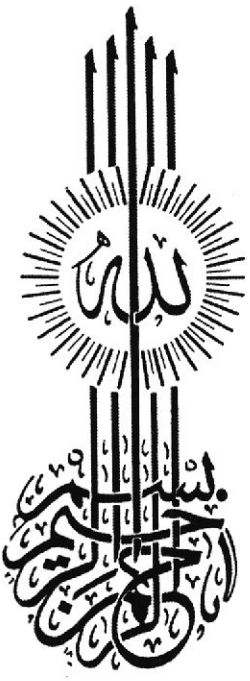
س/



الكهربية والمغناطيسية

تأليف

الدكتور محمد بن علي أحمد آل عيسى

الأستاذ بقسم الفيزياء

كلية العلوم ـ جامعة الملك سعود

النشر والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود

الطبعة الاولى : ١٤١٠هـ (١٩٩٠م)
الطبعة الرابعة ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

آل عيسى ، محمد بن علي احمد
الكهربية والمغناطيسية / محمد بن علي احمد آل عيسى
– الرياض ، ١٤٢٨ هـ
٧٥١ص . ١٧ × ٢٤ سم
ردمك : ٥- ١٧١ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨
١- الكهرباء ٢- الكهربية والمغناطيسية أ- العنوان
ديوي ٥٣٧ ١٤٢٨ / ٥٧٢٦

رقم الإيداع : ١٤٢٨ / ٥٧٢٦ هـ
ردمك : ٥-١٧١ – ٥٥ – ٩٩٦٠ – ٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة مختصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة . وقد وافق على نشره في اجتماع السابع للعام الدراسي ١٤٠٥/١٤٠٦هـ الذي عقد بتاريخ ١٤٠٦/٢/٢٧ هـ الموافق ١٩٨٥/١١/١٠ م . ثم وافق المجلس العلمي على اعادة طباعته في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤٢٧/١٤٢٨هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٨/٦/٩هـ الموافق ٢٠٠٧/٦/٢٤م

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٨هـ

مقدمة الطبعة الرابعة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء وأشرف المرسلين سيدنا محمد النبي العربي الأمين.

بعون من الله وبتوفيق منه، أقدم هذا الكتاب «الكهربية والمغناطيسية» للطلاب في علم الفيزياء في مختلف دراساتهم الجامعية، وبصورة خاصة لطلاب المستوى الثاني، آملا أن يكون فيه ما ينفعهم ويعينهم على فهم القواعد الأساسية والمتقدمة في هذا العلم بلغتنا العربية الأصيلة.

ويحتوي هذا الكتاب على تسعة فصول. يتعلق الفصل الأول والثاني والثالث بدراسة الكهرباء الساكنة، والرابع خاص بالتيار المستمر، أما الخامس والسادس والسابع فتعالج الموضوعات المختلفة في المغناطيسية، ويختص الفصل الثامن بدراسة التيار المتردد ودوائره المختلفة، وأخيرا يختص الفصل التاسع بدراسة معادلات ماكسويل والموجات الكهرومغناطيسية. ولقد روعي في تأليف هذا الكتاب تقديم المادة العلمية المتكاملة في الموضوع، واختير النظام العالمي (S.I.) للوحدات أساسا لاشتقاق وبرهنة المعادلات الرياضية المصاحبة لأي موضوع فيزيائي وارد في هذا الكتاب، مع كتابة المعادلات النهائية بالنظام الجاووسي (C.G.S.) كلما أمكن ذلك. وكتبت المصطلحات العلمية باللغتين العربية والإنجليزية حفاظا على المعنى وتيسيرا على الطالب لعملية الاطّلاع في المراجع الأجنبية التي سيحتاج إليها في المراحل التعليمية المتقدمة. كما كتبت

جميع معادلات الكتاب بالحروف اللاتينية. وقد ورد في كل فصل من فصول الكتاب الكثير من التطبيقات والتمرينات المحلولة وغير المحلولة وروعي فيها أن تكون شاملة للعديد من الأفكار المختلفة. كما يحتوي الكتاب على شرح لبعض الأجهزة الفيزيائية القياسية المستعملة في المختبرات. وأضيف في نهاية الكتاب بعض الملاحق التي تحتوي على بعض الجداول الفيزيائية والرياضية المهمة التي يحتاجها الطالب في دراسته لهذا الموضوع.

لقد بدأت فكرة تأليف هذا الكتاب بعد أن قمت بتدريس هذه المادة سنتين كاملتين متتاليتين، ولمست الصعوبات التي تواجه الطلاب عند الرجوع إلى المراجع المكتوبة باللغة الإنجليزية في هذا المستوى من مراحلهم التعليمية، مع عدم وجود المراجع العربية الكافية الوافية في المكتبة، وكذلك عدم وجود كل الموضوعات التي أقرت في منهاج المقرر ٢٢١ فيز في كتاب واحد. وإلى جانب ذلك فإن التعليم باللغة العربية في كلية العلوم هو الأساس حسب النظام الذي أُقرَّ للجامعة، وليس معنى ذلك أننا لا نحتاج إلى المصادر الأخرى باللغات الأجنبية، فالعلوم التقنية لا تفرض لغة معينة للتأليف، لذلك يجب الاستفادة من الكتاب الجيد بلغته التي كتب بها أو مترجما إلى أي لغة أخرى، واللغة العربية ليست أقل جمالا أو أصالة أو امتلاء بالتراث من غيرها، لذلك يجب التأليف والترجمة بلغتنا حتى تصل المعرفة إلى كل عربي.

ولما كان شرح المادة باللغة العربية وكتابة المعادلات وحلول المسائل بالحروف اللاتينية والأرقام العربية، روعي أن يكون الكتاب امتدادا للمحاضرة، وفي هذا تمكين للطالب من متابعة تفهم القواعد والنظريات دون الاصطدام بعقبة اللغة. وإضافة المصطلحات اللاتينية إلى جانب المصطلحات باللغة العربية تجعل الطالب بعد مرحلة التحصيل الأولى قادرا على متابعة الدراسة من الكتب الأجنبية إن شاء الله.

وتم في هذه الطبعة تصحيح الأخطاء المطبعية التي وردت في الطبعة الثالثة كما

ويسعدني أن أتوجه بالشكر والتقدير إلى إخواني الزملاء الأستاذ الدكتور محمد عبدالخالق محروس والأستاذ الدكتور عادل عباس محمد والأستاذ الدكتور عزالدين محمد محمد سيد الأعضاء السابقين بقسم الفيزياء، لمشاركتهم في قراءة الكتاب أثناء مراحله المختلفة وإبداء ملاحظاتهم ومناقشاتهم القيمة وآرائهم التي استفدت منها في تطوير الكتاب.

ويسعدني أن أتلقى ملاحظات وآراء الزملاء الأفاضل عما ورد في هذا الكتاب سواء بالتعديل أو الحذف أو الإضافة وذلك تحقيقا لمبدأ التطوير نحو الأفضل.

والله ولي التوفيق، ، ،

المـؤلـف

المحتويات

الصفحة

المقدمة ..... هـ

المحتويات ..... ط

الفصل الأول: المجال الكهربي

(١-١) : مقدمة ١

(١-٢) : قانون كولوم ٥

(١-٣) : المجال الكهربي ١٤

(١-٤) : المجال الكهربي لذي القطبين ١٧

(١-٤-١) : المجال عند نقطة ما على طول محور ذي القطبين ١٨

(١-٤-٢) : المجال عند نقطة ما على العمود المنصف لمحور ذي القطبين ١٨

(١-٤-٣) : المجال عند أي نقطة (الحالة العامة) ٢٠

(١-٥) : كثافة الشحنة ٢٦

(١-٥-١) : الكثافة الحجمية ٢٦

(١-٥-٢) : الكثافة السطحية ٢٦

(١-٥-٣) : الكثافة الطولية ٢٧

(١-٦) : المجال الناتج عن توزيع مستمر للشحنة الكهربية ٢٧

(١-٧) : خطوط القوى الكهربية ٣٤

(١-٨) : قانون جاوس ٤٠

الصفحة

(١-٩) : تطبيقات على قانون جاوس ٤٦
(١-٩-١) : شدة المجال حول كرة مشحونة ٤٧
(١-٩-٢) : المجال الناشيء عن سلك طويل مشحون ٤٧
(١-٩-٣) : المجال حول أسطوانة ٤٨
(١-٩-٤) : شدة المجال خارج موصل مستوٍ لا نهائي الأبعاد مشحون ٤٩
(١-٩-٥) : المجال بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين ومتقابلتين ٥٠
(١-٩-٦) : المجال والشحنة داخل وخارج موصل ٥١
(١-١٠) : شكل المعادلة التفاضلية لقانون جاوس ٥٤
(١-١١) : شحنة نقطية في مجال كهربي ٥٩
(١-١١-١): جسيم مشحون ينتقل في اتجاه خطوط قوى المجال الكهربي ٥٩
(١-١١-٢): انحراف حزمة من الإلكترونات ٦١
(١-١٢) : قياس شحنة الإلكترونات بطريقة ميليكان ٦٤
(١-١٣) : مسائل ٦٨

الفصل الثاني: الجهد الكهربي

(٢-١) : طاقة الوضع الكهربية الاستاتيكية ٧٥
(٢-٢) : الجهد الكهربي ٨٠
(٢-٣) : العلاقة بين المجال والجهد الكهربي ٨٨
(٢-٣-١) : الجهد وشدة المجال لنقطة مشحونة ٩٠
(٢-٣-٢) : الجهد وشدة المجال على محور حلقة مشحونة ٩١
(٢-٣-٣) : الجهد والمجال لذي القطبين ٩١
(٢-٤) : الجهد الناتج عن موصل كروي مشحون ٩٥
(٢-٥) : تقاسم الشحنات بين الموصلات ٩٨
(٢-٦) : السطوح متساوية الجهد ١٠٢

الصفحة

(٢-٧) : معادلات بواسون ولابلاس ١٠٦
(٢-٨) : طاقة الوضع والمجال الكهربي ١١٠
(٢-٩) : ذو قطبين في مجال كهربي خارجي منتظم ١١٣
(٢-١٠) : مسائل ١١٧

الفصل الثالث: المكثفات والعوازل

(٣-١) : السعة ١٢٣
(٣-٢) : المكثفات ١٢٥
(٣-٣) : أشكال المكثفات ١٢٧
(٣-٣-١) : المكثف متوازي اللوحين ١٢٧
(٣-٣-٢) : المكثف الكروي ١٢٧
(٣-٣-٣) : المكثف الأسطواني ١٣٠
(٣-٣-٤) : المكثف ذو الحلقة الحارسة ١٣١
(٣-٤) : توصيل المكثفات ١٣٤
(٣-٤-١) : توصيل المكثفات على التوالي ١٣٤
(٣-٤-٢) : توصيل المكثفات على التوازي ١٣٥
(٣-٥) : طاقة مكثف مشحون ١٤٠
(٣-٦) : القوة بين لوحي المكثفة المستوية ١٤٢
(٣-٧) : فقدان الطاقة لتقاسم الشحنات بين موصلين أو مكثفين ١٤٣
(٣-٨) : مقدمة عن المواد العازلة ١٤٨
(٣-٩) : تأثير المجال الكهربي على المواد ١٥٣
(٣-١٠) : ثابت العزل ١٥٩
(٣-١١) : العوازل ونظرية جاوس ١٦٢
(٣-١٢) : الاستقطاب والإزاحة الكهربية ١٦٦
(٣-١٣) : التأثرية الكهربية ١٦٩
(٣-١٤) : شدة (مقدرة) العزل ١٧٢

الصفحة

(٣-١٥) : سعة مكثف مستوٍ وضع بين لوحيه عازلان مختلفان .. ١٧٦
(٣-١٦) : الشروط الحدودية ١٧٨
(٣-١٧) : معامل إزالة الاستقطاب ١٨٢
(٣-١٨) : المواد العازلة تلقائية الاستقطاب (فروكهربية) ١٨٣
(٣-١٩) : الإلكترومترات والقياسات الكهربية الساكنة ١٨٦
(٣-١٩-١): المكشاف الكهربي ١٨٧
(٣-١٩-٢): الإلكترومتر المطلق أو ذو القرص المنجذب ١٩٠
(٣-١٩-٣): الإلكترومتر الربعي ١٩٢
(٣-١٩-٤): استعمال الإلكترومتر الربعي ١٩٦
(٣-١٩-٥): الفولتمترات الكهربية الساكنة ١٩٨
(٣-١٩-٦): المكشاف النابض (مكشاف وولف النابض) ٢٠١
(٣-٢٠) : مسائل ٢٠٧

الفصل الرابع : التيار الكهربي المستقر

(٤-١) : التيار الكهربي ٢١٣
(٤-٢) : التوصيلية الكهربية والمقاومات ٢١٨
(٤-٢-١) : المقاومة وقانون أوم ٢١٩
(٤-٢-٢) : تغير المقاومة بتغير درجة الحرارة ٢٢٥
(٤-٢-٣) : توصيل المقاومات ٢٢٨
(٤-٢-٤) : مقاومة قرص دائري ٢٣٠
(٤-٣) : الطاقة والقدرة وقانون جول في دوائر التيار المستمر ... ٢٣١
(٤-٤) : القوة الدافعة الكهربية والمقاومة الداخلية ٢٣٤
(٤-٥) : الدوائر الكهربية المركبة ٢٤١
(٤-٥-١) : قاعدتا كيرشوف ٢٤١
(٤-٥-٢) : طريقة ماكسويل ٢٤٦
(٤-٥-٣) : نظرية التراكم ٢٤٨
(٤-٥-٤) : نظرية ثيفنين ٢٥٠

الصفحة

(٤-٦) : تيارات الشحن والتفريغ للمكثف ٢٥٢
(٤-٧) : قنطرة ويتستون والقنطرة المترية ٢٦١
(٤-٨) : قنطرة كاري فوستر ٢٦٣
(٤-٩) : قنطرة كلفين المزدوجة ٢٦٥
(٤-١٠) : مقياس فرق الجهد واستعمالاته ٢٦٨
(٤-١٠-١): مقياس فرق الجهد الأساسي ٢٦٨
(٤-١٠-٢): استعمالات مقياس فرق الجهد ٢٦٩
(٤-١١) : القوة الدافعة الكهربية الحرارية ٢٧٤
(٤-١١-١): ظاهرة «تأثير» سيبك ٢٧٥
(٤-١١-٢): ظاهرة «تأثير» بلتير ٢٧٧
(٤-١١-٣): ظاهرة «تأثير» طومسون ٢٧٨
(٤-١٢) : تأثيرات سيبك وبلتير وطومسون ٢٨٠
(٤-١٣) : القوة الدافعة الحرارية والديناميكا الحرارية ٢٨١
(٤-١٤) : الازدواج الحراري ودرجة الحرارة ٢٨٤
(٤-١٥) : مسائل ٢٩٤

الفصل الخامس: المجالات المغناطيسية للتيار الكهربي

(٥-١) : مقدمة ٣٠٥
(٥-٢) : قانون بيوت وسافارت ٣٠٨
(٥-٣) : التفرق الإتجاهي للحث المغناطيسي ٣١١
(٥-٤) : قانون أمبير الدوائري ٣١٣
(٥-٥) : تطبيقات لحساب المجال المغناطيسي ٣١٨
(٥-٥-١) : المجال المغناطيسي الناتج عن تيار يمر في موصل مستقيم ٣١٨
(٥-٥-٢) : المجال المغناطيسي لموصل دائري ٣٢٦
(٥-٥-٣) : المجال المغناطيسي لملف حلزوني ٣٣١
(٥-٥-٤) : المجال المغناطيسي لملف حلزوني حلقي ٣٣٨

الصفحة

(٥-٦) : الجهد المغناطيسي ٣٤٠
(٥-٦-١) : الجهد المغناطيسي العددي ٣٤١
(٥-٦-٢) : الجهد المغناطيسي الاتجاهي ٣٤٣
(٥-٧) : القوة بين دائرتين كاملتين ٣٤٧
(٥-٨) : القوة وعزم الازدواج على دائرة كهربية تحمل تيارا ... ٣٥٢
(٥-٩) : جلفانومترا الظل وهيلمهولتز ٣٥٦
(٥-٩-١) : جلفانومتر الظل ٣٥٦
(٥-٩-٢) : جلفانومتر هيلمهولتز ٣٥٨
(٥-١٠) : الجسيمات المشحونة في المجالات المغناطيسية ٣٦٢
(٥-١٠-١): الشحنات النقطية المتحركة ٣٦٢
(٥-١٠-٢): مدارات الجسيمات المشحونة في المجالات المغناطيسية ٣٦٤
(٥-١١) : تطبيقات على حركة الشحنة في مجال مغناطيسي ٣٦٨
(٥-١١-١) : السيكلوترون ٣٦٨
(٥-١١-٢) : قياس الشحنة إلى الكتلة (q/m) للإلكترون ٣٧١
(٥-١١-٣) : تأثير هول ٣٧٥
(٥-١١-٤) : مطياف الكتلة ٣٨٠
(٥-١٢) : مسائل ٣٨٢

الفصل السادس: الحث الكهرومغناطيسي

(٦-١) : مقدمة ٣٨٩
(٦-٢) : حركة موصل في مجال مغناطيسي ٣٩٠
(٦-٣) : قانون فاراداي ٣٩٥
(٦-٣-١) : قانون فاراداي والمجال الكهربي الحثي ٤٠١
(٦-٣-٢) : المعادلة التفاضلية من قانون فاراداي ٤٠٦
(٦-٤) : الحث والحركة النسبية ٤٠٦
(٦-٥) : الحث الذاتي ٤١٢

الصفحة

(٦-٥-١) : معامل الحث الذاتي لملف حلزوني طويل ٤١٤
(٦-٦) : الحث المتبادل ٤١٥
(٦-٧) : توصيل ملفات الحث ٤١٩
(٦-٧-١) : على التوالي ٤١٩
(٦-٧-٢) : على التوازي ٤٢٣
(٦-٨) : سريان التيار في دائرة حثية ٤٢٤
(٦-٨-١) : نمو التيار ٤٢٤
(٦-٨-٢) : اضمحلال التيار ٤٢٩
(٦-٩) : طاقة الحث ٤٣١
(٦-٩-١) : كثافة الطاقة لمجال مغناطيسي ٤٣٢
(٦-١٠) : شحن وتفريغ مكثف خلال ملف حثي ٤٣٥
(٦-١١) : المولـدات ٤٤٧
(٦-١١-١): طريقة توليد جهد متردد ٤٤٧
(٦-١١-٢): مولد التيار المستمر ٤٥٢
(٦-١٢) : المحرك الكهربي ٤٥٤
(٦-١٢-١): محرك التيار المستمر ٤٥٤
(٦-١٢-٢): محرك التيار المتردد ٤٥٧
(٦-١٣) : المحـول ٤٥٧
(٦-١٤) : البيتاتـرون ٤٦٠
(٦-١٥) : طريقة ملف الاستكشاف لقياس التدفق المغناطيسي ... ٤٦٢
(٦-١٦) : مـسـائـل ٤٦٤

الفصل السابع : الخواص المغناطيسية للمواد

(٧-١) : مقدمـة ٤٧٣
(٧-٢) : تصنيف المـواد ٤٧٤
(٧-٢-١) : مواد متسامتة التمغنط (بارامغناطيسية) ٤٧٤
(٧-٢-٢) : مواد دايامغناطيسية ٤٧٥

الصفحة

(٧-٣) : شدة التمغنط ٤٧٩
(٧-٤) : التأثرية المغناطيسية ٤٨٣
(٧-٥) : العلاقة بين كمية الحركة الزاويّة والعزم المغناطيسي المداري للإلكترون ٤٨٩
(٧-٦) : الدايامغناطيسية ٤٩١
(٧-٧) : التمغنط المتسامت (البارامغناطيسية) ٤٩٦
(٧-٨) : المواد الحديدية المغناطيسية ٥٠٤
(٧-٩) : دورة التخلف المغناطيسي ٥١٠
(٧-٩-١) : مواد حديدية مغناطيسية صلبة ٥١٠
(٧-٩-٢) : مواد حديدية مغناطيسية رخوة (مطاوع) ٥١٢
(٧-٩-٣) : الطاقة اللازمة لمغنطة المواد الحديدية المغناطيسية ٥١٣
(٧-١٠) : الدوائر المغناطيسية ٥١٧
(٧-١١) : المغانط الكهربية ٥٢٠
(٧-١٢) : القوة المغناطيسية للفجوة الهوائية ٥٢٣
(٧-١٣) : قياس التأثرية المغناطيسية الصغيرة ٥٢٤
(٧-١٤) : الجلفانومتر ذو الملف المتحرك ٥٢٧
(٧-١٤-١): قياس تيار كهربي كبير I ٥٣١
(٧-١٤-٢): قياس جهد كهربي كبير V ٥٣٢
(٧-١٤-٣): حساسية الجلفانومتر ٥٣٢
(٧-١٤-٤): التخميد (كبت) ٥٣٣
(٧-١٥) : الجلفانومتر القذفي ٥٣٥
(٧-١٦) : مقياس التدفق المغناطيسي ٥٣٧
(٧-١٧) : مسائل ٥٤١

الفصل الثامن التيارات المترددة

(٨-١) : مقدمة ٥٤٧
(٨-٢) : مقاومة أومية في دائرة مترددة ٥٤٨

الصفحة

(٨-٣) : مكثف في دائرة مترددة ٥٥٥
(٨-٤) : ملف ذو حث ذاتي فقط في دائرة مترددة ٥٥٩
(٨-٥) : التوصيل على التوالي في دائرة مترددة ٥٦٥
(٨-٥-١) : مقاومة وملف متصلان على التوالي ٥٦٥
(٨-٥-٢) : مقاومة ومكثف متصلان على التوالي ٥٧١
(٨-٥-٣) : مقاومة وملف ومكثف متصلة على التوالي ٥٧٦
(٨-٦) : دائرة التيار المتردد المتوازية ٥٨٤
(٨-٦-١) : مقاومة وملف ومكثف متصلة على التوازي ٥٨٤
(٨-٦-٢) : قوة دافعة كهربية على التوازي مع مكثف وملف حثي ذو مقاومة أومية ٥٨٨
(٨-٧) : دوائر الرنين المتتالية والمتوازية ومعامل النوعية ٥٩٤
(٨-٧-١) : دائرة الرنين المتتالية ٥٩٤
(٨-٧-٢) : دائرة الرنين المتوازية ٦٠٣
(٨-٨) : استخدام الأعداد المركبة وتطبيقات عامة ٦٠٨
(٨-٨-١) : استخدام الأعداد المركبة في دوائر التيار المتردد ٦٠٨
(٨-٨-٢) : تطبيقات على استعمال الأعداد المركبة ٦١٣
(٨-٩) : قناطر التيار المتردد ٦٢٨
(٨-٩-١) : قنطرة ويتستون العامة ٦٢٨
(٨-٩-٢) : قنطرة أوين ٦٢٩
(٨-٩-٣) : قنطرة ماكسويل ٦٣٠
(٨-٩-٤) : قنطرة شيرنج ٦٣١
(٨-٩-٥) : قنطرة روبنسون المترددة ٦٣٢
(٨-٩-٦) : قناطر الحث المتبادل ٦٣٤
(٨-١٠) : مسائل ٦٣٥

الفصل التاسع : معادلات ماكسويل

(٩-١) : مقدمة ٦٤٣

الصفحة

(٩-٢) : تيار الإزاحة ٦٤٤
(٩-٣) : معادلات ماكسويل ٦٥٠
(٩-٣-١) : في شكلها العام ٦٥٠
(٩-٣-٢) : في حالات خاصة ٦٥٣
(٩-٤) : الموجات الكهرومغناطيسية في الحيز الفارغ ٦٥٦
(٩-٥) : الموجات المستوية في وسط عازل متماثل الخواص ٦٦٤
(٩-٦) : طاقة الموجات الكهرومغناطيسية ٦٦٥
(٩-٧) : امتصاص الموجات المستوية في الموصلات و التأثير السطحي ٦٦٩
(٩-٨) : طيف الموجات الكهرومغناطيسية ٦٧٤
(٩-٩) : مسائل ٦٧٧

الملاحق

ملحق (١) : الوحدات
(١-١) : نظم الوحدات ٦٨١
(١-٢) : النظام العالمي للوحدات ٦٨٢
(١-٣) : الوحدات الكهروستاتيكية ٦٨٣
(١-٤) : الوحدات الكهرومغناطيسية ٦٨٤
(١-٥) : النظام الجاووسي ٦٨٥
(١-٦) : الأبعاد ٦٨٦
(١-٧) : الثوابت الفيزيائية ٦٨٧

ملحق (٢) : المتجهات والأعداد المركبة
(٢-١) : المتجهات والكميات العددية ٦٩٥
(٢-١-١) : متجهات الوحدة المتعامدة ٦٩٥
(٢-١-٢) : متجهات الوحدة ٦٩٥
(٢-١-٣) : جمع أو محصلة المتجهات ٦٩٦

الصفحة

(٢-١-٤) : الضـرب ٦٩٧
(٢-١-٥) : التدرج والتفرق والالتفاف ٦٩٩
(٢-١-٦) : العلاقة بين الإحداثيات الديكارتية والأسطوانة ٧٠٠
(٢-١-٧) : العلاقة بين الإحداثيات الديكارتية والكروية ٧٠٢
(٢-١-٨) : العلاقات التكاملية ٧٠٣
(٢-١-٩) : الزاوية المجسمة ٧٠٤
(٢-٢) : مقدمة عن الأعداد المركبة ٧٠٥
ملحق (٣) : **معادلات رياضية**
(٣-١) : أبعاد بعض الأشكال الهندسية ٧١٢
(٣-١-١) : الدائـرة ٧١٢
(٣-١-٢) : الأسطوانة والمخروط ٧١٢
(٣-١-٣) : الكـرة ٧١٣
(٣-٢) : العلاقات اللوغاريثمية ٧١٤
(٣-٣) : العلاقات المثلثية ٧١٤
(٣-٣-١) : الدوال المثلثية ٧١٤
(٣-٣-٢) : جمع وطرح زوايا الدوال المثلثية ٧١٥
(٣-٣-٣) : علاقات ضعف الزاوية ٧١٥
(٣-٣-٤) : علاقات حاصل ضرب دالتين ٧١٦
(٣-٣-٥) : علاقات حاصل جمع دالتين ٧١٦
(٣-٣-٦) : علاقات نصف الزاوية ٧١٦
(٣-٣-٧) : العلاقات للدوال ذات القوة ٧١٦
(٣-٣-٨) : العلاقات للدوال الأسِّية ٧١٧
(٣-٤) : الدوال الزائدية ٧١٧
(٣-٥) : المعادلات التقريبية للكميات الصغيرة ٧١٨
(٣-٦) : المسلسلات ٧١٨
(٣-٦-١) : ذات الحدّين ٧١٨

الصفحة

(٣-٦-٢) : الدوال الأسِّية ٧١٨
(٣-٦-٣) : الدوال المثلثية ٧١٩
(٣-٦-٤) : الدوال الزائدية ٧١٩
(٣-٧) : التفاضل «المشتقات» ٧٢٠
(٣-٨) : التكامل ٧٢٢

المراجع

أولاً: المراجع العربية ٧٢٧
ثانيًا: المراجعة الأجنبية ٧٢٨

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي إنجليزي ٧٢٩
ثانيًا: إنجليزي - عربي ٧٣٧

كشاف الموضوعات ٧٤٥