بسم الله الرحمن الرحيم

تجارب عملية
في الكهرباء و المغناطيسية

تأليف

د. صالح نعيمان عويض العمري

قسم الفيزياء – كلية العلوم

جامعة طيبة

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣١هـ (٢٠١٠م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمري ، صالح نعيمان عويض

تجارب عملية في الكهرباء والمغناطيسية. / صالح نعيمان عويض العمري ؛ الرياض ، ١٤٢٨هـ

٢٥٦ص؛ ١٧سم × ٢٤سم

ردمك : ٧-٦٦٩-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

١-المغناطيسية الكهربائية أ-العنوان

ديوي ، ٥٣٠,١٤١ ١٤٣١/٥٨١٤

رقم الإيداع : ١٤٣١/٥٨١٤

ردمك : ٧-٦٦٩-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه الثاني عشر للعام الدراسي ١٤٣٠/ ١٤٣١هـ، الذي عقد بتاريخ ٢٣/ ٢/ ١٤٣١هـ، الموافق٧/ ٢/ ٢٠١٠م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٣١هـ

مقدمة المؤلف

الحمد لله والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

بتوفيق وفضل من الله هذا الكتاب هو الطبعة الثانية من كتاب تجارب عملية في الكهرباء والمغناطيسية والذي تكوّن نتيجة محاولة تركيب وتشغيل جميع التجارب المتوفرة في معمل الكهرباء والمغناطيسية بقسم الفيزياء كلية العلوم جامعة طيبة. حفاظاً على مكونات هذه التجارب من جهة وتطويراً لبعضها الآخر من خلال إدخال الوسيط البيني interface في التجربة من جهة ثانية.

فلقد تم تشغيل جميع هذه التجارب التي يحتويها هذا الكتاب وبذلك أرجو أن يكون في مقدمة تلك الكتب العملية العربية أو الأجنبية التي تناولت معملاً خاصاً بالكهرباء والمغناطيسية فقط.

ولقد حاولت تسهيل شرح تركيب التجارب مستعيناً بالتصوير الرقمي والرسم المحاكي أو الشارح للصور وذلك لكي يعتمد الطالب على نفسه في توصيل التجربة. و رسمت جميع الدوائر الكهربائية والأجهزة العلمية بواسطة معالج الكلمات Microsoft word processing مما سهل وجودها وتناسقها مع الكتابة والصور في آن واحد .

و جاءت التجارب مرتبة من قانون كولوم إلى المحول الكهربائي لكي يتمشى هذا الترتيب مع التدريج المعتاد في تدريس مواد الكهرباء والمغناطيسية في الجامعات.كما تميزت بعض هذه التجارب باستخدام الحاسب الآلي تمشياً مع التطور الحاصل في هذا المجال.

و نجد أن كل تجربة مفصولة في جانبها النظري عن التجارب الأخرى لذلك لم يكن هناك إشارات مرجعية إلى تجارب سابقة حفاظاً على تكامل التجربة في صفحات متسلسلة لكي يسهل على الطالب الإلمام بالتجربة دون التشتت بين صفحات الكتاب وكذلك إدراكاً بعدم توفر جميع هذه التجارب بهذا التسلسل لدى الطالب.

ويحتوي هذا الكتاب كيفية حساب الأخطاء المعملية بطريقة مختصرة وميسرة ولم أتناول كيفية الرسم أو حساب الميل ؛ لأن الطالب يفترض فيه أنه ألمّ بهذه الجوانب في مواد مسبقةَ.

ويسعدني بل يشرفني أن أتوجه بالشكر والتقدير الخالص إلى جميع أعضاء قسم الفيزياء في كلية العلوم لتشجيعهم المستمر والشكر الخاص للأستاذ سالك معلوم لتصحيحه اللغوي.

ويسعدني أن أتلقى الملاحظات و الآراء أو طلب المساعدة والاستفسار من أي قارئ لهذا الكتاب لكي تعم الفائدة المرجوة بإذن الله.

هذا وأسأل المولى عز وجل أن يجعل ما بذل من جهد في موازين حسناتنا وأن ينفع به أبناء أمتنا الإسلامية إنه على ذلك قدير و بالإجابة جدير و آخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المؤلف

حساب الأخطاء المعملية

أغلب التجارب العملية لابد أن يكون في أدائها أخطاء عشوائية خلال قياس القيمة الفيزيائية المراد قياسها من التجربة. لذلك لابد من طرق إحصائية لتقدير القيمة الحقيقية أو الصحيحة ومدى مصداقية نتائج التجربة. ويتم ذلك من خلال حساب الفرق بين النتيجة والقيمة الصحيحة إذا كانت معروفة مسبقا وهناك حسابات إحصائية لمعرفة مدى التوافق أو الاختلاف بين سلسلة النتائج لتجربة واحدة والمفترض أن تعطي قيمة واحدة صحيحة.

فالدقة في النتيجة النهائية (Accuracy) هي مدى توافق القيمة المقاسة مع القيمة الحقيقية أو القيمة المقبولة أو المتوقعة.

أما الدقة بين سلسلة النتائج والتي يفترض أن تعطي قيمة واحدة (Precision) فهي مدى توافق القيم المحصلة للتجربة مع بعضها البعض.

ففي كثير من التجارب العملية في المرحلة الجامعية تكون نتيجة التجربة معروفة مسبقاً ولها قيمة قياسية ففي هذه الحالة يمكن تحديد دقة التجربة العملية وذلك بمقارنة النتيجة العملية مع النتيجة القياسية للتجربة. إذا كانت النتيجة العملية هي x_i والقيمة القياسية هي K فإن:

الخطـ ـأ المطلـ ـق Absolute error هـو القيمـة الموجبـة لحاصـل الفـرق بيـنهم : $|x_i - K|$.

أما **الخطأ النسبي** Percentage error في هذه الحالة فيكون كما يلي :

$$\frac{|x_i - K|}{K} \times 100$$

وإذا مـا أجريـت التجربـة عـدة مـرات وذلـك للحـصول علـى نتيجـة واحـدة مـع افتراض عدم وجود خطأ منتظم أو خطأ شخصي. و كانت القيم قريبة من بعضها البعض دل ذلك على أن نسبة الخطأ بسيطة وعادية أما إذا كـان هنـاك قيمـة بعيـدة جـداً عـن القـيم الأخرى فالأفضل استبعاد هذه القيمـة كليـاً وعـدم إدخالهـا في حـساب المتوسـط الحـسابي للقيم ؛ وذلك لأنه قد يكون هناك خطأ شخصي أو مؤثر خارجي لم يتم إدراكه.

وإحـصائيا يكـون **المتوسط الحـسابي** ($\overline{X}$)Arithmetic mean للقـيم المحـصل عليها أفضل تقريب للقيمة الحقيقية K.

ويحسب **المتوسط الحسابي** ($\overline{X}$) بالقانون :

$$\overline{X} = (\frac{1}{N}) \sum_{1}^{N} X_i$$

حيث N عدد القياسات x_i, هي القيم العملية المحصل عليها.

مثال : إذا افترضـنا أن هنـاك أربـع نتـائج لقيمـة X هـي 18.40, 19.70, 17.30, 20.60 فإن المتوسط الحسابي هو :

$$\overline{X} = (1/4)(\ 20.60 + 17.30 + 19.70 + 18.40) = 19$$

ولتحديد مـدى التوافـق بـين سلـسلة نتـائج التجربـة يـتم ملاحظـة مـدى الانحـراف بينهـا وذلك من خلال حساب ما يسمى **الانحراف المعياري** (σ) Standard deviation والـذي يحسب حسب القانون :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{N}}$$

حيث δ_i هو الانحراف لكل قراءة deviation of individual data وهو حاصل الفرق بين المتوسط الحسابي $\overline{X}$ وقيمة كل قراءة x_i :

$\overline{X}$ -x_i

ومن ثم فإن الانحراف المعياري (σ) يكون كما يلي :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 ..... (x_N - \bar{x})^2}{N}}$$

للمثال السابق فان الانحراف المعياري (σ) يكون كما يلي :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(18.4-19)^2 + (19.7-19)^2 + (17.3-19)^2 + (20.6-19)^2}{4}} = 1.25$$

وتشير قيمة الانحراف المعياري إلى وجود النتائج في مدى معين حول المتوسط الحسابي. فحسب النظرية الاحتمالية probability Theory فإنه تقريباً 68.3% من النتائج المقاسة يفترض أن تكون في مدى زايد أو ناقص الانحراف المعياري إلى قيمة المتوسط ($\bar{x} \pm \sigma$) وتقريباً 95.5% من النتائج المتكررة تكون في مدى ($\bar{x} \pm 2\sigma$) . فالمثال السابق حسب الانحراف المعياري فانه يفترض وجود نسبة 68.3% من النتائج المتكررة في مدى من 17.75 إلى 20.25 . و نسبة 95.5% تكون في مدى من 16.5 - 21.5 . وللحصول على أكبر مدى يحقق مزيداً من الدقة يفترض تكرار التجربة أكثر من أربع مرات (مابين ١٠ - ٢٠ مره).

ولتحديد المدى الذي يجب أن يقع فيه المتوسط الحسابي يتم حساب ما يسمى **بالخطأ المعياري** (α) **Standard error** ويحسب كالتالي :

$$\alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

حيث σ هو الانحراف المعياري و N هو عدد تكرار التجربة . و في المثال السابق يكون الخطأ المعياري (α) 0.63 ويعني ذلك أن قيمة المتوسط الحسابي تكون بنسبة 68.3% التي تقع في المدى(19±0.63) ومن ثم إذا اعتبرنا المتوسط الحسابي قيمة صحيحة فإن القيمة الصحيحة للتجربة تقع حسب هذه النسبة في هذا المدى.

المحتويات

مقدمة الكتاب ..... هـ-
حساب الأخطاء العملية ..... ز
التجربة ١ : تحقيق قانون كولوم COULOMB ١
التجربة ٢ : استخدامات جهاز متعدد القراءات (الملتيميتر MULTMETER) ١١
التجربة ٣ : تحقيق قانون أوم والتوصيل على التوالي والتوازي للمقاومات من خلال قيمة الجهد والتيار ٢١
التجربة ٤ : تعيين قيمة مقاومة مجهولة وتحقيق قانوني التوالي والتوازي باستخدام القنطرة المترية ٢٩
التجربة ٥ : تجربة مولد فان دي جراف ٣٧
التجربة ٦ : المقارنة بين سعتي مكثفين باستخدام جلفانومتر قذفي..... ٤٣
التجربة ٧ : دراسة عمل جلفانومتر الظل..... ٥١
التجربة ٨ : استخدام جلفانومتر الظل لتعيين المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي الأرضي ٥٧

التجربة ٩ : تعيين المقاومة الداخلية لعامود كهربائي(بطارية) باستخدام سلك مقياس الجهد..... ٦٣
التجربة ١٠ : إيجاد المقاومة النوعية لسلك باستخدام صندوق البريد ٧١
التجربة ١١ : إيجاد قيمة مقاومة أميتر AMMETER ٧٩
التجربة ١٢ : دراسة سعة المكثف ذي اللوحين ٨٧
التجربة ١٣ : تعجيل شحنة الإلكترون بواسطة المجال الكهربائي ٩٥
التجربة ١٤ : تعيين نسبة الشحنة إلى الكتلة للإلكترون ١٠١
التجربة ١٥ : دراسة انحراف الإلكترون نتيجة إلى دخوله في مجال مغناطيسي بملاحظة المسار الدائري كاملاً ١٠٩
التجربة ١٦ : تعيين سعة مكثف باستخدام دائرة تيار متردد ١١٧
التجربة ١٧ : دارسة خطوط المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي ١٢٣
التجربة ١٨ : إيجاد ثابت التناسب بين التيار المارفي ملفي هيلمولتز والمجال المغناطيسي المتكون بينهما..... ١٢٩
التجربة ١٩ : إثبات شروط هيلمولتز Helmholtz لزوجين من الملفات المتصلة على التسلسل ١٣٥
التجربة ٢٠: قياس المجال المغناطيسي الناتج من مرور تيارفي سلك موصل مستقيم ١٤١
التجربة ٢١ : تحقيق قانون المجال المغناطيسي المتكون في ملف لولبي ١٤٩
التجربة ٢٢ : دراسة الجهد المتكون الحث المغناطيسي.....١٥٥
التجربة ٢٣: قياس الجهد المتولد في موصل على شكل عروة يتحرك في مجال مغناطيسي ١٦٣
التجربة ٢٤ : إيجاد المجال المغناطيسي المسبب لقوة مؤثرة على سلك يمر فيه تيار كهربائي ١٦٩

التجربة ٢٥: تعيين تردد تيار متناوب في سلك موجود في مجال مغناطيسي ١٧٥
التجربة ٢٦: تحقيق قانون القوة الناتجة بين سلكين يمر فيهما تيار كهربائي ١٨١
التجربة ٢٧: دراسة القوة المتولدة بين موصلين يحملان تياراً كهربائياً ١٩١
التجربة ٢٨: دراسة المجال المغناطيسي المتكون من ملف دائري ١٩٧
التجربة ٢٩: تعيين قيمة المجال المغناطيسي للأرض بواسطة ملف دائري.....٢٠٣
التجربة ٣٠: تجربة إيجاد قيمة مقاومة كبيرة عن طريق تفريغ مكثف كهربائي ٢١١
التجربة ٣١: تعيين معامل الحث الذاتي لملف باستخدام دائرة تيار متردد ٢١٩
التجربة ٣٢: تجربة محول الجهد ٢٢٥
المراجع ٢٣١
ثبت المصطلحات ٢٣٣
أولاً: عربي - إنجليزي ٢٣٣
ثانياً: إنجليزي - عربي ٢٤٢
كشاف الموضوعات ٢٥١