومة تساوي الحساسية X كامل تدريج المجال المستعمل فإذا كان المجال المأخوذ على مقياس الفولط هو 10فولط، فإن مقاومته ستكون :

$$R_v = 20000 \times 10 = 200K\Omega$$ مقاومة مقياس الفولط

يمكن توسيع مجال قراءة مقياس الفولط باستخدام مضاعفات، وهي مقاومات توصل على التسلسل مع المقياس لتحد من قيمة التيار المسحوب وتجعله لا يتعدى القيمة العظمى من أجل مجال توتره أعلى من توتر المجال الأول. يبين الشكل (4) صورة لأحد مقاييس الفولط المستخدمة في هذه التجربة.



الشكل (4)

مقاييس الأوم:

يقيس مقياس الأوم مقاومة دارة أو مقاومة أحد عناصرها. وتجدر الإشارة والتنبيه هنا إلى أنه يجب فصل الدارة عن منبع التغذية قبل قياس المقاومة، لأن وجود التغذية أثناء القياس قد يخرب مقياس الأوم.

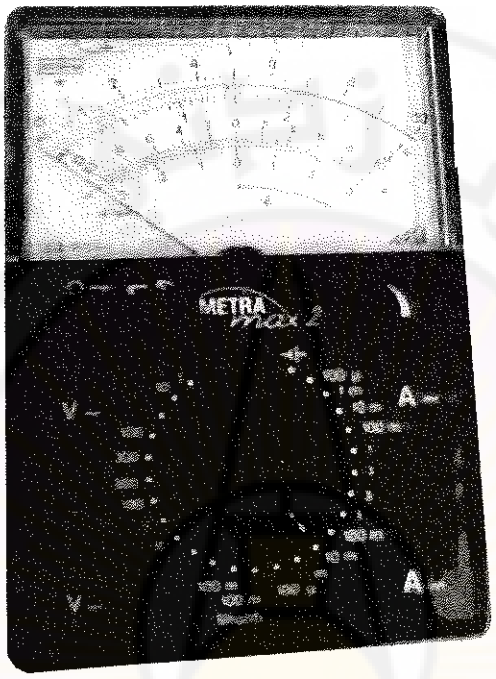
كما تجدر الإشارة والتنبيه إلى أنه يجب فصل العنصر المراد قياس مقاومته عن أجزاء الدارة الأخرى قبل عملية القياس، وذلك منعاً لحدوث قراءات خاطئة بسبب مرور التيار عبر المقاومات الموصولة على التفرع مع العنصر.

يحتاج مقياس الأوم البسيط إلى منبع التغذية، يمكن أن يكون بطارية جافة، تؤدي إلى جريان التيار في مقياس الملي أمبير أو المكرو أمبير. يتناسب التيار المار في مقياس الأوم عكساً مع المقاومة المراد قياسها. توضع في المقياس عادةً مقاومة متغيرة تسمح بإعادة ضبط مؤشر الجهاز على مقاومة الصفر وذلك عندما يحصل تغير في تونر البطارية، ويتم ذلك بقصر مدخل الجهاز على مقاومة معدومة وذلك بوصل أسلاك الفحص ببعضهما. وتوصل عادةً مقاومة ثابتة على التسلسل مع المقاومة المتغيرة الغرض منها الحد من التيار كي لا يتخطى القيمة العظمى في التدريج عند تخفيض المقاومة المتغيرة إلى الصفر. وتحدد قيمة هذه المقاومة مسبقاً وتتعلق بتوتر المنبع وقيمة تيار المجال الأعظمي.

المقاييس متعددة الاستعمالات Multimeters:

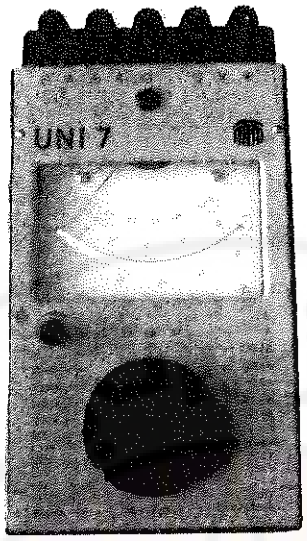
النمط التماثلي analogue type من هذه المقاييس متوفر بكثرة وهو قيد الاستعمال منذ فترة طويلة. ولعل مقياس الآفو AVO (المستعمل لقياس التيارات والتواترات والمقاومات) معروف لدى الطالب. يستخدم هذا النوع من المقاييس حركة مقياس واحد، وبواسطة زوجين اثنين من المفاتيح الناخبة الدوارة يمكن قياس التيارات والتواترات والمقاومات في مجالات واسعة التغيير. تتوفر الآن

طُرُز مختلفة من هذا النوع من المقاييس، يطابق أحدث نوع منها المواصفات الأوروبية التي تشترط أن تكون قراءة مجالاتها دائماً من مضاعفات 3 أو 10. يبين الشكل (5) صورة لأحد المقاييس المتعددة الاستعمالات من النمط المثالي.



الشكل (5)

إن مجالات التيار والمقاومة في هذه المقاييس كافية ومرضية من أجل نمط التجارب المدروسة، إلا أن حساسية هذا الجهاز، شأنها شأن باقي الأجهزة من هذا النوع، تكون منخفضة جداً لدى استخدامه لإجراء قياسات على دارات أنصاف نواقل، حيث تكون الممانعة عالية والتوتر منخفضاً. وتشكل هذه الدارات عصب الإلكترونيات الحديثة. لذا يُفضّل استعمال مقياس الفولط الإلكتروني في مثل تلك الدارات. ويبين الشكل (6) صورة لهذا المقياس.



الشكل (6)

المقاييس الرقمية متعددة الاستعمالات Digital multimeters (DMM):

للتغلب على مشاكل الحساسية المنخفضة تمَّ تطوير مقاييس الفولط الصمامية valve voltmeter، إلا أنه لم تعد للمقاييس التماثلية تلك الأهمية منذ عقود من الزمن، حتى لو كانت من هذا النمط. فقد حلت محلها المقاييس الرقمية متعددة الاستعمالات وذات المجالات الواسعة.

إن المقاييس الرقمية متعددة الاستعمالات، وتسمى أيضاً المقاييس الرقمية الشاملة، أكثر قوة بالمقارنة مع المقاييس الأخرى، كما أن لها عارضات (شاشات عرض) من الديودات المصدرة للضوء (LED) أو البلورات السائلة (LCD) أو سواها مما أنتجته تكنولوجيا الإلكترونيات المتطورة.

إن الشيء المميز والمهم في هذا النوع من الأجهزة هو أنها تبدي ممانعة عالية وثابتة لكل مجالات التوتر تصل إلى ما يقارب 10MΩ. يبين الشكل (7) صورة لأحد هذه المقاييس.



الشكل (7)

يعمل كثير من هذه الأجهزة على مبدأ يمكننا إيجازه كالتالي: تُفرّغ مكثفة من سوية ثابتة بمعدل معين مسبقاً إلى سوية أدنى ثم تُشحن ثانية إلى السوية الأصلية بمعدل يتناسب والتوتر المطبق بين طرفي المقياس. تجري المقارنة بين زمن الشحن وزمن التفريغ ويحسب توتر الدخل ثم يعرض على الشاشة. إن الزمن اللازم لتشغيل هذه الدارة صغير جداً وثابت، ومن هنا نتجت الممانعة العالية الثابتة لهذه المقاييس.

يجري قياس التيار بقياس التوتر المتشكل بين طرفي مقاومة داخلية معلومة نتيجة مرور التيار المجهول فيها. كما يجري قياس المقاومة بإمرار تيار ثابت، متولد داخلياً خلال المقاومة المجهولة ومن ثم بقاس فرق الكمون المتشكل بين طرفيها. إذا حصل فرط في الحمل في المقياس ظهر ذلك بعرض وامض أو بالضوء (O/L) الدال على ذلك. كما أنه لو صادف أن كانت قطبية المقياس معكوسة أثناء وصله فإن الإشارة الضوئية POL تسرع بالوميض أو تظهر الإشارة ناقص (-)

أمام الرقم. يمكن أن يقع سوء استعمال جوهري في مثل هذه المقاييس، لكن التخريب لا يمكن أن يحدث، إلا أن الحيطة مطلوبة في كل الأحوال.

يتحدد المجال المناسب للقياس آلياً في بعض هذه المقاييس الرقمية الشاملة، أي إن الجهاز يختار المجال الأمثل ويعرض القراءة بمجرد انتخاب نوع القياس: توتر أو تيار أو مقاومة.

إن الدقة في هذه المقاييس أحسن بكثير من الدقة في الأنماط التماثلية العامة، فهي أقل من واحد بالمئة، بل إنها تنخفض إلى درجة 0.1 في المئة في أغلب الأحيان. أما أخطاء القراءة فليس لها وجود في العرض الرقمي، ويحددها عدد الأرقام أو المراتب الظاهرة على الشاشة.

1. الغاية من التجربة:

1. تركيب مقياس أوم بسيط وتدريجه واستعماله لقياس مقاومات مجهولة.
2. دراسة أثر الحمولة في مقياس الفولط.
3. مقارنة أثر الحمولة في مقاييس الفولط الرقمية والتماثلية

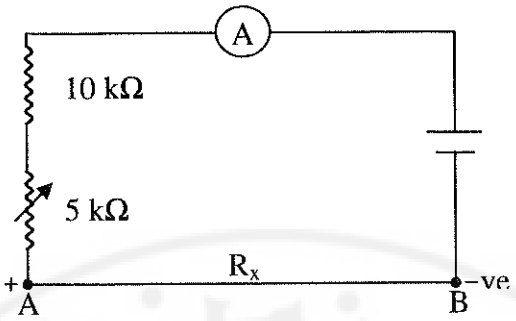
يهدف العمل التجريبي إلى:

أولاً: بناء مقياس أوم بسيط وتدريجه:

سنحول مقياس الميلي أمبير أو المكروأمبير الى مقياس أوم بسيط.

ركب الدارة المبينة في الشكل (8). تتكون هذه الدارة من بطارية جافة ومقياس ملي أمبير أو مكروأمبير (يتحدد نوعه من قيمة القوة المحركة الكهربائية للبطارية) ومقاومة ثابتة $10K\Omega$ ومقاومة صغيرة متغيرة $50K\Omega$ موصولة جميعها على التسلسل بين النقطتين A و B. هذه الدارة تمثل مقياس الأوم البسيط.

1. اقصر الطرفين A و B لمقياس الأوم (صلهما ببعض مباشرة) وهما الطرفان المشار إليهما على الشكل بـ(−) و(+) على الترتيب.



الشكل (8)

واضبط المقاومة المتغيرة 50KΩ حتى تحصل على انحراف أعظمي لإبرة مقياس الأمبير دون أن تتخطى هذا المجال. وهذا يعني أن المقاومة بين الطرفين تساوي الصفر. سجل قراءة مقياس الأمبير ولتكن (100μA مثلاً) وقيمة المقاومة R_x=0.

2. ضع عدداً من المقاومات المعلومة في الموضع R_x، بين النقطتين B وA، ولاحظ التناقص في انحراف إبرة المقياس مقابل مقاومات متزايدة في القيمة.
3. ضع النتائج في الجدول كالتالي:

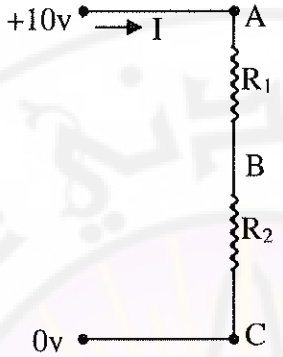
المقاومة المعلومة (Ω)	0	10	20	50	100	1K	10K
قراءة مقياس الأمبير							

4. ارسم المخطط البياني الذي يظهر قيمة المقاومة بدلالة قراءة مقياس الأمبير. أي ضع قيم شدة التيار على المحور الأفقي وقيم المقاومات على المحور العمودي عليه.
5. يمثل هذا المنحني منحني معايرة مقياس الأوم بدلالة شدة التيار التي يقيسها مقياس الأمبير. هل التدريج خطي؟
6. استخدم الآن هذه الدارة ومنحني المعايرة لقياس مقاومة عدد من المقاومات المجهولة.

ثانياً: دراسة أثر الحمولة في مقياس الفولط:

تمهيد نظري:

لتكن الدارة المبينة في الشكل (9)، وهي عبارة عن مقاومتين R_1 وR_2 موصولتين على التسلسل إلى منبع تغذية يعطي توتراً V_s.



الشكل (9)

عند غلق الدارة يجري فيها تيار شدته I تعطى بالعلاقة:

$$I = \frac{V_s}{R_1 + R_2} \qquad (1)$$

ويكون التوتر بين طرفي المقاومة R_1 هو:

$$V_1 = R_1 I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_S \qquad (2)$$

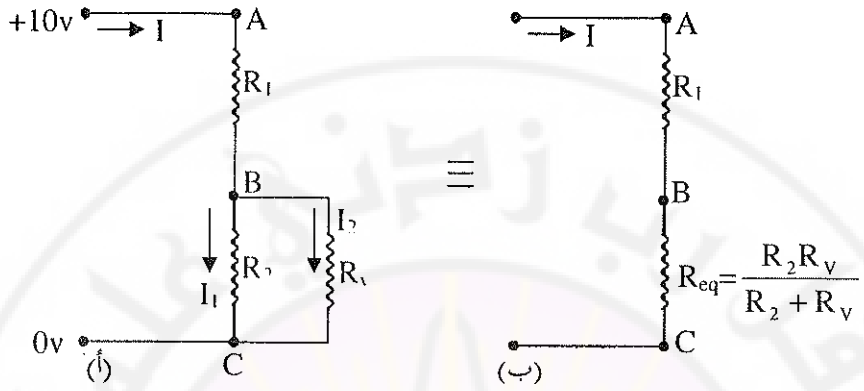
والتوتر بين طرفي المقاومة R_2 هو:

$$V_2 = R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_S \qquad (3)$$

فإذا كانت $R_1=R_2$ حصلنا على $V_1=V_2$. وإذا كان التوتر $V_S=10V$، كان $V_1=V_2=5V$.

هذا من الناحية النظرية. إذا استعملنا مقياس الفولط لقياس التوترين V_1 وV_2 بين طرفي المقاومة R_1 أو R_2 فهل يعطي المقياس هذه القيمة؟ أي هل نقرأ على المقياس $V_1=V_2=5V$ ؟

في الحقيقة إن لمقياس الفولط مقاومة R_V، تعد من الناحية الفعلية مقاومة أخرى موصولة على التفرع مع المقاومة الموصول مع مقياس الفولط بين طرفيها، كما هو مبين في الشكل (10).



الشكل (10)

فعند وصل مقياس الفولط بين النقطتين B و C تصبح المقاومة المكافئة R_{eq} للمقاومتين R_2 و R_V:

$$R_{eq}=\frac{R_2R_V}{R_2+R_V} \qquad (4)$$

فإذا لم تكن $R_V>>R_2$ فإن التيار I الذي كان يمر في R_1 سينخفض عما كان عليه قبل وصل مقياس الفولط لأن جزءاً منه (I_2) سيمر في المقاومة R_V (مقاومة مقياس الفولط). وعليه ستشير إبرة مقياس الفولط إلى قيمة V_2 تعطى بالعلاقة:

$$V_2=R_{eq}\times I=\frac{R_2R_V}{R_2+R_V}\times\frac{V_S}{R_1+\frac{R_2R_V}{R_2+R_V}} \qquad (5)$$

فإذا جعلنا $R_1=R_2=R$ للسهولة، آلت العلاقة الأخيرة إلى الشكل التالي:

$$V_2=\frac{V_S}{2+\frac{R}{R_V}} \qquad (6)$$

وهي أقل من القيمة النظرية التي تساوي $\frac{1}{2}V_S$، وتقل عنها أكثر كلما اقتربت R_V من R.

إن مقياس الفولط المثالي مقاومته $R_V=\infty$ فهو يعطي القيمة النظرية مهما تكن قيمة المقاومة التي يقيس فرق الكمون بين طرفيها.

فإذا كانت $R_V=1000R$، فإن مقياس الفولط يقرأ (0.4997) من القيمة النظرية التي تعطيها المعادلة (6)، أي 4.997V، وهي نتيجة جيدة جداً، ومقياس الفولط مناسب جداً لهذا القياس. وإذا كانت $R_V=100R$، فإن مقياس الفولط سيقرأ في هذه الحالة (0.4975) من القيمة النظرية أي 4.975V كما تشير المعادلة (6) أيضاً.

أما إذا كانت $R_V=10R$، فإن المقياس سيقرأ في هذه الحالة (0.476) من القيمة النظرية أي 4.762.

أما إذا اقتربت R_V من R كأن تكون $R_V=2R$ فقط. فإن مقياس الفولط سيقرأ القيمة 0.400 من القيمة النظرية أي 4.0 فولط.

ولو كانت مقاومة مقياس الفولط تساوي المقاومة الموضوع بين طرفيها أي $R_V=R$ لأشار المقياس إلى القراءة 3.33 فولط فقط.

الإجراءات التجريبية:

1. ركب الدارة المبينة في الشكل (9) لاختبار أثر الحمولة في مقياس الفولط، واختر المقاومتين R_1 وR_2 بحيث تكونان متساويتين، وخذ على منبع التغذية المستمر التوتر 10V.
2. قس التوتر V_{BC} من أجل القيم التالية لكل مقاومة من المقاومتين المتساويتين R_1 وR_2: 1KΩ و10 KΩ و100 KΩ و1 MΩ على التوالي منتخباً الوضع dc والمجال 10V على مقياس الفولط ثم سجل النتيجة في الجدول التالي.

R_V=..... , V_S=.....volt المقاومة الداخلية لمقياس الفولط

قيمة كل من المقاومتين R_1 وR_2	1KΩ	10 KΩ	100 KΩ	1 MΩ
قيمة التوتر V_{BC} من القياس				
قيمة التوتر V_B من الحساب				
القيمة النظرية				

ملاحظة 1: لمعرفة المقاومة الداخلية لمقياس الفولط اقرأ حساسية المقياس المدونة عليه ثم اضرب الحساسية × تدريج المقياس

مثال: اذا كانت حساسية مقياس الفولط المستخدم 20000Ω/v واخترت المجال 10V للقياس فتكون مقاومة مقياس الفولط عند هذا المجال:

$$R_V=10\times20000=200k\Omega$$

ملاحظة 2: لو استعملنا مقياس فولط بهذه الحساسية (أي مقاومته 200kΩ) لقياس فرق الكمون بين طرفي مقاومة تساوي 1MΩ لأشار المقياس إلى القراءة 1.42V وهي قيمة بعيدة جداً عن القيمة النظرية المساوية 5V. أي أن مقياس الفولط هذا لا يصلح لمثل هذا القياس. ويجب البحث عن جهاز أفضل منه مقاومته اكبر من 1MΩ. وهذا ما يجعلنا نستعمل مقاييس الفولط الرقمية لمثل هذه الحالات.

مقارنة أثر الحمولة في مقاييس الفولط الرقمية والتماثلية:

- ركب الدارة السابقة نفسها والتي استخدمتها لدراسة أثر الحمولة في مقاييس الفولط وأعد القياسات السابقة مستخدماً مقياس الفولط التماثلي ومقياس الفولط الرقمي. سجل نتائجك في جدول كالتالي:

قيمة كل من المقاومتين R_1 وR_2	1KΩ	10 KΩ	100 KΩ	1 MΩ
القيمة النظرية للتوتر لـV_{BC}				
قراءة مقياس الفولط الرقمي لـV_{BC}				
قراءة مقياس الفولط التماثلي				

التجربة 3

المعادل الميكانيكي للحريرة

Mechanical equivalent of heat

الغاية من التجربة:

تعيين المكافئ الميكانيكي للحريرة بالطريقة الكهربائية، وذلك بالمساواة بين كمية من الطاقة الكهربائية، مع ذات الكمية بعد تحولها إلى طاقة حرارية، وفق مبدأ انحفاظ الطاقة، مع افتراض عدم وجود ضياع في هذا التحول.

التمهيد النظري:

إنطلاقاً من مبدأ انحفاظ الطاقة يمكن التحقق، وضمن شروط خاصة، من التكافؤ بين العمل وكمية الحرارة وذلك عندما يكون هنالك جملة ووسط يحيط بها. تعرف الجملة في الترموديناميك على أنها عبارة عن مجموعة أجسام كتلتها معينة ومحددة في الفضاء، كما يمكن لهذه الجملة أن تتبادل مع الوسط الخارجي طاقة ميكانيكية أو حرارية أو كهربائية. فعند مرور تيار كهربائي I بين نقطتين في ناقل فرق الكمون بينهما v فإنه يصرف قدرة (استطاعة) تساوي IV مقدرة بالواط وذلك إذا كان فرق الكمون مقدراً بالفولط وشدة التيار مقدرة بالأمبير. إذا استمر مرور التيار فترة زمنية تساوي t ثانية، تكون الطاقة المصروفة مقدرة بالجول:

$$W=IVt \quad (1)$$
$$=I^2tR$$

تعرف العلاقة (1) باسم قانون جول ويمكن التعبير عن هذا القانون كما يلي:

إن الحرارة التي ينشرها تيار كهربائي شدته I عندما يمر في مقاومة R فرق الكمون بين طرفيها V لمدة t ثانية تساوي جداء شدة التيار في فرق الكمون بين طرفي الناقل و في الفترة الزمنية t.

تقاس الطاقة الكهربائية التي يصرفها التيار W (في الجملة الدولية SI) بالجول، I بالأمبير و V بالفولط و t بالثانية. وتجدر الإشارة إلى أنه إذا كان التيار المستخدم هو تيار متناوب فإن قيمة I هي القيمة المنتجة وقيمة V هي القيمة المنتجة كما يعطيها المقياس.

إذا وضعنا المقاومة السابقة R في الوعاء الداخلي لمسعر كهربائي بحيث يغمرها الماء وكانت درجة الحرارة الابتدائية θ_1 نلاحظ بعد مرور التيار الكهربائي لفترة زمنية t ارتفاع درجة حرارة الماء إلى الدرجة θ_2 ومن ثمَّ فإن كمية الحرارة التي اكتسبها الوعاء الداخلي للمسعر بما فيه الماء مقدرة بالحريرة تعطى بالعلاقة:

$$Q = (MC + M'C' + M'')(\theta_2 - \theta_1) \quad (2) \quad \text{(حريرة)}$$

حيث أن:

M: كتلة الماء وتقدر بالغرام

C: الحرارة النوعية للماء والتي تساوي عملياً حريرة واحدة لكل غرام ولكل درجة مئوية ما بين الدرجتين (0–100 مئوية) ويكون MC المعادل المائي للسائل ويقدر ب حريرة/ درجة.

M': كتلة الوعاء الداخلي للمسعر.

C': الحرارة النوعية لمادته و يكون M'C' المعادل المائي للوعاء الداخلي للمسعر إذا كان هذا الوعاء مصنوعاً من النحاس فحرارته النوعية 0.09 حريرة/غ×^{0}ς

وإذا كان من الالمنيوم فحرارته النوعية 0.22 حريرة/غ×^{0}ς

أما الملحقات (المخلط، الغطاء، المقاومة، ميزان الحرارة....) فيصعب تقدير معادلها نظراً لكثرتها واختلاف المواد المصنوعة منها ولعدم بقاء كل أجزائها في السائل. ومن ثمَّ يُقدر معادلها المائي ويعطى للمجرب، حيث تقدر بكتلة مكافئها من الماء، ولتكن "M غراماً، حرارته النوعية (C=1) وفي المساعر الموجودة

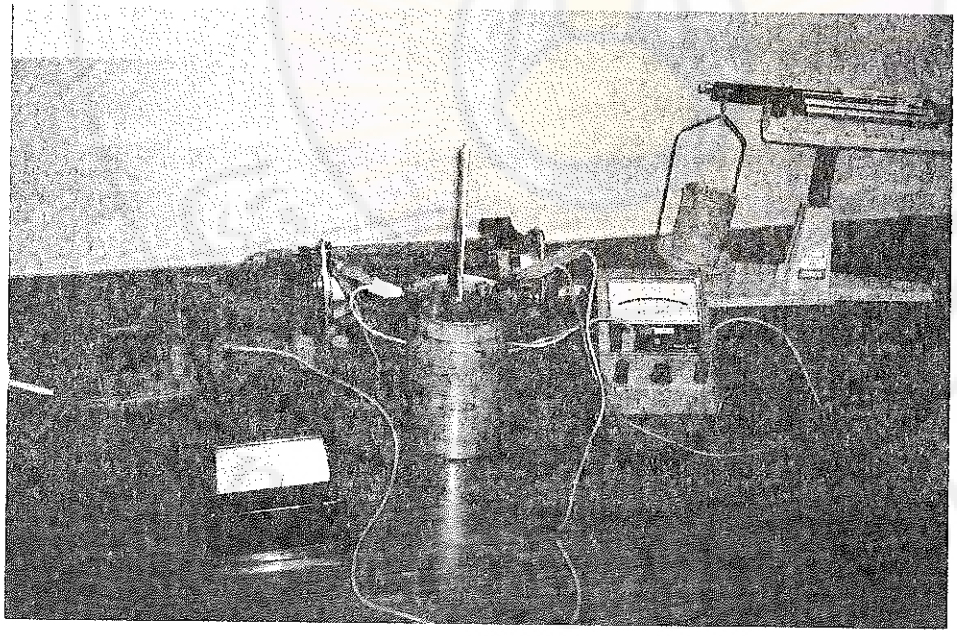
في المخبر يمكن عدُّ الملحقات مكافئه لـ24 غراماً من الماء أي أن معادلها المائي يكون 24 حريرة/^{0}ς ويكون المعادل المائي الكلي للمسعر وفق العلاقة:

$$\mu = (MC + M'C' + M'') \text{ حريرة}/^0\varsigma$$

فإذا فرضنا أن كامل الطاقة الكهربائية قد تحولت إلى طاقة حرارية، نظراً لأن الناقل المعتبر هو مقاومة صرفة وليس فيه آثار التيار الكهربائي غير أثر جول، عندها سيكون ضياع الحرارة بالتوصيل أو الحمل أو الإشعاع مهملاً ومن ثمَّ تتحول كامل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية Q تقدر بالحريرة وذلك ضمن الوعاء الداخلي للمسعر. وعليه فإن الطاقة الكهربائية اللازمة لتوليد حريرة واحدة والتي تعرف بالمعادل الميكانيكي للحرارة J تساوي:

$$J = \frac{W \text{ (جول)}}{Q \text{ (حريرة)}} \quad \text{(جول لكل حريرة)} \qquad (3)$$

$$J = \frac{VIt}{(MC + M'C' + M'')(\theta_2 - \theta_1)} = \frac{RI^2t}{(MC + M'C' + M'')(t_2 - t_1)} \qquad (4)$$

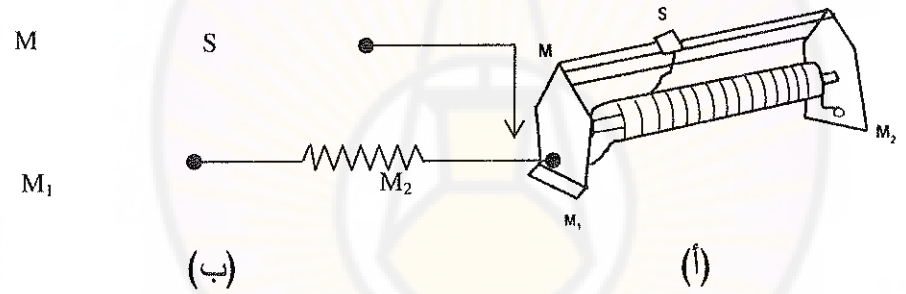


الأدوات والأجهزة المستخدمة:

محولة خافضة للتوتر، مقاومة متغيرة (معدله ذات منزلقة) مقاومتها الكلية حوالي 20Ω، قاطعة، مقياس أمبير متناوب (A 3-0)، مقياس فولط متناوب (10V-0)، مسعر كهربائي، ميزان حراري مئوي يقيس بدقة ($0.1C^0$)، أسلاك توصيل، ميزان عادي حساسيته من رتبة (0.5 gr) مع علبة سنجات، عديل للوزن المضاعف، عداد للثواني (ويمكن الاستغناء عنه باستعمال ساعة اليد إذا كانت تقيس بالثواني).

وصف المعدلة ذات المنزلقة:

يتألف هذا النوع من المقاومات المتغيرة (الشكل (1)) من أسطوانة عازلة أفقية محمولة على هيكل معدني، يلف عليها، بشكل وشيعة، سلك ذو مقاومة كهربائية R ينتهي بمربطين M_1 وM_2 مثبتين في طرفي الهيكل ونحو الأسفل.



الشكل (1) المعدلة ذات المنزلقة

(أ): الصورة الحقيقية.

(ب) تمثيلها في مخطط الدارة الكهربائية

ويعلو الوشيعة قضيب معدني مهمل المقاومة موازٍ للوشيعة وينتهي بمربط (M) في أحد طرفي الهيكل من الأعلى.

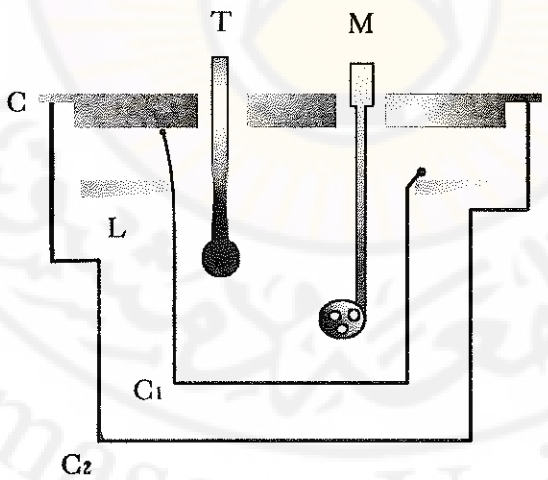
وتنزلق المنزلقة (S) على القضيب وعلى الطرف العلوي من الوشيعة، بحيث تصل القضيب بإحدى لفات الوشيعة. ويكون سلك الوشيعة مطلياً بمادة عازلة، إلاّ في أمكنة تماسه مع المنزلقة.

فإذا ربطت المعدلة من المربطين (M)، (M_1)، كان الجزء (SM_1) من مقاومتها هو الداخل في الدارة. وإذا ربطت من المربطين (M)، (M_2) كان الجزء (SM_2) منها هو الداخل في الدارة. ويمكن تغيير كل من هذين الجزئين زيادة أو نقصاً بزلق المنزلقة إلى الجهة المناسبة.

أما إذا ربطت المعدلة من المربطين (M_1)، (M_2) دخلت مقاومتها الكلية في الدارة، وبطل عمل المنزلقة.

وصف المسعر البسيط والمسعر الكهربائي:

يتألف المسعر البسيط المبين بالشكل (2) من وعاء خارجي C_2 ووعاء داخلي C_1 أصغر منه، كلاهما معدني، يحمل الوعاء الخارجي على حافته العليا حلقة من مادة عازلة حرارياً L تستند إليها حافة الوعاء الداخلي، فينشأ بين الوعائين حيّز من الهواء يكون ضعيف النقل للحرارة نسبياً. ولزيادة العزل الحراري يُصنع الوعاءان من معدن مصقول، بحيث يرد كل منهما قسماً كبيراً من الحرارة التي يتلقاها بالإشعاع من الوعاء الآخر.

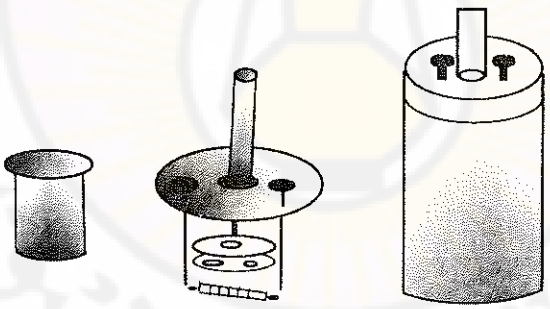


الشكل (2) المسعر المبسط

أما إذا كان المسعر متقن الصنع، فيكون مؤلفاً من وعاء ذي جدارين مطليين بمادة عاكسة للإشعاع وبينهما خلاء، كما في الأوعية الحافظة لحرارة السوائل، هذا بالإضافة إلى تغليفه بالمواد العازلة.

يعلو الوعاءين الداخلي والخارجي غطاء مشترك (C) من مادة عازلة حرارياً قدر الإمكان، كالخشب مثلاً وفيه ثقبان، أحَدهما لمرور ميزان الحرارة (T)، والآخر لساق المخلط (M)، وهذا المخلط هو قرص يحمل ثقوباً يحرك به السائل في الوعاء الداخلي، وله ساق طويلة يُمسك منها فوق الغطاء.

أما المسعر الكهربائي فيحمل غطاءه إضافة إلى ذلك قضيبين ناقلين للكهرباء مثبتين على الغطاء العازل للكهرباء على شكل مربطين من الخارج، يتدليان إلى الأسفل ضمن السائل ويتصل طرفاهما بمقاومة كهربائية مناسبة انظر الشكل (3).



الشكل (3) غطاء المسعر الكهربائي وملحقاته

ويوجد ثقب مركزي في الغطاء مزود بسدادة لإدخال ميزان الحرارة، كما يوجد ثقب آخر لتحريك المخلط (M) (يمنع فك المخلط ونزعه من الغطاء).

عزل المسعر حرارياً:

تتوقف دقة القياس بالمسعر على مدى عزله عن الوسط الخارجي، أي عدم تبادله الحرارة مع هذا الوسط، ولكي يكون التبادل الحراري مع الوسط الخارجي (فضاء المخبر) قليلاً نسبياً، يجب أن تراعى الملاحظات التالية:

1. يجب أن يتم انتشار الحرارة في المسعر سريعاً قدر الامكان. وهذا ما يستدعي تحريك المخلط باستمرار أثناء تغيير درجة الحرارة في المسعر ومراقبتها بانتباه وتسجيلها فور بلوغها نهايتها الصغرى أو العظمى.

2. يجب أن يكون فرق درجة الحرارة صغيراً ما بين المسعر والمحيط، أي كلما ازداد هذا الفرق اشتد التبادل الحراري مع المحيط. فإنه يجب بناء على ذلك إجراء التجربة في مجال ضيق من درجات الحرارة قريب من درجة حرارة الجو المحيط، كما يتطلب تقدير الدرجة بميزان يسمح بتقدير أعشار الدرجة.

3. لكي يجعل تأثير التبادل الحراري مع الوسط الخارجي طفيفاً، نسعى لإجراء التجربة بحيث يكون هذا التبادل سلبياً في جزء منها وإيجابياً في الجزء الآخر، فيتفانيان. أي أن كمية الحرارة التي يكتسبها المسعر من المحيط خلال الجزء الأول من زمن التجربة، تساوي كمية الحرارة التي يفقدها المسعر خلال الجزء الثاني من زمن التجربة. فإذا كانت درجة حرارة الجو المحيط هي θ، فإنه يجب جعل الفارقين $(\theta-\theta_1)$ و$(\theta_2-\theta)$ متساويين قدر الإمكان.

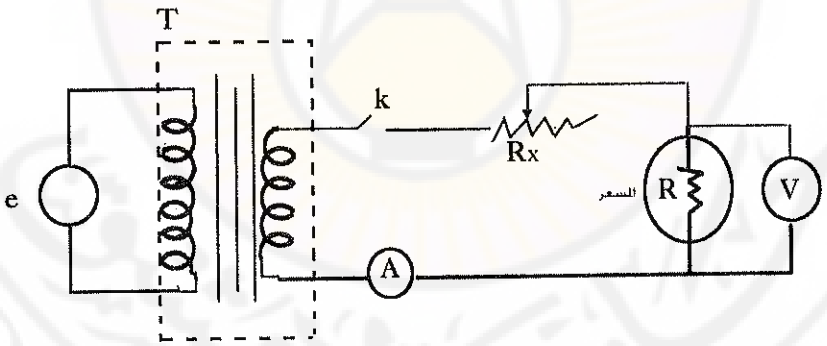
إنشاء دارة التسخين:

تتألف دارة التسخين (الشكل (4)) في هذه التجربة من:

- منبع كهربائي متناوب يغذي الدارة الابتدائية في المحولة الخافضة للتوتر.
- محولة (T) خافضة للتوتر تعطي تياراً متناوباً يتراوح توتره بين طرفي دارتها الثانوية ما بين 2، 12 فولطاً.
- قاطعة للتيار (K).
- معدلة ذات المنزلقة (R_x) تعطي مقاومة متغيرة، تسمح بالتحكم في شدة التيار وتوتره بين مربطي المسعر الكهربائي.
- مسعر كهربائي ذي مقاومة كهربائية (R).
- مقياس امبير متناوب (A).

وتربط كل من (K) و(R_x) و(R) و(A) على التسلسل بين مربطي الدارة الثانوية للمحول (T).

- مقياس فولط متناوب (V)، يربط على التفرع بمربطي المسعر الكهربائي.



الشكل (4) دارة تسخين المسعر الكهربائي

مراحل العمل:

1. صل الدارة المبينة في الشكل (4) مستعيناً بصورة الدارة التجريبية واترك القاطعة K مفتوحة، أدخل من المعدلة معظم مقاومتها.

2. رتب جدولاً كالتالي لإدراج نتائجك فيه:

C=		C′=			M″=			θ=			W=VIt	
$E\bar{J}=\bar{J}-J_1$	$J=\frac{W}{Q}$ جول/حريرة	W جول	t ثا	I أمبير	V فولط	Q حريرة	θ_2 C°	θ_1 C°	M gr	M_1 gr	M′ gr	رقم التجربة
												1
												2
												3
$\Delta\bar{J}=$	$\bar{J}=$											
$J\equiv\bar{J}\pm\Delta\bar{J}$												

3. تعرف على المادة التي صنع منها الوعاء الداخلي للمسعر. أهي نحاس أم ألمنيوم ثم زن الوعاء بطريقة الوزن المضاعف ولتكن كتلته M' غراماً.
4. املأ هذا الوعاء بالماء حتى نصفه تقريباً (حوالي 150 غراماً). قس درجة حرارة هذا الماء ولتكن θ_1، ودرجة حرارة جو المخبر θ، ينبغي أن تكون درجة حرارة الماء θ_1 أدنى من درجة حرارة الجو θ. حوالي 3 درجات تقريباً، فإن لم تكن كذلك برد الماء بإضافة قطع صغيرة من الجليد إليه، حتى يتحقق الشرط السابق.
5. زن الوعاء الداخلي للمسعر مع الماء، بطريقة الوزن المضاعف، ولتكن كتلته M_1 غراماً فتكون كتلة الماء وحده:

$$M=M_1-M'$$

6. ضع الوعاء الداخلي في مكانه ضمن الوعاء الخارجي للمسعر وأطبق الغطاء عليهما فتنغمس مقاومة المسعر R في الماء. ضع ميزان الحرارة والمخلط في موضعيهما عبر غطاء المسعر، مع الانتباه الشديد كي لا يكسر الميزان. تأكد من أن الدارة صالحة للعمل، ثم أغلق القاطعة K وأحكم المُعدّله بسرعة بحيث تحصل على تيار تقع شدته ضمن مجال القراءة على مقياس الأمبير (على أن لا تتجاوز 3 أمبير) وعلى توتر يقع ضمن مجال مقياس الفولط. ثم افتح القاطعة قبل أن يسخن الماء بقدر ملحوظ في المسعر.
7. خلّط وسجل درجة الحرارة الابتدائية لجملة المسعر، ولتكن θ_1 درجة، ثم احسب الفرق $(\theta-\theta_1)$.

8. أغلق القاطعة بسرعة عند انتهائك من قراءة درجة الحرارة θ_1، وفي هذه اللحظة، اضغط على زر بدء الزمن في عداد الثواني، لتعيين الزمن.
9. حرك المخلط شاقولياً برفق واستمرار كي يتسرع التبادل الحراري ما بين المقاومة الكهربائية والجملة المسعرية، وكي يتم التجانس في درجة الحرارة بين عناصر هذه الجملة.

راقب في هذه الأثناء مقياس الأمبير والفولط للمحافظة على ثبات التيار وصحح أي اختلاف تلحظه في التيار بتحريك منزلقة المعدلة إلى الجهة المناسبة، سجل شدة التيار I والتوتر V. مع مراقبة ارتفاع درجة الحرارة على المدراج.

10. عندما يقترب الفارق بين درجة حرارة الجو في المخبر θ ودرجة حرارة المسعر الآخذه بالازدياد من القيمه $(\theta-\theta_1)$ درجة التي عرفتها من قبل. اقطع التيار الكهربائي بفتح القاطعة K، واضغط في آن واحد زر الوقوف في عداد الثواني لمعرفة الزمن t.

واصل تحريك المخلط وراقب ميزان الحرارة الذي قد يستمر ارتفاعه قليلاً بعد ذلك، سجل النهاية العظمى θ_2 التي يبلغها خيط الزئبق في قناته الشعريه.

11. احسب بالثواني الزمن t الذي انقضى حتى قطع التيار.
12. احسب J من العلاقة (4) بعد التعويض عن W و Q فيها.
13. كرر التجربة مرتين على الأقل، على أن تغير كل مرة كتلة الماء M في المسعر، (فمثلاً 175، 200 غراماً) وسجل نتائج هاتين التجربتين في الجدول السابق أيضاً.
14. احسب القيمة المتوسطة لـ J أي $(\bar{J})$ للتجارب الثلاثة.

15.احسب الارتياب في قياس J أي (ΔJ) مع تقدير الأخطاء المطلقة في المقادير التي تحويها المعادلة (4) أي: $\Delta V, \Delta I, \Delta t, \Delta M, \Delta M', \Delta\theta_1, \Delta\theta_2$ مستعيناً بدقة القياسات التي تعطيها الأجهزة المستخدمة.

قدِّر كذلك وفقاً للمعطيات كلاً من $\Delta C, \Delta C', \Delta M''$ وناقش ما إذا كان بالإمكان إهمال بعضها.

16.احسب الانحراف $EJ_i = |\bar{J} - J_i|$ لكل تجربة أجريتها (حيث i= 1,2,3).

17.قارن هذا الانحراف EJ_i بـــ ΔJ الذي حسبته في الفقرة (10).

18.استبعد كل تجربة يكون من أجلها $EJ_i > \Delta J$. وإذا وجدت ثمة تجارب من هذا القبيل، فينبغي إعادتها ثم حساب المتوسط J من جديد.

19.مثِّل بيانياً وعلى ورقة ميليمترية الطاقة الكهربائية W (مقدرة بالجول) بدلالة كمية الحرارة Q (مقدرة بالحريرة) مستعيناً بالجدول السابق واستنتج من ميله قيمة J. حدد من الرسم البياني ΔJ.

20.قارن بين القيمة التي حصلت عليها من الرسم البياني وتلك التي استنتجتها من الجدول.

21.قارن بين القيمة التي حصلت عليها والقيمة المعروفة لـــJ وهي 4.18 جول/حريرة ويسمى الفرق بينهما بالانحراف.

22.هل تعدُّ تجربتك ناجحة؟ ما هي الصعوبات التي واجهتها؟ ما هي ملاحظاتك ومقترحاتك حول التجربة؟.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 4

العمل الكهربائي والطاقة
Electrical work and power

1-الغاية من التجربة:

حساب العمل الكهربائي لسخان مائي باستخدام المقاييس الكهربائية. (الفولت والأمبير).

2-التمهيد النظري:

تبعاً للمبدأ الأول في الترموديناميك الذي يعمم الشكل الخاص لقانون إنحفاظ الطاقة واستخدامه في الظواهر الحرارية وهو يعطى بالعلاقة:

$$Q=\Delta U+W \qquad (1)$$

حيث: Q: كمية الحرارة المعطاة للجملة.

ΔU: التغيير في الطاقة الداخلية للجملة ($\Delta U=U_2-U_1$).

W: العمل المنجز.

وعند تحول كمية الطاقة الكهربائية إلى حرارية فإن كمية الحرارة Q تحسب من العلاقة:

$$Q=mC\Delta\theta \qquad (2)$$

حيث: m: كتلة الماء المستعمل وتقدر بالغرام.

C:- الحرارة النوعية للماء وتساوي (1) حريرة /غ ءْ

$\Delta\theta$: الفارق الحراري (في درجة الحرارة) ($\Delta\theta=\theta_2-\theta_1$).

3- الأدوات و الأجهزة المستخدمة:

- عداد كهربائي يقيس الطاقة الكهربائية المستهلكة
- مسعر ألمنيوم
- مقياس أمبير
- مقياس فولت
- سخان غاطس عدد 2
- غطاء مع سخان
- منبع تيار متناوب
- ساعة ميقاتية
- ميزان حرارة
- وعاء (بيشر) بلاستيك
- محوله
- أسلاك توصيل + زوج من القواعد.

1. مواصفات العداد الكهربائي:

يتألف العداد من:

- مقياس أمبير متناوب تحت الغطاء البلاستيكي.
- شاشة العداد الرقمية.
- قرص العداد
- كبل التوصيل
- مآخذ قطرها 4 مم (رقم 1،2) لوصل وشيعة مقياس العداد مع مقياس الفولت
- مأخذ الحمل (وشيعة التسخين)
- مآخذ قطرها 4 مم (رقم 3،4) يصل وشيعة مقياس عداد مع مقياس الأمبير

- الجسر الآمن
- مخطط الدارة

ملاحظة:

- جهد الوصل 230 فولت، 50 هرتز
- التيار الأعظمي 30 أمبير
- ثابت المقياس 600 دورة لكل كيلو واط ساعي
- الأبعاد 30 سم × 29.7 سم
- الوزن 2.7 كغ.

2. قراءة العداد:

لدى قراءة العداد هناك طريقتان:

الطريقة الأولى:

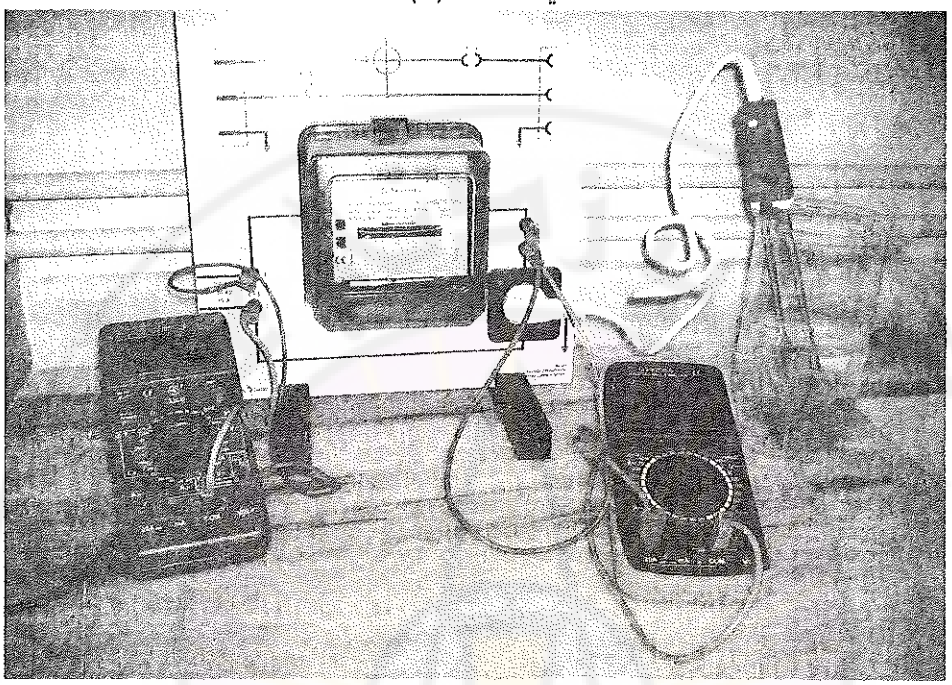
- نأخذ القراءة الأولية الموجودة على العداد قبل بدء التجربة ولتكن M_1.
- نأخذ القراءة بعد تسخين الماء (بعد انتهاء التجربة) ولتكن M_2.
- يحسب العمل الكهربائي من العلاقة $W=M_2-M_1$ ويقدر بالكيلو واط ساعي (kWh).

الطريقة الثانية:

- احسب عدد الدورات التي دارها قرص العداد ولتكن n دورة
- لما كان كل 600 دورة تقابل 1 كيلو واط ساعي، فهذا يعني أن كل دورة واحدة تقابل (1.67×10^{-3} kWh).
- يحسب العمل الكهربائي من العلاقة $W= n \times 1.67\times 10^{-3}$

3. مراحل العمل:

1. صل التجربة كما هو مبين في الشكل (1).



الشكل (1) صورة الدارة التجريبية

2. سجل القراءة الأولية الموجودة على العداد قبل بدء التجربة ولتكن M_1.
3. ضع مقياس الأمبير على المجال 10A أو 20A (AC).
4. ضع مقياس الفولت على المجال 300V (AC).
5. اضغط الميقاتية على الصفر قبل بدء التجربة ثم ابدأ بالتسخين مباشرةً بعد الضغط على زر الميقاتية.
6. سجل قراءة العداد بعد التسخين (عند انتهاء التجربة) و لتكن M_2
7. سجل كمية الماء المستخدمة في الوعاء البلاستيكي (البيشر) ولتكن M.
8. رتب نتائجك في جدول كالتالي:

التجربة	M_1	M_2	$W_1(k.w.h)=M_2-M_1$	I	V	t	$W_2=VIt$
1							
2							
3							

9. قارن بين القيم المحسوبة من المقاييس الكهربائية والزمن مع قراءة العداد مباشرة أي بين W_2 وW_1

10. احسب كمية الطاقة الكهربائية المتحولة إلى حرارة مستخدما العلاقة:

$$Q=mc\Delta\theta \text{ (حريرة)}$$

حيث إن $\Delta\theta$ الفرق بين درجتي حرارة الماء في بداية التجربة ونهايتها.

11. حول كمية الحرارة Q المقدرة بالحريرة إلى عمل مقدر بالجول من العلاقة:

$$Q \text{ (حريرة)} = Q \text{ (جول)} \times 4.18$$

12. حول قيمة كمية الحرارة المقدرة بالجول إلى عمل مقدر بالواط الساعي أو الكيلو واط الساعي من العلاقة:

$$1 \text{ جول} = 1 \text{ واط} \times \text{ثانية} = 10^{-3} \text{ كيلو واط} \times \frac{\text{ساعة}}{3600}$$

13. قارن بين الطاقة الحرارية التي حسبتها مقدرة بالكيلو واط ساعي وقيمتي W_1 وW_2 في الجدول.

14. احسب كمية الحرارة الضائعة وفق الجدول التالي وعلل سبب الضياع في الطاقة ومصدره.

التجربة	m (g)	$\Delta\theta$ (درجة)	$Q=mC\Delta\theta$ (جول)	W (جول)
1				
2				
3				
			$\bar{Q}$	$\bar{W}$


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 5

العزم المغنطيسي في الحقل المغنطيسي

Magnetic moment in the magnetic field

الغاية من التجربة:

تحديد عزم الفتل الناتج عن وجود ناقل يحمل تيار ضمن حقل مغنطيسي منتظم كتابع لـ:

1. شدة الحقل المغنطيسي
2. شدة العزم المغنطيسي
3. الزاوية بين شعاعي الحقل المغنطيسي والعزم المغنطيسي.

التمهيد النظري:

كل عروة C يمر فيها تيار شدته I تكافئ ذا قطبين مغنطيسي عزمه $\overline{M}$ يعطى بالعلاقة:

$$\vec{M} = I\iint_C d\vec{s} = I\vec{S} \qquad (1)$$

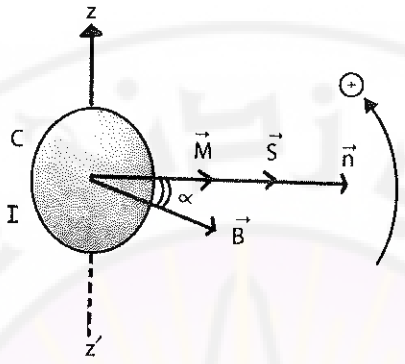
حيث $\vec{S}$ الشعاع الناظم على سطح العروة C وقيمته العددية تساوي مساحة العروة. فإذا كانت العروة دائرة نصف قطرها R كانت مساحة العروة $S=\pi R^2$ وعليه فإن العزم $\vec{M}$ يقع على الناظم على سطح العروة.

إذا وضعت العروة C التي يجري فيها التيار I في حقل تحريض مغنطيسي $\vec{B}$ خضعت لعزم فتل $\vec{\Gamma}$ يعطى بالمعادلة:

$$\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B} \qquad (2)$$

فإذا كانت α هي الزاوية بين العزم المغنطيسي $\vec{M}$ والتحريض المغنطيسي B، انظر الشكل (1)، فإن العلاقة (2) يمكن أن تكتب على النحو التالي:

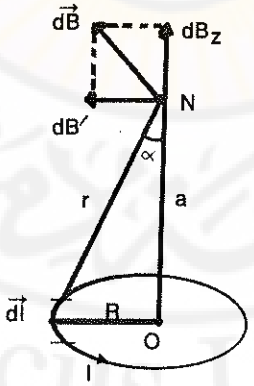
$$\Gamma = M.B\sin\alpha \qquad (3)$$



الشكل (1)

إذا كان التحريض المغنطيسي $\vec{B}$ يولده ملف دائري عدد لفاته n ونصف قطره R ويجري فيه تيار شدته 'I فقيمة التحريض في نقطة تقع على العمود المقام على سطح الملف من مركزه وتبعد عنه مسافة a (انظر الشكل (2)) تعطى بالعلاقة:

$$B(a) = \frac{\mu_o I' n}{2} \frac{R^2}{\left(R^2 + a^2\right)^{3/2}} \qquad (4)$$



الشكل (2)

ويكون التحريض في مركزه (a=0) معطى بالعلاقة:

$$B(0)=\frac{\mu_0 I' n}{2R} \qquad (5)$$

يتم في هذه التجربة توليد الحقل المغنطيسي المتجانس بواسطة زوج من ملفات هلمهولتز، وهما ملفان دائريان نصف قطر كل منهما يساوي المسافة بينهما موضوعين بصورة يوازي أحدهما الآخر. يكون الحقل المغنطيسي الناتج عن أحدهما في منتصف المسافة بين مركزيهما أي عند a=R/2 معطى بالعلاقة:

$$B_1=\frac{\mu_0 I' n}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+\frac{R^2}{4}\right)^{3/2}}$$

والحقل الناتج عن الوشيعتين:

$$B=\mu_0 I' n\frac{R^2}{\left(R^2+\frac{R^2}{4}\right)^{3/2}}=\frac{C\mu_0 I' n}{R} \qquad (6)$$

حيث I' هو التيار الجاري في وشيعتي هلمهولتز و n عدد لفات كل منهما، أما C فهو ثابت. ويجب الانتباه إلى طريقة وصل الوشيعتين كي يضاف الحقلان الناتجان عنهما.

أما العزم المغنطيسي M فهو الناتج عن التيار I المار في العروة الدائرية C وتعطى قيمته من العلاقة (1) أي:

$$M=IS \qquad (7)$$

وينشأ عزم الفتل Γ من وضع العروة الدائرية C في حقل تحريض مغنطيسي تولده وشيعتا هلمهولتز. إذا وضعت العروة الدائرية في النقطة التي يكون فيها الحقل المغنطيسي معطى بالعلاقة (6) فإن قيمة عزم الفتل تعطيه المعادلة (3) بعد التعويض عن كل من B و M من المعادلتين (6) و(7) على الترتيب فتأخذ الشكل:

$$\Gamma=\frac{C\mu_0 n}{R}\ SI\ I'\ \sin\alpha$$

أو تُكتب على الشكل المبسط:

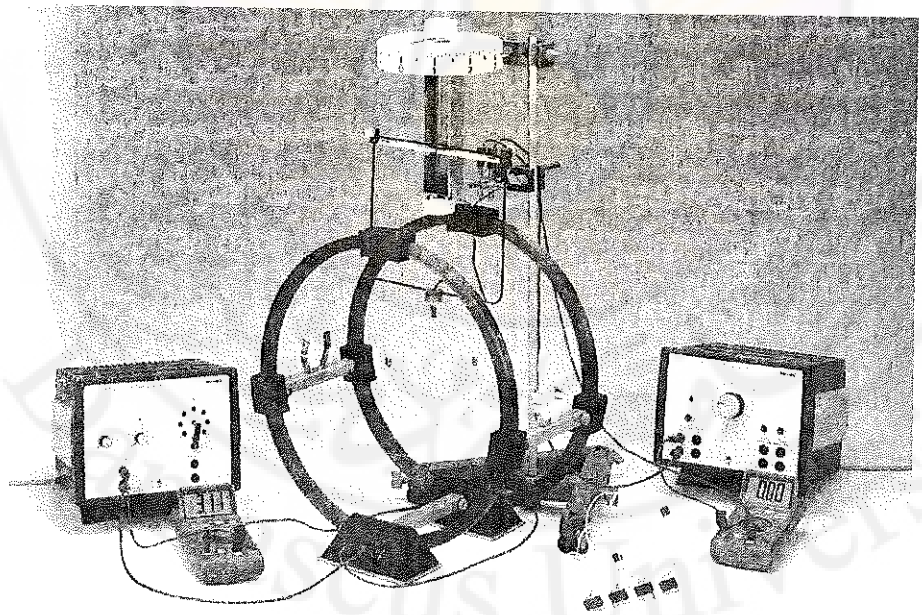
$$\Gamma = C'\mu_0 n SI' I \sin\alpha \qquad (8)$$

حيث C' ثابت آخر يتعلق بملفي وشيعتي هلمهولتز.

الأدوات والأجهزة التجريبية:

يبين الشكل (3) صورة للأدوات والأجهزة المستعملة وهي مؤلفة من:

1. زوج من ملفات هلمهولتز
2. مجموعة من النواقل الدائرية بأقطار ولفات مختلفة
3. جهاز لقياس قوى الفتل الصغيرة بالميلي نيوتن
4. حامل للملف، موزع، وحدة تغذية عامة.
5. وحدة تغذية متغيرة 15 فولت متناوب /12 فولط مستمر/5 أمبير، انظر الشكل (4)
6. مقياس رقمي متعدد الاستعمالات، قاعدة دعم
7. عمود دعم مربع المقطع طوله 1630 مم وملقط زاوية قائمة وأسلاك توصيل.

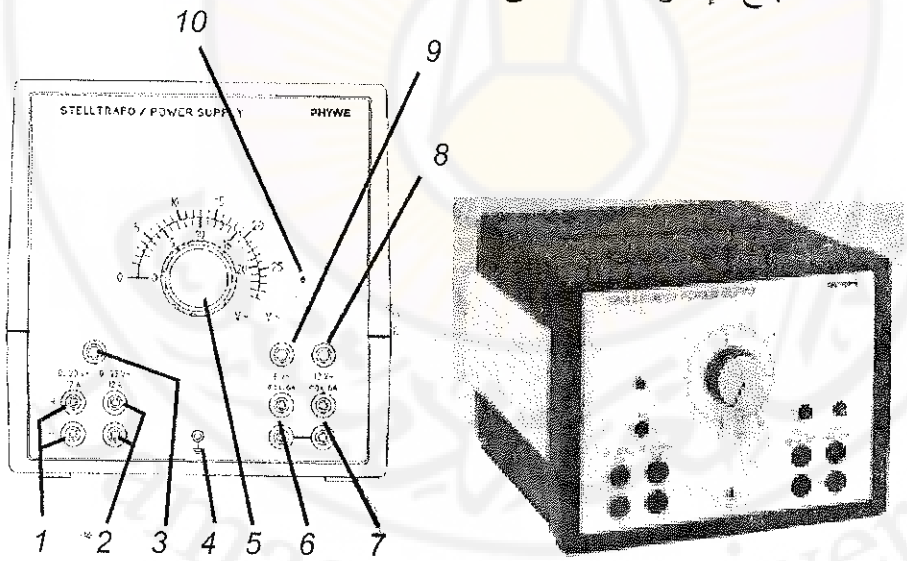


الشكل (3) صورة الجهاز على طاولة المخبر

وحدة التغذية المتغيرة:

تشير الأرقام على الشكل (4) إلى مدلولات المآخذ والمخارج والمفاتيح وسواها على واجهة الجهاز وهي كالآتي:

1. مخرجا التيار المستمر المقوم فقط
2. مخرجا التيار المتناوب
3. مفتاح فاصم الحماية الحرارية
4. مأخذ توصيل الأرضي
5. مفتاح ضبط جهد الخرج
6. مخرج تيار متناوب ثابت 6 فولت
7. مخرج تيار متناوب ثابت 12 فولت
8. فاصم الحماية لمخرج التيار المتناوب الثابت الأول
9. فاصم الحماية لمخرج التيار المتناوب الثابت الثاني
10. مصباح الإشارة للدلالة على حالة العمل



الشكل (4) وحدة التغذية المتغيرة

مراحل العمل:

صل التجربة كما هو موضح بالشكل (3).

1. صل ملفات هلمهولتز على التسلسل وذلك بربط المآخذ المؤشر عليها بـــ1 على كلا الملفين أحدهما مع الآخر، وكذلك المآخذ المؤشر عليها بـــ2.
2. صل مربطي وشيعتي هلمهولتز إلى منبع التغذية عن طريق مقياس أمبيـــر قبل أن تشعل المنبع.
3. صل الحلقة المعدنية إلى منبع التغذية الآخر عن طريق مقياس أمبير آخـــر، استأنس بالصورة في الشكل (3) عند القيام بالتوصيل.

ملاحظة:

- يجب الانتباه إلى عدم تجاوز التيار 'I المار في ملفات هلمهولتز 3A (استخدم المفتاح (5) لضبط الجهد والتحكم بالتيار 'I المار في وشيعتي هلمهولتز).
- يجب الانتباه إلى وضع مجال قياس التيار على المقياس متعدد الاســـتعمالات في الوضعية 10A لتفادي انصهار الفاصمة الداخلية.
- يجب الانتباه إلى أن الأسلاك الموصولة إلى الحلقة الداخلية الحاملة للتيـــار لا تشكل ثقلاً ولا عزماً على الحلقة.
- إقرأ القيمة الموافقة للصفر أكثر من مرة علـــى مقيـــاس العـــزم الميكـــانيكي (الميزان) حيث إن الحركات السريعة قد تسبب انزياحاً في نقطة الصفر وقـــد تزيح الأسلاك لتؤثر في الحلقة.

إن ميزان العزم الميكانيكي هو جهاز حساس للغاية ويجب التعامل معه بحـــذر شديد وتفادي تعرضه لفتل قوي قد يؤدي إلى تلفه بشكل مباشر.

التجربة الأولى:

قياس عزم الفتل المؤثر في الحلقة كتابع لشدة الحقل المغنطيسي المتولد عن ملفات هلمهولتز، بما أن شدة الحقل المغنطيسي المتولد تتناسب طرداً مع التيار I' المار في ملف هلمهولتز فقط فإننا سنجد العلاقة بين عزم الفتل المتولد والتيار المار I' وذلك عند تيار ثابت (I=5A) مار في الحلقة الناقلة C.

- دوّن نتائجك في جدول كالتالي:

$I'(A)$	$\Gamma(mN)$	$\log I'_{(A)}$	$\log \Gamma_{(mN)}$	$S(m^2)$
0.1				
0.2				
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				
0.7				
0.8				
0.9				
1				
1.5				
2				
2.5				
3				
3.5				
4				

- ارسم المنحنى البياني لتحولات Γ بدلالة I' على ورق لوغاريتمي أي ($\log\Gamma$ بدلالة $\log I'$).
- احسب ميل المنحني. ثم احسب الخطأ المرتكب في عزم الفتل أي ($\Delta\Gamma$).

التجربة الثانية:

قياس عزم الفتل المؤثر في الحلقة كتابع لعدد لفات الحلقة الحاملة للتيار عند شدة ثابتة للحقل المغنطيسي.

بما أن شدة حقل التحريض المغنطيسي المتولد تتناسب طرداً مع التيار 'I المار في ملف هلمهولتز فقط فإننا سنجد العلاقة بين عزم الفتل وعدد اللفات عند تيار ثابت I'=3A مار في ملفات هلمهولتز وتيار (I=5A) مار في كل حلقة C.

دوّن نتائجك في جدول كالتالي:

n (لفة)	(mN) Γ	log n (لفة)	Log Γ (mN)	S (m^2)
1				
2				
3				

- ارسم المنحنى البياني لتحولات Γ بدلالة n على ورق لوغاريتمي (أي تحولات LogΓ بدلالة log n)، احسب ميل المنحنى واحسب الخطأ المرتكب في عزم الفتل أي (ΔΓ).

التجربة الثالثة:

قياس عزم الفتل المؤثر في الحلقة كتابع للزاوية (α) بين حقل التحريض المغنطيسي (B) والعزم المغنطيسي (M) انظر الشكل (1).

بما أن شدة الحقل المغنطيسي المتولد تتناسب طرداً فقط مع شدة التيار 'I المار في ملفات هلمهولتز، فإننا نقيس العلاقة بين عزم الفتل المتولد كتابع للزاوية α بين $\vec{B}$ و $\vec{M}$ حيث شدة التيار المار في الحلقة C ثابتة وتساوي (I=5A) وشدة التيار المار في ملفات هلمهولتز ثابتة وتساوي (I=3A).

دّون نتائجك في الجدول التالي:

α (درجة)	Sin α	Γ(mN)	Log sinα	LogΓ	S (m^2)
0					
45					
90					
135					
180					
225					
270					
315					
360					

- ارسم المنحنى البياني لتحولات Γ بدلالة α sin على ورق لوغاريتمي (أي تحولات $\log \Gamma$ بدلالة $\log \sin \alpha$).
- احسب ميل المنحني، ثم احسب الخطأ المرتكب في عزم الفتل ($\Delta\Gamma$).

التجربة الرابعة:

قياس عزم الفتل المؤثر في الحلقة الناقلة C كتابع لشدة التيار I المار فيها.

سنجد العلاقة بين عزم الفتل المتولد وعدد اللفات عند تيار ثابت (I'=3A) مار في ملفات هلمهولتز، ونقوم بتغيير التيار (I) المار في الحلقة (C).

دوّن نتائجك في جدول كالتالي:

I(A)	Γ(mN)	Log I	LogΓ	$S(m^2)$
0.5				
0.6				
0.7				
0.8				
0.9				
1				
1.5				
2				
2.5				
3				
3.5				
4				
4.5				
5				

- ارسم المنحنى البياني لتحولات Γ بدلالة I على ورق لوغاريتمي (أي تحولات logΓ بدلالة log I).
- احسب ميل المنحني، ثم احسب الخطأ المرتكب في عزم الفتل أي (ΔΓ).

التجربة الخامسة:

قياس عزم الفتل المؤثر في الحلقة كتابع لقطر الحلقة.

بما أن شدة الحقل المغنطيسي المتولد تتناسب طرداً فقط مع التيار 'I المار في ملف هلمهولتز فإننا سنجد العلاقة بين عزم الفتل المتولد وقطر الحلقة d عند تيار ثابت (I'=3A) مار في ملفات هلمهولتز وتيار (I=5A) مار في الحلقة C.

دوّن نتائجك في جدول كالتالي

d (m)	Γ (mN)	Log d	Log Γ	$S(m^2)$

- ارسم المنحنى البياني لتحولات Γ بدلالة d (قطر الحلقة) على ورق لوغاريتمي.
- احسب ميل المنحني الناتج، ثم احسب الخطأ المرتكب في عزم الفتل أي (ΔΓ).

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 6

جسر قياس الممانعات باستخدام الطريقة السمعية

RLC Measuring bridge by Headphone

الغاية من التجربة:

قياس المقاومة الأومية R لمقاومة والتحريضية L لملف، والسعة C لمكثفة باستخدام توازن جسر وطسطن بالطريقة السمعية.

التمهيد النظري:

يمكن تعديل جسر وطسطن المستخدم لقياس المقاومات المجهولة بحيث يمكننا من قياسات لممانعات مجهولة. يغذى الجسر في هذه الحالة بتيار متناوب يقع تواتره في المجال السمعي. ويتم كشف توازن الجسر بواسطة سماعة رأس بدلاً من المقياس الغلفاني حيث يتوازن الجسر عندما ينعدم الصوت في السماعة. يستعاض في هذا الجسر عن المقاومتين R_3 وR_4 بممانعتين Z_3 وZ_4 وعندها يعطى شرط التوازن بالعلاقة:

$$R_1/R_2=Z_3/Z_4 \qquad (1)$$

إن الممانعة Z في الحالة العامة مكونة من مقاومة أومية R وتحريضية L وسعة c، وتكتب بالصيغة العقدية على الشكل:

$$Z = R + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega c}\right)$$

حيث $i=\sqrt{-1}$ $\omega = 2\pi f$ ، حيث f تواتر الكمون المطبق، وبالتعويض عن Z_3 وZ_4 في المعادلة (1) يصبح شرط التوازن:

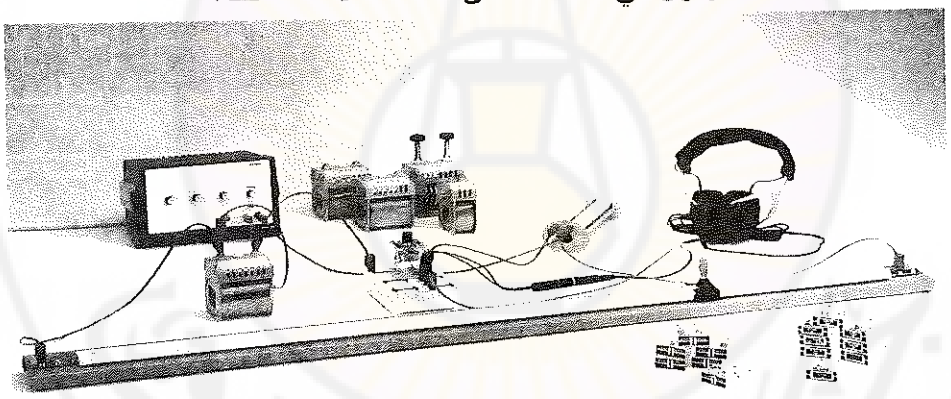
$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_3+i\left(\omega L_3-\frac{1}{\omega c_3}\right)}{R_4+i\left(\omega L_4-\frac{1}{\omega c_4}\right)} \qquad (2)$$

ولما كانت المعادلة الناتجة عن شرط التوازن (المعادلة 2) تحتوي على مقـادير عقدية فشرط التوازن يستلزم:

1. تساوي المقادير الحقيقية في الطرفين.
2. تساوي المقادير التخيلية في الطرفين أيضاً

وهذا يقتضي أن تكون Z_3 وZ_4 من صنفين متماثلين مـن العناصـر، أي إمـا مقاومتين أو مكثفتين أو تحريضيتين. يبين الشـكل (1) صـورة حقيقيـة لهـذا الجسر، كما يمثل الشكل (2) رسماً تخطيطياً له.

سنجد الآن شرط التوازن في كل حالة من هذه الحالات الثلاث:



الشكل (1) صورة الدارة التجريبية

أولاً- قياس المقاومة المجهولة R:

بجعل الممانعتين Z_3 ,Z_4 مقاومتين أوميتين كما في الشكل (3) أي $Z_3=R_3$، $Z_4=R_4$ تأخذ علاقة اتزان الجسر، أي المعادلة (1) الشكل التالي:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_3}{R_4} \qquad (3)$$

وتقاس النسبة R_1/R_2 بنسبة الطولين x وℓ-x اللذين تحددهما المنزلقة على السلك الذي طوله ℓ. وعليه فإن علاقة اتزان الجسر يمكن إعادة كتابتها بالشكل التالي:

$$R_3 = R_4 \frac{x}{\ell - x} \qquad (4)$$

حيث R_4 هي مقاومة معلومة وR_3 هي المقاومة المجهولة.

ثانياً- قياس عنصر التحريض L:

عند استخدام الجسر الكهربائي لقياس عنصر تحريضي كما في الشكل (4) فإن قيمتي الممانعتين Z_4, Z_3 يمكن كتابتها بالشكل:

$$Z_3 = R_3 + j\omega L_3$$
$$Z_4 = R_4 + j\omega L_4$$

حيث إن لكل ملف مقاومة أومية بالإضافة إلى التحريضية الذاتية. وبالتعويض عن Z_3 وZ_4 في المعادلة (1) نحصل على شرط التوازن الجديد في هذه الحالة، أو بالأحرى شرطي التوازن:

1- مساواة الجزء الحقيقي في الطرفين يعطي الشرط:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_3}{R_4} \qquad (5)$$

2- مساواة الجزء التخيلي في الطرفين يعطي الشرط:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{L_3}{L_4} \qquad (6)$$

إذن يجب أن تتحقق المعادلتان (5) و(6) بآن واحد، وهذا يعني أن يكون:

$$\frac{R_3}{R_4}=\frac{L_3}{L_4} \qquad (7)$$

أي أن تكون نسبة مقاومتي الملفين كنسبة تحريضيتهما، وهذا لا يتحقق في الحالة العامة. وللتخلص من هذا المأزق وتحقيق شرط توازن الجسر نضع مجزئ كمون P_1 بين الملفين وطرفه المتنقل موصول إلى فرع الجسر مع الملفين كما هو موضح على الشكل (4) وذلك كي يعوض عن الاختلاف بين المقاومتين الأوميتين للملفين. وعندها تكون كلٌ من المقاومتين R_3 وR_4 تساوي مجموع المقاومة الأومية للملف وجزء المقاومة من مجزئ الكمون في الفرع المقابل لها من الجسر. وعندها يصبح شرط توازن الجسر هو تحقيق المعادلة (6) وفيها L_4 هي التحريضية الذاتية المعلومة وL_3 هي التحريضية الذاتية المجهولة.

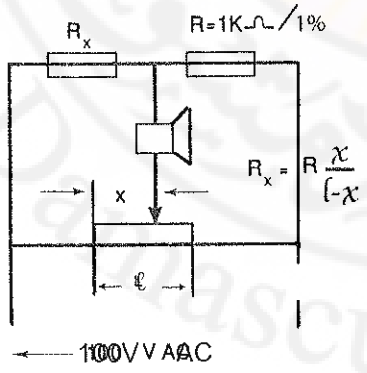
وباستبدال النسبة $\frac{R_1}{R_2}$ بما يكافئها على السلك نجد:

$$L_3 = L_4 \frac{x}{\ell - x}$$

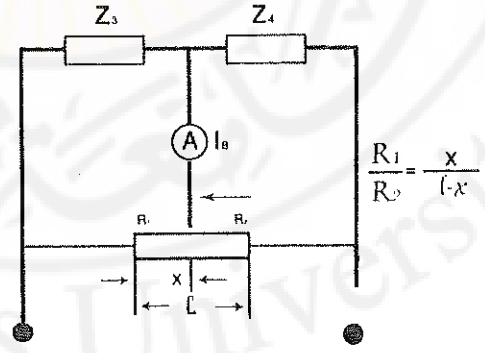
حيث يقاس L: بالهنري.

ℓ,x: بالمتر

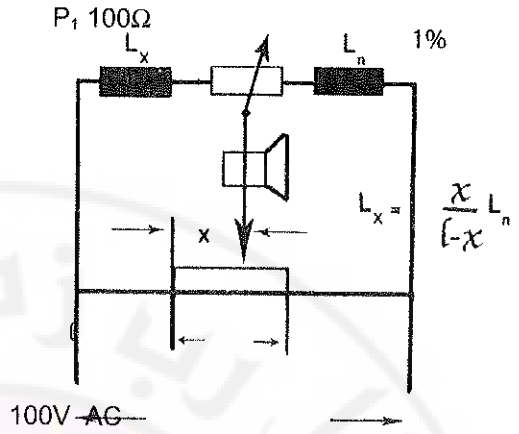
ملاحظة: يمكن الوصول إلى تحقيق توازن الجسر في هذه الحالة على مرحلتين: نغير قيمة x في المرحلة الأولى بتحريك الزالقة على السلك حتى يصبح الصوت ضعيفاً ما أمكن، ثم نغير قيمة المقاومة على مجزيء الكمون حتى يختفي الصوت نهائياً ما أمكن ذلك.



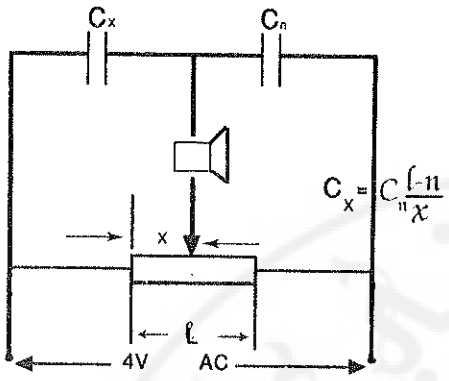
الشكل (3)



الشكل (2)



الشكل (4)



الشكل (5)

ثالثاً- قياس عناصر السعة C:

لدى وجود عنصر السعة في ذراعي الجسر الكهربائي كما في الشكل (5) فإن الممانعتين Z_3 وZ_4 تكتبان بالشكل:

$$Z_3 = -\frac{j}{\omega C_3} \quad , \quad Z_4 = -\frac{j}{\omega C_4}$$

واستناداً لذلك فالعلاقة (1) يمكن إعادة كتابتها بعد مطابقة الجزئين التخيلين فيها كما يلي:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_4}{C_3} \qquad (8)$$

والتي يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$C_3 = C_4 \frac{\ell - x}{x} \qquad (9)$$

Damascus University

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- جسر القياس المنزلق ذو السلك
- سماعة رأس مزدوجة
- مولد إشارات كهربائية ذات ترددات مختلفة
- ملف 6 لفات
- ملف 300 لفة
- ملف 1200 لفة
- ملف 600 لفة
- مقاومة كربونية 5% 330Ω 1W
- مقاومة كربونية 5% 470Ω 1W
- قاعدة توصيل العناصر
- أسلاك توصيل
- مقاومة كربونية 5% 680Ω 1W
- مقاومة كربونية 5% 1K Ω 1W
- مقاومة كربونية 5% 1.5Ω 1W
- مقاومة كربونية 5% 2.2Ω 1W
- مقاومة كربونية 5% 3.3Ω 1W
- مجزء جهد 100 Ω 4W
- مكثفة 100V 100PF
- مكثفة 100V 47PF
- مكثفة 100V 1 nf
- مكثفة 100V 2.2 nf
- مكثفة 100V 4.7 nf
- مكثفة 100V 10 nf

مراحل العمل:

- صل التجربة كما هو موضح بالشكل (1)
- اضبط مولد الترددات إلى المجال السمعي من 500 هرتز–5 كيلو هرتز.
- اضبط جسر القياس بحيث لا تسمع أي صوت في السماعة.
- عند استخدام الجسر لقياس ممانعة الملفات من الضروري إضافة مقاومة متغيرة في طرف الملف الأصغر لتعويض فرق المقاومة الأومية بين الملفين الناتج عن الفرق في عدد اللفات.
- ضع الممانعة المجهولة في مكانها في الجسر وقم بزلق الطرف المتحرك على الجسر حتى يختفي الصوت مرة أخرى.
- سجل القراءة على الجسر.
- دوّن النتائج في الجداول التالية:

الجدول (1) قياس مقاومة مجهولة R_x:

مقاومة معلومة R (Ω)	X (cm)	ΔR_x	R_x
330			
470			
680			
1 K			
1.5 K			
2.2 K			
3.3 K			
القيمة الوسطى		$\Delta\overline{R}_x$	$\overline{R}_x$

ضع النتيجة على الشكل التالي $R_x = \overline{R}_x \pm \Delta\overline{R}_x$

الجدول (2) قياس تحريضية مجهولة L_x:

L_x(mh)	ΔL_x	X (cm)	تحريضية معلومة L_n(mh) عدد لفاتها
			1200
			600
			قصيرة 600
			300
$\overline{L}_x$	$\Delta\overline{L}_x$	القيمة الوسطى	

ضع النتيجة على الشكل التالي $L_x = \overline{L}_x \pm \Delta\overline{L}_x$

الجدول (3) قياس سعة مجهولة C_x:

C_x (nf)	ΔC_x	X (cm)	سعة معلومة C_n (F)
			10 n
			4.7 n
			2.2 n
			1 n
			470 P
			100 P
$\overline{C}_x$	$\Delta\overline{C}_x$	القيمة الوسطى	

- احسب القيمة الوسطى للمانعة المجهولة في كل مرة $\overline{Z}_x$
- احسب الانحراف المتوسط للمانعة المجهولة في كل مرة ΔZ_x
- ضع النتيجة على الشكل التالي $Z_x = \overline{Z}_x \pm \Delta\overline{Z}_x$
- احسب الارتياب المرتكب تجريبياً في القياس وذلك من تحديد الارتياب ΔX الذي يمثل طول الانحراف المميز على السلك عن وضع التوازن.

التجربة 7

قانون كولون
COULOMB'S LAW

الغاية من التجربة:

- التحقق من قانون كولون
- قياس التأثير الديناميكي بين كرتين مشحونتين
- عرض تأثير التحريض الكهربائي الساكن من خلال تغير القوة كتابع للمسافة بين كرتين مشحونتين.

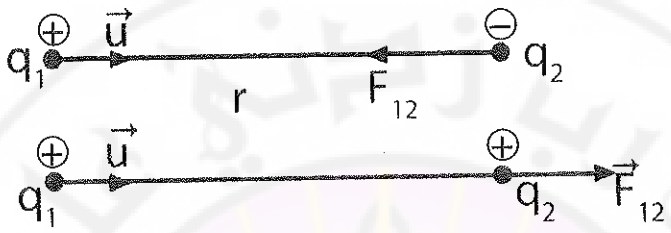
التمهيد النظري:

درس كولون التاثير المتبادل بين الشحنات النقطية، حيث وضع بالاستناد على أسس تجريبية القانون المعروف باسمه، والذي يمثل التناسب الحاصل بين القوة والشحنات الكهربائية، وعُدَّ أساساً للكهرباء الساكنة.

لتكن الشحنتان النقطيتان q_1 وq_2 تفصلهما مسافة r ينص قانون كولون على أن القوة التي تؤثر بها أي من الشحنتين في الأخرى تتناسب طرداً مع كل منهما وعكساً مع مربع البعد الفاصل بينهما، وهو على انسجام مع قانون الثقالة العام لنيوتن، وتتعلق هذه القوة بطبيعة الوسط المحيط بالشحنتين. وهذه القوة محمولة على المستقيم الواصل بين الشحنتين، وهي قوة جذب أو دفع حسبما تكون الشحنتان مختلفتين أو متماثلتين في الإشارة انظر الشكل (1) والعلاقة التي تعبر عن هذا القانون هي:

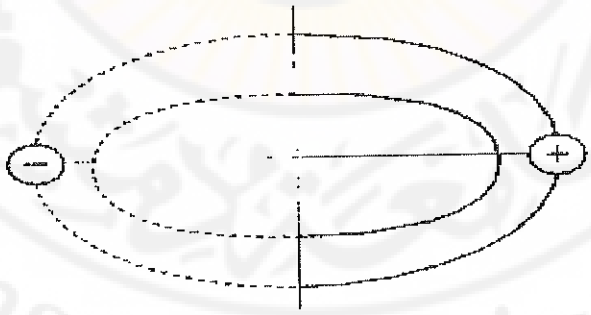
$$\vec{F}_{12} = k\frac{q_1\, q_2}{r^2}\vec{u}$$

حيث $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9$ الثابتة الكهربائية



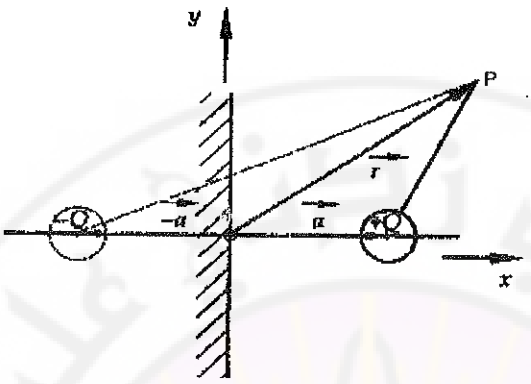
الشكل (1)

يمكن شرح قانون كولون عن طريق وضع كرة صغيرة مشحونة كهربائياً عند مسافة معينة وقبالة صفيحة معدنية (تقع في إطار الكمون الثقالي). وتشكل الشحنة السطحية على الصفيحة (الشحنة الخيال)، بسبب التحريض الكهراكدي المتضافر مع أشكال الكرات المشحونة، حقلاً كهربائياً محاكياً للحقل القائم بين شحنتين نقطيتين متعاكستي الإشارة كما في الشكل (2).



الشكل (2)

يتمُّ قياس القوة الكهربائية المؤثرة في الكـــرة بمقياس فـــتـــل تحريكي حساس (torsion dynamometer). وبصورة مشابهة كما هو وارد في الشكل (3).



الشكل (3)

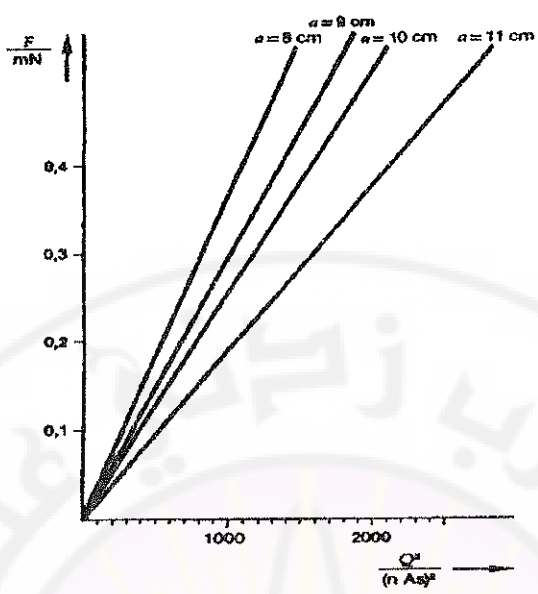
وتكتب عبارة الكمون الكهراكدي في النقطة p والناجمة عن الشحنتين النقطتين والمتعاكستين بالشكل:

$$\phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}-\vec{a}|} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}-\vec{a}|}$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 \sqrt{(x-a)^2+y^2}} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 \sqrt{(x+a)^2+y^2}}$$

هذا ويظهر الشكل (4) أزواج قيم القوة والشحنة الموجودة لدى أبعاد مختلفة a بين الكرة الناقلة والصفيحة، وبمعالجة المعطيات التجريبية المبينة في الشكل (4) وفق العلاقة التجريبية.

$$F = A_\alpha q^{B\alpha}$$



الشكل (4)

والنتائج التالية:

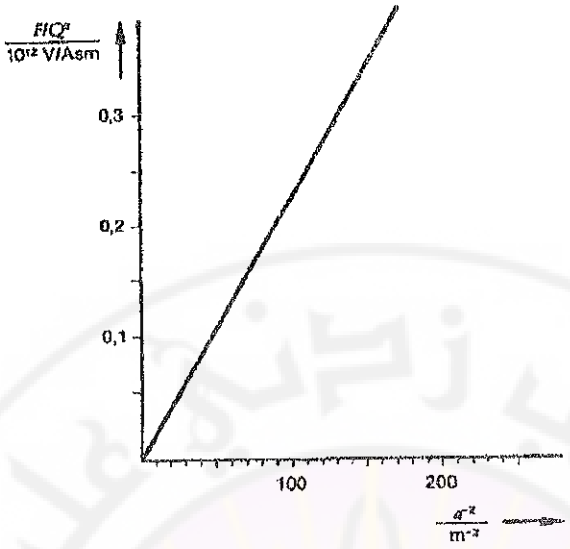
a(cm)	8	9	10	11
B_α	2.21	1.93	2.40	2.02

نستنتج أن القوة F متناسبة مع مربع الشحنة أي:

$$\frac{F}{q^2} = A_a$$

أمثال التناسب A_α الذي حصلنا عليه من الشكل (4) عن طريق ميل المستقيم هي تابع للمسافة a بين الصفيحة والكرة كما في الشكل (5). وتعطي معالجة للمعطيات التجريبية وفق المنحني (5) النتيجة التالية:

$$A_\alpha = \frac{1}{16\pi\varepsilon_0}\alpha^B$$



الشكل (5)

حيث $B = -2.00$

ومنه نجد:

$$\frac{F}{Q^2} \approx \frac{1}{\alpha^2}$$

وتعطي عبارة A_a قيمة ثابتة العزل الكهربائي ε_0 وفق:

$$\varepsilon_0 = \frac{Q^2}{16\pi\alpha^2 F} = 8.4.10^{-12}\ \frac{As}{V\,cm}$$

(علماً أن قيمة ε_0 المتعارف عليها عالمياً هي: $\varepsilon_0 = 8.859.10^{-12}\ \frac{As}{Vm}$)

الأدوات والأجهزة التجريبية:

- وحدة وصل التجارب بالحاسب
- كبل نقل المعلومات إلى الحاسب
- وحدة قياس القوى بالنيوتن
- حساس القوة
- حساس الحركة مع كبل التوصيل
- مهائي من BNC إلى 4 mm مزدوج
- مهائي من BNC إلى 4 mm مفرد
- برنامج القياسات العام يعمل تحت windows
- كرة بلاستيكية مجوفة مع مكان للتعليق
- كرة ناقلة مع عمود التعليق
- سلك توصيل للجهد العالي
- ملقط زاوية يمينية
- عمود دعم مربع المقطع طول 1000 مم
- عمود من الستانلس طول 500 مم
- قاعدة برميلية
- قاعدة ثلاثية
- ملقط التثبيت على الطاولة
- حامل للصفائح
- مقياس متري توضيحي
- خيط من النايلون 50 مم
- وحدة تغذية بالجهد العالي من 0 – 25 كيلو فولت
- حاسب + طابعة

طريقة العمل:

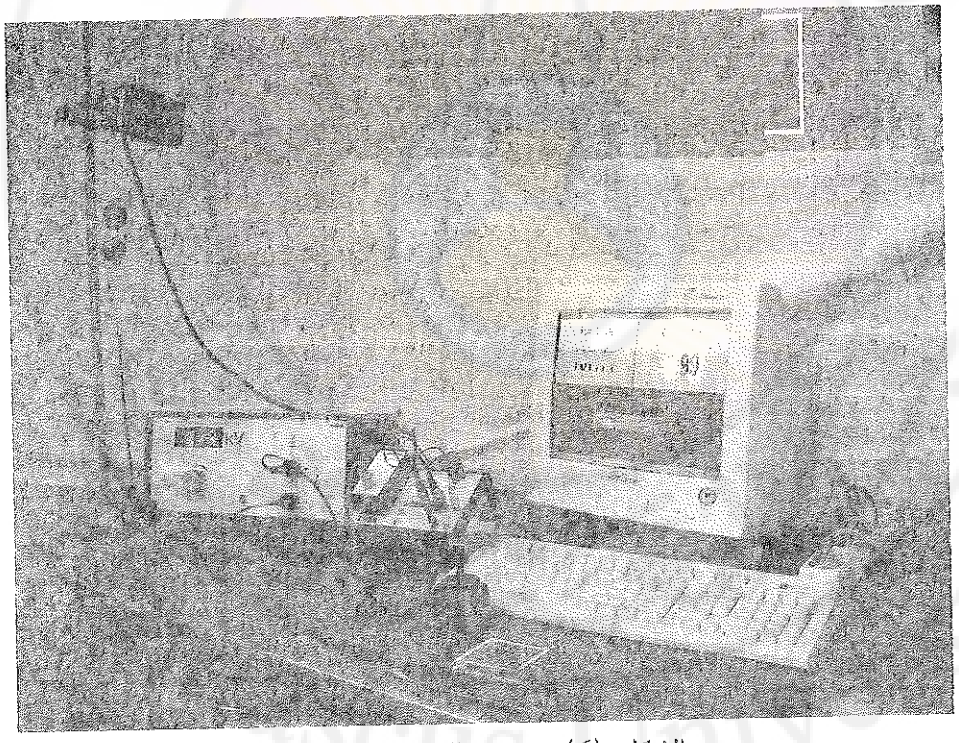
I- تحديد العلاقة بين القوة المتبادلة بين الكرتين والشحنة:

1- قم بتوصيل التجربة كما هو موضح بالشكل (6).

ملاحظة : يجب وضع التجربة في مكان يكون فيه الاهتزاز أقل ما يمكن حيث إن القوى التي نقيسها في هذه التجربة هي من مرتبة الميلي نيوتن وأي حركة كبيرة في محيط التجربة سيؤدي إلى التأثير في النتائج المقاسة.

2- باعد بين الكرتين بمسافة ثابتة (حوالي 1.5-2 سم) لتجنب انفراغ الشحنة بين الكرتين عبر الهواء.

3- حافظ على هذه المسافة في كامل مراحل التجربة.



الشكل (6) صورة الدارة التجريبية

ملاحظة: تحذير من خطر الصدمة الكهربائية

لأننا نتعامل مع تغذية بالجهد العالي دائماً أعد مفتاح التحكم بالجهد العالي إلى الصفر.

- سجل قيمة القوة البدائية والتي تؤثر بها كتلة الكرة في حساس القوة.
- ابدأ بشحن الكرات وذلك بضبط الكمون على 2.5 kv ولمس الكرتين باستخدام قطبي الجهد العالي مع الانتباه إلى عدم تحريك الكرات بشكل كبير.
- اضغط على الزر save value لحفظ القراءة.
- زد الكمون بمقدار 2.5 kv في كل مرة واضغط قيمة القراءة save value
- دوّن نتائجك في جدول كالتالي.

الكمون Kv	القوة mN
2.5	
5	
7.5	
10	
12.5	
15	

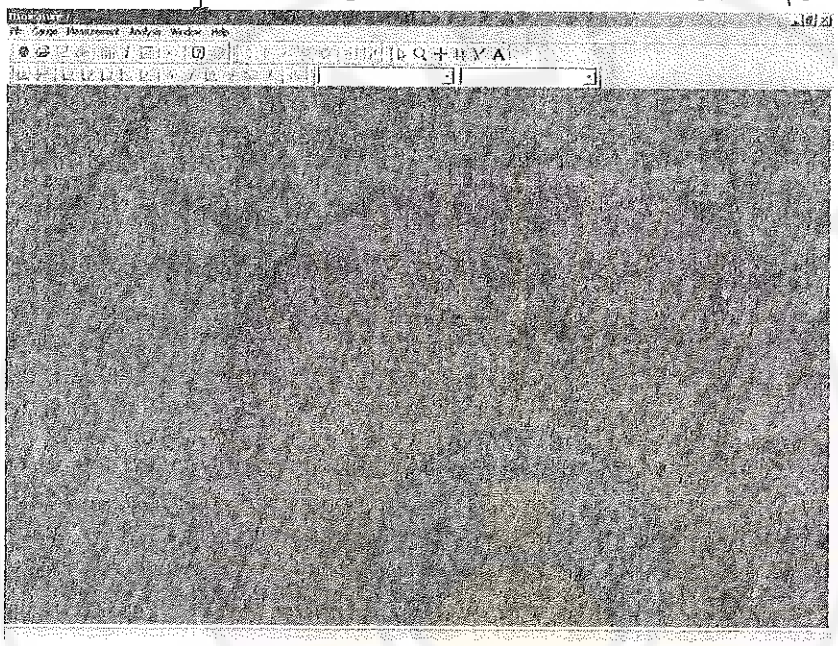
ملاحظة:

يجب الانتباه إلى الانفراغ الذي قد يحصل بين الكرتين وخاصة عند ارتفاع الكمون المستخدم في شحن الكرات فيجب التوقف عن سماع الانفراغ.

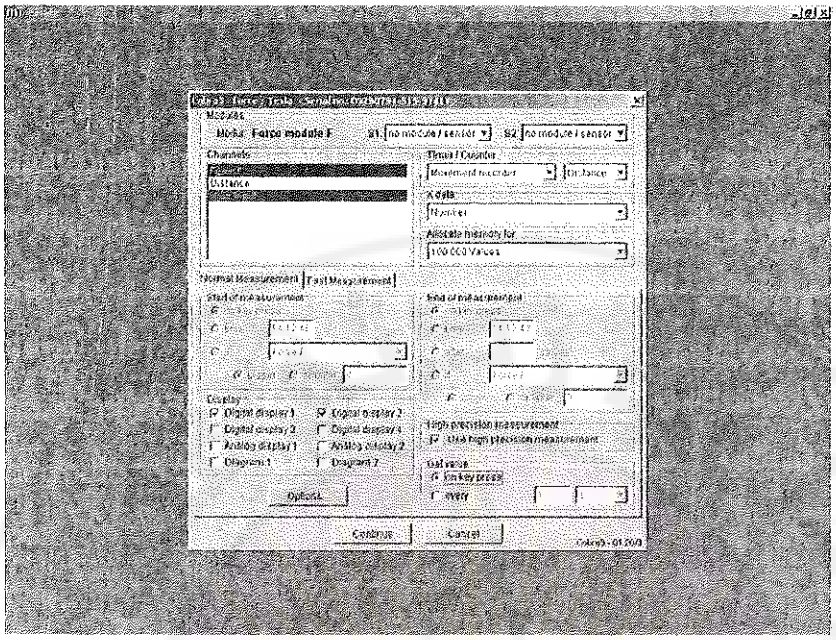
- لاحظ باستخدام الحاسب شكل العلاقة بين القوة والشحنة المطبقة.

طريقة العمل باستخدام الحاسب:

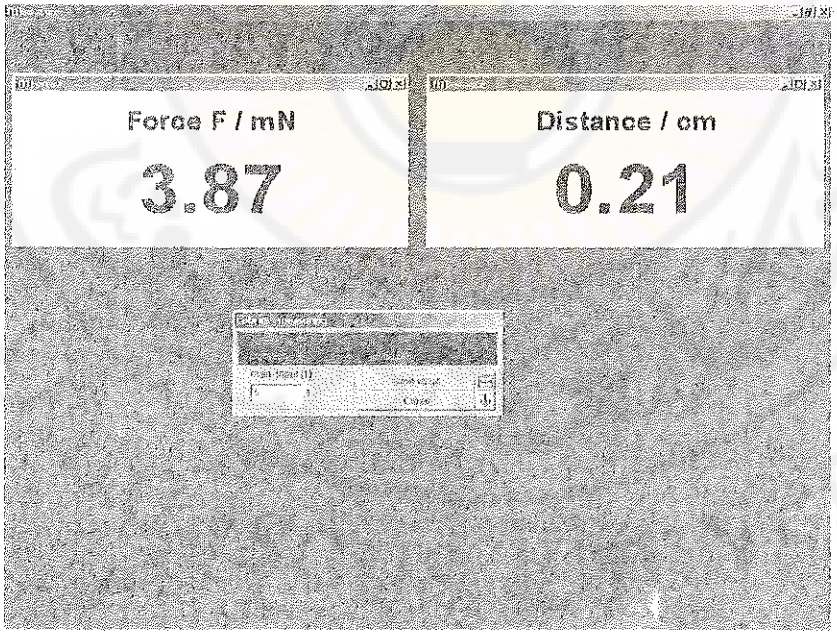
1. نقوم بالضغط على أيقونة برنامج Measure على سطح المكتب أو تشغيل البرنامج من خلال قائمة ابدأ Start
2. ستظهر النافذة الأساسية للبرنامج.
3. نقوم باختيار Force/Tesla من قائمة Gauge



4. ستظهر النافذة التالية التي يمكن من خلالها إعداد الخيارات المختلفة لإجراء التجربة.
5. للقيام بالتجربة الأولى التي نرسم من خلالها العلاقة بين الشحنة والقوة نختار تسجيل Force وNumber من المربع Channels في نافذة الإعداد، يجب أن يكون Number هو الخيار الفعال في حقل X-Data.
6. نتأكد من وضع خيار Get Value في وضعية On Key press، وهو الإعداد الذي يتم فيه تسجيل القراءات فقط عند الضغط على مفتاح Enter أثناء عمل التجربة.



7. نضغط على زر Continue للوصول إلى نافذة القياس الموضحة في الشكل التالي التي تظهر فيها قراءة القوة الحالية والبعد، في هذه التجربة نهتم فقط بالقوة مع الشحنة.



8. نضبط المسافة بين الكرتين إلى قيمة ثابتة نحو 2 إلى 3 سم.
9. نضبط منبع تغذية الجهد العالي على القيمة الأولى ولتكن 2.5 kV وندخل هذه القيمة في حقل Manual Input في نافذة القياس، نقوم بشحن الكرات بلمسها بلطف بواسطة كابلات الجهد العالي بحيث لا نسبب اهتزاز الكرات في مكانها. ستزداد القوة المقاسة أو تنقص حسب نوع الشحنة المطبقة على الكرتين (موجب – موجب، سالب – سالب، موجب – سالب) لتسجيل القيمة ننتظر استقرار قياس القوة ونضغط على Save Value.
10. نكرر العملية بالنسبة للقيم الأخرى للجهد العالي ونحفظ النتائج.
11. نرسم منحني القوة مع الكمون حسب تعليمات برنامج Measure
12. احسب قيمة الشحنة q من العلاقة $\frac{F}{q^2} = A_\alpha$

$$A_\alpha = \frac{1}{16\pi\varepsilon_0}\alpha^2 \qquad \text{حيث}$$

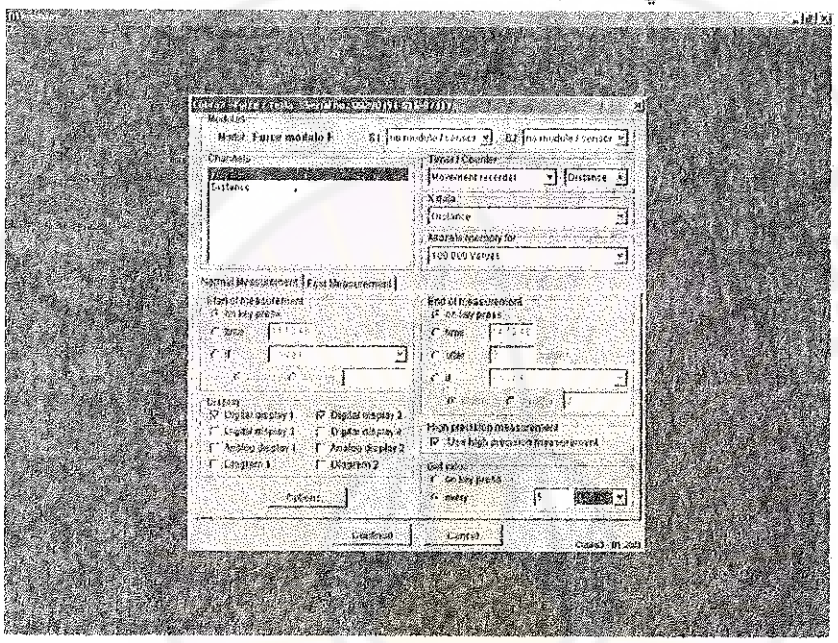
13. ارسم الخط البياني لتحولات القوة تبعاً للشحنة المطبقة q. ما هو شكل الخط البياني؟
14. ارسم الخط البياني لتحولات F مع مربع الشحنة q^2 ثم احسب قيمة ε_0 ثابت العزل الكهربائي.

II – دراسة العلاقة بين القوة والمسافة الفاصلة بين الكرتين:

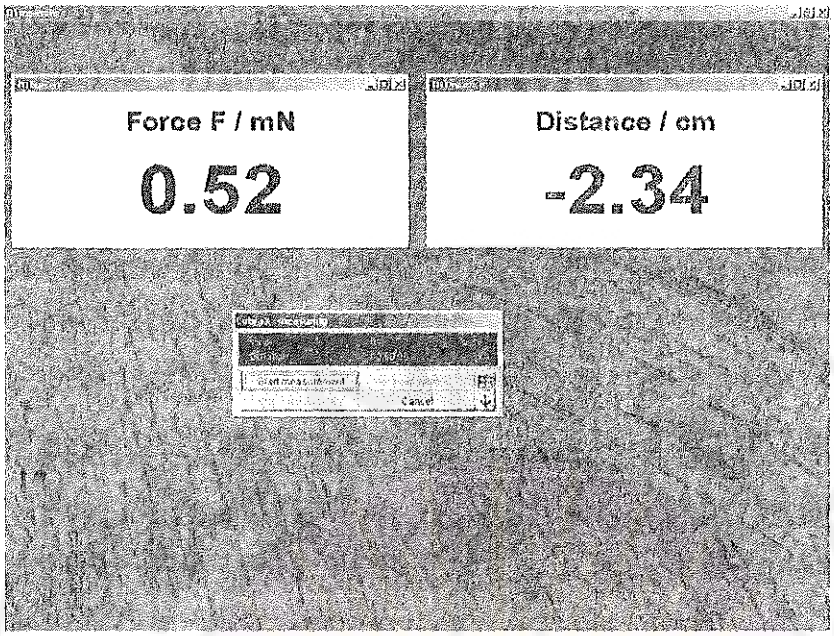
- ضع الكرتين بحيث تكونان متماستان تماماً.
- في حال التماس اضغط على الزر الأحمر لبدء القياسات مع ضبط الخيارات ليتم تحصيل القراءات بشكل آلي كل 500 ميلي ثانية ستشير المسافة بين الكرتين إلى الصفر.
- باعد بين الكرتين حتى مسافة 5 سم.
- اشحن الكرات بكمون 15 kv ستتغير القوة المقاسة بشكل طفيف.

- ابدأ بتحريك الكرة العليا باتجاه الكرة الأخرى سيقوم الحاسب بقياس القوة مع المسافة وسيتم رسم المنحني الخاص بذلك.

II- في القسم الثاني من التجربة نهتم بقياس القوة مع المسافة فنختار Distance في حقل X-data في نافذة إعداد التجربة.

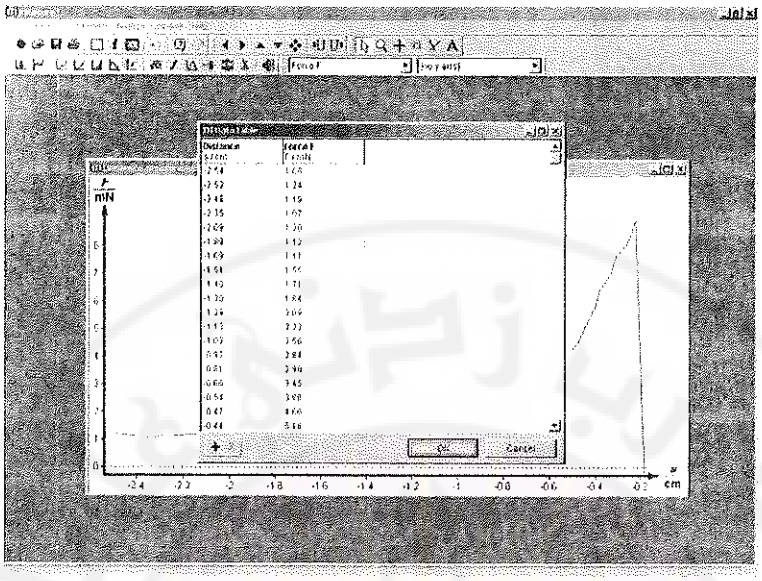


1. لجعل الحاسب يقوم بتسجيل قراءة بشكل آلي كل نصف ثانية، نضبط Get Value إلى الخيار every 500 ms
2. عند الانتهاء من إعداد القياس نضغط على Continue
3. نشحن الكرات كما في التجربة السابقة، ثم نضغط على Start Measurement فيبدأ الحاسب بتسجيل القوة والمسافة كل نصف ثانية.
4. نقوم بتقريب الكرتين الواحدة من الأخرى بشكل بطيء وبحيث لا نسبب اهتزاز الكرات، نلاحظ تغير القوة والمسافة على الشاشة.



5. نوقف التجربة عندما نسمع صوت تفريغ الشحنة بين الكرات، أو عندما نلاحظ عودة القوة إلى القيمة الابتدائية.
6. في بعض الحالات وعند عدم إيقاف التجربة قبل تفريغ الشحنات أو عند ظهور قراءات شاذة، فإننا نرغب في إزالة هذه القراءات من التجربة
7. نختار Data Table من قائمة Measurement ونقوم باختيار القراءة الشاذة من الجدول ونضغط على زر المقص لحذفها.

Damascus University



8. نرسم العلاقة بين القوة والمسافة بواسطة الأدوات المتوفرة في البرنامج.

التجربة 8

المزدوجة الكهرحرارية

The Thermoelectric Couples

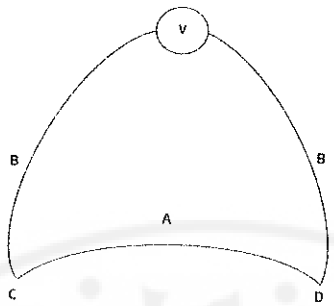
الغاية من التجربة:

- التعرف على المفعول الكهرحراري (مفعول سيبيك T.J.Seebeak) واستخدامه في الحصول على المزدوجة الكهرحرارية ثم تدريجها لاستعمالها كميزان حراري.
- تحديد القوة المحركة الكهرحرارية كتابع لدرجة الحرارة المتغيرة.

التمهيد النظري:

تُعدُّ المزدوجة الكهرحرارية تطبيقاً أولياً ومباشراً لأثر سيبيك الذي ينص على أنه عند وصل معدنيين مختلفين من طرفيهما وجعل المتصلين (الملحمين) يستقران عند درجتي حرارة مختلفتين، تنشأ في دارة المعدنين قوة محركة كهربائية. لننظر في ناقلين معدنيين مختلفي المادة A و B (حديد ونحاس مثلاً) يتصل كل منهما بالآخر في نقطتين D و C تسميان بالملحمين، فإذا وضع الملحمان في درجتي حرارة مختلفتين ظهرت في الدارة قوة محركة كهربائية مقدارها من رتبة الميلي فولط، وتدعى بالقوة المحركة الكهرحرارية، الشكل (1).

تبين التجربة أن هذه القوة تتعلق بطبيعة المعدنين وباتساع الفرق في درجات الحرارة بينهما.



الشكل (1) مزدوجة كهرحرارية مؤلفة من سلكين نحاسي وحديدي

رتبت المعادن من حيث القوى الكهرحرارية التي تحدثها في سلسلة تدعى بالسلسلة الكهرحرارية بحيث تكون القوة المحركة الكهرحرارية بين طرفي المزدوجة أكبر كلما تباعد المعدنان في السلسلة. وترتب هذه السلسلة كما يلي:

بزموت (Bi)، نيكل (Ni)، كوبالت (Co)، بلاتين (Pt)، نحاس (Cu)، زئبق (Hg)، رصاص (Pb)، قصدير(Sn)، ذهب (Au)، فضة (Ag)، كادميوم (Cd)، حديد (Fe)، زرنيخ (As)، انتيموان (Sb).

ويكون اتجاه التيار الكهربائي عند الملحم الساخن من المعدن السابق في السلسلة السابقة إلى المعدن اللاحق. فمزدوجة الحديد والنحاس يمر فيها التيار من النحاس إلى الحديد وهكذا...

تشير دراسة المزدوجة الكهرحرارية إلى أنه إذا جعل أحد الملحمين عند درجة حرارة ثابتة t_s (درجة الصفر المئوية) وبتغير درجة حرارة الملحم الآخر t_d، فإن القوة المحركة الكهرحرارية تتعلق بدرجة حرارة الملحمين t_d وt_c مستقلة عن درجة حرارة بقية أجزاء الدارة أي:

$$E = f(t_d , t_c) \qquad (1)$$

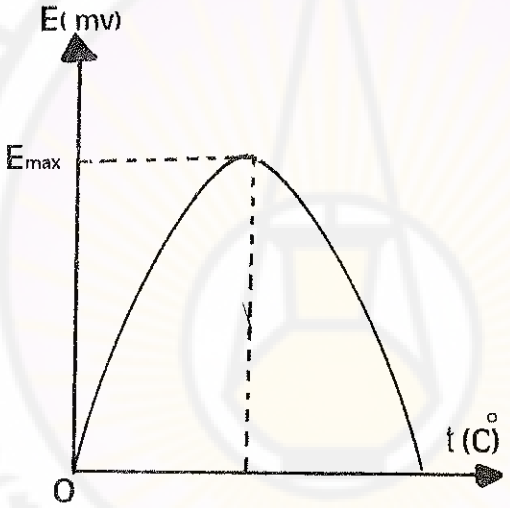
فإذا كان الفرق بين درجتي حرارة الملحمين t فإن القوة المحركة الكهرحرارية يمكن وصفها بالعلاقة:

$$E = at + bt^2 \qquad (2)$$

حيث b, a ثابتتان تتعلقان بطبيعة المعدنين وبمجال معين لدرجة الحرارة.

يظهر الشكل (2) سلوك القوة المحركة الكهرحرارية المتولدة في دارة المزدوجة، نتيجة تغير درجة حرارة أحد الملحمين وبقاء الآخر ثابتاً. وهذا المنحني هو قطع مكافئ يبلغ نهاية عظمى للقوة المحركة الكهربائية E_{max} عند درجة حرارة معينة تبلغ من أجل مزدوجة الحديد والنحاس قيمة قريبة من 240 درجة مئوية.

هناك مجال من درجات الحرارة يبدو فيه فرع القطع المكافئ قريباً من المستقيم.



الشكل (2) تغير القوة المحركة الكهرحرارية بتغير درجة حرارة أحد الملحمين

ولسهولة التطبيقات فقد جرى البحث عن مزدوجات يكون فيها فرع التابع المميز لـ(E, t) قريباً ما أمكن من المستقيم وقد أمكن صنع مزدوجات تحقق الغرض المطلوب.

لابد أن نشير هنا إلى أن ثمة أنماطاً مختلفة لتكوين المزدوجة الكهرحرارية ويُتّبع لصنع الملحمين فيها، التلاؤم مع طبيعة استخدامها وتأتي في مقدمتها:

- **نمط التماس:** وفيها يتم وصل الملحم الحار بالجسم الساخن مباشرة، وبذلك يمكن الحصول على استجابة سريعة للتغيرات في درجة الحرارة.
- **النمط الخلائي:** وفيه يتم ربط الملحم بالجسم الساخن عبر كرة زجاجية وتكون على اتصال حراري معه، وكما في النمط الأول، يتمُّ توضيح الاتصال ضمن حبابة زجاجية مخلاة.
- **نمط الحمل:** وفيه يعلق الملحم فوق الجسم الساخن، وفي الهواء، وتتمُّ حمايته بغلاف مناسب. وتتغير الحساسية بتغير موضع الملحم. ويستخدم النمط الخلائي في حال التعامل مع تيارات أقصاها (150 mA)، بينما يستخدم نمط الحمل من أجل تيارات تفوق ذلك.

سنستخدم في تجربتنا هذه مزدوجة كهرحرارية مصنوعة من النحاس والكونستانتان (الكونستانتان عبارة عن خليطة تحوي 60% نحاس، 40% نيكل). ومزدوجة أخرى وردت في لائحة الأدوات.

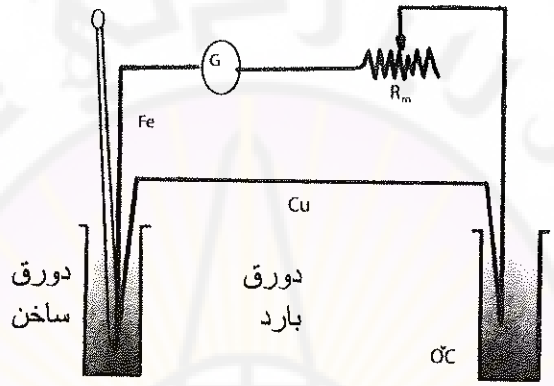
يوضع الملحم البارد في ماء صرف مع جليده، بينما يمكن تسخين الملحم الحار حتى نحصل على الجزء الأيسر من الشكل (4) والذي يرى فيه أن القوة المحركة الكهرحرارية تزداد حتى تصل إلى نهاية عظمى تقارب (2mV) عند الدرجة ($t=235\ C°$) والتي تعرف باسم النقطة المعتدلة.

من الملاحظ عند استخدام المزدوجة الكهرحرارية كمقياس لدرجة الحرارة لابد من تحقيق أمرين:

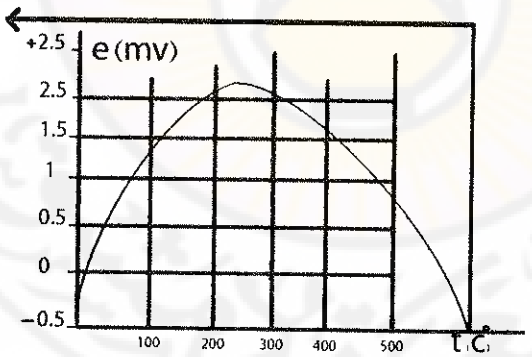
1. معايرة المزدوجة ضمن نقاط عيارية تتفق والمجال الحراري الذي تستخدم فيه، مثل نقطة انصهار الجليد الصرف، نقطة غليان الماء الصرف في الظروف المخبرية النظامية.

2. الاستغناء عن المقياس الغلفاني المبين في الشكل (3) بدارة من النمط المبين في الشكل (5) التي يمكن من خلالها معايرة المقياس الغلفاني كمقياس للكمون. وبالاستفادة من قوانين كيرشوف في الدارات الكهربائية وبفرض أن (R_1=1 Ω) يكون الكمون عبر طرفيها مساوياً:

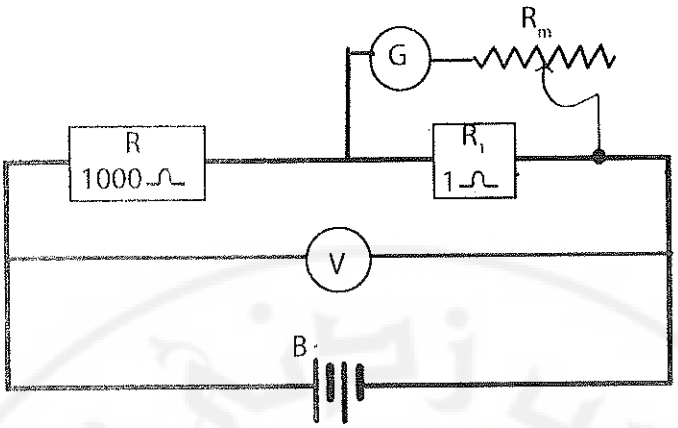
$$V_1 = \frac{V \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$



الشكل (3) يبين معايرة واستخدام المزدوجة الكهرحرارية المصنوعة من النحاس والحديد



الشكل (4) يبين منحني تغير القوة المحركة الكهرحرارية في مزدوجة نحاس–حديد (الملحم البارد موضوع في درجة حرارة جليد صرف وماء أي في الدرجة الصفر المئوي)



الشكل (5) يبين وسيلة معايرة مقياس الغلفاني كمقياس كمون.

حيث أن مقياس الغلفاني G ومقاومته R_m القابلة للتعديل يشكلان مقاومة كهربائية كبيرة مقارنة مع المقاومة ($R=1\ \Omega$)، ويمكن وصله عبر R_1 دون أن يحصل أي تغيير في قيمة V_1، غير أن انحرافات مقياس الغلفاني G بدلالة V_1 تعطي منحني معايرة المقياس الغلفاني G كمقياس للكمون.

3. يمكن الاستغناء عن المقياس الغلفاني والدارة المبينة في الشكل (5) باستعمال مقياس ميلي فولط أو مكرو فولط رقمي.

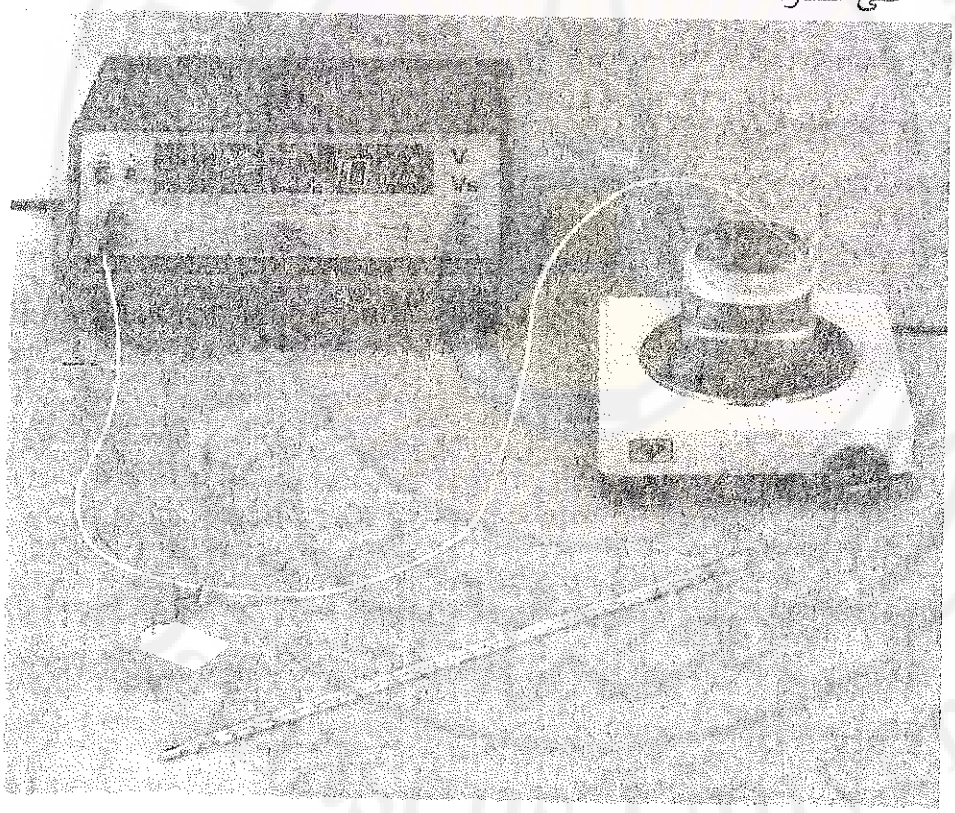
الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- مزدوجة كهرحرارية مؤلفة من (كونستانتان-حديد)
- مزدوجة كهرحرارية مؤلفة من (كونستانتان-نحاس)
- مزدوجة كهرحرارية مؤلفة من (كونستانتان-كروم نيكل)
- مقياس غلفاني حساس
- مقياس ميكروفولت رقمي

- وعاءان زجاجيان يتحملان درجات حرارة عالية
- ميزان حرارة
- منبع حراري (سخان كهربائي)
- ملقط عدد 2
- غليسرين
- أسلاك توصيل وملحقات أخرى.

مراحل العمل:

1. صل التجربة كما هو مبين في الشكل (6) بعد ترتيب الأدوات والأجهزة على الطاولة.



الشكل (6) صورة الدارة التجريبية

2. ضع كمية من الماء في الدورق ثم ضعه فوق السخان.
3. اغمس ميزان الحرارة في الماء الموجود في الدورق الساخن وكذلك ملحم المزدوجة.
4. اغمس الملحم الآخر في الماء الموجود في الدورق الذي يحوي مزيج الجليد والماء
5. صل مربطي جهاز المزدوجة بالملاقط وضعهما في مقياس الفولت المكروي في الموضع دخل (Input).

ملاحظة: يمكن الاستغناء عن وسط الملحم المرجع (وهو الجليد) والاكتفاء بملحم واحد يوضع على تماس مع الجسم المراد قياس درجة حرارته.

6. استخدم المجال 10^{-4}، 10^{-3} على جهاز الفولت المكروي
7. ابدأ بالتسخين ببطء لضمان الدقة في التجربة وسجل قيمة الكمون الموافق E_1 من أجل كل 5 درجات مئوية. حاول أن تحرك الماء تحريكاً لطيفاً أثناء عملية التسخين.
8. ابدأ بالتبريد عندما تصل إلى درجة الغليان وسجل قيمة الكمون الموافق من أجل كل انخفاض في درجة الحرارة قدره ثلاث درجات وليكن E_2.
9. دوّن النتائج في جدول كالتالي:

أ- مزدوجة كونستانتان-حديد

Θ (C°)	10 15 20 100
تسخين E_1	
تسخين E_2	
تسخين $\overline{E}$	

10. ارسم المنحني البياني لتحولات $\overline{E}$ بدلالة θ
11. احسب الأخطاء المطلقة المرتكبة في القياس

ب- كرر الخطوات السابقة نفسها من أجل مزدوجة -كونستانتان- نحاس

ج- كرر الخطوات السابقة نفسها من أجل مزدوجة -كونستانتان- كروم نيكل

د- استبدل بالماء كمية من الغليسرين وكرر الخطوات السابقة نفسها لإحدى المزدوجات الآنفة الذكر. وارسم المنحني البياني الخاص بالغليسرين.

- قارن بين المنحنيين البيانيين في الحالتين (ماء- غليسرين).
- استنتج درجة غليان الماء من المنحني الأخير.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 9

مقياس الكمون
D.C. POTENTIOMETER

الغاية من التجربة:

يستخدم مقياس الكمون في الأمور التالية:

- قياس القوى المحركة الكهربائية للنابعات
- التحقق من قانون جمع القوى المحركة الكهربائية على التسلسل.
- قياس المقاومة الداخلية لنابعة.

التمهيد النظري:

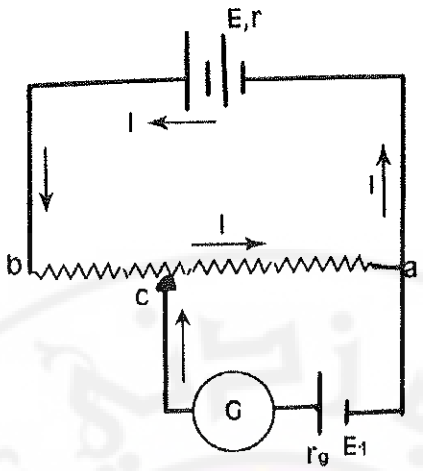
أولاً: قياس القوة المحركة الكهربائية لخلية أو نابعة:

1- مقياس الكمون هو دارة كهربائية بسيطة قادرة على قياس قوة محركة كهربائية مجهولة دون جرّ أي تيار كهربائي منها، إضافة إلى العديد من التطبيقات الهامة الأخرى.

نشكل دارة كهربائية كما في الشكل (1) وقد ربط فيها على التسلسل مولد تيار مستمر قوته المحركة E ومقاومته الداخلية r. يوصل بشكل ثابت مع سلك مقاوم متجانس المقطع (ab) طوله L ومقاومته الكلية R، فيكون فرق الكمون V بين النقطتين a,c يحقق العلاقة:

$$E = V + Ir$$

حيث I شدة التيار المار في الدارة. وثمة نقطة تماس منزلقة c متصلة عبر مقياس غلفاني (G) مع خلية كهربائية مجهولة القوة المحركة يرادُ معرفة قيمتها.



الشكل (1) دارة مبسطة لمقياس الكمون

لإجراء القياس تزلق نقطة التماس c على طول السلك ab ابتداءً من النقطة (a) حتى (b) فيزداد فرق الكمون بين النقطتين (a,c) من الصفر حتى (E) عندما تصل النقطة (c) إلى النقطة(b). فإذا كان V_1 فرق الكمون بين (a,c) و R_1 مقاومة الجزء من السلك الواقع بين النقطتين (a,c) أمكننا كتابة:

$$\frac{E}{V_1} = \frac{R}{R_1} \qquad (1)$$

وحيث أن R, E ثابتتان يمكننا الحصول على أي جزء من فرق الكمون واقع بين $(E \rightarrow 0)$ وذلك بتغيير موضع الزالقة c بين a,b فإذا كانت القوة المحركة E_1 أصغر من E ووصل قطبها الموجب مع القطب الموجب للنابعة E الشكل (1) فإن فرق الكمون V بين النقطتين (a,c) يحقق العلاقة:

$$E_1 = V_1 + I_1(r_1 + r_g) \qquad (2)$$

حيث r_g مقاومة المقياس الغلفاني G و r_1 المقاومة الداخلية لـE_1.

يمكننا عن طريق زلق النقطة C أن نجد نقطة يكون فيها فرق الكمون بين النقطتين $V_1(c,a)$ مساوياً E_1 أي $I_1=0$، بعبارة أخرى ينعدم التيار في مقياس الغلفاني G وبالتبديل في (1) نجد:

$$\frac{E}{E_1}=\frac{R}{R_1} \qquad (3)$$

إن لمقياس الكمون ميزة هامة وهي أنه عند التوازن لا يمر أي تيار في الفرع الذي يحوي النابعة المراد قياس قوتها المحركة الكهربائية ($I_1=0$) ومن ثمَّ لا يوجد هناك أي ارتياب من عدم عدّ مقاومة الاسلاك أو المقاومة الداخلية (r_g) للمقياس الغلفاني G. وبما أن السلك المقاوم (a,b) متجانس المادة والمقطع فيمكن التعبير عن المقاومة $R=\rho\frac{l}{s}$ وكذلك المقاومة $R_1=\rho\frac{l_1}{s}$ بدلالة طول السلك الموافق لكل منهما، عندها تصبح العلاقة رقم (3) كالتالي:

$$\frac{E}{E_1}=\frac{l}{l_1} \qquad (4)$$

2- قياس القوة المحركة الكهربائية لنابعة مجهولة:

لقياس القوة المحركة الكهربائية لنابعة مجهولة E_1 يستخدم عادة مقياس الكمون السابق. نشكل دارة كما في الشكل (1).

وحتى تكون النابعة الكهربائية المعلومة E ثابتة ومعروفة بدقة، يفضل أن تكون نابعة عيارية (نابعة دانييل). لندخل في الدارة السابقة نابعة عيارية أخرى ولتكن E_o، نحدد طول السلك الذي يجعل التيار في مقياس الغلفاني ينعدم وليكن l_o عندها تأخذ العلاقة (4) الشكل التالي:

$$\frac{E}{E_0}=\frac{l}{l_0} \qquad (5)$$

لنستبدل النابعة E_0 بالنابعة المجهولة E_1 ونحدد وضع التوازن وليكن l_1 عندها تصبح العلاقة (4) بالشكل:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{l}{l_1} \qquad (6)$$

وبقسمة العلاقتين طرفاً إلى طرف نحصل على:

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{l_1}{l_0}$$

أو

$$E_1 = E_0 \frac{l_1}{l_0} \qquad (7)$$

3- جمع القوى المحركة الكهربائية على التسلسل:

يمكن استخدام مقياس الكمون لقياس القوة المحركة الكهربائية لعدة نابعات سواء عند وصلها على التسلسل أو التضاد، فإذا وصلنا عدة نابعات كهربائية على التسلسل، قواها المحركة الكهربائية E_1, E_2 فإن القوة المحركة الكهربائية المحصلة تساوي مجموع القوى المحركة لعناصر المجموعة أي:

$$E = E_1 + E_2 + ... = \sum E_i \qquad (8)$$

أما عند وصل هذه المجموعة من القوى المحركة على التضاد فإن القوة المحركة الحاصلة للمجموعة تساوي المجموع الجبري للقوى المحركة لعناصرها، أي حاصل طرح مجموع القوى المحركة المتماثلة في اتجاه أقطابها من مجموع القوى ذات الأقطاب المعاكسة.

$$E = \sum_i E'_j - \sum_j E''_j \qquad (9)$$

وفي هذه الحالة فإن اتجاه التيار في الدارة يحدده مجموعة القوى المحركة الكهربائية الأكبر.

ثانياً: تعيين المقاومة الداخلية لخلية كهربائية أو بطارية:

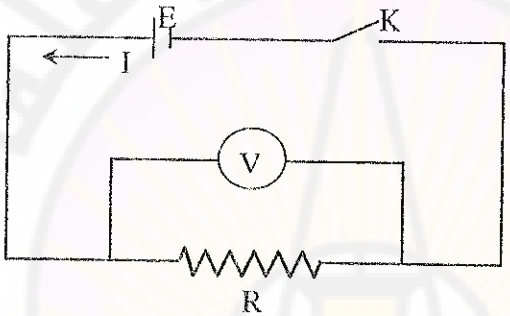
إذا وصلنا الخلية بين طرفي مقاومة R كما في الشكل (2) فالتيار الجاري في الدارة هو:

$$I=\frac{V}{R} \qquad (10)$$

حيث V هو التوتر بين طرفي R كما يلاحظ على مقياس الفولط، ومن جهة أخرى يعطي قانون كيرشوف في التوتر على كامل العروة العلاقة التالية:

$$E=(R+r)I \qquad (11)$$

حيث r هي المقاومة الداخلية للخلية.



الشكل (2)

من العلاقتين السابقتين وبعد القسمة نجد:

$$\frac{V}{R}=\frac{E}{R+r} \qquad (12)$$

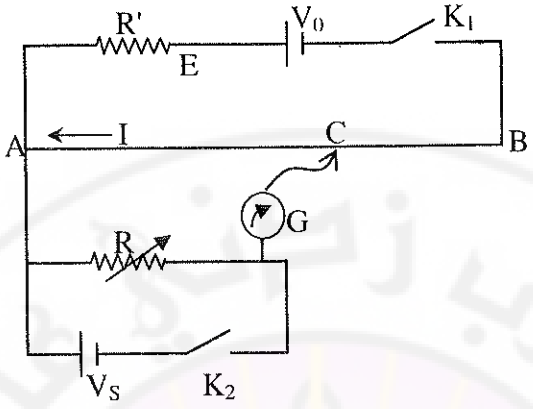
,من العلاقة الأخيرة نجد:

$$r=R\frac{(E-V)}{V} \qquad (13)$$

إذا وصل طرفا خلية، قوتها المحركة الكهربائية ε ومقاومتها الداخلية r، مع مقاومة خارجية R فإنه يتشكّل بين طرفي R فرق في الكمون قدره V.

يمكننا الآن أن نستخدم هذا الفرق في الكمون بدلاً من البطارية أو الخلية، في الحالة السابقة ونحرك الزالقة (C) (في المقياس الغلفاني) على السلك حتى ينعدم التيار المار فيه وتشير إبرته إلى الصفر . في هذه الحالة يصبح $V=V_{AC}$.

إذا كانت القوة المحركة الكهربائية للخلية قريبة من 1.5V فإننا نستخدم الدارة المبينة في الشكل (3).



الشكل (3)

أما إذا كانت القوة المحركة الكهربائية أقل من ذلك فيجب إدخال مقاومة مناسبة على التسلسل مع البطارية وسلك مقياس الكمون.

أما إذا وضعنا بطارية مكان الخلية وكانت قوتها المحركة الكهربائية أكبر من 2V فإن ذلك يتطلب استخدام أكثر من مدخرة في دارة مقياس الكمون (زيادة V_0) وربما مقاومة تسلسلية أيضاً. على كلٍ يجب تصميم دارة مقياس الكمون بحيث توافق متطلبات التجربة، أو بتعبير آخر ينبغي الحصول على نقطة توازن بالقرب من طرف سلك مقياس الكمون عندما تكون الخلية دارة مفتوحة.

لنفترض أن نقطة توازن الدارة المفتوحة أعطت الطول $AC=\ell_\infty$ وأن نقطة التوازن الموافقة لمقاومة قيمتها R هي ℓ، فإنه ينتج من العلاقة الأخيرة :

$$r = \frac{R(\ell_\infty - \ell)}{\ell} \qquad (14)$$

لأن V تتناسب مع ℓ و E تتناسب مع ℓ_∞.

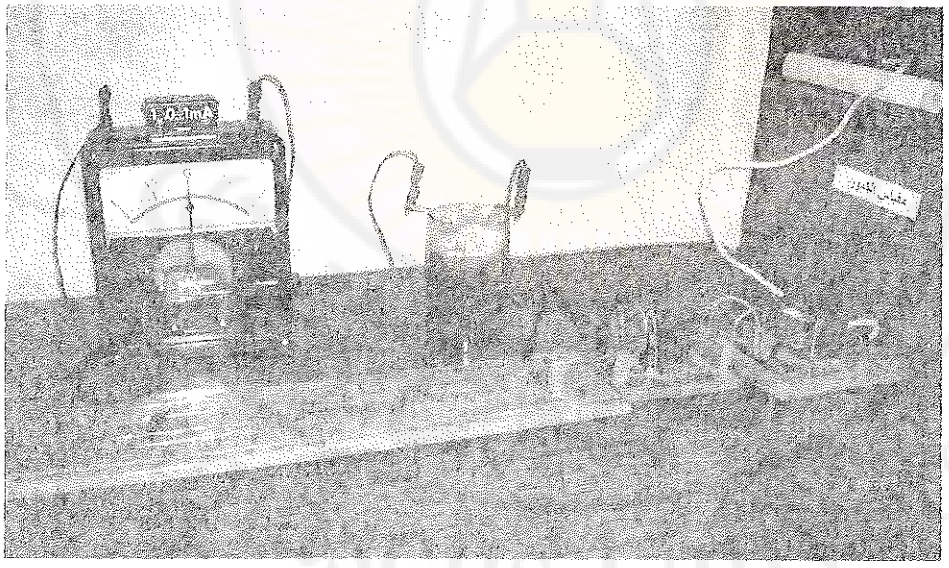
يمكننا إعادة كتابة العلاقة (14) على النحو التالي:

$$\frac{1}{R} = \frac{\ell_\infty}{r} \cdot \frac{1}{\ell} - \frac{1}{r} \qquad (15)$$

إذا مثلنا بيانياً 1/R بدلالة 1/ℓ فإننا نحصل على خط مستقيم يتقاطع مع المحور الشاقولي (1/R) في نقطة ترتيبها $(-\frac{1}{r})$، وميله يساوي $\frac{\ell_\infty}{r}$، وبذلك تتعين قيمة المقاومة الداخلية r من إحدى هاتين العلاقتين.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

مقياس غلفاني (G)، منبع للتيار المستمر مكون من محولة خافضة للتوتر ومقوِّم، نابعة دانييل ونعدّها نابعة عيارية وقوتها المحركة الكهربائية /فولط E_o=1,1/، نابعتان كهربائيتان (بطاريتان جافتان) مجهولتا القوة المحركة، علبة مقاومات عيارية، متر معدني، أسلاك توصيل، سلك مقاوم منتظم المقطع طوله بضعة أمتار مشدود بصورة خط منكسر على لوح عازل طوله نحو متر وهو يؤلف السلك المقاوم من مقياس الكمون.



الشكل (4) صورة الدارة التجريبية

مراحل العمل:

1. صل الدارة المبينة في الشكل (1) مستخدماً منبع التيار المستمر في موضع المولد E من الدارة، والنابعة العيارية E_o في فرع مقياس الغلفاني G، مكان النابعة E_1 انقل طرف السلك السائب (c)، والمتصل طرفه الآخر بالمقياس G، على طول السلك (ab)، لتحديد الطول (ac)، الذي يعدم مرور التيار في مقياس غلفاني.

لاحظ أنه يجب الحرص على أن يكون التيار المار في مقياس غلفاني ضئيلاً قدر الإمكان وذلك لعدم إجهاد المقياس، كما ينبغي أن لا يستمر مروره إلا للحظات قصيرة وذلك لعدم تسخين السلك لكي لا تتغير مقاومته فيتغير من ثمَّ وضع التوازن. ومراعاة لذلك يلزم تنقيل الطرف السائب على طول السلك نقلة نقلة دون سحبه مماساً.

أما عندما يغدو انحراف مؤشر المقياس زهيداً فلا مانع من بقاء الطرف السائب مماساً للسلك بغية تعيين وضعية التوازن الدقيقة.

2. استبدل بالنابعة E_o النابعة المجهولة E_1 مع بقاء المدخرة ذاتها ثم حدد الطول l_1 الذي يعدم التيار في المقياس G.

احسب القوة المحركة الكهربائية E_1 من العلاقة (7). أدرج نواتج عملك في جدول كالتالي:

رقم التجربة	L_o (m)	L_1 (m)	E_o=1.1(v)	
			$E_1(V)=E_o\frac{l_1}{l_o}$	$\lvert\Delta E_1\rvert$
1				
2				
3				
4				
الوسـطي				

ملاحظة 1: يمكنك أن تنقل الزالقة إلى أحد طرفي السلك أولاً وتراقب انحراف إبرة المقياس، ثم تنقلها إلى الطرف الآخر حيث يجب أن تنحرف الإبرة في الاتجاه الآخر. وإذا لم يحدث ذلك فهنالك خطأ في التوصيل مصدره بشكل رئيسي إما وصل قطبية خاطئة للخلية العيارية أو ضعف في توتر بطارية المقياس الغلفاني V_0.

ملاحظة 2: لا تأخذ أكثر من بضع ثوانٍ لتعيين وضع التوازن. وإذا تعسّر عليك ذلك فافتح القاطعة في الدارة الرئيسة وانتظر قليلاً ثم أعد الكرة.

3. أعد التجربة مرة أخرى للتأكد من صحة عملك، وإذا وجدت النتيجتين متقاربتين، احسب القيمة الوسطية لـ E_1.

4. أحسب الخطأ النسبي $\frac{\Delta E_1}{E_1}$ بطريقة حساب الأخطاء في القياس غير المباشر لإحدى التجربتين

في هذا الحساب يمكن عدُّ ΔE_0 مهملاً، أما ΔI_0 و ΔI_1 فهما بمنزلة الخطأ المطلق في الجملة التجريبية. ثم احسب الخطأ المطلق ΔE_1 وضع النتيجة بالصيغة:

$$E_1 = \overline{E}_1 \pm \Delta E_1$$

5. استخدم الطريقة السابقة لقياس القوة المحركة للنابعة الكهربائية E_2 ونظم بها جدولاً مماثلاً.

لاحظ أن E_0 لم تتغير ومن ثمَّ فإن قيمة I_0 ستكون هي القيمة التي وجدتها في الجدول السابق

- احسب الخطأ النسبي والخطأ المطلق لإحدى التجربتين كما سبق.
- التحقق من صحة قانون جمع القوى المحركة الكهربائية على التسلسل

6. بعد حسابك لقيمة كل من القوتين المحركتين E_1 ,E_2 على حده، اربطهما على التسلسل في اتجاه واحد في فرع مقياس غلفاني G، وقس القوة المحركة لمجموعتهما ولتكن 'E. ونظم بها جدولاً كالسابق.

- احسب الخطأ النسبي والخطأ المطلق في 'E

7. للتحقق من صحة قانون جمع القوى المحركة على التسلسل في اتجاه واحد، نعود إلى العلاقة (8):

- احسب المجموع الحسابي E_1+E_2 وقارنه بقيمة 'E التي وجدتها.
- احسب الخطأ المطلق في الطرف الملحوظ وهو $\Delta E_1+\Delta E_2$ فإذا كان الفرق بين طرفي العلاقة لا يتجاوز الخطأ المطلق السابق يكون التحقق من صحة العلاقة مقبولاً.

ثالثاً: تعيين المقاومة الداخلية للخلية:



1. ركب الدارة كما هو مبين في الشكل (3)، حيث 'R هي مقاومة موضوعة على التسلسل مع البطارية في مقياس الكمون توضع للتأكد من أن نقطة التوازن في حالة الدارة المفتوحة تقع قريباً من النقطة B. وR هي علبة مقاومات.

2. اترك القاطعة K_2 مفتوحة، وفتش عن نقطة التوازن التي تبعد عن النقطة A مسافة $AC=\ell_\infty$.
3. أدخل مقاومة $R=100\Omega$ من علبة المقاومات وأغلق القاطعة K_2 ثم فتش عن نقطة توازن جديدة.
4. سجّل قيمة المقاومة R والمسافة ℓ التي تفصل نقطة التوازن عن النقطة A.
5. أعد العملية 3 بإدخال مقاومة أقل وفتّش عن وضع توازن جديد. كرر هذه العملية مستمراً بإنقاص قيمة R وإيجاد وضع التوازن الموافق لها.
6. لا تنقص قيمة المقاومة R عن 15Ω دون الرجوع إلى الأستاذ المشرف، إذ قد يؤدي ذلك إلى حرق المقاومات في العلبة. خذ ست قراءات على الأقل.
7. سجّل النتائج في جدول كالتالي:

$R(\Omega)$	$AC=\ell$ (cm)	$1/R$	$1/\ell$

8. ارسم على ورقة مليمترية تحولات $1/R$ (على محور العينات) بدلالة $1/\ell$ (على محور السينات) واستنتج قيمة المقاومة الداخلية r من التقاطع ومن الميل كما هو موضّح في الجزء النظري أعلاه.


وقل رب زدني علما
Damascus University

التجربة 10

قوانين أوم

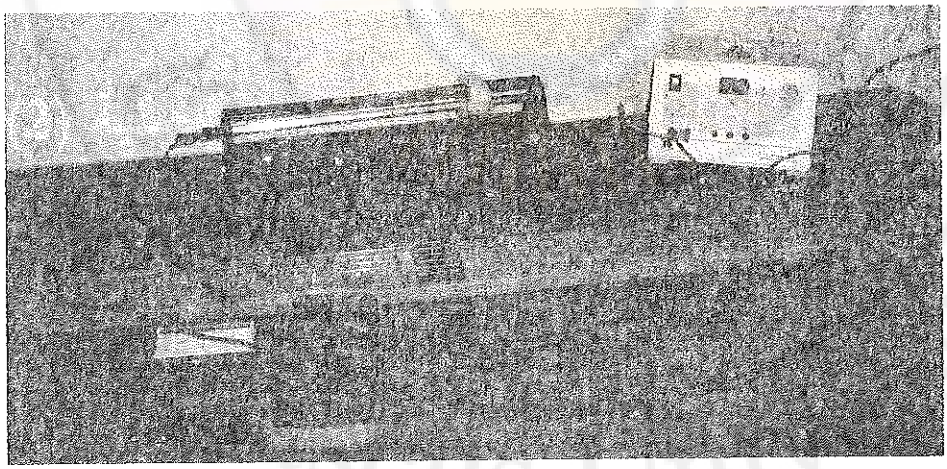
Ohm's Law

الغاية من التجربة:

1. التحقق من صحة قانون أوم في حالة التيار المستمر المطبق على دارة مغلقة.
2. قياس مقاومات أسلاك مختلفة الأطوال والمقاطع والمادة والتحقق من قوانين أوم في المقاطع والأطوال والنوعية.

تمهيد نظري:

ينص قانون أوم الأول لجزء من دارة كهربائية يحوي على مقاومة صرفه فقط، أن فرق الكمون V بين طرفي هذه المقاومة R يمر فيها تيار شدته I يعطى بالعلاقة V=RI فإذا قسنا التيار المار في المقاومة بمقياس الأمبير وفرق الكمون بين طرفي المقاومة بمقياس الفولط فإن قيمة المقاومة تحسب من العلاقة $R(\text{أوم})=\frac{V(\text{فولط})}{I(\text{أمبير})}$ على أن تبقى درجة حرارة هذا الجزء من الدارة الكهربائية ثابتة.

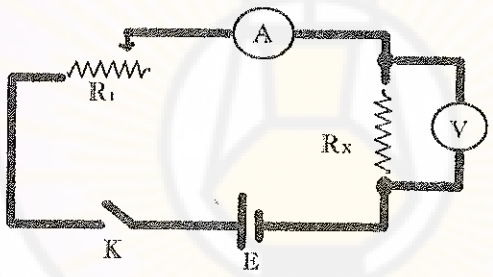


الشكل (1) صورة الدارة التجريبية

أما قانون أوم الثاني فيصف تغيرات المقاومة لسلك يتغير طوله ومساحة مقطعه ومادته أي: $R = \rho \frac{\ell}{s}$

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- مولد تيار مستمر يعطي (1.5 A، 0-15 V) و(5V ثابت، 0.5A).
- لوحة مثبت عليها أسلاك من خليطة الكونستانتان (40% Cu, 60%Ni) بأقطار مختلفة (1 mm – 0.7 – 0.5 – 0.35) وبأطوال ثابتة (متر واحد) وسلك من النحاس الأصفر (37%Zn, 63%Cu) بقطر 0.5 mm.
- مقياس رقمي متعدد المجالات عدد 2
- أسلاك توصيل
- نابعة دانييل
- علبة مقاومات



الشكل (2)

مراحل العمل:

أولاً: قياس مقاومة مجهولة:

1. صل الدارة المبينة في الشكل (2) والمؤلفة من منبع للتيار (أو مدخرة) E قوتها المحركة الكهربائية تساوي (3V).

R_1 مقاومة متغيرة أو معدلة بحيث يمكن تغيير المقاومة المأخوذة منها عن طريق تحريك زالقة، يوصل مقياس الأمبير A على التسلسل في الدارة ويوصل مقياس الفولط v على التفرع بين طرفي المقاومة المجهولة R_x.

2. تأكد قبل وصل الدارة بمنبع التغذية من صحة الوصل تلافياً لأي عطب، وأن مقياس الأمبير والفولط يعملان ضمن المجالات المناسبة.
3. أغلق القاطعة k واقرأ قيمة التيار على مقياس الأمبير وقيمة فرق الكمون بين طرفي المقاومة المجهولة على مقياس الفولط.
4. غير وضع الزالقة على المعدلة فتتغير قيمة المقاومة المأخوذة منها، ويتغير بذلك التيار المار في الدارة كما يتغير فرق الكمون بين طرفي المقاومة R_x.
5. كرر البند (4) عدة مرات وسجل النتائج في الجدول التالي:

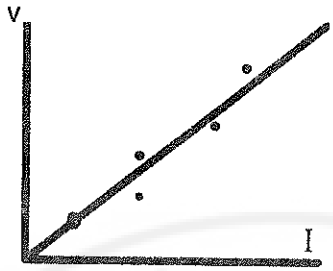
ملاحظة: استخدم في البداية تيارات صغيرة لتجنب الأخطاء الناتجة عن التسخين ثم قم بزيادة شدة التيار تدريجياً

الجدول (1)

I(mA)					
V(mV)					
$R_x(\Omega)=\frac{V}{I}$					
$\overline{R}_x(\Omega)$ وسطي					
ΔR					
$\overline{\Delta R}$ وسطي					

اكتب النتيجة النهائية لقياس المقاومة على الشكل $R_X=\overline{R}_X\pm\Delta R$

6. ارسم على ورقة مليمترية تغيرات V بدلالة I
7. تحقق بأن العلاقة خطية واكتب المعادلة الممثلة لذلك
8. استنتج من الرسم البياني قيمة المقاومة R_X
9. قارن النتيجة التي حصلت عليها من الرسم البياني بالنتيجة المسجلة في الجدول (1).



10. حاول استخدام برنامج Excel لإنشاء التمثيل البياني السابق ثم قارن المعادلة التي حصلت عليها بواسطة الحاسب مع المعادلة المستنتجة من الرسم البياني اليدوي.

ثانياً: التحقق من صحة قانون الأطوال:

1. اختر من اللوحة سلكين أو ثلاثة أسلاك من مادة واحدة ولتكن كونستانتان لها المقطع نفسه وأطوالها مختلفة.
2. قس مقاومة كل سلك من الأسلاك السابقة كما تم في أولاً.
3. ضع نتائج القياس في جدول كالتالي (الجدول (2)).
4. مثل بيانياً على ورقة مليمترية تغيرات R بدلالة طول السلك L وتحقق من أن العلاقة خطية.

الجدول (2)

$\Delta R(\Omega)$	$\overline{R}(\Omega)$	$R(\Omega)=\frac{V}{I}$	V(mV)	I(mA)	طول السلك	
					100	L_1
					200	L_2

ثالثاً: التحقق من قانون المقاطع:

1. اختر من اللوحة سلكين أو ثلاثة أسلاك من مادة واحدة لها الطول نفسه ولكن مقاطعها مختلفة.
2. قس مقاومة كل سلك منها كما فعلت في الفقرة ثانياً.
3. ضع نتائج القياس في جدول كالتالي (الجدول (3)).
4. مثل بيانياً على ورقة لوغارتمية تغيرات المقاومة بدلالة قطر السلك.
5. احسب ميل المستقيم الذي حصلت عليه وما هي اشارته.
6. استنتج العلاقة بين المقاومة وقطر السلك.
7. مثل بيانياً على ورقة ميليمترية تغيرات المقاومة بدلالة $1/d^2$ حيث d قطر السلك، ما شكل المنحني البياني الناتج؟

الجدول (3)

$\Delta R(\Omega)$	$\overline{R}(\Omega)$	$R(\Omega)=\frac{V}{I}$	V(mV)	I(mA)	قطر السلك mm
					0.5
					0.7
					1.0

رابعاً: التحقق من قانون المادة:

1. اختر من اللوحة سلكين (أو أكثر) متفقة في الطول والمقطع ومختلفة في المادة.
2. قس مقاومة كل سلك منها وسجل النتائج في جدول كالتالي (الجدول (4)).
3. احسب المقاومة النوعية ρ لكل سلك من الأسلاك التي أجريت عليها القياس مستخدماً العلاقة $R = \rho \frac{L}{S}$

الجدول (4)

مادة السلك	I(mA)	V(mV)	$R(\Omega) = \frac{V}{I}$	$\rho(\Omega.m)$	$\overline{\rho}(\Omega.m)$	$\Delta\rho$
كونستانتان						
نحاس أصفر						

التجربة 11

راسم الاهتزاز المهبطي

Cathode Ray Oscilloscope (CRO)

الغاية من التجربة:

- التعرف على مبدأ عمل الراسم وأجزائه الرئيسة والتدرب على استعماله.
- استخدام الراسم لقياس فروق الكمون المستمرة DC والمتناوبة AC
- استخدام الراسم لقياس الزمن

المبدأ النظري:

يعد راسم الاهتزاز المهبطي من أهم الأجهزة المساعدة في تصميم الدارات الإلكترونية ومتابعة الإشارة فيها وبيان أشكالها وقياس سعاتها وكما يفيد في تحديد الأعطال في الأجهزة الإلكترونية على اختلاف أنواعها.

ويعتمد عمل الراسم بشكل رئيس على حركة الإلكترونات في الحقول الكهربائية التي تتولد داخل أنبوب الأشعة المهبطية بفضل فروق الكمون المطبقة عليها.

- بنية الراسم:

يتألف راسم الاهتزاز المهبطي من الأجزاء الرئيسة التالية:

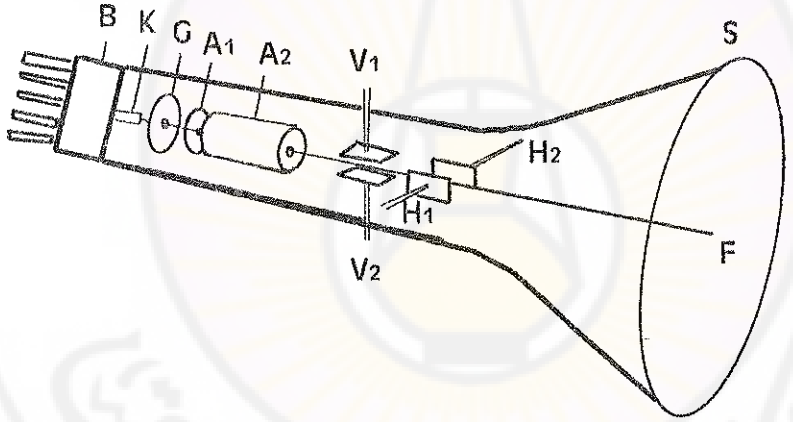
أ- أنبوب الأشعة المهبطية:

يتألف أنبوب الأشعة المهبطية كما هو مبين في الشكل (1) من أنبوب مفرغ من الهواء، بضغط حوالي 10^{-6} mm Hg، تقع في أحد طرفيه:

- شاشة s: مطلية من الداخل بمادة كيميائية ملائمة تصدر ضوءاً مرئياً لدى اصطدام الإلكترونات بها ويختلف لون الضوء الصادر من أنبوب لآخر بحسب المادة الكيميائية المستخدمة كطلاء للشاشة من الداخل.

- وفي الطرف الآخر: قاعدة B تبرز منها مجموعة من الدبابيس تتصل بعناصر الأنبوب المختلفة، مهمتها وصل الأنبوب بالدارات الكهربائية الخارجية التي تؤمن الشروط اللازمة لعمله. والموضحة فيما يلي من اليسار إلى اليمين:
- المهبط K: الذي يصدر سيلاً من الإلكترونات عن طريق تسخينه بالطريقة غير المباشرة بواسطة سلك التسخين (الفتيل) Filament وهو من التنغستين، الذي يتوهج لدى مرور التيار الكهربائي فيه، ولا يظهر الفتيل في الشكل لإحاطة المهبط به إحاطة تامة. ويعد المهبط المصدر الحقيقي للأشعة المهبطية أو للإلكترونات في الأنبوب.
- الشبكة الحاكمة G: وهي على شكل أسطوانة مزودة بفتحة أو ثقب تدعى أسطوانة فهنلت wehnelt، وتتصل بكمون سالب قابل للتغيير، يمكن بفضلها التحكم بشدة الإلكترونات التي تتابع المسير في الأنبوب حتى تصطدم بالشاشة s، وذلك باستخدام مفتاح شدة الإنارة Intensity.
- مصعد الإحكام A_1: وهو على هيئة أسطوانة مفتوحة الطرفين، يتصل بكمون كهربائي موجب قابل للتغيير، مما يساعد في توليد حزمة دقيقة وسريعة ومتقاربة من الإلكترونات لتتابع المسير إلى باقي أجزاء الأنبوب، وذلك باستخدام مفتاح الإحكام FOCUS.
- مصعد التسريع A_2: وهو كذلك على هيئة أسطوانة مفتوحة الطرفين، يتصل بكمون كهربائي عال موجب، مما يساعد في تسريع الإلكترونات الصادرة عن المهبط حتى تكتسب سرعة عالية، عند خروجها منه بحيث تتجمع هذه الإلكترونات حتى تشكل حزمة متقاربة يكون أثرها في الشاشة أصغر ما يمكن.
- لوحا الانحراف الشاقولي V_1, V_2: وهما لوحان أفقيان متوازيان ويعملان على تحريك حزمة الإلكترونات شاقولياً إلى الأعلى وإلى الأسفل بفضل التوترات الكهربائية المطبقة عليهما من خارج الأنبوب.

- لوحا الانحراف الأفقي H_1, H_2: وهما لوحان شاقوليان متوازيان، ويعملان على تحريك حزمة الإلكترونات أفقياً إلى اليمين وإلى اليسار بفضل الكمونات الكهربائية المطبقة عليهما من خارج الأنبوب. إذا كانت الإشارة المطبقة على لوحي الانحراف صغيرة فيعمد إلى تضخيمها في دارة مناسبة لذلك يوجد مضخم الانحراف الأفقي (عند حذف قاعدة الزمن) ومضخم الانحراف الشاقولي عند الحاجة. تسمى عادة جملة الفتيل F والمهبط K وشبكة التحكم G ومصعد الإحكام A_1 ومصعد التسريع A_2 باسم المدفع الإلكتروني (electron gun) وذلك لأن هدفها جميعاً هو إصدار سيل من الإلكترونات بسرعة عالية على شكل حزمة دقيقة لتدخل منطقة لوحي الانحراف الشاقولي V_1، V_2 ومنطقة لوحي الإنحراف الأفقي H_1، H_2.



الشكل (1) أنبوب الأشعة المهبطية

ب- مضخم الانحراف الأفقي:

وهو يشبه في عمله مضخم الانحراف الشاقولي ويعمل عند تطبيق إشارة خارجية على لوحي الانحراف الأفقي.

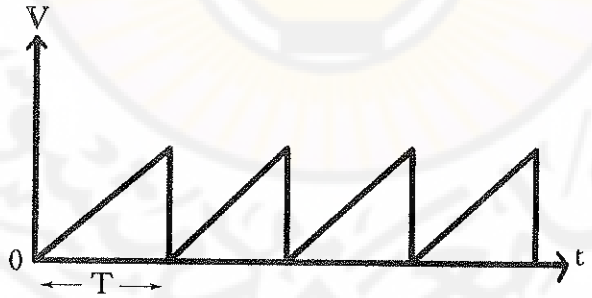
ج- مولد قاعدة الزمن:

يستخدم الراسم بحيث يتصل لوحا الانحراف الأفقي فيه بفرق كمون يتولد داخل الراسم ويتغير مع الزمن وفق منحنٍ بياني على شكل أسنان المنشار كما في الشكل (2).

يؤدي تطبيق هذا الفرق في الكمون على لوحي الانحراف الأفقي إلى تحريك حزمة الإلكترونات من أقصى يسار الشاشة إلى أقصى يمينها بسرعة منتظمة ثم إعادة هذه الحزمة إلى أقصى اليسار خلال فترة يمكن التحكم فيها. ويجري التحكم بسرعة هذه الحركة عادة بمفتاح يسمى مفتاح قاعدة الزمن وهو المفتاح (10) في الشكل (4) وعليه، وبفضل قاعدة الزمن، يمكن استخدام الراسم في قياس الزمن.

د- قسم التغذية:

وهو القسم الذي يغذي جميع دارات راسم الاهتزاز المهبطي بالتيار بما فيها أنبوب الأشعة المهبطية .



الشكل (2) المنحني البياني لأسنان المنشار

دراسة انحراف الأشعة المهبطية في حقل كهربائي:

تقود الدراسة النظرية لانحراف الأشعة المهبطية في حقل كهربائي متولد بين لوحين P و'P إلى أن الانحراف الشاقولي لإلكترون (انظر الشكل (3)) يدخل من اليسار بسرعة V_X يعطى بالعلاقة:

$$y = y_1 + y_2 = \frac{qEL}{mv_x^2}\left(\frac{L}{2} + D\right) \qquad (1)$$

حيث:

y_1: انحراف حزمة الإلكترونات عن المحور ox لحظة خروجه من بين لوحي الانحراف.

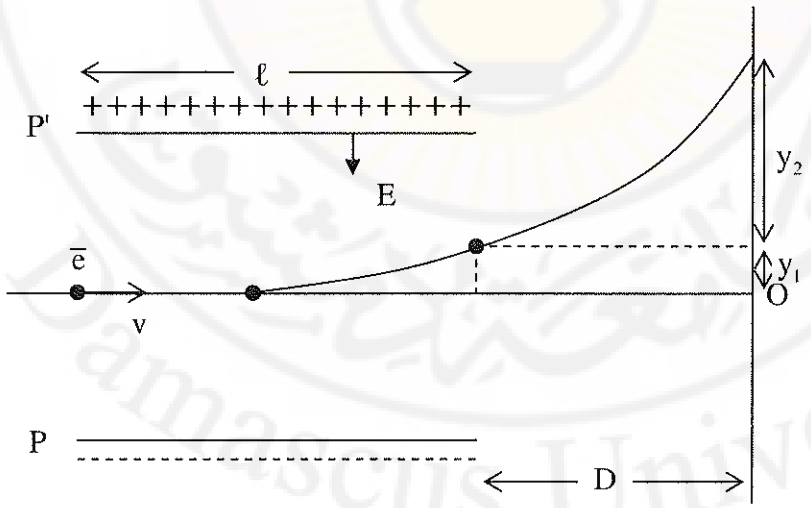
y_2: انحراف الإلكترون خارج لوحي الانحراف وحتى يصطدم بالشاشة.

q: شحنة الإلكترون.

m: كتلة الإلكترون.

L: طول المنطقة التي يؤثر فيها الحقل الكهربائي E أي طول لوحي الانحراف.

D: بعد الشاشة عن لوحي الانحراف.



الشكل (3)

وصف راسم الاهتزاز المهبطي:

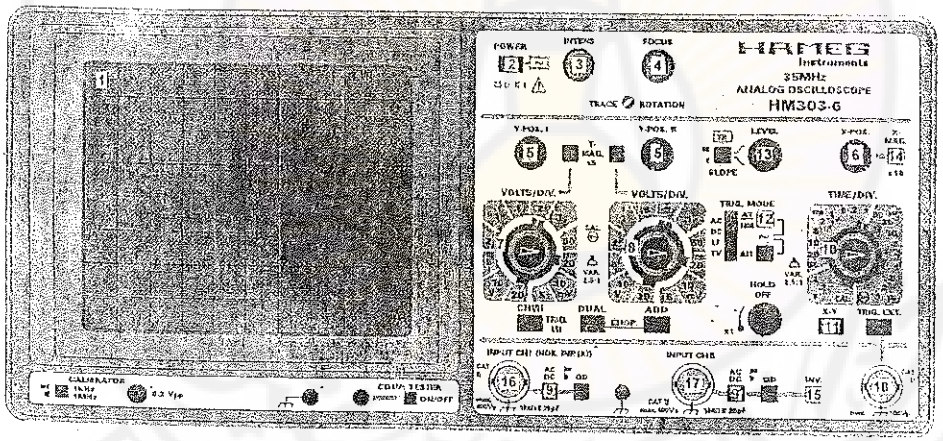
يبين الشكل (4) الواجهة الأمامية لراسم الاهتزاز المهبطي طراز HM 303 وهو ذو قناتين CH_1، CH_2. وقد أشير إلى كل جزء من أجزائه الهامة برقم وفيما يلي شرح لهذه الأجزاء.

1. شاشة الراسم: وتظهر عليها رسوم الإشارات المطبقة على الراسم، ويوجد أمام الشاشة صفيحة شفافة عليها شبكة مربعات مدرجة بتدريجات رئيسية وأجزائها تستعمل كسلم تدريج بغية تقدير الانحراف الحاصل على المحورين، بحيث تسهل عملية القياس.
2. مفتاح التشغيل: ويتم به تشغيل الجهاز لدى الضغط عليه يضيء مصباح صغير بجانبه بلون أصفر.
3. مفتاح شدة الإنارة: وهو مفتاح لضبط شدة الأثر المتشكل في الشاشة Intensity.
4. مفتاح الإحكام: وهو مفتاح لتبئير حزمة الإلكترونات على الشاشة (Focus) ويساعد في ضبط الأثر المتشكل في شاشة الراسم في أوضح وأدق صورة عن طريق عدسات كهراكدية داخل الجهاز.
5. مفتاح الإزاحة الشاقولية: يساعد هذا المفتاح في ضبط الوضع الشاقولي لأثر الحزمة الإلكترونية المتشكلة في الشاشة إلى الأسفل أو الأعلى والعائد إلى القناة الأولى CH_1. ثمة مفتاح آخر (5) لضبط الوضع الشاقولي العائد إلى القناة الثانية CH_2.
6. مفتاح الإزاحة الأفقية: يساعد هذا المفتاح في ضبط الوضع الأفقي لأثر الحزمة الإلكترونية المتشكلة في الشاشة إلى اليمين أو اليسار وهذا المفتاح مشترك بين القناتين CH_1، CH_2.

7. مفتاح الحساسية الشاقولية: يمكن تنقيله إلى أوضاع مختلفة يعطي كل منها قيمة كل تدريج من تدريجات الشاشة مقداراً بالفولط (فولط/تدريج) أو (V/div).

وهو يشير في الشكل إلى الوضع v/div 0.2، إلا أنه مدرج بتدريجات تبدأ من 5mv/div وحتى 20 v/div وتفيد هذه التدريجات في استخدام الراسم كمقياس للفولط.

إذ يكفي قراءة انحراف حزمة الإلكترونات بالاتجاه الشاقولي على الشاشة مقدراً بالتدريجات الرئيسة وأجزائها وضرب ذلك بالقراءة التي يشير إليها المفتاح (7) لنحصل على كمون الإشارة المطبقة . فإذا وضع مفتاح الحساسية على الوضعية 50 mv/div كان معنى هذا أن كل إزاحة لحزمة إلكترونات عن وضعية سكونها بمقدار المسافة بين تدريجتين على المنحى الشاقولي. تحتاج إلى إشارة فرق كمونها 50 مللي فولط.



الشكل (4) واجهة راسم الاهتزاز المهبطي

يقسم المجال بين تدريجتين إلى خمس تقسيمات تعادل كل تقسيمة منها 0.2 من المجال بين التدريجتين.

تجدر الإشارة هنا إلى أن هذه القراءة لا تكون صحيحة إلاَّ إذا وضع المفتاح المركزي المشار إليه بـــ ◁ باتجاه CAL الواضح في الشكل.

8. مفتاح الحساسية الأفقية: وهو مدرج بتدريجات مماثلة لمفتاح الحساسية الشاقولية (7) من حيث العمل والتدريج ويفيد في استخدام الراسم كمقياس فولط.
9. مفتاح طبيعة الإشارة: وهو زر له وضعان AC، DC يكون الزر في الوضع AC عندما يكون بارزاً وفي الوضع DC عندما يكون مضغوطاً، ويفيد هـــذا الزر في دراسة الإشارات المتناوبة AC أو المستمرة DC على التتالي.
10. مفتاح قاعدة الزمن: وهو مدرج بتدريجات تبدأ مـــن 0.1μs/div وحتـــى 200ms/div ويفيد هذا المفتاح في اختيار سرعة حركة حزمة الإلكترونات في المنحى الأفقي على شاشة الراسم ومن ثمَّ يمكن استخدام الراســـم فـــي قياس الزمن.

إذ يكفي قراءة مقدار الانحـــراف الأفقـــي لحزمـــة الإلكترونـــات مقـــدراً بالتدريجات الرئيسية وأجزائها وضرب ذلك بالقراءة التي يشير إليها المفتاح (10) لنحصل على زمن انتقال الإلكترونات على الشاشة.

فإذا وضع المفتاح (10) على الوضعية 5ms/div فمعنى هذا أن كل إزاحة لحزمة الإلكترونات عن وضعية سكونها بمقدار المسافة بين تدريجتين على المنحى الأفقي، تحتاج إلى زمن مقداره 5 ميلي ثانية.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذه القراءة لا تكـــون صـــحيحة إلاَّ إذا وضـــع المفتاح المركزي المشار إليه باتجاه CAL الواضح في الشكل.

11. مفتاح نخب الإشارة الأفقية: لهذا الزر وضعان أشير إليهما بـــ Y – X

في الوضع الأول: تطبق على لوحي الانحراف الأفقي في الراســـم إشـــارة داخلية تجعل حزمة الإلكترونات تمسح الشاشة من اليسار إلى اليمـــين ثـــم تعود بسرعة إلى اليسار وتكرر العمل باستمرار وبسرعة تتعلـــق بوضـــع

مفتاح قاعدة الزمن أي المفتاح (10) ويمكن مراقبة ذلك بسهولة إذا وضع مفتاح الزمن على الوضعة 200ms/div حيث تكون الحركة بطيئة.

أما الوضع الثاني: فيسمح بتطبيق إشارة خارجية على لوحي الانحراف الأفقي.

12. مفتاح التواقت: يساعد هذا المفتاح في تحقيق التواقت بين الإشارة الخارجية المطبقة على المحور y والإشارة الداخلية المطبقة على المحور x التي تحرف الحزمة الإلكترونية أفقياً ولهذا المفتاح وضعيتان الأولى تمكن من تحقيق التواقت بشكل أتوماتيكي auto والثانية تمكن من تحقيق التواقت بشكل عادي normal.

13. مفتاح السوية: يساعد مفتاح السوية level في اختيار نقطة بدء الشكل على الشاشة.

14. مفتاح تكبير: وهو مفتاح ضرب معدل المسح بـ (10) وله وضعان ON يكون فيه المفتاح فعالاً وتضرب عندها قراءة مفتاح الزمن (10) بـ 10 ووضع آخر غير فعال هو off.

15. مفتاح عكس الإشارة: وهو مفتاح يعكس الإشارة المطبقة على الراسم والتي تظهر على الشاشة. فما كان موجباً يصبح سالباً والعكس صحيح.

16. مربط الدخول الشاقولي: ويمكن عن طريق إدخال إشارة خارجية على لوحي الانحراف الشاقولي في الراسم وهو مدخل القناة CH_1.

ولهذا المربط جزء مركزي وآخر محيطي يتصل بهيكل الجهاز أو بما يسمى بالأرض ويرمز له عادةً بـ: ⏚

17. مربط الدخول الأفقي: ويمكن عن طريق إدخال إشارة خارجية على لوحي الانحراف الأفقي في الراسم. ولهذا المربط جزء مركزي وآخر محيطي يتصل بهيكل الجهاز أو بما يسمى بالأرض ويرمز له عادة بـ ⏚ وهو مدخل القناة CH_2.

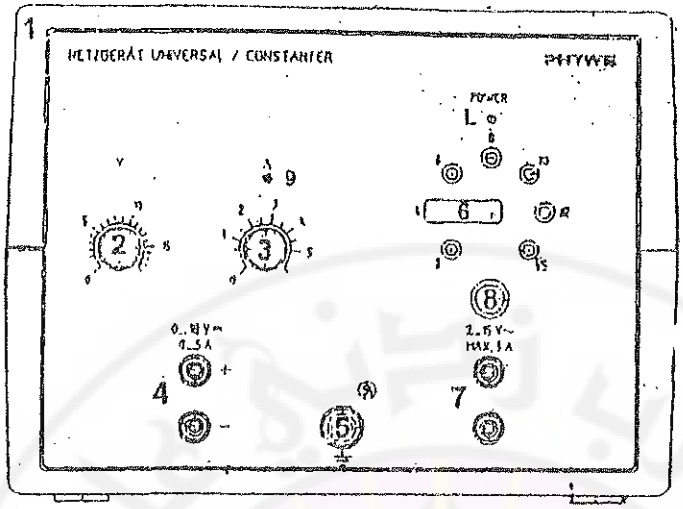
18. مربط قدح خارجي: وقد كتب عليه العبارة التالية : EXT.TRI

قد تتغير واجهة الراسم من نوع إلى آخر لكن المفاتيح المذكورة ووظائفها تبقى نفسها، فيمكن أن يكون الراسم بقناة واحدة فقط مثلاً فلا يظهر كل ما يتعلق بالقناة الثانية.

وصف منبع التغذية:

يبين الشكل (5) الواجهة الأمامية لمنبع التغذية المستمر والمتناوب وفيما يلي وظائف أجزائه:

1. مفتاح التشغيل OFF/ON: يقع خلف الجهاز مهمته تشغيل الجهاز، ويوجد من الأمام مصباح L يضيء عند تشغيله.
2. مجزئ كمون: وهو مفتاح دوار نغير بواسطته فرق الكمون المستمر ما بين (0-18)V وتيار 5A.
3. مفتاح ناخب للتيار: وهو مفتاح محدد للتيار ويوضع عادة على 2A وهو التيار الأعظمي التي تتحمله عناصر الدارة في هذه التجربة.
4. مربطا خروج التيار المستمر.
5. مربط وصل أرضي للجهاز.
6. وصلة مركزية لاختيار الجهد المتناوب ويمكن تغييرها ما بين ≈V(2-15) وتيار 5A.
7. مربطا خروج الجهد المتناوب.
8. قاطعة للحماية بشكل آلي
9. مؤشر للدلالة على الوصل إلى قيمة التيار المطلوبة.



الشكل (5) واجهة منبع التغذية.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- راسم اهتزاز مهبطي (CRO)
- منبع تغذية مستمر ومتناوب
- مقياس فولط رقمي (مستمر ومتناوب)
- أسلاك توصيل.

مراحل العمل والنتائج:

1. قياس القوى المحركة الكهربائية المستمرة:

- شغل الراسم بعد وصله بتيار المدينة بالضغط على زر التشغيل (2) فيضيء المصباح المجاور للزر بلون أصفر.
- اضغط زر نخب الإشارة الأفقية (x-y) رقم (11) فتنفصل قاعدة الزمن عن لوحي الانحراف الأفقي، واضغط زر طبيعة الإشارة (9) على الوضعية

DC فيصبح الراسم جاهزاً لاستقبال كمونات مستمرة على لوحي الانحراف الشاقولي.

- لاحظ ظهور بقعة على شاشة الراسم، استخدم مفتاح الإزاحة الشاقولية (5) ومفتاح الإزاحة الأفقية (6) لإحضار البقعة إلى مركز الشاشة.
- استخدم مفتاح شدة الإنارة (3) ومفتاح الإحكام (4) لجعل البقعة واضحة وبشدة كافية.
- ضع مفتاح الحساسية الشاقولية (7) على الوضعية 1v/div والمفتاح المركزي باتجاه CAL. في هذه الحالة – الوضعية كل كمون مقداره 1 فولط يطبق على مدخل المضخم الشاقولي (16) يولد انحرافاً بمقدار تقسيمة واحدة للأعلى أو للأسفل بحسب طريقة توصيل الكمون بالمربط (16).
- خذ كموناً مقداره 1 فولط من منبع التغذية المستمر، استخدم مقياس الفولط لقياسه. طبق هذا الكمون على المربط (16). لاحظ مقدار انحراف حزمة الإلكترونات على الشاشة وجهتها وليكن y_1 تقسيمة صحيحة وأجزاءها على محور الشاشة الشاقولي.
- اعكس طريقة وصل الكمون بالمربط (16)، هل تنعكس جهة الانحراف؟ ما مقدار الانحراف على الشاشة في هذه الحالة، (عن وضعية السكون) وليكن y_2 تقسيمة صحيحة وأجزاءها. هل يساوي مقدار الانحراف السابق y_1؟ استنتج من وسطي الانحرافين ومن قراءة مفتاح الحساسية الشاقولية n القوة المحركة الكهربائية E للكمون المطبق المستمر.
- قارن هذه النتيجة مع القيمة التي يشير إليها مقياس الفولط المستمر لدى وصله بمنبع التغذية وليكن 'E.
- أعد التجربة بأخذ كمونات متزايدة من منبع التغذية مستخدماً مجال القياس المناسب من مقياس الفولط في كل مرة وذلك بحسب جدول القيم المبين

أدناه. اختر الوضع الملائم لمفتاح الحساسية الشاقولية (7) كي يبقى أثر حزمة الإلكترونات مرئياً في الشاشة. قارن بين قراءات مقياس الفولط وبين القيم التي تستنتجها من ضرب قراءة مفتاح الحساسية الشاقولية بعدد التقسيمات وأجزائها التي تنزاح بها حزمة الإلكترونات عن نقطة الصفر أي مركز الشاشة.

- سجل نتائج القياس في الجدول التالي:

الكمون من منبع التغذية V	قراءة مفتاح الحساسية (n) (V/div)	الانحراف الشاقولي (تقسيمة)			E=ny (V)	قراءة المقياس الرقمي E (V)	$\Delta E = \lvert E - E \rvert$ (V)	$r\% = \frac{\Delta E}{E} \times 100\%$
		Y1	Y2	الوسطي Y				
1								
2								
3								
4								
5								

- احسب الخطأ المطلق ΔE في قياس E من حساب الانحراف $|E - E'|$ وكذلك احسب الخطأ النسبي المئوي حسب العلاقة $r\% = \frac{\Delta E}{E} \times 100\%$.
- أعد العمل الوارد في الفقرات السابقة مستخدماً مربطي الدخول الأفقي (17) ومفتاح الحساسية الأفقي (8) وسجل نتائجك في جدول مناسب.

2. قياس القوة المحركة الكهربائية المتناوبة:

- اضغط زر طبيعة الإشارة (9) على الوضع AC فيبرز بعد تحرير اليد نحو الخارج ويصبح الراسم مهيأ لاستقبال إشارة متناوبة على مربط الانحراف الشاقولي (16).
- لاحظ أن أي كمون متناوب يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية:

$$V = V_0 \sin 2\pi f t$$

حيث ترمز V_0 إلى القيمة العظمى للكمون و f إلى تواتر التيار المتناوب و t إلى الزمن و V إلى قيمة الكمون في اللحظة t. إن ما يعطيه مقياس الفولط المتناوب عند وصله بين طرفي منبع التغذية المتناوب هو في الواقع $\frac{V0}{\sqrt{2}}$ ويسمى بالكمون المنتج ويرمز له بـ V_{eff} أي:

$$V_{eff} = \frac{V0}{\sqrt{2}}$$

- اجعل مفتاح الحساسية الشاقولية (7) على الوضعية 5 V/div، ثم صل مربطي منبع التغذية المتناوبة بعد جعل ناخب الكمون على الوضعية 2V بمربطي الكمون الشاقولي (16) من راسم الإشارة المهبطي، لاحظ ارتسام خط شاقولي على شاشة الرسم، فسر سبب ظهور هذا الخط؟
- قس عدد التقسيمات التي يغطيها الخط وليكن y، استخدم قراءة مفتاح الحساسية الشاقولية (n) لحساب مايمثله هذا الخط من فرق كمون كهربائي وذلك بضرب طول الخط y بقراءة مفتاح الحساسية الشاقولية (n). يمثل هذا العدد الناتج ضعفي فرق الكمون الأعظمي V_o للكمون الناتج من منبع التغذية المتناوبة أي $2\ V_o$، أو $2\sqrt{2}\ V_{eff}$
- قس بمقياس الفولط المتناوب الرقمي فرق الكمون بين مربطي خرج الكمون من منبع التغذية، يمثل هذا القياس فرق الكمون المنتج الذي يرمز له V_{eff}.
- قارن فرق الكمون المنتج V_{eff} بفرق الكمون الأعظمي V_0 الذي وجدته في الفقرة السابقة وتحقق من أن $V_O = V_{eff}\sqrt{2}$
- أعد التجربة من أجل قيم أخرى للكمون المتناوب حسب الجدول أدناه:
- سجل نتائج القياس في جدول كالتالي:

الكمون من منبع التغذية V	قراءة مفتاح الحساسية n V/div	طول الخط على الشاشة y	$V_0 = n\frac{y}{2}$	قراءة مقياس الفولت الرقمي V_{eff}	الكمون الأعظمي $V_0 = Veff\sqrt{2}$	$\Delta V_0 = \lvert V_0 - V_0' \rvert$	$r\% = \frac{\Delta V_o}{V_o} \times 100\%$
2							
4							
6							
8							
10							

- أعد مراحل العمل الواردة في الفقرات السابقة مستخدماً مربطي الدخول الأفقي (17) ومفتاح الحساسية الأفقية (8) وسجل النتائج في جدول مماثل.

3. قياس الزمن:

- اجعل مفتاح قاعدة الزمن (10) على الوضعية 200ms/div والمفتاح الداخلي يشير إلى CAL. فإن حزمة الاكترونات في هذه الوضعية تحتاج الى 200 ms كي تقطع مسافة أفقية مقدارها تقسيمة واحدة على الشاشة. يمكنك مراقبة هذه الحركة البطيئة بالعين المجردة إذا ضغط زر نخب الإشارة الأفقية (11) بحيث يصبح على الوضعية x-y.
- لاحظ كيف تزداد سرعة حركة حزمة الإلكترونات على الشاشة أو سرعة المسح لدى تحريك مفتاح قاعدة الزمن إلى 100 ms/div ثم إلى 50ms/div حتى تترك حزمة الإلكترونات خطاً أفقياً يبدو للعين المجردة مستمراً.
- ضع مفتاح الحساسية الشاقولية (7) على الوضعة 5 v/div، ثم طبق على مربط الدخول الشاقولي (16) كموناً متناوباً من منبع التغذية، بعد أن تجعل مفتاح ناخب الكمون فيه على الوضعية (8) وضع مفتاح قاعدة الزمن (10) على الوضعية 2 ms/div. لاحظ ارتسام منحنٍ جيبي وحيد يغطي كامل الشاشة.

- قس عدد التقسيمات الأفقية التي يغطيها دور كامل من المنحني الجيبي وليكن x. احسب دور التيار التناوب من جداء هذا العدد x في قراءة مفتاح قاعدة الزمن وليكن t دور التيار المتناوب T.

استخرج تواتر التيار المتناوب من العلاقة:

$$f = \frac{1}{T}$$

- ضع مفتاح قاعدة الزمن (10) على الوضعية 5 ms/div. احسب دور التيار المتناوب T وتواتره f من معرفة زمن دورين كاملين بالطريقة السابقة ذاتها.
- ضع مفتاح قاعدة الزمن (10) على الوضعية 10 ms/div واحسب دور التيار المتناوب وتواتره من قياس زمن 5 أدوار كاملة.
- رتب نتائج القياس والحساب في جدول كالتالي:

رقم التجربة	عدد الأدوار n	قراءة مفتاح قاعدة الزمن t ms/div	عدد التقسيمات الافقية x	الجداء x.t ms	$T\frac{xt}{1000n}$ (S)	$f(H_3)=\frac{1}{T}$	Δf
1							
2							
3							
					الوسطي		

إذا رمزنا في هذا الجدول بـــt إلى وضعية مفتاح قاعدة الزمن مقدرة بالميلي ثانية لكل تقسيمة، وn عدد الأدوار الكاملة من المنحني الجيبي على الشاشة وبـــx عدد التقسيمات من الشاشة التي يغطيها هذا العدد n من الأدوار الكاملة وT إلى دور التيار المتناوب.

فإذا كان زمن n دوراً من الحركة هو xt/1000 ثانية يكون زمن الدور الواحد هو:

$$T = \frac{xt}{1000n}(S)$$

التجربة 12

قانونا كيرشوف

Kirchhoff Laws

الغاية من التجربة:

التحقق من صحة قانوني كيرشوف الأول والثاني.

تمهيد نظري:

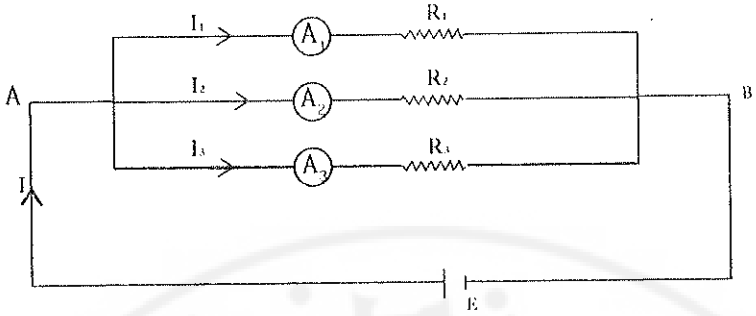
أ- تعريفات:

- الدارة الكهربائية: هي عبارة عن مجموعة من العناصر (مولدات، مقاومات، آخذات) موصولة مع بعضها بعضاً بواسطة أسلاك ناقلة مهملة المقاومة.
- العقدة: هي نقطة التقاء ثلاثة عناصر أو أكثر.
- الفرع: هو مجموعة من العناصر موصولة على التسلسل بين عقدتين.
- العروة: هي طريق مغلقة تحتوي على عدد من العقد والفروع.

ب- قانون كيرشوف الأول:

لتكن لدينا الدارة المبينة في الشكل (1) ولننظر على سبيل المثال إلى النقطة A من هذه الدارة إن شدة التيار I الواردة إلى هذه النقطة تساوي مجموع شدات التيارات الفرعية الصادرة عنها، أي :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$



الشكل (1)

فإذا اصطلحنا أن شدة التيار الواردة إلى النقطة A موجبة والخارجة منها سالبة، نستطيع القول إن المجموع الجبري لشدات التيارات الواردة إلى A والخارجة منها يساوي الصفر:

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

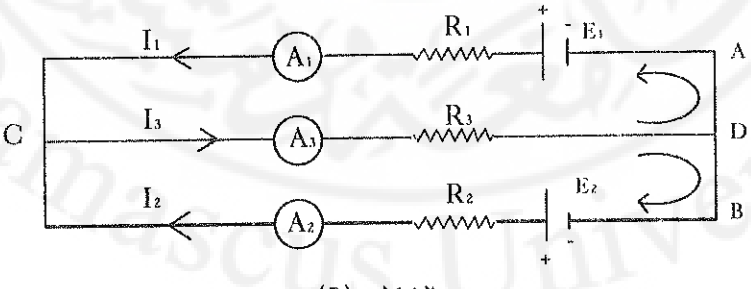
وبشكل عام إذا كان عدد الفروع n فرعا نستطيع أن نكتب العلاقة السابقة بالشكل:

$$\sum_{i=1}^{n} I_i = 0 \qquad (1)$$

تعرف العلاقة (1) بقانون كيرشوف الأول في التيار أو قانون العقد.

ج- قانون كيرشوف الثاني:

لنعدّ الدارة المبينة في الشكل (2) و لنفرض أن التيارات في هذه الدارة تسير بالاتجاهات المبينة في الشكل



الشكل (2)

تحوي هذه الدارة عروتين مغلقتين هما العروة (ACD) والعروة (CDB) حيث كلاهما تحويان مقاومات ومولدات موصولة على التسلسل، علماً أن المقاومة R_3 مشتركة بينهما.

ينص قانون كيرشوف الثاني على ما يلي:

في عروة مغلقة يكون المجموع الجبري للقوى المحركة الكهربائية مساوياً المجموع الجبري لفروق الكمون بين المقاومات الموجودة فيها أي:

$$\sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} V_i = \sum_{i=1}^{n} (RI)_i \qquad (2)$$

ملاحظات:

عند تطبيق قانوني كيرشوف الأول أو الثاني يجب التقيد بالقواعد التالية:

1. نختار جهات افتراضية للتيارات الفرعية في مختلف أجزاء الدارة.
2. نفرض جهة دوران معينة على الدارة الفرعية، إما جهة دوران عقارب الساعة أو عكسها.
3. تُعدُّ القوة المحركة الكهربائية للمولد موجبة إذا كانت جهة الدوران المفروضة تجتاز المولد من قطبه السالب إلى قطبه الموجب. أما إذا كانت جهة الدوران المفروضة تجتاز المولد من قطبه الموجب إلى قطبه السالب، فإن القوة المحركة الكهربائيه تُعدُّ سالبة.
4. إذا كان التيار متفقاً مع جهة الدوران المفروضة يكون فرق الكمون موجباً، وإذا كان معاكساً لجهة الدوران يُعدُّ فرق الكمون سالباً.
5. تطبق العلاقة (2) على كل عروة من عرى الدارة، كما تطبق العلاقة (1) على كل العقد في الدارة، فينتج عن ذلك عدد من المعادلات الخطية، وحلُّ هذه المعادلات يمكننا من حساب شدات التيار المارة في كل فرع، وهذا ما سنحققه تجريبياً في هذه التجربة.

مثال:

لنفرض أنه في الدارة المبينة على الشكل (2) كان لدينا:

$$E_1 = 24\,V, E_2 = 15\,V$$

$$R_1 = 8\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 4\Omega$$

وبفرض أن التيارات I_1, I_2, I_3 تسير في الاتجاهات المبينة على الشكل (2)، نحصل عند تطبيق قانون كيرشوف الأول على العقدة C على العلاقة التالية:

$$I_1 + I_2 = I_3 \qquad (1)$$

وبتطبيق قانون كيرشوف الثاني على عروتي الدارة نجد:

$$8I_1 + 4I_3 = 24 \qquad (2)$$

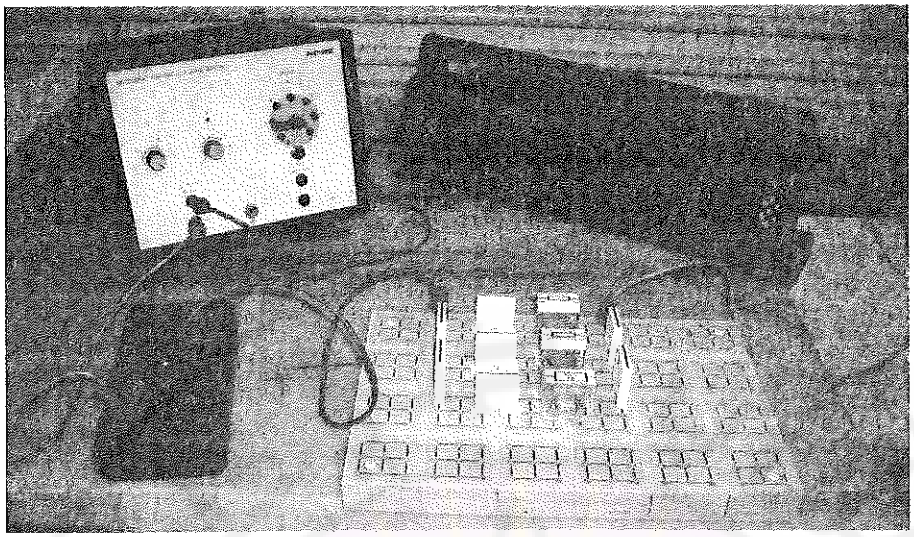
$$6I_2 + 4I_3 = 15 \qquad (3)$$

وهكذا نكون قد حصلنا على ثلاث معادلات خطية بثلاثة مجاهيل I_1, I_2, I_3 والحل المشترك لتلك المعادلات يعطي:

$$I_1 = 1.73\ A \quad , \quad I_2 = 0.81\ A \quad , \quad I_3 = 2.54\ A$$

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

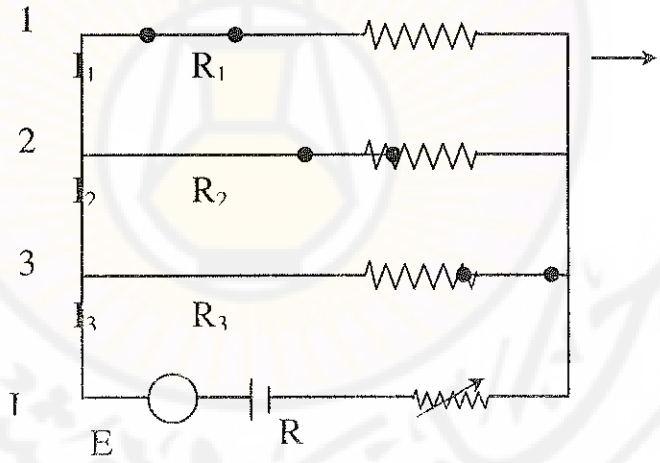
- مجموعة مقاومات: $R_1 = 100\Omega, R_2 = 220\Omega, R_3 = 330\Omega$.
- مجموعة جسور.
- مقياس متعدد الاستعمالات (مقياس رقمي، فولط، أمبير) عدد 2.
- علبة تغذية.
- أسلاك توصيل.
- علبة وصل.
- علبة مقاومات متغيرة، أو معدّلة 100Ω.



مراحل العمل:

أ- التحقق من صحة قانون كيرشوف الأول:

1- ركّب الدارة المبينة في الشكل (3)



الشكل (3)

2- اختر قيمة معينة من علبة المقاومات R أو المعدلة بحيث تجعل انحراف الإبرة على مقياس الأمبير كافيه وتقع ضمن المجال سجل قيمة التيار I في الجدول (1).

3- ضع مقياس أمبير آخر مكان الجسر (1) وسجل قيمة التيار I_1 في الجدول (1).

4- أعد الجسر (1) إلى مكانه وضع مقياس الأمبير بدلاً من الجسر (2) وسجل قيمة التيار I_2 في الجدول (1).

5- أعد الجسر (2) إلى مكانه وضع مقياس الأمبير مكان الجسر (3) وسجل قيمة التيار I_3 في الجدول السابق.

6- احسب مجموع التيارات ($I' = I_1+I_2+I_3$) وقارنها مع قيمة I.

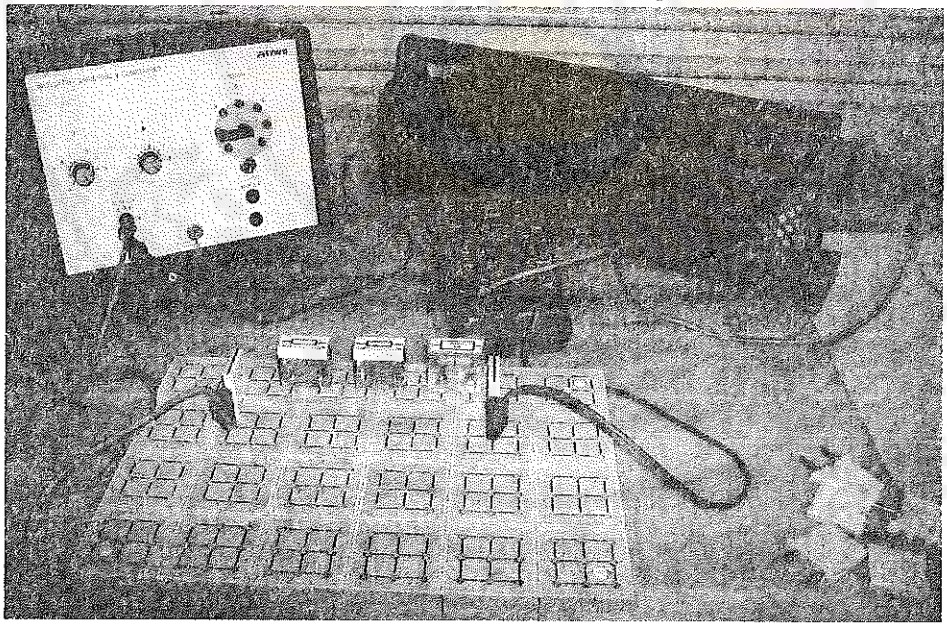
ثم احسب الخطأ النسبي ($r\%=\Delta I/I\times 100\%$)

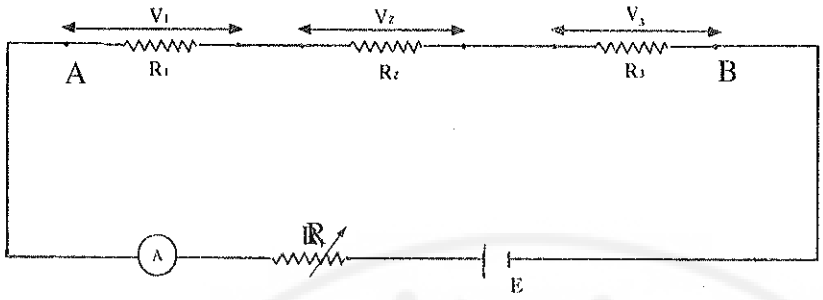
الجدول (1) التحقق من قانون كيرشوف الأول

وضع R المتغيرة	I	I_1	I_2	I_3	I'	$\Delta I = \lvert I - I' \rvert$
في البداية						
في المنتصف						
في النهاية						

ب-التحقق من قانون كيرشوف الثاني:

1- صل الدارة المبينة في الشكل (4)





الشكل (4)

2- اختر قيمة معينة من R بحيث تجعل الانحرافات على مقياس الأمبير كافية

3- استعمل مقياس الفولط لقياس فرق الكمون بين طرفي كل من R_1, R_2, R_3 وسجل النتائج في الجدول (2).

4- ضع مقياس الفولط بين A, B وقس فرق الكمون 'V.

5- قارن المجموع $V=V_1+V_2+V_3$ مع ('V) هل هي متساوية أو مختلفة؟. وإذا كانت مختلفة فما هو السبب؟

6- ضع المقاومة R على الصفر وأعد قياس الأبعاد من جديد، قارن الآن قيمة V الكلية المقيسة مع قيمة E للمنبع.

الجدول (2) التحقق من قانون كيرشوف الثاني

من القياس					بالحساب			
R_1=....Ω, R_2=....Ω, R_3=....Ω								
I	V_1	V_2	V_3	V	$V_1' = R_1 I_1$	$V_2' = R_2 I_2$	$V_3' = R_3 I_3$	V'

الجدول (3)

E= .....(V)

R	V_1	V_2	V_3	V	$\Delta V = \lvert E - V \rvert$
أي قيمة مختارة					
0					

7- أقرأ على مقياس الأمبير شدة التيار I الجاري في الدارة واحسب فرق الكمون بين طرفي كل مقاومة من العلاقة

$V_i = IR_i$

8- ماذا تستنتج؟

Damascus University

التجربة 13

جسر وطسطن

Wheatstone bridge

الغاية من التجربة:

استخدام جسر وطسطن من أجل:

1. قياس مقاومات مجهولة.
2. التحقق من قانون جمع المقاومات على التسلسل.
3. التحقق من قانون جمع المقاومات على التفرع.

تمهيد نظري:

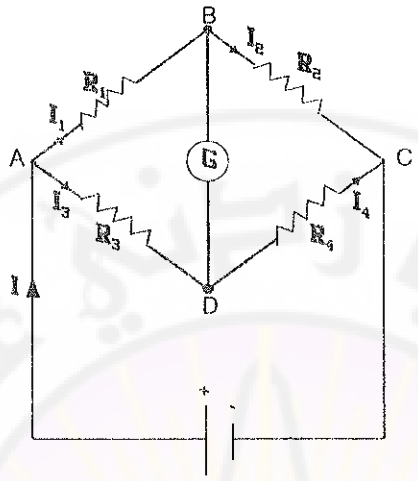
جسر وطسطن أداة قياس ابتكرها صموئيل هنزكريشي في عام 1833، وحسنها وعممها تشارلز وطسطن في عام 1843. يُعدُّ جسر وطسطن من أكثر الأجهزة استخداماً لقياس المقاومات، وهو يتألف من دارة كهربائية ABCD تحوي أربع مقاومات R_4, R_3, R_2, R_1 موصولة كما في الشكل (1).

ثلاث منها معلومة يمكن تغيير قيمة إحداها وضبطها لتحقيق توازن الجسر، أما الرابعة فهي المقاومة المجهولة المراد قياسها. وهناك منبع للتيار الكهربائي يولد تياراً مستمراً ومقياس غلفاني حساس.

نختار قيم المقاومات في هذه الدارة حتى يصبح التيار المار في المقياس الغلفاني G معدوماً، عندها يكون الجسر متوازناً.

أي أن توازن الجسر يعني عدم مرور تيار كهربائي في الفرع BD من الجسر وفي هذه الحالة يكون فرق الكمون بين النقطتين B وD معدوماً، أي

$V_B - V_D = 0$ وعندها تكون شدة التيار الكهربائي I_1 المار في الفرع AB مساوية لشدة التيار الكهربائي I_2 المار في الفرع BC.



الشكل (1) دارة جسر وطسطن

كذلك الحال تكون شدة التيار الكهربائي I_3 المار في الفرع AD مساوية للتيار الكهربائي I_4 في الفرع DC، ومن ثمَّ يكون فرق الكمون بين النقطتين A و B مساوياً لفرق الكمون بين النقطتين A و D:

$$V_{AB} = V_{AD} \qquad (1)$$

وأيضاً فرق الكمون بين النقطتين C و B يساوي فرق الكمون بين النقطتين D و C:

$$V_{BC} = V_{CD} \qquad (2)$$

باستخدام قانون أوم ($V = RI$) تأخذ العلاقتان 1 و 2 الشكل التالي:

$$R_1 I_1 = R_3 I_3 \qquad (3)$$

$$R_2 I_2 = R_4 I_4 \qquad (4)$$

وبقسمة العلاقتين (3) و(4) طرفاً إلى طرف آخذين بالحسبان أن:

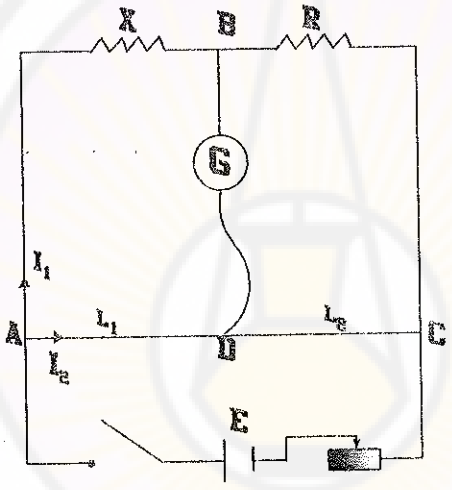
$I_1 = I_2$ و $I_3 = I_4$ نحصل على:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_3}{R_4} \qquad (5)$$

$$R_1=R_2\frac{R_3}{R_4} \qquad (6)$$

فإذا علمت المقاومات R_4, R_3, R_2 أمكننا استنتاج المقاومة الرابعة المجهولة ولتكن $(R_1=X)$ و هذا طبعاً في حالة توازن الجسر.

يمكن للسهولة استخدام مقاومة عيارية بدلاً من المقاومة R_2 (مقاومة معلومة)، ونرمز لها بـــR والاستعاضة عن المقاومتين R_4, R_3 بطولين L_2, L_1 من سلك متجانس مقطعه ثابت وطوله معلوم في تجربتنا هنا $L=1m$ ((الشكل (2)).



الشكل (2)

من المعلوم أن نسبة مقاومتي سلكين متجانسين متساويي المقطع ومن مادة واحدة تساوي نسبة طوليهما، لأنه إذا طبقنا على الطولين L_1، L_2 قانون أوم الثاني.

$$R=\rho\frac{L}{S} \qquad (7)$$

حيث ρ المقاومة النوعية للسلك المستخدم، L طوله، S مساحة مقطعه، يكون لدينا:

$$\frac{R_3}{R_4}=\frac{L_1}{L_2} \qquad (8)$$

وهكذا تأخذ العلاقة (6) الشكل التالي:

$$X = R\frac{L_1}{L_2} \qquad (9)$$

وصل المقاومات:

توصل المقاومات في الدارات الكهربائية إما على التسلسل أو على التفرع.

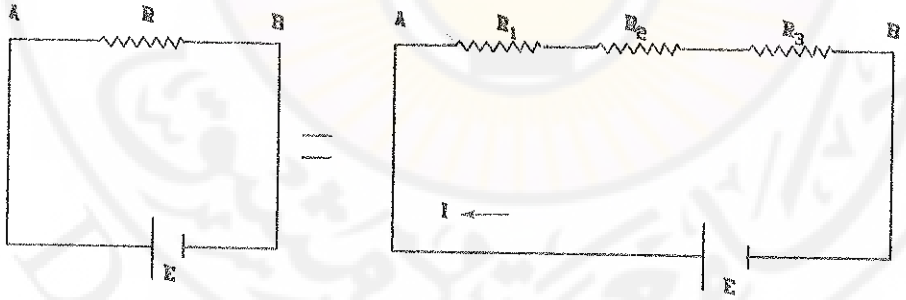
أ- الوصل على التسلسل:

لتكن لدينا مجموعة المقاومات R_3, R_2, R_1 الموصولة على التسلسل كما في الشكل (3). إن شدة التيار I المار في الدارة هي نفسها شدة التيار المارة في جميع المقاومات R_3, R_2, R_1 وليكن V فرق الكمون الكلي بين طرفي مجموعة المقاومات الموصولة على التسلسل وهو في الوقت نفسه يساوي مجموع فروق الكمون بين طرفي كل من هذه المقاومات، أي:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \qquad (10)$$

وحسب قانون أوم: $V = RI$ فإن:

$$RI = R_1I + R_2I + R_3I \ldots \Rightarrow R = R_1 + R_2 + R_3 \qquad (11)$$



الشكل (3)

حيث R هي مجموع المقاومات وتدعى بالمقاومة المكافئة لتلك المقاومات الموصولة على التسلسل.

ب- الوصل على التفرع:

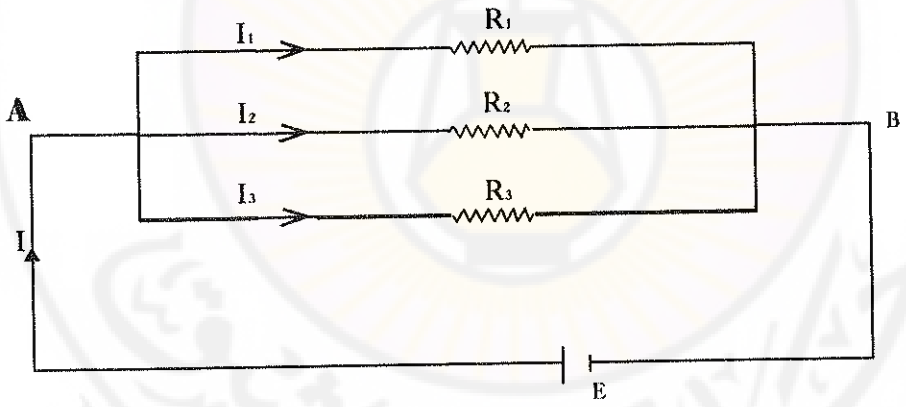
توصل المقاومات على التفرع كما في الشكل (4) وتكون كلٌّ منها واقعة تحت فرق كمون واحد ($V= V_A - V_B$)، أما شدة التيار I المارة في الدارة فتتفرع داخل المقاومات بحيث تكون شدات التيار في الفروع R_1, R_2, R_3 مختلفة عن بعضها ولتكن I_1, I_2, I_3 وعليه تكون شدة التيار الكلية تساوي مجموع الشدات الفرعية، أي أن:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

وبالاعتماد على قانون أوم الأول وبالتعويض عن كل شدة بما تساويها نجد:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (12)$$

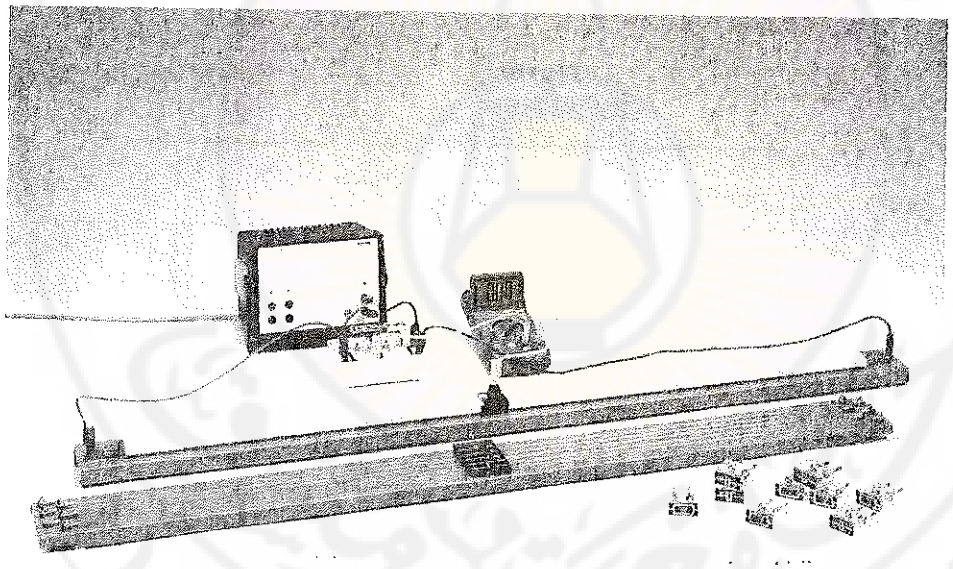
إذاً مقلوب المقاومة المكافئة، في الوصل على التفرع يساوي مجموع مقلوب المقاومات الداخلة في الدارة.



الشكل (4)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- لوحة جسر وطسطن تثبت عليها مسطرة مدرجة طولها L = 100 cm مربوط بطرفيها سلك معدني متجانس وتستطيع أن تنزلق فوقه زالقة تصل دارة المقياس الغلفاني G إذا ضغط عليها.
- علبة وصل.
- وحدة تغذية تعطي تياراً مستمراً.
- مقاومة كربونية وعدد من المقاومات المجهولة.
- مقياس رقمي متعدد الاستعمالات
- أسلاك توصيل.



الشكل (5) صورة الدارة التجريبية

مراحل العمل:

أ- يتمُّ وصل الدارة كما هو مبين في الشكل (5).

- ضع مقاومة معلومة في الفجوة اليمنى من الجسر R.
- ضع مقاومة مجهولة في علبة التوصيل X_1 واجعل الزالقة في الفجوة اليسرى.
- ابحث عن وضع توازن الجسر.
- سجل قيمة الطول L_1 المقابل للمقاومة المجهولة X_1 والطول L_2 المقابل للمقاومة المعلومة R والذي يساوي $(L_2 = 100 - L_1)$.
- بادل بين موضعي R وX_1 وابحث عن وضع التوازن الجديد للجسر وليكن طول السلك المقابل للمقاومة X_1 هو L'_1 وطول السلك المقابل للمقاومة R هو L'_2.
- احسب المقاومة X_1 من العلاقة : $X_1 = R\frac{\overline{L_1}}{\overline{L_2}}$

حيث :

$$\overline{L_1} = \frac{L_1 + L'_1}{2}$$

$$\overline{L_2} = \frac{L_2 + L'_2}{2}$$

مثال :

بفرض أن $R = 100\ \Omega$ وأن التوازن حصل من أجل $(L_1 = 42\ cm)$ و$(L_2 = 58\ cm)$ وبعد مبادلة موضعي R وX حصل التوازن من أجل $(L'_1 = 40\ cm)$ و$(L'_2 = 60\ cm)$ فيكون:

$$\overline{L_1} = \frac{L_1 + L_1'}{2} = \frac{42 + 40}{2} = 41cm$$

$$\overline{L} = \frac{L_2 + L_2'}{2} = \frac{58 + 60}{2} = 59cm$$

وتكون المقاومة المجهولة حسب العلاقة (9):

$$X = R\frac{\overline{L}_1}{\overline{L}_2} = 100\frac{41}{59} = 69.5\Omega$$

لحساب الأخطاء بالطريقة اللوغارتمية نطبق العلاقة:

$$\frac{dx}{x} = \frac{dR}{R} + \frac{dL_1}{L_1} + \frac{dL_2}{L_2}$$

وبفرض أن الخطأ في R مهمل $(\Delta R = 0)$ فإن العلاقة السابقة تؤول إلى:

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta L_1}{L_1} + \frac{\Delta L_2}{L_2}$$

يحسب الخطأ في قراءة L_1 وL_2 عن طريق إزاحة الزالقة عن يمين ويسار وضع التوازن، بحيث تبقى إبرة المقياس الغلفاني مشيرة إلى الصفر. فالطول من السلك الذي لا يلاحظ فيه انحراف إبرة المقياس يكون مساوياً ضعف الخطأ المرتكب في قراءة L_1, L_2.

فإذا فرضنا أن الخطأ عند الإزاحة في جهة اليسار كان (0.1 cm) وفي جهة اليمين كان الخطأ (0.2 cm)، نأخذ الخطأ الأكبر، أي:

$$(\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta L = 0.2\ \text{cm})$$

ومن ثمَّ يكون الخطأ في X أي (ΔX) هو:

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{0,2}{41} + \frac{0,2}{59} = 8,2\times10^{-3}$$

$$\Delta X = 69,5\times8,2.10^{-3} = 0,6\Omega$$

$$X = (69,5 \pm 0,6)\Omega$$

ملاحظة:

لابد أن نشير هنا إلى أن هناك تعديلات عديدة أضيفت إلى جسر وطسطن سواء بطرق تغذيتها بالتيار المستمر أو المتناوب أو بإضافة أجزاء أخرى لنتمكن باستخدامها من قياس مقادير فيزيائية أخرى منها :

- جسر كاري فوستر الذي يسمح بتعيين قيمة المقاومات بدقة أكثر.
- جسر أوين الذي يستخدم لقياس التحريض المغنطيسي الذاتي.
- جسر دي سوتي الذي يستخدم لقياس سعات المكثفات.
- جسر أندرسون الذي يستخدم لقياس التحريض المغنطيسي بدلالة مكثفة ثابتة وغيرها.
- كرر العمل السابق من أجل مقاومة معلومة أخرى R أكبر أو أصغر من المقاومة السابقة بـــ5 أوم وسجل النتائج في جدول كالتالي:

رقم التجربة	R	L_1	L'_1	$\overline{L_1}$	L_2	L'_2	$\overline{L_2}$	$X_1 = R\frac{\overline{L_1}}{L_2}$	ΔX_1
1									
2									
								$\overline{X_1}$	

- استبدل بالمقاومة المجهولة X_1 مقاومة مجهولة أخرى X_2 وأعد المراحل السابقة تماماً، وسجل النتائج في جدول كالتالي:

رقم التجربة	R	L_1	L'_1	$\overline{L_1}$	L_2	L'_2	$\overline{L_2}$	$X_2 = R\frac{L_1}{L_2}$	ΔX_2
1									
2									
								$\overline{X_2}$	

ب- التحقق من قانون جمع المقاومات على التسلسل والذي ينص على أن المقاومة X المكافئة لمجموع المقاومتين X_1، X_2 لدى وصلهما على التسلسل كما في الشكل

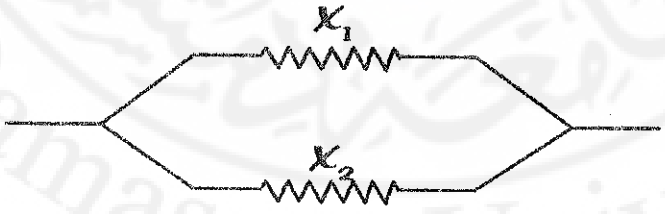


يعطى بالعلاقة $X=X_1+X_2$ وذلك بقياس المقاومتين معاً بالطريقة السابقة نفسها مع تسجيل النتائج في جدول كالتالي:

رقم التجربة	R	L_1	L'_1	$\overline{L_1}$	L_2	L'_2	$\overline{L_2}$	$X = R\frac{L_1}{L_2}$	ΔX
1									
2									
								$\overline{X}$	

قارن بين نتائج القياس وقانون جمع المقاومات على التسلسل في ضوء الأخطاء المرتكبة.

جـ- التحقق من قانون جمع المقاومات على التفرع: والذي ينص على أن المقاومه x المكافئه لمقاومتين X_1, X_2 والموصولتين على التفرع كما في الشكل.



يعطى بالعلاقة: $\frac{1}{x} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2}$

كرر المراحل السابقة وسجل النتائج في جدول كالتالي :

رقم التجربة	R	L_1	L'_1	$\overline{L_1}$	L_2	L'_2	$\overline{L_2}$	$X = R\frac{\overline{L_1}}{L_2}$	ΔX
1									
2									
								$\overline{X}$	

قارن بين نتائج القياس وقانون جمع المقاومات على التفرع في ضوء الأخطاء المرتكبة.

د- التحقق من قانون المقاطع في قانون أوم الثاني:

1- قم باستخدام مجموعة الأسلاك المختلفة الأقطار والمتماثلة في المادة والطول بدلاً من المقاومه المجهولة X ورتب النتائج في جدول كالسابق.

2- ارسم المنحني البياني لتحولات X بدلالة نصف قطر السلك r على ورق لوغاريتمي.

3- تحقق أن المنحني هو من الشكل $X = Ar^B$ وحدد قيمة B.

ملحق:

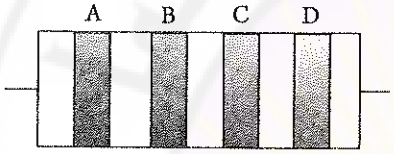
التعرف على طريقة قراءة قيم المقاومات الملونة المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية حيث يعطى لكل لون رقماً من الصفر حتى التسعة كما هو مبين في الجدول التالي:

العدد	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
اللون الذي يدل عليه	أسود	بني	أحمر	برتقالي	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجي	رمادي	أبيض

يوجد من المقاومات الملونة نوعان كما في الشكل (أ) و (ب).



الشكل (أ)



الشكل (ب)

في النوع المبين في الشكل (أ) يدل لون الجسم A على الرقم الأول من اليسار ويدل لون الطرف B على الرقم الذي يليه.

أما لون البقعة C فيدل على عدد الأصفار التي ينبغي وضعها أمام الرقمين السابقين. مثلاً إذا كان لون الجسم بنياً والطرف أحمر والبقعة برتقالية كانت قيمة المقاومة 12000Ω.

وفي النوع المبين في الشكل (ب) والذي يحوي أربع حلقات A,B,C,D يكون لون الحلقة D فضياً أو ذهبياً، ويدل لون الحلقة A على االرقم الأول من اليسار، ولون الحلقة B على الرقم الذي يليه، أما لون الحلقة C فيدل على عدد الأصفار التي ينبغي وضعها أمام الرقمين السابقين، فإذا افترضنا أن الحلقات الثلاث صفراء اللون مثلاً كانت قيمة المقاومة 440000 Ω ويدل اللون الفضي على أن الخطأ النسبي في قيمة المقاومة هو 10% في حين أن اللون الذهبي يدل على أن الخطأ النسبي في قيمة المقاومة هو 5%.

التجربة 14

التيار المتناوب

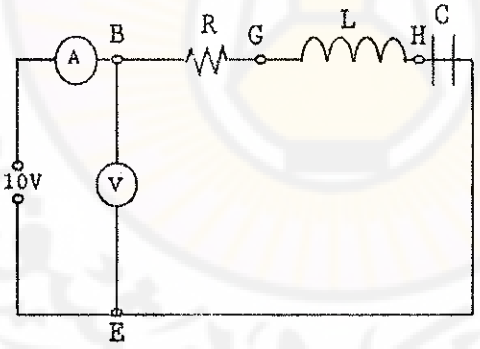
Alternating Current

الغاية من التجربة:

دراسة دارة التيار المتناوب الحاوية على مقاومة وملف ومكثفة موصولة على التسلسل، وترسيخ مفهوم الجمع الشعاعي للتوترات الكهربائية.

التمهيد النظري:

نفترض دارة كهربائية كالمبينة في الشكل (1) مؤلفة من منبع تغذية متناوب 10v هو الملف الثانوي لمحول يوصل بتيار المدينة، ومقياس أمبير (0-1.5)A ومقاومة صرفة R، وملف L ومكثفة C موصولة على التسلسل، ومن مقياس فولط موصول على التفرع بين النقطتين B وE.



الشكل (1) دارة تيار متناوب تحوي مقاومة وملف ومكثفة

فإذا وصل طرفا الملف الابتدائي للمحول المتغير بتيار المدينة. مر التيار في الدارة المتصلة بالملف الثانوي، وأشار مقياس الفولط V إلى وجود تأثير

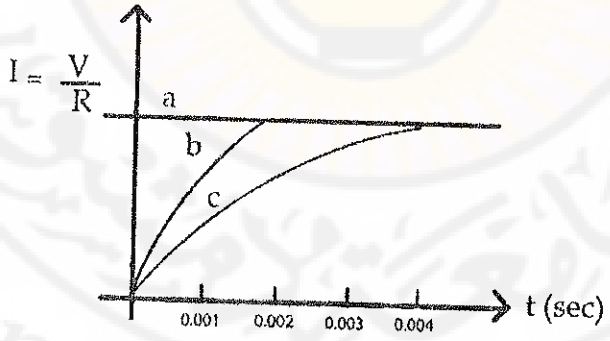
كهربائي بين النقطتين E و B. فإذا ما قيست التوترات الكهربائية بين طرفي المقاومة R، ثم بين طرفي الملف L، ثم بين طرفي المكثفة C، وجمعت هذه التوترات جمعاً جبرياً، لوجدنا أن ناتج الجمع في الحالة العامة يختلف عما يشير إليه مقياس الفولط بين النقطتين B وE، أي بداية المقاومة ونهاية المكثفة.

لا يحدث هذا الأمر في حالة دارة يمر فيها تيار مستمر، فما هو سبب هذا الاختلاف؟

للإجابة عن هذا السؤال نتأمل في التيار الذي يمر في سلك مقاومته R لدى وصله بتوتر متناوب قيمته V فولط. فإذا كان السلك على شكل مستقيم مر فيه تيار قدره:

$$I = \frac{V}{R} \qquad (1)$$

وارتفعت شدة التيار بصورة فورية إلى هذه القيمة. أما إذا لف السلك على شكل ملف، أو وضعت نواة حديدية بداخله، فإن التيار لا يبلغ القيمة I إلاّ بعد زمن نظراً لتولد قوة محركة عكسية أثناء الوصل تحول دون بلوغ التيار في بادئ الأمر القيمة $\frac{V}{R}$.



الشكل (2) ازدياد التيار مع الزمن بعد التوصيل

يبين الشكل (2) هذه الأمور جميعاً حيث تظهر فيه كيفية تغير التيار مع الزمن لدى الوصل في الحالات التالية:

a- السلك مستقيم.

b- السلك بشكل ملف.

c- السلك بشكل ملف وبداخله نواة حديدية.

من هذا نرى أن وجود سلك بشكل ملف في دارة يجعل التوتر يتقدم على التيار في بلوغ قيمته العظمى، ويصطلح للتعبير عن ذلك بالقول بأن التوتر يتقدم في الطور على التيار. وبالطريقة ذاتها يمكن أن نبين أن وجود مكثفة في دارة مطبق عليها توتر متناوب، يسبب تأخر التوتر عن التيار، ونقول بأن التوتر متأخر في الطور عن التيار. فإذا احتوت الدارة على مقاومة وملف ومكيفة، وجب أخذ فروق الطور هذه بين التيار ومختلف التوترات بالحسبان، وسوف نرى أن هذا يتطلب جمع هذه التوترات جمعاً شعاعياً.

فإذا رمزنا إلى التوتر بين طرفي المقاومة بـ V_R، كان لدينا بحسب قانون أوم:

$$V_R = I \cdot R$$

وإذا رمزنا إلى التوتر بين طرفي الملف بـ V_L كان لدينا:

$$V_L = \omega L.I = 2\pi.f.L.I = 314.L.I$$

وذلك لأن تواتر تيار المدينة $f=50Hz$.

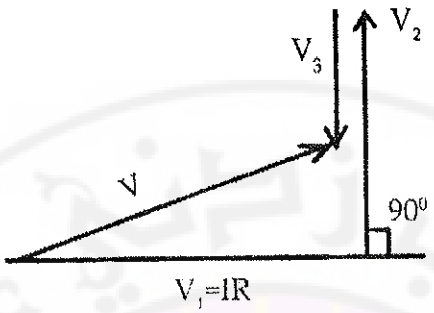
وإذا رمزنا إلى التوتر بين طرفي المكثفة بـ V_C كان لدينا:

$$V_C = \frac{1}{\omega C} I = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{1}{314.C}$$

وتكون العلاقة صحيحة التي تأخذ فروق الطور بالحسبان هي:

$$\bar{V} = \bar{V}_R + \bar{V}_L + \bar{V}_C$$

تجمع هذه المتجهات شعاعياً كما هو مبين في الشكل (3) حيث يظهر V_L متقدماً في الطور على التيار بمقدار 90° وحيث يبدو V_C متأخراً في الطور عن التيار بمقدار 90°.



الشكل (3) الرسم الشعاعي في حالة دارة تحوي مقاومة وملفاً ومكثفة

ويلاحظ من الشكل (3) إنه اذا فرضنا Z الممانعة المكافئة للدارة فإن V تساوي عندئذ I.Z، ويعطي المثلث القائم النتيجة التالية حسب نظرية فيثاغورس:

$$V^2 = I^2.Z^2 = I^2.R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 .I^2$$

وبالتقسيم على I^2 نجد العلاقة:

$$Z^2 = R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2$$

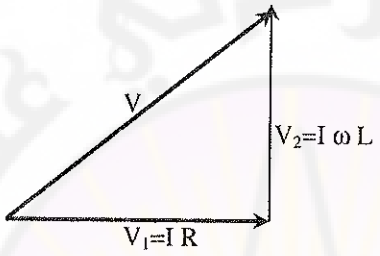
التي تعطي:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad (3)$$

ويطلق على Z ممانعة الدارة (impedance)، في حين يطلق على المقدار ωL اسم الردية التحريضية (inductive reactance)، وعلى المقدار $\frac{1}{\omega C}$ اسم الردية الوسعية أي المنسوبة إلى السعة (capacitive reactance) وسندرس فيما يلي الدارة في ثلاث حالات:

الحالة الأولى: الدارة مكونة من مقاومة R وملف له تحريضية L، وهي الحالة التي تخلو فيها الدارة المبينة في الشكل (1) من المكثفة C. في هذه الحالة يكون لدينا $\bar{V} = \bar{V}_1 + \bar{V}_2$ ويكون الرسم الشعاعي الموافق هو المبين في الشكل (4). وتغدو ممانعة هذه الدارة في هذه الحالة:

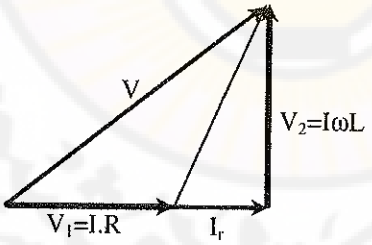
$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 . L^2} \qquad (4)$$



الشكل (4) الرسم الشعاعي في حالة دارة تحوي مقاومة R وملفاً ليس له مقاومة داخلية

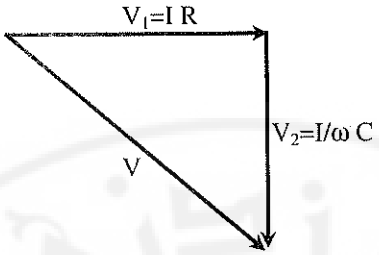
أما إذا كان للملف مقاومة أومية r فإن $\bar{V}_2$ لا تساوي IωL بل تصبح $\bar{V}_2 = \bar{V}_r + \bar{V}_L$. وتصبح الممانعة $Z = \sqrt{(R+r)^2 + \omega^2 . L^2}$ (4)'

ويأخذ الرسم الشعاعي الموافق كما هو مبين في الشكل (5)



الشكل (5) الرسم الشعاعي في حالة دارة تحوي مقاومة R وملفاً له مقاومة داخلية r

الحالة الثانية: وهي الحالة التي تكون فيها الدارة المبينة في الشكل (1) خالية من L، فيكون الرسم الشعاعي الموافق هو المبين في الشكل (6).



الشكل (6) الرسم الشعاعي في حالة دارة تحوي مقاومة ومكثفة

وتغدو ممانعة الدارة في هذه الحالة:

$$Z=\sqrt{R^2+\frac{1}{\omega^2C^2}} \qquad (5)$$

الحالة الثالثة: تشير العلاقة (3) إلى أن ممانعة الدارة لا تكون مساوية إلى R إلا عندما يكون:

$$\omega L=\frac{1}{\omega C}$$

أي عندما يكون:

$$\omega=\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

ولما كان $\omega=2\pi f$، فإن تواتر التيار f الذي يحقق ذلك يعطى بالعلاقة التالية:

$$f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}} \qquad (6)$$

وتدعى هذه الحالة بحالة التجاوب (resonance).

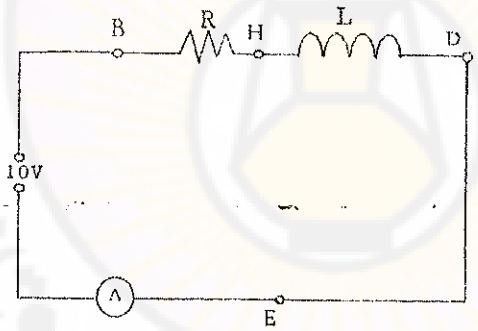
الأجهزة والأدوات المستخدمة:

وحدة تغذية تعطي فرق كمون متناوب 10V، مقاومة قيمتها $R=10\Omega$، مكثفة سعتها $C=500\mu f$، ملف تحريضيته معلومة $L=9mH$، مقياس فولط متناوب (0-15V)، مقياس أمبير متناوب (0-15A)، أسلاك توصيل، فرجار.

مراحل العمل والنتائج:

1. حالة دارة تحوي على مقاومة وملف فقط:

- صل الدارة المبينة بالشكل (7) مستخدماً المجال المناسب من مقياس الأمبير (0-1.5 A)، جاعلاً مؤشر وحدة التغذية على الصفر، اعرض التوصيل على الأستاذ المشرف.
- صل وحدة التغذية بتيار المدينة، واختر منها 10V، واقرأ شدة التيار المار في الدارة.



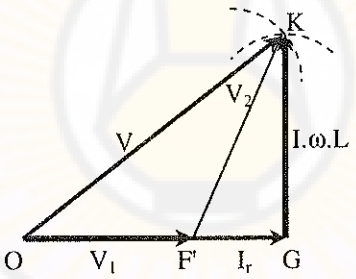
الشكل (7) دارة تحوي على مقاومة وملف

- استخدم مقياس الفولط لقياس التوترات التالية: V_R فرق الكمون بين طرفي المقاومة، V_L فرق الكمون بين طرفي الملف، V فرق الكمون الكلي بين طرفي الدارة.

- سجل نتائج القياس في جدول كالتالي:

$I=\ldots\ldots A$, $R=10$, $L=9mH$, $Z=\sqrt{(R+r)^2+(L\omega)^2}$, $\omega=2\pi f$					
كمون المقاومة $V_R=I.R$		كمون الملف $V_L=I.Z_L$		الكمون الكلي $V=I.Z$	
بالقياس		بالقياس		بالقياس	
بالحساب		بالحساب		بالحساب	
$\lvert\Delta V_R\rvert$		$\lvert\Delta V_L\rvert$		$\lvert\Delta V\rvert$	

- ارسم على ورقة مليمترية خطاً أفقياً بطول V_R مبدؤه O، ثم استخدم الفرجار لرسم دائرة من نهاية V_R، أي من النقطة F، بنصف قطر V_L، ثم ارسم دائرة مركزها O ونصف قطرها V، كما هو مبين في الشكل (8). نفرض K نقطة تقاطع الدائرتين. صل بين K وكل من النقطتين O وF. تمثل القطعة FG الجداء I.r أي جداء شدة التيار في مقاومة الملف.



الشكل (8) الرسم الشعاعي لدارة تحوي مقاومة وملف

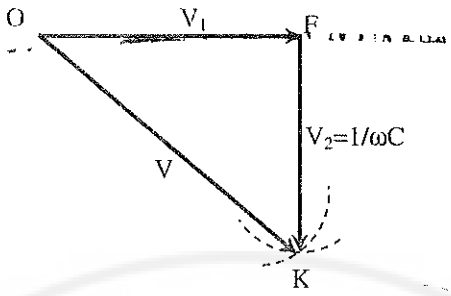
- احسب هذه المقاومة من معرفة I.r ومن قياس I. قارن هذه القيمة بالقيمة المسجلة على الملف.

2. حالة دارة تحوي على مقاومة ومكثفة فقط:

- صل الدارة المبينة بالشكل (7) مع وضع مكثفة C بدلاً من الملف L ومستخدماً المجال المناسب من مقياس الأمبير (A 1.5-0)، وجاعلاً مؤشر وحدة التغذية على الصفر.
- صل وحدة التغذية بتيار المدينة، واختر منها 10V، واقرأ شدة التيار I المار في الدائرة.
- استخدم مقياس الفولط لقياس التوترات التالية: V_R فرق الكمون بين طرفي المقاومة، V_C فرق الكمون بين طرفي المكثفة، V فرق الكمون الكلي بين طرفي الدارة.
- سجل نتائج القياس في جدول كالتالي:

$I = \ldots\ldots A$, $Z=\sqrt{(R)^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$, $\omega=2\pi f$					
كمون المقاومة $V_R=I.R$		كمون الملف $V_C=\frac{1}{\omega C}$		الكمون الكلي $V=I.Z$	
بالقياس		بالقياس		بالقياس	
بالحساب		بالحساب		بالحساب	
$\lvert\Delta V_R\rvert$		$\lvert\Delta V_L\rvert$		$\lvert\Delta V\rvert$	

- ارسم على ورقة مليمترية خطاً أفقياً بطول V_R مبدؤه O، ثم استخدم الفرجار لرسم دائرة من نهاية V_R، أي من النقطة F، بنصف قطر V_C، ثم ارسم دائرة مركزها O نصف قطرها V، كما هو مبين في الشكل (9). نفرض K نقطة تقاطع الدائرتين، صل بين K وكل من النقطتين O وF.



الشكل (9) الرسم الشعاعي لدارة تحوي مقاومة ومكثفة فقط.

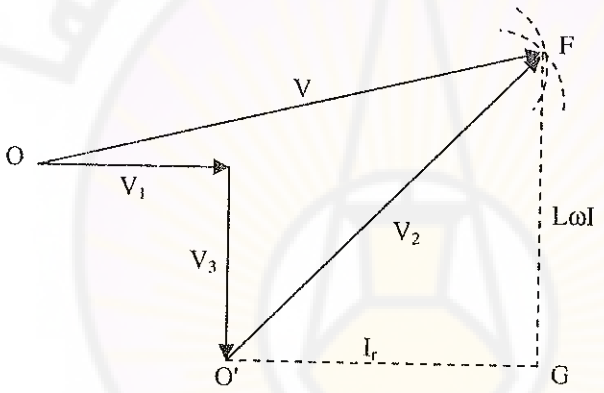
3. حالة دارة تحوي على مقاومة وملف ومكثفة:

- صل الدارة المبينة بالشكل (1) مستخدماً المجال المناسب من مقياس الأمبير (0-1.5 A)، وجاعلاً مؤشر وحدة التغذية على الصفر.
- صل وحدة التغذية بتيار المدينة، واختر منها 10V، واقرأ شدة التيار I المار في الدارة.
- استخدم مقياس الفولط لقياس التوترات التالية: V_R فرق الكمون بين طرفي المقاومة، V_L فرق الكمون بين طرفي الملف، V_C فرق الكمون بين طرفي المكثفة، V فرق الكمون الكلي بين طرفي الدارة.
- سجل نتائج القياس في جدول كالتالي:

$I=\ldots\ldots A, Z_C=\sqrt{\frac{1}{\omega C}}$, $Z=\sqrt{(R)^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$, $Z=\sqrt{(R+r)^2+\left(\frac{1}{\omega C}-\omega L\right)^2}$					
كمون المقاومة $V_R=I.R$		كمون الملف $V_L=I.Z_L$		الكمون الكلي $V=I.Z$	
بالقياس		بالقياس		بالقياس	
بالحساب		بالحساب		بالحساب	
$\lvert\Delta V_R\rvert$		$\lvert\Delta V_L\rvert$		$\lvert\Delta V\rvert$	

ارسم على ورقة مليمترية خطاً أفقياً بطول V_R مبدؤه O، ثم عمودياً نحو الأسفل بطول V_C ولتكن O' نهاية V_C، استخدم الفرجار لرسم دائرة من نهاية O' بنصف قطر V_L، ثم ارسم دائرة مركزها O نصف قطرها V، كما هو مبين في الشكل (10). نفرض F نقطة تقاطع الدائرتين، صل بين F وكل من النقطتين O و O'.

تمثل القطعة O'G الجداء I.r أي جداء شدة التيار في مقاومة الملف. احسب هذه المقاومة من معرفة I.r ومن قياس I قارن هذه القيمة بالقيمة المسجلة على الملف.



الشكل (10) الرسم الشعاعي في حالة دارة تحوي مقاومة ومكثفة وملف حيث r المقاومة الأومية لسلك الملف

وقل رب زدني علما
Damascus University

التجربة 15

الحقل المغنطيسي للملفات – قانون بيوسافار

Magntic Field of single Coil-Biot-Savart's Law

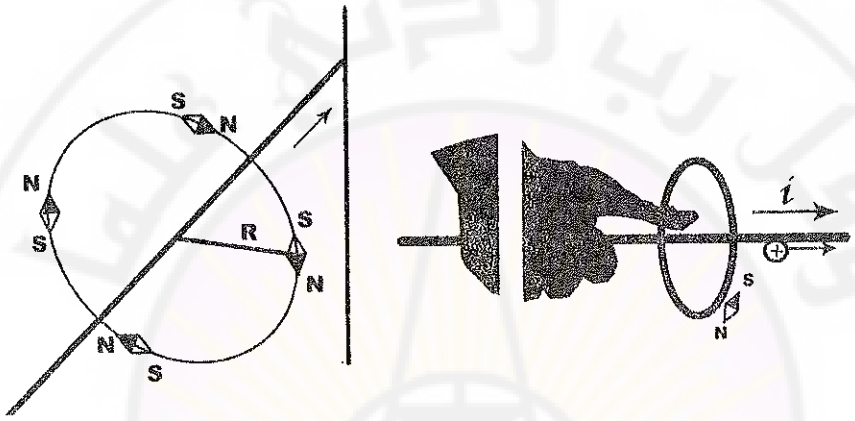
الغاية من التجربة:

- قياس شدة الحقل المغنطيسي على طول محور وشيعة كتابع لعدد لفات الوشيعة وطولها ونصف قطرها باستخدام مقياس تسلا (مسبار هول).
- قياس شدة الحقل المغنطيسي في مركز حلقة من سلك باستخدام مسبار هول، والتحقق من اعتمادها على عدد اللفات ونصف القطر.
- استنتاج العلاقة بين شدة الحقل المغنطيسي ونصف القطر.
- استنتاج العلاقة بين شدة الحقل المغنطيسي وعدد اللفات.
- استنتاج العلاقة بين شدة الحقل المغنطيسي وطول الوشيعة.
- تحديد ثابت الحقل المغنطيسي μ_0 (النفوذية المغنطيسية) في الخلاء.
- مقارنة النتائج السابقة بالقيم النظرية.
- تحديد عدد لفات وشيعة مجهولة بمعرفة طولها ونصف قطرها.

مقدمة:

شهد عام 1819 نشوء علم الكهرطيسية التجريبي على يد الفيزيائي الدانماركي هانزكريستيان أورستيد (Hans Christian Oersted) (1777– 1851). وذلك عندما نشر اكتشافه للأثر المغنطيسي للتيار الكهربائي. وفي عام 1823 قام الفيزيائي الفرنسي أندريه ماري أمبير (Andre Marie Ampere) (1775–1836) بنشر ورقة مستفيضة تؤكد رياضياً فعل تيار كهربائي في تيار آخر مجاور. وفي عام 1820 قام الفيزيائي جين بابتيست بيو (Jean Baptiste Bio)

(1862- 1774) وفيليكس سافار (Felix Savart) (1841-1791)، بتأكيد كشف هانز كريستيان أورستد القائل: بوجود حقل مغنطيسي يرافق مرور تيار كهربائي في ناقل وذلك على النحو المبين في الشكل (1). وانطلاقاً من هذه الخلفية، سيكون هدفنا من هذه التجربة تقصي قانون بيوسافار، وذلك عبر قياس الحقل المغنطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في ملفات مختلفة المقاييس.



الشكل (1) تمثيل مبسط للحقل المغنطيسي الناتج عن تيار كهربائي

تمهيد نظري:

إن حقيقة قانون بيوسافار يشكل وجهاً آخر مغنطيسياً لقانون كولون الخاص بالحقول الكهربائية. فقانون الحقل الكهربائي لكولون هو الحقل الكهربائي الساكن المتولد عن شحنة ثابتة في نقطة ما، بينما قانون بيوسافار هو الحقل المغنطيسي الساكن المتولد عن تيار في نقطة ما وذلك على النحو المبين بالعلاقتين التاليتين:

$$\overrightarrow{d\varepsilon} = (K\frac{dq}{\rho^3})\vec{\rho} \qquad \overrightarrow{dB} = (K'\frac{I}{\rho^3})(\overrightarrow{d\ell} \times \vec{\rho})$$

حيث K, K' ثابتتان، dq شحنة عنصرية تولد الحقل الكهراكدي العنصري $d\vec{\varepsilon}$ في نقطة تبعد عنها مسافة ρ، I شدة التيار المار في طول عنصري $d\ell=vdq$

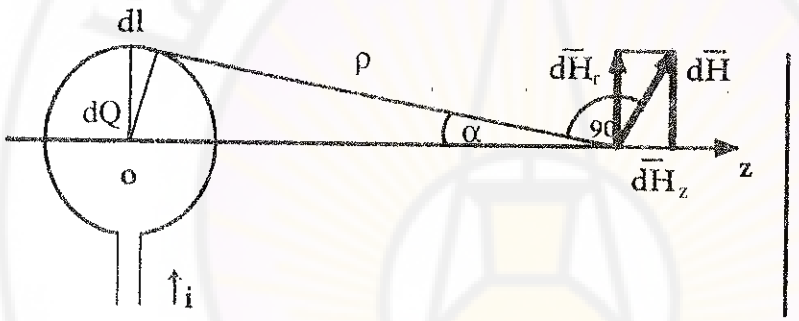
من ناقل يولد حقلاً مغنطيسياً ساكناً $d\vec{B}$ في نقطة تبعد عن $d\ell$ مسافة ρ حيث v سرعة انسياق حامل الشحنة المولد للتيار.

إن المقارنة بين شكلي قانون كولون (اليسار) وقانون بيوسافار (اليمين) تبين التماثل القائم بين القانونين.

وتبعاً لما تقدم يمكن كتابة قانون بيوسافار بالعلاقة التالية:

$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi}\frac{\left(d\vec{\ell}\times\vec{\rho}\right)}{\rho^3} \qquad (1)$$

حيث I هو التيار، H هي شدة الحقل المغنطيسي وρ و$d\ell$ أبعاد طول ممثلة في الشكل (2) والشعاع $d\vec{\ell}$ عمودي على سطح الورقة بينما ρ وdH يقعان فيه.



الشكل (2) بيان مبسط لتحديد الحقل المغنطيسي dH المؤثر في نقطة تقع على محور تيار دائري

هذا ويمكن تحليل الشعاع dH إلى مركبتين إحداهما $dH_z = dH\cdot\sin\alpha$ تقع على المحور z والأخرى $dH_r = dH\cdot\cos\alpha$ تقع على العمود على z. وبسبب تناظر العناصر $d\ell$ التي تسهم في هذه المركبة بالنسبة لمركز الملف فإن كل عنصرين متقابلين قطرياً يعطيان مركبتين متعاكستين مباشرةً وتكون مساهمتهما معدومة. أما مساهمات العناصر $d\ell$ في المركبة dH_z فجميعها تقع في اتجاه

واحد وتضاف إلى بعضها. وعليه فالمركبة dH_z الناتجة عن العنصر $d\ell$ من الملف تعطى بالعلاقة التالية:

$$dH_z = dH \cdot \sin\alpha = \frac{I}{4\pi}\frac{R}{\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}}d\ell \qquad (2)$$

وبإجراء التكامل على طول محيط الملف الذي يساوي $(2\pi R)$ نحصل على الحقل المغنطيسي الكلي H_z الناتج عن التيار الدائري الذي يعطى بالعلاقة:

$$H_z = \frac{I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} \qquad (3)$$

وذلك على طول محور الملف، ولما كان التحريض المغنطيسي معرفاً بالعلاقة $\vec{B}=\mu_0\vec{H}$ فإن شدة هذا التحريض:

$$B_z = \frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} \qquad (4)$$

حيث: $\mu_0=4\pi\times10^{-7}$ H/m هو ثابت الحقل المغنطيسي (أو النفوذية المغنطيسية). وفي حال توفر عدد صغير من اللفات المتطابقة والمتلاصقة n، يمكن الحصول على التحريض المغنطيسي بضرب B(Z) بعدد هذه اللفات n.

مناقشة:

أولاً: التحريض في مركز الملف:

لدينا هنا $(Z = 0)$، فإذا عوضنا عن قيمة Z هذه في المعادلة (4) نحصل على شدة التحريض في مركز الملف ومن أجل لفة واحدة يمر فيها تيار شدته I:

$$B(0) = \frac{\mu_0 I}{2R} \qquad (5)$$

وإذا كان عدد لفات الملف n لفة كان التحريض في مركزها:

$$B(0) = \frac{\mu_0 In}{2R} \qquad (6)$$

وباستخدام الصيغتين: $B = A_1.n^{E_1}$ و $B = A_2.R^{E_2}$

يمكننا استنتاج شكل منحني التحريض B بدلالة n للأول وكذلك شكله بدلالة R للثاني وإيجاد كل من E_1 وE_2.

ثانياً: التحقق من العلاقة (6) وحساب μ_0

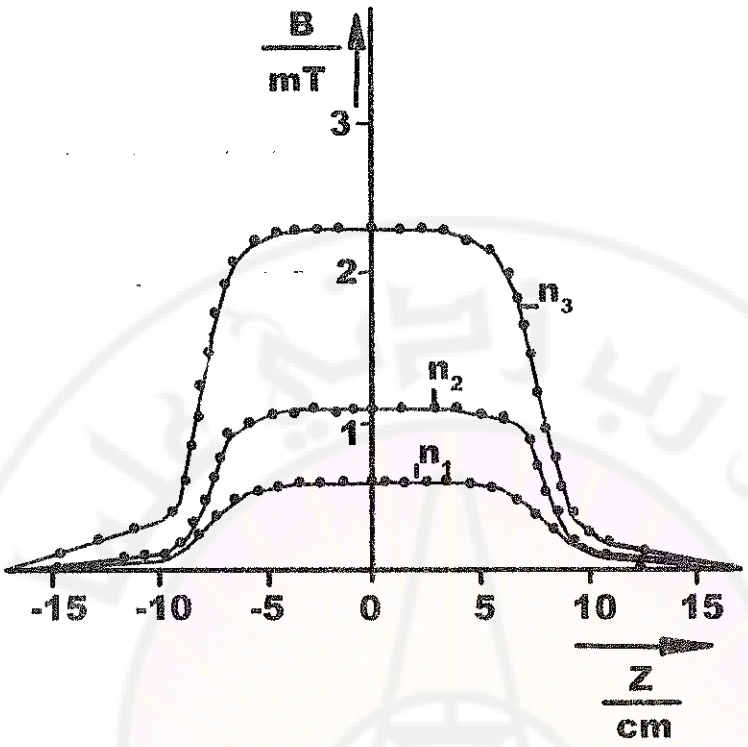
بإمكان المجرب المتدرب الاستفادة من المنحنيين المستقيمين السابقين [الأول B=f(n) من أجل I=5A, R=6cm والثاني B=f(R) من أجل I=5A] والعلاقة (6) لاستنتاج قيمة μ_0 ومقارنتها بالقيمة $\mu_0=(1.28\pm0.01)\times10^{-6}$ H/m.

ثالثاً: حقل التحريض داخل ملف طويل وعلاقته بعدد اللفات

يمكن حساب شدة التحريض المغنطيسي لملف طوله ℓ وعدد لفاته n ملفوفة بصورة منتظمة وذلك بضرب شدة التحريض المغنطيسي للفة الواحدة بكثافة اللفات في الوشيعة أي (n/ℓ) والمكاملة على طول الوشيعة ℓ فنجد:

$$B(Z) = \frac{\mu_0.I.n}{2.\ell} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}} - \frac{b}{\sqrt{R^2 + b^2}} \right) \qquad (7)$$

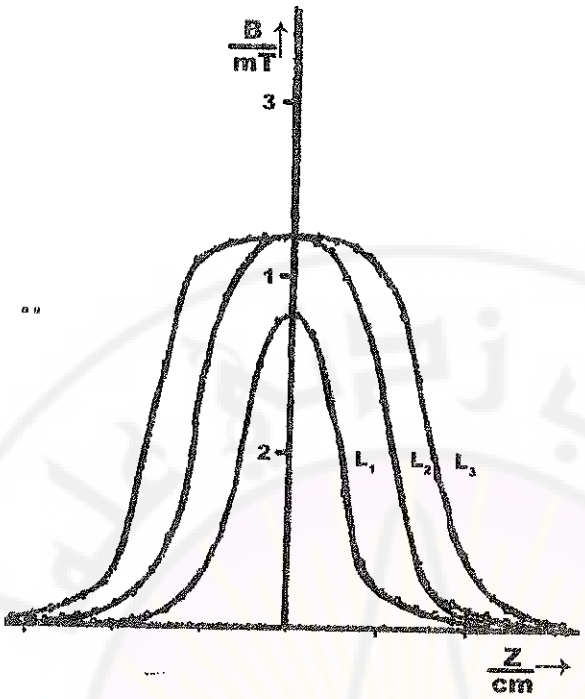
حيث : $a=Z+\ell/2$ و$b=Z-\ell/2$ حيث تقاس Z على محور الملف وبدءاً من منتصفه. هذا ويظهر الشكل (3) علاقة شدة التحريض المغنطيسي B بعدد لفات الوشيعة n مع ثبات طول الوشيعة ونصف قطرها.



الشكل (3) بيان تغير كثافة التدفق المغنطيسي على طول ملف ما (الطول = 160 مليمتر، ونصف القطر= 13 مليمتر، وعدد اللفات: n3=300، n2=150، n1=75 مثلاً)

رابعاً : حقل التحريض على طول الملف وعلاقته بطول الملف

ادرس أثر تغير طول الملف مع ثبات نصف قطره وثبات كثافة اللفات (n/ℓ) في شدة التحريض المغنطيسي. هل تحصل على منحنٍ من النمط المبين في الشكل (4)؟



الشكل (4) بيان تغير شدة التحريض المغنطيسي من أجل ملف ما كثافة لفاته ثابتة (ثابت = n/l) ونصف قطر ثابت مع تغير طوله، أي: ℓ_1=53mm, ، ℓ_2=105mm ، ℓ_3=160mm مثلاً.

خامساً:

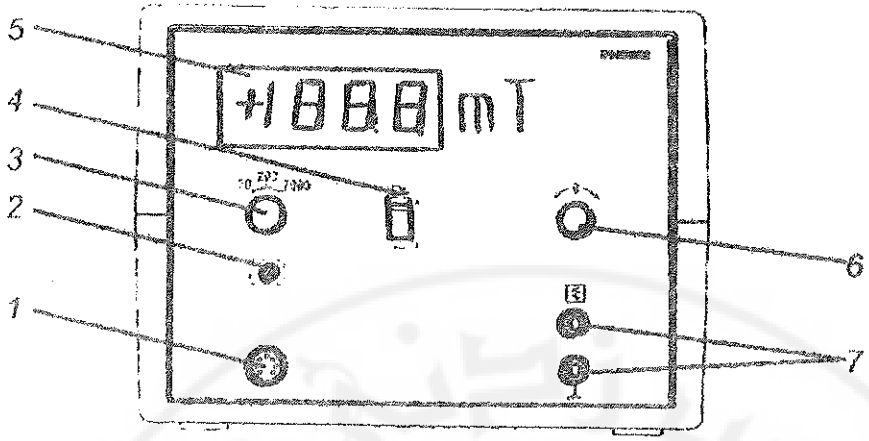
قارن بين القيم المقاسة والمحسوبة لشدة التحريض المغنطيسي في منتصف الملف مستخدماً العلاقة التالية:

$$B(0)=\frac{\mu_0 In}{2(R^2+\frac{\ell^2}{4})^{1/2}} \qquad (8)$$

فهل تحصل على منحنٍ كالمنحني المبين في الشكل (4)؟

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

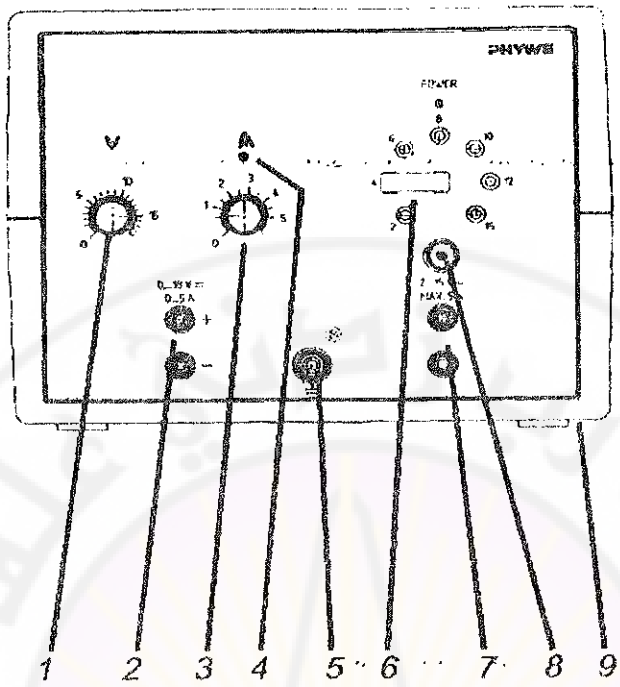
- ملف تحريضي 300 لفة 41 مم.
- ملف تحريضي 300 لفة 33 مم.
- ملف تحريضي 300 لفة 26 مم.
- ملف تحريضي 200 لفة 41مم.
- ملف تحريضي 150 لفة 26 مم.
- ملف تحريضي 100 لفة 41 مم.
- ملف تحريضي 75 لفة 26 مم
- مقياس متري توضيحي
- مقياس أمبير رقمي متعدد الاستعمالات
- ملقط زاوية يمينية
- ملقط على شكل حرف G
- أسلاك توصيل.
- مجموعة من النواقل الدائرية بأقطار ولفات مختلفة.
- مقياس شدة الحقل المغنطيسي رقمي.
- مجس هول لقياس الحقل المحوري.
- مجس هول مماسي.
- وحدة تغذية تيار مستمر عامة.
- موزع .
- قاعدة برميلية.
- عمود دعم مربع المقطع طول 250 مم .
- رافعة مخبرية صغيرة (طاولة متغيرة الارتفاع) .
- نقاصة من وصلات 4 مم إلى 2 مم



الشكل(5) مقياس رقمي لشدة الحقل المغنطيسي (ملي تسلا)

1. مخرج وصل المجس
2. مفتاح ضبط الصفر السريع
3. مفتاح اختيار المجال
4. مفتاح اختيار نوع الحقل (مستمر – متناوب)
5. شاشة الإظهار الرقمية (ميلي تسلا)
6. مفتاح ضبط الصفر الرقمي
7. مخرج وصل الراسم البياني.

Damascus University



الشكل(6) وحدة تغذية

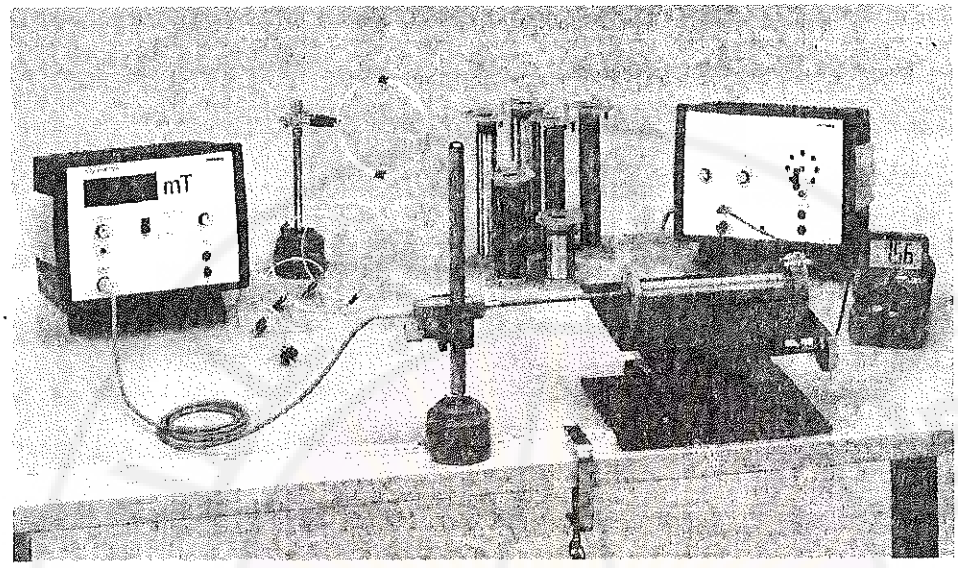
1. مفتاح التحكم بالجهد
2. مأخذ للتيار المستمر (الجهد من 0–10 فولط مستمر)
3. مفتاح التحكم بالتيار
4. مؤشر يدل على العمل بنمط التيار عندما يضيء
5. مأخذ للتأريض

6– 9 لا تستعمل في هذه التجربة

Damascus University

طريقة العمل:

- يتُم وصل التجربة كما هو مبين في الشكل (7):



الشكل(7) الترتيب التجريبي لتحري قانون بيوسافار باستخدام مسبار هول.

- نختار على وحدة التغذية نمط التيار المستمر وذلك بوضع مفتاح التحكم بالتيار على الصفر ثم وضع مفتاح التحكم بالجهد على القيمة القصوى 18V.
- بعد ذلك يمكن التحكم بالتيار المار بشكل منتظم عن طريق مفتاح التيار، سيضيء المؤشر الأحمر فوق مفتاح التيار للدلالة على العمل بنمط التيار المستمر.
- يتم تصفير مقياس الحقل المغنطيسي بواسطة مفتاحي التصفير السريع والناعم في واجهة الجهاز.
- **قياس شدة الحقل المغنطيسي على طول محور الملف كتابع لعدد اللفات:**
- اضبط التيار المار في الملف على القيمة I = 1A.
- حرك مجس هول المحوري على طول محور الملف حيث ينطبق عليه تماماً.
- سجل البعد عن المركز، وشدة الحقل المغنطيسي في جدول كالتالي:

ملاحظة: نستخدم ملفات متساوية الطول والقطر (L=19 mm, R=26 mm)

	Z(cm)	--	-2	-1	0 مركز الملف	+1	+2	--	
لفة n=75	B(mT)								النتائج التجريبية
لفة n=150	B(mT)								
لفة n=300	B(mT)								
النتائج التجريبية	B(mT)								لفة n=75
									لفة n=150
									لفة n=300

- يتم حساب القيم النظرية من قانون بيوسافار (المعادلة 7).
- ارسم المنحني البياني لتحولات B(mT) بدلالة Z(cm) لكل وشيعة.
- عين القيم النظرية على المنحني السابق نفسه.

- **قياس شدة الحقل المغنطيسي على طول محور الملف كتابع لطول الملف:**
- اضبط التيار المار في الملف على التيار I = 1A.
- حرّك مجس هول المحوري على طول محور الملف حتى ينطبق عليه تماماً.
- سجّل المسافة وشدة الحقل المغنطيسي في الجدول التالي:

ملاحظة: تستخدم الملفات متساوية القطر (R=41 mm) وذات الأطوال المختلفة

	Z(cm)	--	-2	-1	0 مركز الملف	+1	+2	--
L=.....	B(mT)							
L=.....	B(mT)							
L=.....	B(mT)							

- ارسم المنحني البياني لتحولات B(mT) بدلالة Z(cm) لكل ملف.
- احسب الخطأ المرتكب في B.

- قياس شدة الحقل المغنطيسي في مركز حلقة دائرية كتابع لعدد لفات الحلقة ونصف القطر:

- استخدم الحلقات السلكية المعدنية الدائرية (عدد اللفات 1 و2 و3).
- اضبط التيار المار في الحلقة على التيار $I = 5A$.
- ضع مجس هول المحوري في مركز الحلقة بحيث يقع في منتصفها تماماً.
- للحصول على دقة أكبر في القياس يتم أخذ متوسط قياسين في كل قراءة وذلك بعكس جهة التيار المار في الحلقة لإلغاء تأثير التشويش الخارجي .
- تسجيل النتائج في جدول كالتالي:

B(mT)	B2 (mT)	B1 (mT)	R (cm)	n
				1
				2
				3

- ارسم المنحني البياني لتحولات B بدلالة n .
- ارسم المنحني البياني لتحولات B بدلالة R .
- حدد ثابت الحقل المغنطيسي μ_0 .
- احسب الخطأ المرتكب في μ_0.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 16

قياس ثابت العزل لمكثفة مستوية

Measurement of dielectric constant of an insulator

الغاية من التجربة:

- تعيين السماحية الكهربائية للخلاء ε_0 بقياس شحنة اللبوسين في مكثفة مستوية مطبق عليها فرق في الكمون.
- تعيين السماحية الكهربائية ε لمادة ما (ثابت العزل) بالطريقة ذاتها بوضع المادة بين لبوسي المكثفة كي تملأ الفراغ بينهما.

تمهيد نظري:

تتكون المكثفة من ناقلين معدنيين يفصل بينهما جسم عازل كالهواء أو الزجاج أو الميكا أو البلاستيك، يسمى الناقلان بلبوسي المكثفة. إذا كان الناقلان مستويين سميت المكثفة بالمكثفة المستوية، وهو موضوع دراستنا، أما إذا كان لدينا كرتان ناقلتان متمركزتان إحداهما داخل الأخرى نصفا قطريهما $R_1<R_2$ دعيت المكثفة بالكروية*.

---

* تعطى سعة المكثفة الكروية المؤلفة من كرتين متمركزتين نصفا قطريهما R_1 وR_2 والعازل بينهما هو الهواء بالعلاقة: $c = \frac{4\pi\varepsilon_0}{R_2 - R_1} R_1 R_2$

أما المكثفة الأسطوانية فهي عبارة عن أسطوانتين دورانيتين متحدتي المحور نصف قطر الأسطوانة الداخلية R_1 والخارجية R_2 وطولهما d*.

في تجربة المكثفة المستوية وعند تطبيق فرق في الكمون V بين لبوسيها يشحن اللبوسان بشحنتين متساويتين ومتعاكستين بالاشارة Q وتكون سعتها:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{(V_2 - V_1)} \qquad (1)$$

حيث V_1 كمون اللبوس الأول، V_2 كمون اللبوس الثاني. من الواضح أن سعة المكثفة المستوية تتعلق بالسطح المشترك S للبوسيها والبعد بينهما d وثابت العزل الكهربائي للعازل الذي يفصل بينهما. يمكن إيجاد هذه العلاقة كما يلي:

يمكن عدُّ الحقل الكهربائي بين لبوسي المكثفة تقريباً متجانساً ومنتظماً وخطوط القوة عمودية على اللبوسين، فيكون الحقل المتولد هو:

$$E = \frac{V_2 - V_1}{d}$$

حيث d المسافة بين اللبوسين.

يمكن إيجاد الكثافة السطحية للشحنات من حساب الحقل المتولد من مستويين كبيرين مشحونين بالكثافتين $\sigma, -\sigma$ أي:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$\sigma = \varepsilon_0 E = \varepsilon_0 \frac{V_2 - V_1}{d}$$

---

* سعة المكثفة الأسطوانية المؤلفة من أسطوانتين متمركزتين نصفا قطريهما R_1 وR_2 وطولهما المشترك d والعازل بينهما الهواء بالعلاقة: $C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{2\pi\varepsilon_0 d}{Ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$

وعليه فالشحنة الكلية على أي من اللبوسين هي:

$$Q = \sigma s = \varepsilon_0 S \frac{V_2 - V_1}{d}$$

ويمكن وضعها على الشكل:

$$V_2 - V_1 = \frac{Qd}{S\varepsilon_0} \qquad (2)$$

ومن تعريف سعة المكثفة المستوية حسب المعادلة (1) يكون لدينا:

$$C = \frac{Q}{V_2 - V_1} = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \qquad (3)$$

تعطي العلاقة (3) سعة مكثفة مستوية الوسط العازل بين لبوسيها هو الهواء وε_0 هي السماحية الكهربائية للخلاء (أو للهواء عملياً) وتساوي:

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F/m$$

بوضع جسم عازل سماحيته الكهربائية ε بين اللبوسين بدلاً من الهواء، فإن سعة المكثفة المستوية تأخذ الشكل التالي:

$$C' = \varepsilon \frac{s}{d} \qquad (4)$$

وبقسمة العلاقة (4) على العلاقة (3) نجد أن:

$$\frac{C'}{C} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \varepsilon_r \qquad (5)$$

حيث ε_r تمثل السماحية النسبية للعازل أو ثابت العزل.

C' سعة المكثفة بوجود مادة عازلة.

C سعة المكثفة بوجود الهواء.

تدل العلاقة (4) على أن سعة مكثفة مستوية تتناسب طرداً مع سطح أحد لبوسيها وعكساً مع المسافة الكائنة بينهما. ومن اجل لبوس دائري نصف قطره (r) تكون مساحة سطحه ($S=\pi r^2$) وبالتعويض في العلاقة (3) نحصل على:

$$C = \varepsilon_0 \frac{\pi r^2}{d} \qquad (6)$$

وعليه فسماحية الهواء ε_0 تحسب من العلاقة (6) كما يلي:

$$\varepsilon_0 = \frac{C.d}{\pi r^2} \qquad (7)$$

سنحاول في هذه التجربة التحقق من صحة العلاقات السابقة لمكثفة مستوية مكونة من قرصين معدنيين ناقليين نصف قطر كل منهما (r=13cm)، وأحد اللبوسين ثابت والآخر يتحرك على سكة أفقية مدرجة بدقة (0.1mm).

ملاحظة: لحساب كثافة الطاقة بين لبوسي المكثفة المستوية. نعوض عن C من العلاقة (3) في عبارة طاقة المكثفة المستوية المعرفة بالعلاقة: $U_e = \frac{1}{2}CV^2$ فنجد:

$$U_e = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A V^2}{d} \qquad (8)$$

وبفرض أن الحقل الكهربائي داخل المكثفة منتظم ويساوي $E = \frac{V}{d}$، تصبح عبارة الطاقة (8):

$$U_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 Ad E^2 \qquad (9)$$

حيث Ad حجم المكثفة المستوية. ونحصل على كثافة الطاقة ρ بين لبوسي المكثفة بقسمة العلاقة (9) على Ad.

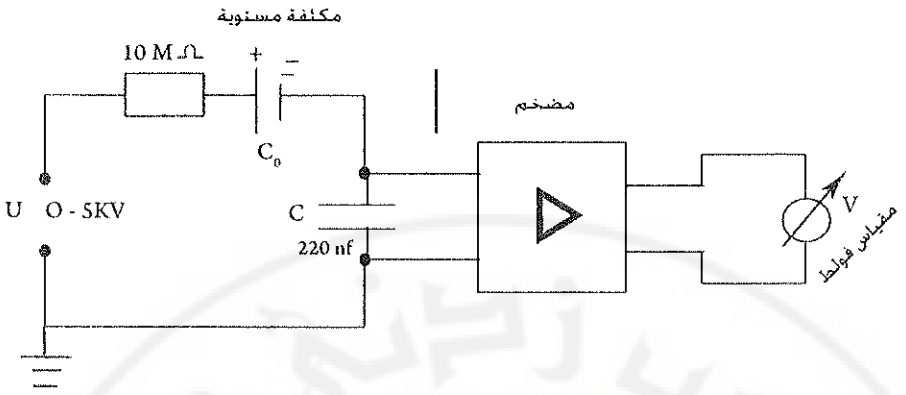
$$\rho = \frac{Ue}{Ad} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \qquad (10)$$

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- مكثفة مستوية لبوساها قرصان دائريان يمكن تغيير المسافة بينهما.
- صفيحة أو أكثر من مادة عازلة – مقاومة 10MΩ
- منبع تغذية يعطي فلطية عالية من رتبة الكيلوفولط (0-10KV).
- مضخم قياس عام.
- مقياس فولت (0.3-300 V)DC، (10 – 300 V)AC
- أسلاك توصيل 100mm أخضر–أصفر، 500mm أحمر، 500mm أزرق.
- سلك توصيل 50 KV، بطول 500mm
- كبل BNC مغلف بشبكة، طوله 1750 mm
- مهايىء توصيل مأخذ قابس BNC– آخذ 4mm من نوع T، BNC
- مهايىء قابس BNC ، 4mm.
- مكثفة 220 nF، أسلاك توصيل مع كبل محوري.

توصيل التجربة و التعرف على مكوناتها:

يبين الشكل (1) رسماً تخطيطياً للتجربة والتوصيلات الكهربائية للعناصر والأجهزة المستخدمة فيها. يوصل لبوس المكثفة المستوية C_0 المعزولة جيداً إلى المأخذ العلوي من منبع التغذية العالي الفلطية عبر مقاومة 10MΩ، ويوصل بالأرض كل من المأخذ المتوسط للمنبع واللبوس الثاني في المكثفة بعد أن يمر على مكثفة معلومة C قيمتها (220 nF). وبذلك تتشكل دارة تسلسلية مكونة من المنبع فالمقاومة 10MΩ فالمكثفة المستوية فالمكثفة المعلومة (220 nF).



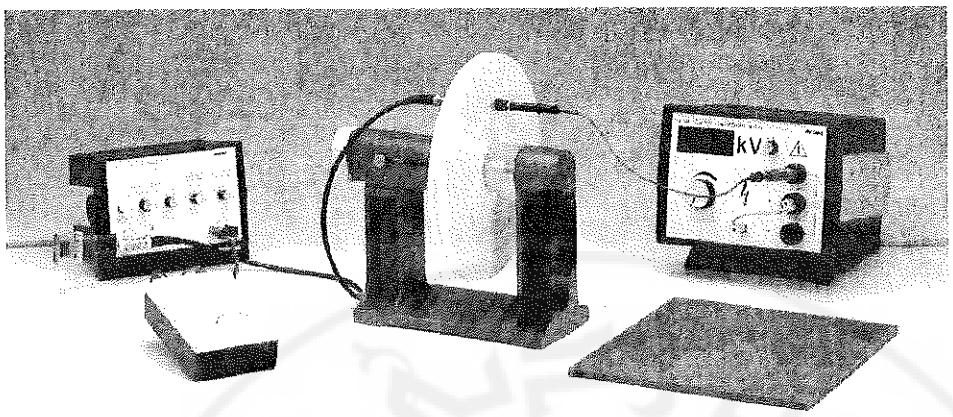
الشكل (1)

بقياس التوتر V_{out} بواسطة مقياس فولط يوضع بين طرفي المكثفة المعلومة. ولما كانت الإشارة ضعيفة في كثير من الأحيان يمكن وضع مضخم بين مقياس الفولط و المكثفة المعلومة C لتضخيم الإشارة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه نظراً لكون المكثفة المستوية C_0 والمكثفة المعلومة 220 nF موصولتين على التسلسل، فإن الشحنة على كل منهما هي نفسها. فإذا عرفنا توتر المكثفة المعلومة C فإننا نستطيع معرفة شحنتها Q_c التي تساوي الشحنة على المكثفة المستوية المدروسة Q_0 وعليه تكون شحنة المكثفة المستوية Q_c مقدرة بالكولون:

$$Q_c = Q_o = CV_{out} = 220nF \times V_{out} = 2.20 \times 10^{-11} V_{out}$$

يؤخذ على مضخم القياس: مقاومة دخل عالية، عامل تضخيم = $10^0 = 1$ وثابتة زمنية =0 ،فإذا كانت الإشارة على مقياس الفولط ضعيفة أخذنا معامل التضخيم $10^1 = 10$



مراحل العمل:

أ- قياس الشحنة Q_c كتابع للكمون عند مسافة ثابتة (d=0,02m)

- صل الدارة كما في الشكل (1).
- اضبط المسافة بين لبوسي المكثفة على مسافة (2cm).
- خذ عامل تضخيم في مضخم الإشارة 10^0 أو 10^1 حسب الحاجة.
- قم بتغيير الجهد العالي U من القيمة 0,5 kv إلى القيمة (4kv).
- اقرأ في كل مرة قيمة توتر الخرج V_{out} ورتب نتائجك في جدول كالتالي:

الجدول (1)

$C=218 \times 10^{-9}F$ $S= 0.0531m^2$

$d=2\ cm = 0.02\ cm$

V(kv)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
V_{out} (v)								
$Q_0=CV_{out}$								
$\varepsilon_0 = \frac{d}{S}\frac{Q_0}{V_{out}}$								

- ارسم الخط البياني لتحولات Q بدلالة V(kV)

(ب)- قياس الشحنة Q_0 كتابع للبعد بين اللبوسين عند كمون ثابت:

- اضبط الكمون المطبق V على القيمة (V=1.5 KV)
- ضع عامل التكبير في مضخم الإشارة على 10^o، فإذا كانت قراءة مقياس الفولط صغيرة اجعل عامل التكبير 10^1. ، وضع زر الثابتة الزمنية على الصفر.
- قم بتغيير المسافة بين لبوسي المكثفة على خطوات بدءاً من المسافة d=2mm إلى المسافة d= 10 mm وسجل نتائجك في جدول كالتالي:

الجدول (2)

C=218pF V=1.5kV

$V_{out}(v)$							
d(mm)	2	4	6	8	10	15	20
$\frac{1}{d}\left(\frac{1}{cm}\right)$							
$Q_0(nC)=CV_{out}$							
$\varepsilon_0 = \frac{d}{s}\frac{Q_0}{V_{out}}$							

- ارسم الخط البياني لتغيراتQ مع 1/d.
- استنتج من الرسم قيمة ε_0.

(جـ)- قياس الشحنة Q بدلالة الكمون v بوجود وسط عازل بين لبوسي المكثفة.

- ضع المادة العازلة بين لبوسي المكثفة بحيث تغطي كامل المساحة بينهما وبحيث يملأ الوسط العازل الفراغ بين اللبوسين بشكل محكم.
- ضع عامل التكبير في مضخم الإشارة على 10^0، واضغط على زر التصفير لضبط مقياس الفولط على الصفر.

- قم بتغيير الجهد العالي على خطوات بدءاً من 0.5kv وفي كل مرة اقرأ V'_{out} واحسب الشحنة Q' بوجود العازل.
- قم بقياس V_{out} بدون وضع العازل بين اللبوسين مع ملاحظة بقاء المسافة بين اللبوسين تساوي سمك العازل (d=0.98cm). وسجل نتائجك في جدول كالتالي:

الجدول (3):

V (kv)		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
بوجود العازل	V'_{out} (v)							
	$Q'(nC)=CV'_{out}$							
العازل هو الهواء	V_{out} (v)							
	$Q(nC)=CV_{out}$							
$\varepsilon=\frac{Q'}{Q}$								

1. احسب القيمة الوسطية لـ ε من الجدول السابق.
2. احسب الخطأ في الثابتة ε ($\Delta\overline{\varepsilon}$).
3. احسب الحقل الكهربائي بين لبوسي المكثفة في حالة وجود الهواء والعازل من أجل تطبيق كمون (U=1kV) وقارن بين القيمتين الناتجتين.
4. احسب الطاقة الكهربائية المختزنة في المكثفة السابقة C_0.
5. احسب كثافة الطاقة للمكثفة في الحالتين السابقتين.


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 17

تعيين المقاومة الداخلية والقوة المحركة الكهربائية لمنبع والتحقق من نظرية انتقال القدرة العظمى

Electromative Force and internal resistance of a source – The maximum power transfer theory

1-الغاية من التجربة:

آ- قياس القوة المحركة الكهربائية والمقاومة الداخلية لمنبع بالطريقة المباشرة، وذلك بقياس توتر الدارة المفتوحة وتيار الدارة القصيرة.

ب- قياس توتر الخرج V_L بين طرفي حمولة متغيرة والتيار I_L المار فيها، ورسم الخط البياني لتغيرات V_L بدلالة I_L.

ح- استنتاج المقاومة الداخلية والقوة المحركة الكهربائية للمنبع.

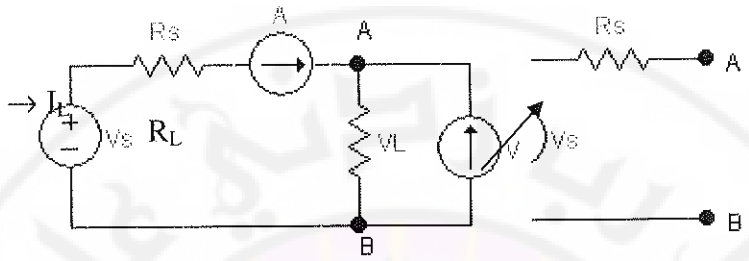
د- التحقق من نظرية انتقال القدرة العظمى من منبع إلى حمولة.

2-التمهيد النظري:

يعرف منبع التوتر المثالي بأنه المنبع الذي يعطي توتراً ثابتاً بين طرفيه مهما كانت قيمة التيار المار فيه، أي مهما كانت المقاومة الموصولة بين طرفيه. لكن المنابع الحقيقية نادراً ما تحقق هذا التعريف. فالتوتر الذي نقيسه بين طرفي منبع حقيقي يصبح أصغر من القوة المحركة الكهربائية للمنبع عندما يزداد التيار المار فيه. يفسر هذا التناقص بوجود مقاومة داخلية للمنبع. لذلك يمثَّل المنبع الحقيقي بمنبع مثالي قوته المحركة الكهربائية V_s موصول على التسلسل مع مقاومة داخلية R_s كما في الشكل(1)، مع ملاحظة أن R_s ليست جزءاً منفصلاً عن المنبع.

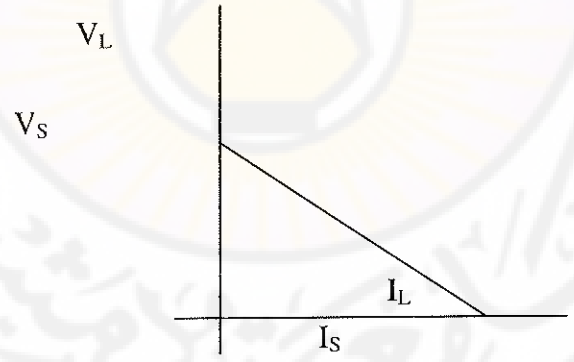
إذا وصلنا بين طرفي المنبع A و B مقاومة متغيرة R_L كما في الشكل (2) وطبقنا قانون كرشوف في التوتر على العروة نجد:

$$V_L=V_s - R_S I_L \qquad (1)$$



الشكل (1) الشكل (2)

إذا رسمنا تغير التوتر V_L بين طرفي المنبع بدلالة التيار I_L المار فيه نحصل على خط مستقيم كما في الشكل (3). يتقاطع هذا المستقيم مع المحور V_L عند القيمة $V_L = V_S$، وهي الموافقة لمرور تيار معدوم في المنبع، أو جعل المقاومة بين طرفيه لانهائية، وهذا ما يصطلح على تسميته بتوتر الدارة المفتوحة. فتوتر الدارة المفتوحة إذن هو $V_L = V_S$.



الشكل (3)

يتقاطع هذا المستقيم أيضاً مع المحور I_L عند القيمة $I_L = I_S$ وهي توافق الحالة التي تكون فيها المقاومة R_L بين الطرفين A و B معدومة، ومن ثمَّ فالتوتر بينهما

V_L يكون معدوماً أيضاً. وقد اصطلح على تسمية قيمة التيار هذه بتيار الدارة القصيرة بين الطرفين A و B. وعليه تكون قيمة التيار في حالة الدارة القصيرة:

$$I_S = \frac{V_S}{R_S} \qquad (2)$$

3-حساب القدرة المنتقلة من المنبع إلى مقاومة الحمولة:

تحسب القدرة P_L من العلاقة:

$$P_L = I_L^2 R_L \qquad (3)$$

لكن

$$I_L = \frac{V_S}{R_S + R_L} \qquad (4)$$

وبالتعويض في العلاقة (3) نجد:

$$P_L = \left(\frac{V_S}{R_S + R_L}\right)^2 \times R_L$$

$$P_L = \frac{V_S^2}{R_L} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{R_S}{R_L}\right)^2} \qquad (5)$$

وهي القدرة التي تستهلكها مقاومة الحمولة R_L .وهي كما نلاحظ دالة تابعة لمقاومة الحمولة R_L. ولكي تكون عظمى يجب أن يكون المشتق بالنسبة للمتحول الوحيد R_L معدوماً، أي يجب أن يتحقق:

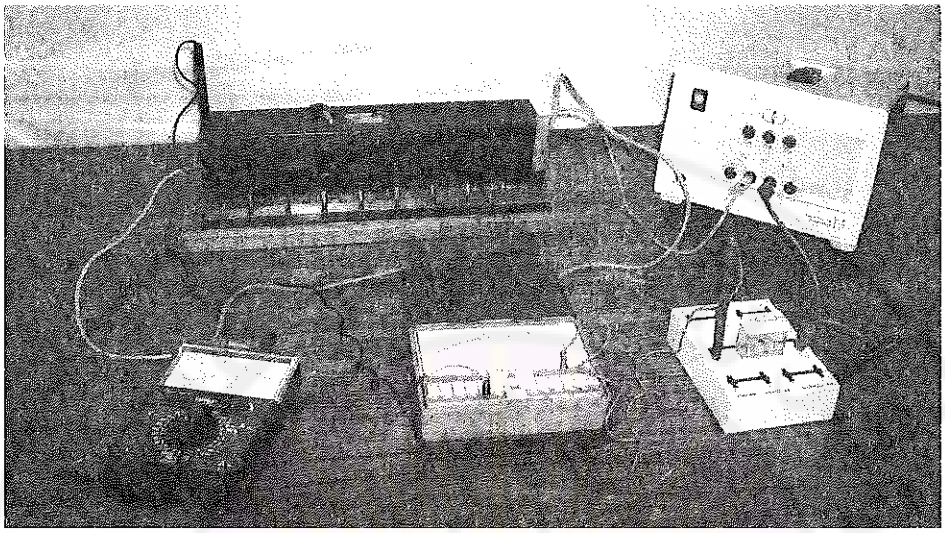
$$\frac{dP_L}{dR_L} = 0 \qquad (6)$$

وبإجراء عملية الاشتقاق وجعل الناتج مساوياً للصفر نحصل على الشرط التالي:

$$R_L = R_S \qquad (7)$$

وتكون قيمة القدرة العظمى في هذه الحالة:

$$P_{L\,max} = \frac{V_S^2}{4R_L} \qquad (8)$$



4-الأجهزة والأدوات المستعملة:

منبع تغذية مستمر أو أكثر، علبة مقاومات، مقياس أمبير، مقياس فولط.

5-الإجراءات التجريبية:

أولاً-قياس المقاومة الداخلية والقوة المحركة الكهربائية:

1- القياس المباشر: يبين الشكل (1) المنبع قبل وصل أي حمولة بين طرفيه A وB. وهو يمثل وضع الدارة المفتوحة.

آ-صل مقياس الفولط بين الطرفين A وB (مع مراعاة القطبية الصحيحة للوصل)، فالقيمة التي يشير إليها المقياس هي توتر الدارة المفتوحة V_S، وهي تمثل القوة المحركة الكهربائية للمنبع.

ب-استبدل الآن بمقياس الفولط مقياسَ الأمبير، ثم صل مربطيه إلى الطرفين A وB (مع مراعاة القطبية الصحيحة في الوصل)، فالقيمة التي يشير إليها مقياس الأمبير هي تيار الدارة القصيرة I_S (مقاومة

الحمولة معدومة، أي : $R_L = 0$). استخدم العلاقة $R_S = \frac{V_S}{I_S}$ واحسب المقاومة الداخلية للمنبع. ضع النتيجة على الشكل التالي:

توتر الدارة المفتوحة يعطي: $V_S = \ldots\ldots Volts$

تيار الدارة القصيرة يعطي: $I_S = \ldots\ldots A$

المقاومة الداخلية للمنبع: $R_S = \frac{V_S}{I_S} = \ldots\ldots \Omega$

احسب الخطأ المرتكب في قياس R_S وضع النتيجة على الشكل

$$R_S = \ldots\ldots \pm \Delta R_S$$

طريقة أخرى لقياس R_S:

آ-ركب الدارة كما هو مبين في الشكل (2)، وصل بين الطرفين A و B علبة مقاومات يمكن أن تأخذ منها مقاومات R_L معلومة ومتغيرة. صل بين طرفي علبة المقاومات مقياس الفولط بعد وضع مقياس الأمبير في الدارة على التسلسل، كما في الشكل (2).

ب- غيّر المقاومة R_L المأخوذة من علبة المقاومات وراقب قراءة مقياس الفولط. عندما يشير مقياس الفولط إلى قيمة V_L تساوي نصف قيمة V_S التي قستها في الخطوة السابقة، فقيمة المقاومة المأخوذة من علبة المقاومات تساوي المقاومة الداخلية R_S للمنبع.

2-القياس غير المباشر: وذلك بأخذ قيم مختلفة للمقاومة R_L من علبة المقاومات وقراءة شدة التيار I_L المار فيها والتوتر V_L بين طرفيها وتمثيل تغيرات التوتر بدلالة التيار بيانياً كما في الشكل (3). ولعمل ذلك نقوم بما يلي:

آ-ركب الدارة كما هو مبين في الشكل (2).

ب-غير المقاومة R_L من الصفر وحتى Ω 100، واقرأ في كل مرة شدة التيار I_L على مقياس الأمبير وفرق الكمون V_L على مقياس الفولط ودونها في جدول كالتالي:

الجدول (1)

$R_L(\Omega)$	1	2	4	6	8	10	15	20	25	30	40	50	100
$I_L(mA)$													
$V_L(V)$													

ج-ارسم على ورقة مليمترية تغيرات V_L بدلالة I_L، وتحقق أنك حصلت على خط مستقيم.

د-مدد الخط المستقيم من نهايتيه حتى يقطع محوري التوتر والتيار. استنتج القوة المحركة الكهربائية V_S للمنبع وتيار الدارة القصيرة I_S واحسب المقاومة الداخلية R_S للمنبع من العلاقة (2).

هـ-احسب ميل المستقيم واستنتج منه المقاومة الداخلية R_S .

و-قارن القيم التي حسبتها للمقدارين R_S و V_S باستخدام الطرق المختلفة السابقة.

ثانياً-قياس القدرة:

آ-رتب جدولاً كالجدول (2) مستخدماً معطيات الجدول (1) ثم املأ عمودي القدرة المقيسة P_L والقدرة المحسوبة من العلاقة (7) .

ب-ارسم على ورقة مليمترية (ويفضل أن تكون نصف لغاريتمية بحيث يخصص التدريج اللغاريتمي لتمثيل قيم المقاومات، كي يتسع لها جميعاً وكي لاتكون النقاط المقابلة لقيم المقاومة الصغيرة متراصة) تغيرات P_L بدلالة R_L.

ج-تحقق أن المنحني الذي حصلت عليه له ذروة (قيمة عظمى) للقدرة P_{Lmax} عند قيمة ما للمقاومة R_L . ما هي قيمة هذه المقاومة؟ وما هي قيمة P_{Lmax}؟

د–هل توافق قيمة R_L المقابلة للقدرة العظمى قيمة المقاومة الداخلية R_S التي قستها في المرحلة الأولى؟ هل تحقق النتائج التي حصلت عليها نظرية انتقال القدرة العظمى؟

هـ–قارن بين قيم P_L التجريبية والقيم المحسوبة في الجدول (2) من العلاقة (7).

الجدول (2)

مقاومة الحمولة $R_L(\Omega)$	تيار الحمولة $I_L(mA)$	توتر الحمولة $V_L(Volts)$	القدرة المقيسة (mW) $P_L = V_L I_L$	القدرة المحسوبة(mW) $P_L = \frac{V_S^2}{R_L} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{R_S}{R_L}\right)^2}$
2				
4				
6				
8				
10				
15				
20				
30				
40				
50				
100				

دون ملاحظاتك حول التجربة. هل كانت تجربتك ناجحة؟ ما هي الصعوبات التي واجهتك؟

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

التجربة 18

دراسة خواص صمام إلكتروني (ديود)

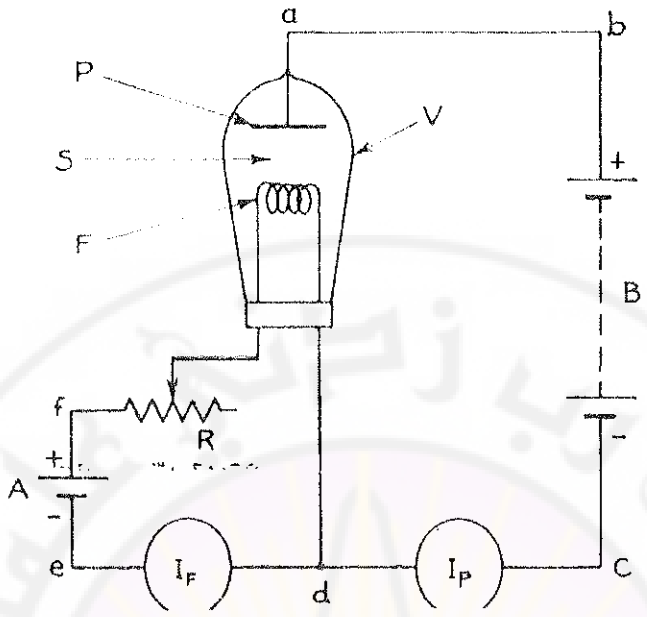
Characteristics Curves of Electron Tube (Diode)

الغاية من التجربة:

- رسم المنحنيات المميزة للصمام ثنائي المساري.
- تعيين درجة حرارة المهبط المسخّن.

التمهيد النظري:

كان الفيزيائي البريطاني جون أمبروز فليمينغ (John Ambrose Fleming) (1894-1945) أول من نشر، حوالي عام 1904 معلومات دقيقة تجريبية عن الصمام الإلكتروني ، ثنائي المساري (thermionic diode valve)، مستفيداً من تجارب توماس أديسون فيما يعرف بأثر أديسون (Edison Effect). فتح اختراع الصمام ثنائي المساري المجال أمام العلماء لعملية تقويم التيار منتجاً تياراً قادراً على تشغيل بعض الأجهزة الهامة، ثم تطور هذا الصمام ليأخذ شكل الصمام ثلاثي المساري والصمامات متعددة المساري كالكليسترون (Klystron) والماغنترون (Magnetron). هذه الاختراعات أدت إلى اكتشاف الترانزستور على يد العالم جون باردين (J.Bardeen) ورفاقه.



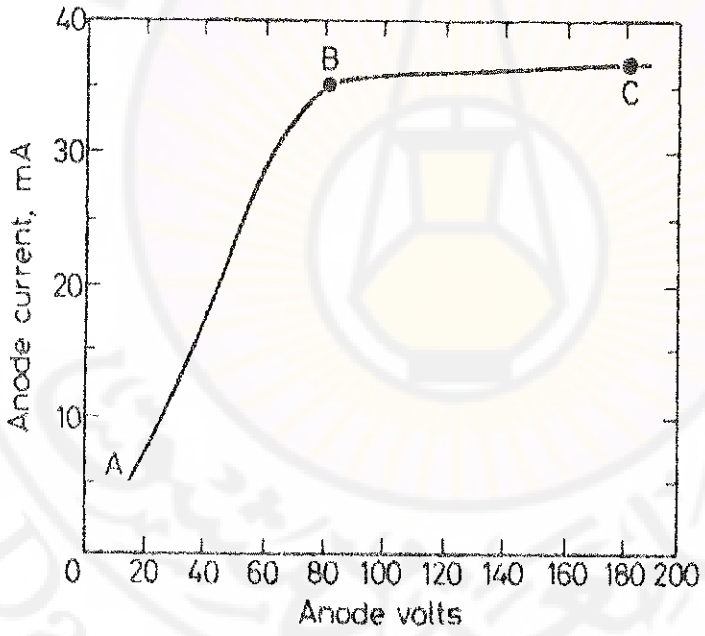
الشكل (1) بيان مبسط لهيئة و تكوين الصمام ثنائي المساري.

يتكون الصمام ثنائي المساري مبدئياً كما في الشكل (1) من فتيل F ومصعد P منضوبين في داخل وعاء زجاجي مخلى (evacuated) وعلى أن الفتيل سلك معدني مقاوم، تنطلق منه الإلكترونات لدى تسخينه بإمرار تيار كهربائي فيه. ويكون عدد الإلكترونات المتحررة هذه خلال وحدتي المساحة والزمن تابعاً لنوع معدن الفتيل من جهة ولدرجة حرارة التسخين من جهة أخرى، وهذا ما يعرف اليوم بأثر إديسون، الذي اكتشفه خلال بحوثه التي كان يجريها على المصباح التوهجي (Incandescent lamp). يطلق على الإلكترونات المتحررة حرارياً بالإلكترونات الحرارية (Thermionic Electrons)، ويعرف إصدارها بالمفعول الكهرحراري (Thermionic effect).

ولقد تبين لكل من إديسون ومن ثم فيلمينغ أنه لدى تسخين الفتيل يأخذ أثر إديسون مجراه وتنطلق الإلكترونات. وبوجود مصعد مجاور تنساق الإلكترونات

إليه مشكلة تيار المصعد (anode current). تشكل دراسة تغير هذا التيار مع تغير الكمون المطبق على المصعد، أي رسم المنحني المميز للصمام ثنائي المساري، محور اهتمامنا في هذه التجربة. كما سنعمد إلى تحري القوانين الحاكمة للإصدار في جزأين رئيسين من المنحني المميز للصمام ثنائي المساري هذا.

1. الجزء الذي يكون فيه التيار محدوداً بدرجة حرارة المهبط: فمن أجل تسخين محدد ومع زيادة الكمون المطبق على المصعد، يتزايد انسياق الإلكترونات نحو المصعد حتى يبلغ تيار المصعد I_s قيمة عظمى وذلك عندما تصل كل الإلكترونات المنطلقة من المهبط إلى المصعد، كما هو الوضع المحدد بالجزء BC في الشكل (2).



الشكل (2)

ويحكم هذا الجزء قانون ريتشاردسون التالي:

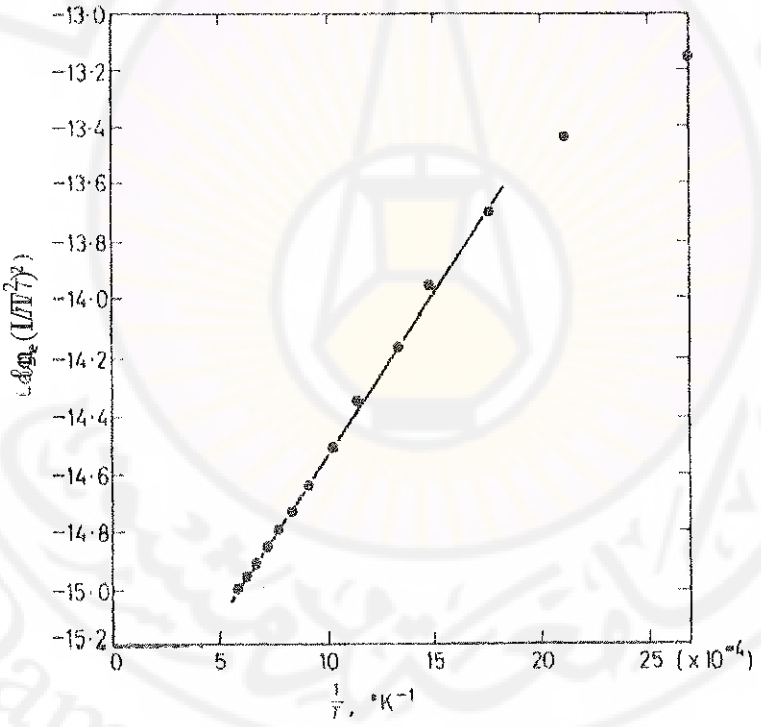
$$I_{saturation} = AT^2 \exp [- \phi_0 e / (kT)] \qquad (1)$$

حيث :A ثابت، **e** الشحنة الأساسية للإلكترون، Φ_0 تابع عمل معدن الفتيل، k ثابت بولتزمان، I_{sat} كثافة تيار إشباع الفتيل، وT درجة الحرارة المطلقة.

وبأخذ لوغارثم طرفي العلاقة (1) نحصل على:

$$\ell n_e (I_a / T^2) = \ell n_e A - [\phi_0 e /(kT)] \qquad (2)$$

ومن ثم بتمثيل $\ell n (I/T^2)$ بدلالة I\T نحصل على خطٍ مستقيم كالمبين في الشكل (3) الذي يمثل فيه المقدار $(\phi_0 e/ k)$ ميل هذا المستقيم بينما يقيس تقاطعه مع المحور $\ell n (I/T^2)$ المقدار $\ell n A$ الثابت A في الشكل (3).



الشكل (3)

2. الجزء الذي يكون فيه التيار محدوداً بشحنة الفضاء: وهذا هو الجزء AB من المنحني في الشكل (2) نشير هنا إلى حال لا تنساق فيه كل الإلكترونات نحو المصعد، فثمة غمامة من الإلكترونات تتجمع في المكان القائم بين الفتيل (مصدر الإلكترونات) والمصعد (محط الإلكترونات) تسمى شحنة الفضاء. وتسعى هذه الشحنة المكانية إلى نبذ الإلكترونات القادمة من الفتيل، فتعمل بذلك على الحد من تدفق تيار الصمام. وبناء على هذه الحقيقة أطلق على الجزء AB اسم منطقة شحنة الفضاء، والتي يكون فيها التيار محكوماً بقانون تشايلد لانغمويز (Child and Langmuir):

$$I_a = k\, V_a^{3/2} \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

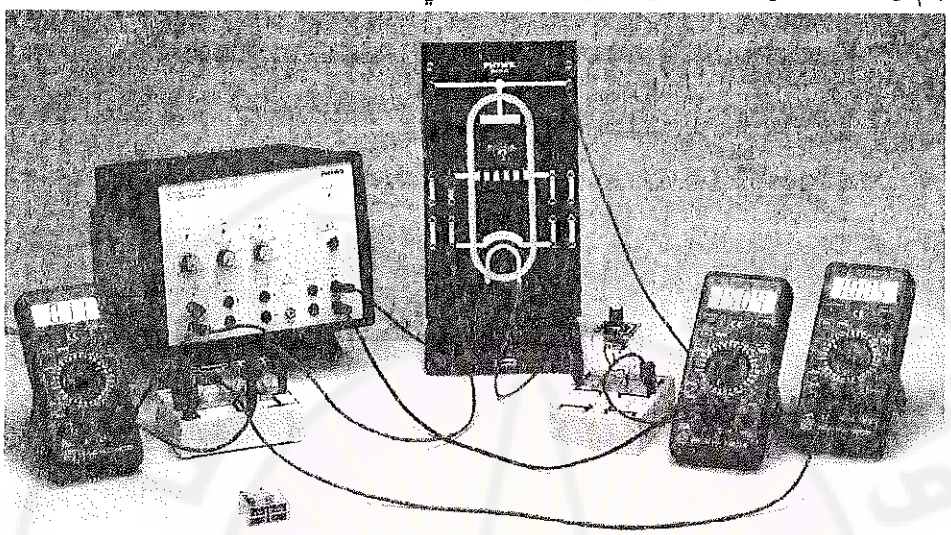
حيث تيار المصعد = I_a، كمون المصعد = V_a، وثابت = k، وللتأكد من قانون القوة هذا، يمكن للمجرب المتدرب تمثيل قياساته التجريبية المأخوذة من القطاع AB، (أي $\log I_a$ بدلالة $\log V_a$)، حيث يستخلص من ميل المستقيم القوة (3/2) ويعين قيمة k من تقاطعه مع المحور $\log V_a$.

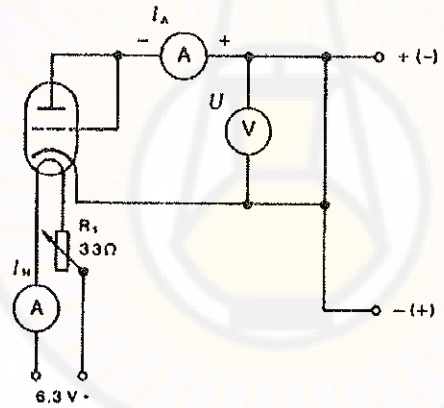
الأدوات والأجهزة التجريبية:

- صمام ثنائي المساري.
- قاعدة الصمام.
- مقاومة كربونية 22 KΩ, 1 kΩ.
- مقياس متعدد المجالات رقمي عدد 3.
- أسلاك توصيل.
- علبة توصيل.
- مجزىء كمون.
- وحدة تغذية 0 – 600 VDC.

طريقة العمل:

يتُم وصل التجربة كما هو مبين بالشكل التالي:





- صل الشبكة بالمصعد حتى يعطي الجهاز خصائص الصمام ثنائي المساري، يمكن تحديد تيار التسخين (ومن ثمَّ درجة حرارة المهبط) باستخدام المعدلة R_1.
- قس تيار المصعد I_a كتابع لكمون المصعد V_a من أجل تيارات تسخين مختلفة من (110 - 150 mA). وتوقف عن أخذ القياسات عندما يصبح تيار المصعد I_a أكبر من 30 mA.

- رتب نتائجك في جدول كالتالي (الجدول (1)):

الجدول (1) المنحنيات المميزة للديود ثنائي المساري

I_H(mA) تيار التسخين							
140 mA		130 mA		120 mA		110 mA	
I_α(mA)	V_α(V)	I_α(mA)	V_α(V)	I_α(mA)	V_α(V)	I_α(mA)	V_α(V)

- ارسم المنحني البياني لتحولات Ia بدلالة Va (المنحني المميز) من أجل كل قيمة من قيم تيار التسخين.
- ادرس خصائص التيار البدائي عند تيارات تسخين مختلفة. لعمل ذلك اعكس القطبية لمنبع التغذية (أي اجعل كمون المصعد سالباً) واعكس أيضاً قطبية مقياس الفولط وقس تيار المصعد بالميكرو أمبير ودون نتائجك في جدول كالجدول (2).

الجدول (2) التيار الابتدائي للمصعد عند كمونات مصعد سالبة من أجل تيارات تسخين مختلفة

I_H(mA) تيار التسخين					
150 mA		140 mA		130 mA	
I_α(mA)	V_α(V)	I_A(mA)	V_α(V)	I_A(mA)	V_α(V)

يعطى ميل المستقيم في التمثيل السابق بالعلاقة:

$$\beta = -\frac{e}{kT} \qquad (4)$$

حيث e شحنة الإلكترون، و k ثابت بولتزمان، و T درجة حرارة المهبط.

- استنتج من الرسم البياني السابق ميل كل من المستقيمات الثلاث واستخدم العلاقة (4) لحساب درجة حرارة المهبط في كل حالة.

Damascus University

التجربة 19

شحن المكثفة

Charging of Capacitors

الغاية من التجربة:

- دراسة عملية شحن مكثفة كهربائية

المبدأ النظري:

يعطى تيار شحن المكثفة بدلالة الزمن بالعلاقة التالية:

$$i(t) = I_0 e^{-t/RC} \qquad (1)$$

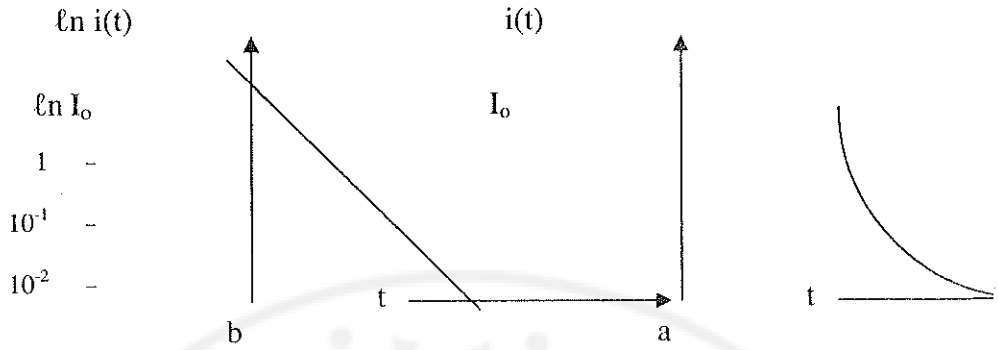
حيث: I_0: هو التيار الابتدائي في اللحظة t=0 ويساوي U_0/R حيث U_0 هو توتر منبع التغذية.

R: هي المقاومة الموجودة في الدارة الموصولة مع المكثفة C على التسلسل.

يسمى المقدار RC بالثابتة الزمنية للدارة لأن له أبعاد زمن ويرمز له بالرمز τ. إن تيار شحن المكثفة $i(t)$ يتضاءل بصورة أسية مع الزمن كما تشير إلى ذلك العلاقة (1).

وتصل قيمة التيار إلى الصفر بعد زمن لا نهائي نظرياً، أما من الناحية العملية فتقترب من الصفر بعد بضع ثوابت زمنية. وكلما ازدادت الثابتة الزمنية [إما بزيادة R أو بزيادة C أو بزيادتهما معاً]، أي ازداد الجداء τ=RC، تباطأ بتضاؤل التيار مع الزمن وأخذ وقتاً أطول ليهبط من القيمة I_0 إلى قيمة قريبة من الصفر.

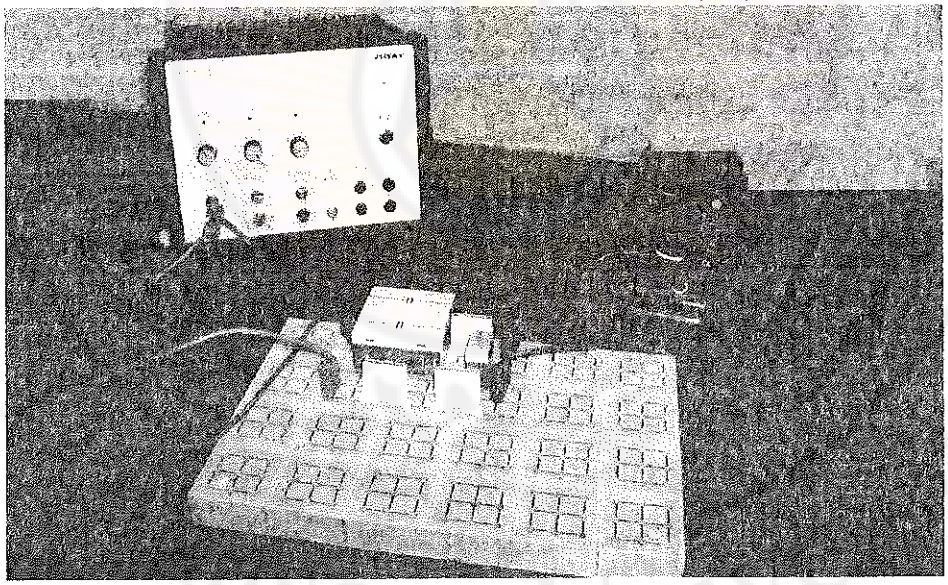
يبين الجزء (a) من الشكل (1) تغير التيار $i(t)$ مع الزمن مرسوماً على ورقة ميليمترية أما الجزء (b) من الشكل فيمثل تغير $\ell n[i(t)]$ بدلالة الزمن وهو مستقيم تقاطعه مع المحور التيار يعطى I_0 وميله $-1/\tau$.



الشكل (1)

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

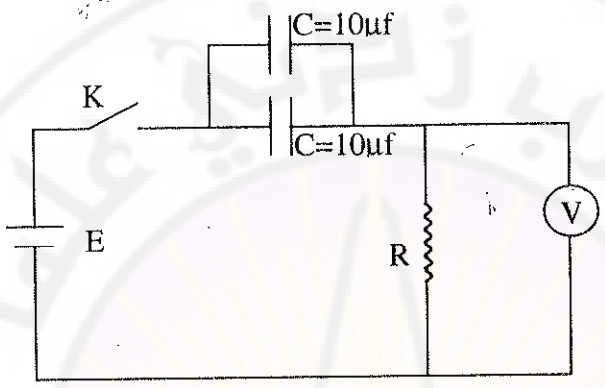
- مقاومة 1MΩ
- مجموعة مكثفات 10μF، 4.7μF عدد 2
- مقياس فولط رقمي
- منبع تغذية
- مجموعة جسور
- أسلاك توصيل



الشكل (2) صورة الدارة التجريبية

مراحل العمل التجريبي:

1- شكّل دارة كالمبينة في الشكل (2) واختر قيمة $E = 5V$ على المنبع و $R = 1M\Omega$ و $C = 20\ \mu F$ وذلك بوصل مكثفتين على التفرع قيمة كل منهما $10\mu F$، ثم ضع مقياس الفولط على المجال $20V$



الشكل (3)

2- قبل إغلاق الدارة بواسطة القاطعة k، تأكد من أن المكثفة مفرغة من الشحنة تماماً وذلك بوصل سلك ناقل بين طرفيها.

3- أغلق القاطعة k واضغط زر الميقاتية وراقب تغيرات قراءة مقياس الفولط على فترات مختلفة كل عشر ثوانٍ وسجل قيمة V_R في السطر المخصص لها من الجدول التالي. نحصل على قيمة تيار الشحن $i(t)$ من العلاقة:

$$i(t) = \frac{V_R}{R}$$

$E = 5V$ $R = 1M\Omega$

C(μF)	t(s)	0 5 10 15 20 25 30 35 .....
20	V_R(v)	
	i(A)	
10	V_R(v)	
	i(A)	
4.7	V_R(v)	
	i(A)	

4- انزع إحدى المكثفتين وأعد القياس السابق وسجل النتائج في جدول كالسابق

5- ضع مكثفة $C=4.7\mu F$ مكان المكثفة السابقة وأعد العمل من جديد.

6- ارسم على ورقة ميليمترية تغيرات تيار الشحن i(t)، بدلالة الزمن من أجل القيم الثلاث للمكثفة وذلك بأخذ البيانات التي حصلت عليها في الجدول السابق.

7- ارسم تغيرات i(t) بدلالة t على ورقة نصف لوغاريتمية بأخذ المحور المدرج لوغاريتمياً محوراً للتيار من أجل قيم المكثفات الثلاث.

8- في هذا الرسم تتحول العلاقة (1) إلى علاقة خطية

$$\ln i(t) = \ln I_0 - \frac{1}{RC}$$

وهي معادلة خط مستقيم ميله $\left(-\frac{1}{RC}\right)$ وتقاطعه مع محور i(t) هو $\ell n\, I_0$.

9- استخرج من الخط البياني (المستقيم) الذي حصلت عليه علاقة تيار شحن المكثفة مع الزمن والتي هي من الشكل:

$$i(t) = I_0 e^{-st}$$

10- استنتج قيمة $S = \frac{1}{RC}$ واستنتج قيمة تيار بدء الشحن I_o.

11- قارن هذه النتيجة مع مقلوب قيمة الثابتة الزمنية للدارة $\tau=RC$ ومع القيمة $I_o = \frac{E}{R}$.

المراجع

1. F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young, University Physics, seventh edition (1987), Addison-Wesley Series in Physics.
2. J.H. Avery, A.W.K. Ingram, Laboratory Physics, Third edition (1961), Heinemann.
3. طاهر تربدار وزملاؤه، تجارب في الفيزياء للسنوات الجامعية الأولى (1972)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
4. أحمد الحصري وزملاؤه، الفيزياء العملية (1984)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
5. لبيب بيضون وزملاؤه، الفيزياء العملية (1983)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
6. صفوح الموصلي وزملاؤه، الفيزياء العملية (2005)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
7. عدنان مصطفى وزملاؤه، تجارب في الكهرباء والمغنطيسية (2005)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
8. محمد قعقع، تجارب في الإلكترونيات (1984)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
9. محمد قعقع، الفيزياء العامة 2 (1986)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
10. مكي الحسني، الكهرباء والمغنطيسية (1987)، كتاب جامعي، منشورات جامعة دمشق.
11. جبور جبور وزملاؤه، تجارب في الفيزياء العامة (جزء الكهرباء) (1993)، كتاب جامعي، منشورات جامعة تشرين.


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

دليل المصطلحات العلمية

A

Absolute error	خطأ مطلق
Absolute incertitude	ارتياب مطلق
Abstract	ملخص
Absolute Zero	الصفر المطلق
Accurate reading	قراءة دقيقة–قراءة مضبوطة
Action	فعل
Action Contact	فعل التماس
Air	هواء
Alkali atoms	ذرات قلوية
Alternating	متناوب
Alternating current(A C)	تيار متناوب
Ammeter	مقياس آمبير
Ampere	آمبير(وحدة قياس التيار الكهربائي)
Amplification	تضخيم
Amplifier	مضخم
Amplification factor	عامل تضخيم
Amplitude	سعة
Amplitude of oscillation	سعة الاهتزاز
Analog	تمثيلي

Analog computer	حاسوب تمثيلي
Angle	زاوية
Angstrom unit	أنغستروم :وحدة طول
Anode	أنود –مصعد
Antiferromagnetism	مغنطيسية حديدية مضادة (متعاكسة)
Antiparallel	متعاكسان
Antisymmetric	لا متناظر
Aperiodic	لا دوري
Apex	قمة
Aphelion	نقطة ذروة
Apparatus	جهاز
Approximation	تقريب
Approximation methods	طرائق التقريب
Arc	قوس
Arc carbon lamp	مصباح القوس الفحمي
Area	مساحة
Argument	دليل –مضمون
Armature	حافظة للمغنطيس
Atomic unit	وحدة ذرية
Atomic weight	وزن ذري
Attraction	تجاذب /جذب
Attractive force	قوة جاذبة

Audio	سمعي
Audio signals	إشارات سمعية
Audio-frequency	تردد سمعي
Audiometer	مقياس السمع
Average	متوسط–وسطي –وسط
Average value	قيمة وسطية
Average velocity	سرعة وسطية–متوسط السرعة
Avogadro 's number	عدد افوغادرو
Axis	محور
Axis fixed	محور ثابت
Axis of rotation	محور الدوران
Axis of symmetry	محور التناظر
Analytic	تحليلي

B

Back electromotive force	قوة محركة كهربائية عكسية
Ballistic galvanometer	مقياس غلفاني قذفي
Battery	بطارية، مدخرة
Biot-Savart Law	قانون بيو–سافار
Bipolar	ثنائي القطبية
Bipolar transistor	ترانزستور ثنائي القطبية
Bright	مضيء –ساطع

C

Caloric	حراري
Caloric effecet	مفعول حراري
Caloric theory	نظرية السيال الحراري
Candle	قنديلة –شمعة
Calorific power	قدرة حرارية
Calorimeter	مسعر
Calorie	حريرة–سعرة
Candle	قنديلة –شمعة
Capacitive	وُسْعيّ
Capacitive reactance	ردية وسعية
Capacitor	مكثفة
Capacity	سعة
Carrier	حامل
Carrier of charge	حامل الشحنة
Cartesian coordinates	إحداثيات ديكارتية
Cathode	مهبط ، كاتود
Cathode rays	أشعة مهبطية
Cathode-rays oscillograph	راسم إهتزاز مهبطي
Cation	أيون موجب–كتيون
Cell	خلية
Celsius degree	درجة سليزيوس، مئوية
Celsius scale	سلم سلزيوس

Center of inertia	مركز العطالة
Center of gravity	مركز الثقالة
Center of mass	مركز الكتلة
Center of oscillation	مركز الاهتزاز
Center of symmetry	مركز التناظر
Centigrade degree	درجة مئوية
Centigrade scale	سلم مئوي
Central force	قوة مركزية
Centrifugal force	قوة نابذة
Charge	شحنة
Charge conservation	انحفاظ الشحنة
Charge density	كثافة الشحنة
Charge of electron	شحنة الاكترون
Charged	مشحون
Circuit	دارة
Circuit diagram	مخطط دارة
Circuit potential	كمون الدارة
Closed Circuit	دارة مغلقة
Composites	مركّبات
Composition	تركيب
Compound	مركّب
Conductor	ناقل، موصل
Conduction	نقل، إيصال

Conductance	ناقلية
Connect	يصل
Conservative	محافظ
Conservative filed	حقل محافظ
Conservation	انحفاظ
Conservation law of energy	قانون انحفاظ الطاقة
Conservation law of momentum	قانون انحفاظ الاندفاع
Conservation laws	قوانين الانحفاظ
Conservation of charge	انحفاظ الشحنة
Constant	ثابتة
Constant force	قوة ثابتة
Continuous (Direct) current(D.C)	تيار مستمر
Control panel	لوحة تحكم
Coordination	إحداثيات
Coordinate system	جملة إحداثية
Coulomb barrier	حاجز كولوني
Coulomb field	حقل كولوني
Coulomb law	قانون كولون
Coulomb repulsion	تدافع كولوني
Coulomb; unit of quantity of electricity	كولون:وحدة الشحنة الكهربائية
Counter electromotive force	قوة محركة كهربائية عكسية
Coil	ملف

Current	تيار
Current density	كثافة التيار
Current generator	مولد التيار
Current source	منبع التيار
Curve	منحني
Cycle	دورة
Cyclic	دوري

D

D ot product	جداء سلمي
D.c generator	مولد تيار مستمر
Demagnetization	إزالة المغنطة
Demagnetizing field	حقل مزيل للمغنطة
Densimeter	مقياس كثافة
Density	كثافة
Diamagnetic	معاكس المغنطيسية
Diamagnetic materials	مواد ذات مغنطيسية معاكسة
Diamagnetism	مغنطيسية معاكسة
Dielectric coefficient	معامل النفوذية الكهربائية
Dielectric constant	ثابت الكهرنافذ
Direct current D.c	تيار مستمر
Dynamo	مولد كهربائي:دينامو

E

Effect	مفعول
Effective	فعال
Effective potential	كمون فعال
Electric Charge	شحنة كهربائية
Electric circuit	دارة كهربائية
Electric condenser	مكثفة كهربائية
Electric conduction	توصيل كهربائي
Electric current	تيار كهربائي
Electric field	حقل كهربائي
Electric moment	عزم كهربائي
Electric potential	كمون كهربائي
Electric flux	تدفق كهربائي
Electric flux density	كثافة التدفق الكهربائي
Electric susceptibility	طواعية كهربائية
Electrical capacity	سعة كهربائية
Electrical conductivity	موصلية كهربائية
Electrical conductor	موصل كهربائي
Electrical discharge	تفريغ كهربائي
Electrical Energy	طاقة كهربائية
Electrical forces	قوى كهربائية
Electrical insulator	عازل كهربائي
Electricity	كهرباء

Electrode	مسرى إلكتروني
Electromagnetic effect	مفعول كهرطيسي
Electromagnet	مغنطيس كهربائي
Electromagnetic field	حقل كهرطيسي
Electromagnetic theory	نظرية كهرطيسية
Electromagnetic wave	موجة كهرطيسية
Electromagnetism	الكهرطيسية
Electromotive force	قوة محركة كهربائية
Electron	إلكترون
Electron tube	صمام إلكتروني
Electron charge	شحنة إلكترون
Electron cloud	سحابة إلكترونية
Electron emission	إصدار إلكتروني
Electron gun	مدفع إلكتروني
Electron mass	كتلة الإلكترون
Electrostatic	كهرباء ساكنة/ كهراكدة
Electrostatic energy	طاقة كهراكدة
Electrostatic filed	حقل كهراكدي
Electrostatic induction	تحريض كهراكدي
Electrostatic potential	كمون كهراكدي
Elementary charge	شحنة أولية
Energy	طاقة
Energy exchange	تبادل الطاقة

Equilibrium	توازن
Equilibrium Position	وضع التوازن
Equilibrium Stability	توازن مستقر
Equivalent	مكافئ
External force	قوة خارجية

F

Factor	عامل
Farad unit	فاراد –وحدةالسعة الكهربائية
Faraday effect	مفعول فارادي
Faraday constant	ثابتة فارادي
Ferromagnetic materials	مواد حديدية المغنطة
Ferromagnetism	مغنطيسية حديدية
Field	حقل
Field intensity	شدة الحقل
Flux	تدفق
Flux lines	خطوط التدفق
Force	قوة
Frame	جملة، إطار
Frame of reference	جملة مقارنة
Free	حر
Free energy	طاقة حرة
Free charge	شحنة حرة
Frequency	تواتر

Angular Frequency	تواتر زاوي
Frequency of oscillation	تردد الاهتزاز:تواتر الاهتزاز
Function	تابع، دالة

G

Galvanometer	مقياس غلفاني
Gauss	غاوس:وحدة الحقل المغنطيسي
Gauss principle	مبدأ غاوس
Geomagnetism	مغنطيسية أرضية
Graph	رسم بياني
Graphical analysis	تحليل بياني
Graphical representation	تمثيل بياني

H

Half-wave	نصف موجة:نوبة واحدة
Hall coefficient	معامل هول
Hall effect	مفعول هول
Hertz	هرتز
High voltage	فلطية عالية
Hyperbola	قطع زائد

I

Impedance	ممانعة
In phase	توافق في الطور
In series	على التسلسل
Incertitude	ارتياب
Absolute Incertitude	ارتياب مطلق

Incertitude Relative	ارتياب نسبي
Incommensurable	غير قابل للتقدير، لا قدور
Induced	متحرض
Induced charge	شحنة متحرضة
Induced current	تيار متحرض
Induced magnetism	مغنطيسية متحرضة
Inductance	تحريضية
Induction	تحريض
Inductive reactance	ردّية تحريضية
Inductor	محرِّض
Insulated conductor	موصل معزول
Insulator	عازل
Integral	تكامل
Intensity	شدة
Intensity of current	شدة التيار
Interpolation	استقراء داخلي
Internal electric field	حقل كهربائي داخلي
Internal resistance	مقاومة داخلية
International units	وحدات دولية
Interrupter	قاطعة
Intersection	تقاطع
Isolated	معزول
Isolated System	جملة معزولة

Isolation	عزل

J

Joule	جول
Joule effect	مفعول (أثر) جول
Joule heating	تسخين بمفعول جول
Junction	وصلة
Joule effect	مفعول جول

K

kilo	كيلو
kilo watt	كيلوواط
kilo watt-hour	كيلو واط ساعة
Kirchhoff' voltage law(KVL)	قانون كيرشوف للفلطية
Kirchhoff's current law(KCL)	قانون كيرشوف للتيارات
Kirchhoff's Law	قانون كيرشوف
Kronecker delta	دلتا كرونكر

L

Law	قانون
Law of areas	قانون السطوح
Law of conservation	قانون الانحفاظ
Left-hand rule	قاعدة اليد اليسرى
Linear	خطي
Linear equation	معادلة خطية
Linear momentum	اندفاع خطي
Lines	خطوط

Lines of field	خطوط الحقل
Lissajous figures	منحنيات ليساجو
Logarithmic	لوغارتمي
Logarithmic-graph	منحني بياني لوغارتمي

M

M e v ; unit	مليون إلكترون فلط:وحدة طاقة
Magnet	مغنطيس
Magnet coil	ملف المغنطيس
Magnet pole	قطب المغنطيس
Magnetic	مغنطيسي
Magnetic current	تيار مغنطيسي
Magnetic anisotropy	لا تناح مغنطيسي
Magnetic armature	حافظة المغنطيس
Magnetic attraction	تجاذب مغنطيسي
Magnetic axis	محور مغنطيسي
Magnetic bar	قضيب مغنطيسي
Magnetic circuit	دارة مغنطيسية
Magnetic constant	ثابت مغنطيسي
Magnetic dipole moment	عزم ثنائي القطب
Magnetic electricity	كهرباء مغنطيسية
Magnetic energy	طاقة مغنطيسية
Magnetic field strength	شدة الحقل المغناطيسي
Magnetic filed	حقل مغناطيسي

Magnetic flux density	كثافة التدفق المغنطيسي
Magnetic force	قوة مغناطيسية
Magnetic induction	تحريض مغنطيسي
Magnetic moment density	كثافة العزم المغنطيسي
Magnetic moment of electron	عزم مغنطيسي للإلكترون
Magnetic susceptibility	طواعية مغنطيسية
Magnetism	مغنطيسية
Magnetization	مغنطة ، تمغنط
Magneto statics	مغنطيسية ساكنة
Magnetoelectricity	كهرباء مغنطيسية
Mass of the electron	كتلة الإلكترون
Maximum power transfer	انتقال القدرة العظمى
Maximum power transfer theorem	نظرية انتقال القدرة العظمى
Mean	متوسط ،وسطي،وسط
Measure	قياس ،مقياس
Measure of time	قياس الزمن
Mechanical energy	طاقة ميكانيكية
Mechanical equivalent	مكافئ ميكانيكي
Mechanical equivalent of heat	مكافئ ميكانيكي للحرارة
Meghom or megaohm	ميغا أوم
Moment	عزم ،لحظة،زمن
Moment of a vector	عزم متجه
Moment of couple	عزم المزدوجة

Moment of torsion	عزم الفتل
Moving charge	شحنة متحركة
Multipole	متعدد الأقطاب

N

Nanometer	نانو متر
Negative	سالب
Negative pole	قطب سالب
Newton's second law	قانون نيوتن الثاني

O

Oersted	أورستد :وحدة الحقل المغنطيسي
Ohm	أوم:وحدة المقاومة الكهربائية
Ohmic resistance	مقاومة أومية
Ohmmeter	مقياس اوم
Ohm's law	قانون أوم
Open circuit	دارة مفتوحة
Open circuit voltage	فلطية الدارة المفتوحة
Oscillating motion	حركة اهتزازية
Oscillator	مذبذب ، هزاز،هزازة
Oscillograph	راسم الاهتزاز
Output current	تيار الخرج
Output impedance	ممانعة الخرج

P

Parallel connection	وصل على التوازي
Parallel-plate capacitor	مكثفة متوازية اللبوسين

Paramagnetism	مغناطيسية مسايرة
Part per million(p.p.m)	جزء من مليون
Periodic motion	حركة دورية
Periodic wave	موجة دورية
Periodical	دوري
Permeability	النفوذية المغنطيسية
Permittivity	سماحية كهربائية
Phase	طور
Plate	مصعد، صفيحة
Plate current	تيار المصعد
Plate resistance	مقاومة الصفيحة
p-n junction	وصلة p-n
p-n-p teansistor	ترانزستور p-n-p
Positive Pole	قطب موجب
Positive Potential	جهد موجب ، كمون موجب
Potential	كمون،جهد
Potential difference	فرق الجهد،فرق الكمون
Potential divider	مجزئ كمون، مجزئ جهد
Potential energy	طاقة كامنة
Potential well	بئر جهد،بئر كمون
Potentiometer	مقياس جهد
Power supply	منبع تغذية
Primary circuit	دارة أولية

Primary coil	ملف أولي
P-type semiconductor	نصف ناقل نوع p

R

Radius	نصف قطر
Random electrostatic field	حقل كهراكدي عشوائي
Repulsion	تنافر ، تدافع
Repulsive energy	طاقة التنافر
Resistance	مقاومة
Resistance box	علبة المقاومات
Resisting medium	وسط مقاوم
Resonance	تجاوب
Resonance amplitude	سعة التجاوب
Resonance frequency	تردد التجاوب ،تواتر التجاوب
Resonance energy	طاقة التجاوب

S

Sample	عينة
Scalar	سلمي
Scalar product	جداء سلمي
Scalar quantity	كمية سلمية
Scalar field	حقل سلمي
Scalar potential	كمون سلمي
Scale	سلم
Scattering	تبعثر

Sciences	علوم
Scientific	علمي
Screen	شاشة، حاجز
Sea level	مستوى البحر
Second	ثانية
Secondary coil	ملف ثانوي
Self – energy	طاقة ذاتية
Self - field	حقل ذاتي
Self induction	تحريض ذاتي
Sensitive	حساس
Sensitivity	حساسية
Sensors	محسات ، مشعرات
Series	سلسلة
Shape	شكل
Shearing	قص
Shear modulus	معامل القص
Shear strain	انفعال القص
Shear stress	إجهاد القص
Shell	طبقة
Simple	بسيط
Simulation	محاكاة
Sinusoidal current	تيار جيبي
Software	برمجيات

Solar	شمسي
Solar energy	طاقة شمسية
Solar light	ضوء الشمس
Solid	صلب
Solid angle	زاوية مجسمة
Solenoid	ملف
Source	منبع – مصدر
South pole	قطب جنوبي
Space	فضاء، مكان
Specific	نوعي
Specific Heat	حرارة نوعية
Speed	سرعة
Sphere	كرة
Spherical	كروي
Spherical coordinates	إحداثيات كروية
Spherical surface	سطح كروي
Spiral	لولبي
Spiral path	مسار لولبي
Spring constant	ثابت المرونة
Stability	استقرار، ثبات
Stable	مستقر
Stable orbit	مدار مستقر
Stand	حامل، منصب

Steady	مستقر، ثابت
Steady current	تيار مستقر
Steady state	حالة مستقرة
Steam	بخار
Steam engine	آلة بخارية
Sum	مجموع
Surface	سطح
Surface tension	توتر سطحي
Switch	قاطعة
Symmetry	تناظر، تماثل
System	منظومة، مجموعة

T

Table	جدول، قائمة
Tangent	مماس
Tangential	مماسي
Technology	تقانة
Temperature	درجة الحرارة
Tensile	شد
Tensile strain	انفعال الشد
Tensile strength	مقاومة الشد
Tensile stress	إجهاد الشد
Tension	توتر
Tesla	تسلا

Thermal	حراري
Thermal capacity	سعة حرارية
Thermal conduction	نقل حراري
Thermal conductivity	ناقلية حرارية
Theoretical	نظري
Theory	نظرية
Thermometer	ميزان حرارة
Time	زمن
Timer	مؤقت
Toroid	وشيعة حلقية
Torque	عزم الفتل
Torsion	فتل
Track	مسار، أثر
Trajectory	مسار
Transformation	تحويل، تحول
Transformer	محولة
Triangle	مثلث
Tube	أنبوب

U

Ultrasonic	فوق صوتي
Ultraviolet rays	أشعة فوق بنفسجية
Undetermined	غير محدد
Uniform	منتظم

Uniform acceleration	تسارع منتظم
Uniform velocity	سرعة منتظمة
Unit	وحدة
Universal	عام، شامل

V

Vacancy	شاغر
Vacuum	خلاء
Vacuum polarization	استقطاب الخلاء
Valve	صمام
Valve diode	ديود صمامي
Variation	تغير
Vector potential	كمون متجه
Vector	شعاع، متّجه
Velocity of light	سرعة الضوء
Vertical accecleration	تسارع شاقولي
Vertical axis	محور شاقولي
Vertical deflection plates	لوحا الانحراف الشاقولي
Vertical input	مربط الدخل الشاقولي
Vibration	اهتزازة
Vibrational energy	طاقة اهتزازية
Vibrational motion	حركة اهتزازية
Vibrator	هزاز
Volt	فولط

Voltage	فلطيه
Voltage divider	مجزئ فلطيه
Voltage drop	هبوط الفلطية
Voltage gain	ربح الفلطية
Voltage law	قانون الفلطية
Voltage pulse	نبضة الفلطية
Voltage source	منبع الفلطية
Voltmeter	مقياس الفلطية
Volt-ampere characteristic	منحني مميز فلط-أمبير
Volume	حجم

W

Water equivalent	مكافىء مائي
Watt,j.	ج.واط
Watt;unit of power	واط: وحدة القدرة (الإستطاعة)
Wave	موجة
Weak field	حقل ضعيف
Weak forces	قوى ضعيفة
Weight	ثقل. وزن
Wheatstone bridge	جسر وطسطن
wick	فتيل
Wire	سلك
Wire for connection	سلك توصيل
Work	عمل

Work function	دالة العمل
X	
x-axis	محور السينات، محور الفواصل
Y	
Y-axis	محور العينات، محور التراتيب
Z	
Zero	صفر
Zero potential	كمون صفري
Z-parameters	الوسطاء z في الترانزستور

Damascus University

اللجنة العلمية:

أ. د. فخري كتوت

أ. د. فوزي عوض

أ. د. محمد سعيد محاسنة

المدقق اللغوي:

أ. د. برهان أبو عسلي

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية


وقل رب زدني علما
Damascus University