



المدخل إلى البصريات

INTRODUCTION TO OPTICS

الجزء الثاني

تأليف

ل س بيدروتي
Leno S. Pedrotti

ف ل بيدروتي
Frank L. Pedrotti, S.J.

ترجمة

د. محمد بن صالح الصالحي
أستاذ مشارك

د. عبدالله بن صالح الضويان
أستاذ مشارك

قسم الفيزياء والفلك - كلية العلوم
جامعة الملك سعود - الرياض

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب. ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية



هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب :

"Introduction to Optics" 2nd (Ed.)

By: Frank L. Pedrotti, S.J. and Leno S. Pedrotti.

© 1993, 1987, Prentice – Hall, Inc. New Jersey

جامعة الملك سعود، ١٤٣٠ هـ (٢٠٠٩ م) ح

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بيدروتي، فل

المدخل إلى البصريات / فل بيدروتي ؛ ل س بيدروتي ؛ عبدالله بن صالح
الضويان ؛ محمد بن صالح الصالحي. - الرياض، ١٤٢٩ هـ.

٢ مج

٣٣١ ص. ٢١ × ٢٨ سم.

ردمك: ١-٣٥١-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (مجموعة)

٥-٣٥٣-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (ج ٢)

١- البصريات ٢- الضوء أ. بيدروتي، ل س (مؤلف مشارك) ب. الضويان،
عبدالله بن صالح (مترجم) ج. الصالحي، محمد بن صالح (مترجم) د. العنوان
ديوي ٥٣٥ ١٤٢٩/٤٠٧٣

رقم الإيداع: ١٤٢٩/٤٠٧٣

ردمك: ١-٣٥١-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (مجموعة)

٥-٣٥٣-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (ج ٢)

حكمت هذه الترجمة لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق
المجلس العلمي على نشره، بعد اطلاعه على تقارير المحكمين، في اجتماعه الثامن
عشر للعام الدراسي ١٤٢٧/١٤٢٨ هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٨/٦/٢ هـ الموافق
١٧/٦/٢٠٠٧ م.

تعتذر إدارة النشر العلمي والمطابع عن وجود بعض الأشكال غير الواضحة وذلك لورودها من المصدر بصورتها الحالية

النشر العلمي والمطابع ١٤٣٠ هـ



مقدمة المترجمين

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين ، وبعد:
فإن موضوع البصريات أحد الفروع المهمة في مجال الفيزياء التي يحتاج طالب الفيزياء أن يُلمَّ بأساسياتها. كما أن مصممي ومهندسي التجهيزات البصرية لابد أن يُتقنوا مفاهيم البصريات الأولية إضافةً إلى العاملين في مجال طب العيون.

لقد برزت فكرة ترجمة هذا الكتاب حتى يُغطِّي مفردات مقرر البصريات الذي يُدرَّس لطلاب قسم الفيزياء في كلية العلوم بجامعة الملك سعود أو المقررات المشابهة في الجامعات الأخرى. وبالرغم من ضخامة هذا الكتاب فإن سبب اختيارنا له تكمن في شموليته وتفصيله للعديد من المواضيع البصرية التي بإمكان القارئ أن يأخذ منها على قدر حاجته كما بإمكانه أن يُكوّن قاعدة علمية شاملة لمواضيع البصريات التقليدية والحديثة. يتميز هذا الكتاب باحتوائه على العديد من الرسوم التوضيحية، المسائل، الأمثلة والمراجع الحديثة، كما ويتميّز بحسن العرض. ولذا يمكن لدارسي أساسيات الليزر والاتصالات البصرية من طلاب مرحلة البكالوريوس الاستفادة من هذا الكتاب.

ونظراً لكبير حجم الكتاب، ولسهولة اقتنائه رأينا أن يُقسم إلى جزأين بحيث يتضمن الجزء الأول الموضوعات المتعلقة بمبادئ البصريات بدءاً من الفصل الأول وحتى السابع عشر، بينما يتضمن الجزء الثاني الموضوعات المتعلقة بالبصريات المتقدمة وتطبيقاتها بدءاً من الفصل الثامن عشر وحتى السابع والعشرين.

وغني عن الإشارة حاجة المكتبة العربية الماسّة إلى كتب علمية متخصصة وفي مجالات مستجدة كما هو متضمن في هذا الكتاب، وإلى مراجع علمية تُساعد الطلاب في تحصيلهم العلمي. لذا نأمل أن تكون هذه الترجمة إضافة جديدة إلى المكتبة العربية بُغية توفير المزيد من المراجع العلمية لطلابنا الناطقين بالضاد. لقد اعتمدنا في هذه الترجمة على المعجم "الموحد للمصطلحات العلمية" والصادر عن المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم عام ١٩٧٧م وذلك مع أكثر المصطلحات واجتهدنا في وضع مصطلحات جديدة لما لم نجدها في المعجم.

وقبل أن نترك القارئ يغوص مستمتعاً بمحتويات هذا الكتاب نذكره بترحيبنا لأي ملاحظة ببناءة تُثري هذه الترجمة من خلال تواصله معنا عبر عناويننا المذكورة على غلاف الكتاب. نسأل الله أن يكون هذا العمل خالصاً لوجهه وأن يكون رصيذاً باقياً لأبناء أمتنا. و صلى الله وسلم على نبينا محمد وعلى آله وصحبه.

المترجمان

د. عبدالله بن صالح الضويان و د. محمد بن صالح الصالحى

Malsalhi @ ksu.edu.sa Dwayyan @ ksu.edu.sa

مقدمة المؤلفين

ربما تكون البصريات اليوم أكثر مجالات الفيزياء النظرية و التطبيقية ازدهارا منذ ١٩٦٠م، حيث دعم هذا المجال النشوء والتطور المواكب لكل من الليزر، الألياف البصرية، و أنواع عدة من المصادر شبه الموصلة والكواشف. لذا تبدو الحاجة ماسة لمجموعة من كتب البصريات الحديثة بمعالجات أو مقاربات مختلفة، لكل من طلاب البصريات و العاملين في المجال الذين يحتاجون إلى مراجعة مناسبة وسريعة للأساسيات.

ومن خلال كتاب المدخل إلى البصريات نقتراح تدريس مقدمة في البصريات الحديثة في المستوى المتوسط. وما عدا بعض الفصول الأخيرة (١٩، ٢٠، ٢٢، ٢٥، ٢٧) من هذا الكتاب، و المكتوبة بمستوى عال نوعاً ما، فإن الكتاب يحتاج، كخلفية علمية، إلى مقرر جيد في مدخل إلى الفيزياء، بالمستوى الذي يُعطى عادةً للمتخصصين في الفيزياء و الهندسة، وإلى فصلين دراسيين في التفاضل والتكامل على الأقل. لقد كُتِبَ الكتاب لمستوى الفهم الأوسط لطلاب السنة الثانية في الفيزياء الذين أكملوا عادةً المتطلبات الأساسية من مقررات الفيزياء و الرياضيات للمبتدئين. وباشتماله على المجالات التقليدية في البصريات على مستوى الجامعة، والعديد من المجالات الجديدة وليس مجالاً واحداً فقط، فإن الكتاب يصلح أن يكون مرجعاً لمقرر نصف سنوي أو لسنة كاملة. ونعتقد أن حيوية و أهمية البصريات اليوم تستدعي إعادة ترتيب المنهج ليناسب مقرر البصريات لسنة كاملة في بداية البرنامج الجامعي.

وللمطلعين على الطبعة الأولى من الكتاب، من المفيد تلخيص التغييرات الرئيسية المطروحة في هذه الطبعة. فقد أُضيف فصلان كاملان جديداً يُناقشان خصائص شعاع الليزر والبصريات اللاخطية، حيث يظهر الآن فصل ليزر جديد، مع فصلي الليزر القديمين، في نهاية الكتاب لتكوّن الثلاثة وحدةً واحدةً كذلك، مُدّد فصل الألياف البصرية بكثافة وأزيج إلى آخر الكتاب. قُدمت أيضاً عدة أجزاء جديدة، وهي اقتفاء الأشعة و العدسات السميكة (الفصل ٤)، تأثير دوبلر (الفصل ٨)، والموجات المتلاشية (الفصل ٢٠) مع التركيز على الأمثلة المحلولة ضمن النص، كما أُضيفت ١٧٥ مسألة جديدة إلى مسائل الفصول.

هناك سمات خاصة للكتاب، بسبب تغطيته لمجالات أكثر من المجالات التقليدية، تشمل الاستخدام المكثف للمصفوفات (2x2) عند التعامل مع اقتفاء الأشعة والاستقطاب والتداخل المتعدد خلال الأغشية؛ وتخصيص ثلاثة فصول لليزر؛ وفصلاً مستقلاً عن العين شاملاً معالجة العين بالليزر. وفصولاً مختلفة عن: الهولوجرافي، الترابط، الألياف البصرية، التداخل، بصريات فورييه، البصريات اللاخطية و معادلات فرنل. يتضمن الفصل الأخير مقدمة موجزة عن

الثوابت البصرية للعوازل و الفلزات. لقد حاولنا جعل معظم الفصول الأكثر تخصصاً مستقلة عن الفصول الأخرى بحيث يمكن حذفها دون أن تؤثر على بقية الكتاب. ولا بد أن يُساعد ذلك في تصميم نسخ أقصر من المقرر.

إن تنظيم مادة الكتاب في ثلاثة أجزاء رئيسية يتبع أساساً المسارات التقليدية. يتعامل الجزء الأول من الكتاب مع البصريات الهندسية، والمطروحة كصيغة مُقيّدة (limiting form) للبصريات الموجية. يطور الجزء الأوسط البصريات الموجية بالتفصيل، بينما يُعالج الجزء الأخير مواضيع تُسمى عادةً بالبصريات الحديثة. يطرح الفصل (١) من الجزء الأول مراجعة تاريخية مختصرة لنظريات الضوء، بما فيها الوصف الموجي و الجسيمي و الفوتوني. كما نصف في الفصل (٢) العديد من المصادر و الكواشف الشائعة للضوء و كذلك وحدات القياس الراديوية و الفوتونية المستخدمة في الكتاب. في هذا الفصل وما تبقى من الكتاب، وُظف النظام المتري (MKS) للوحدات. يتضمن الفصل (٣) مراجعة للبصريات الهندسية المطروحة في مقررات مبادئ الفيزياء، مع اشتقاق علاقات الانعكاس و الانكسار للمرايا و العدسات. يوضح الفصل (٤) كيف يمكن أن نمثّل البصريات المحورية للأنظمة ذات التعقيد الاختياري من خلال استخدام مصفوفات 2×2 . كما صُمّن في هذا الفصل مقدمة عن تقنيات اقتفاء الأشعة التي تُطبّق بكثرة باستخدام برمجة حاسوبية. يطرح الفصل (٥) معالجة شبه كمية لنظرية الزيغ ذات الرتبة الثالثة، بينما يُناقش الفصل (٦) مبادئ البصريات الهندسية ونظرية الزيغ كما طُبقت للفتحات و عدة أدوات بصرية أخرى: الموشور، الكاميرا، المكبر البسيط، الميكروسكوب، والتلسكوب. يناقش الفصل (٧) بشكل مستقل أهمية العين باعتبارها القطعة البصرية الأخيرة في العديد من الأنظمة البصرية. يشرح هذا الفصل وظائف و عيوب العين و يناقش بعض معالجة هذه العيوب التي توظف الخصائص المميزة لضوء الليزر. الجزء التالي من النص يقدّم البصريات الموجية أو الفيزيائية في الفصلين (٨ و ٩) اللذان يناقشان المعادلات الموجية و تراكب الموجات. ومن ثم فقد عولجت ظواهر التداخل في الفصلين (١٠ و ١١)، حيث يتناول الثاني منهما مقياس مايكلسون و فابري بيرو للتداخل بشئ من التفصيل. وبالرغم من أن مبدأ الترابط قد طُرح بصيغ عامة في المناقشات السالفة، فقد حاز على معالجة كيفية و أكثر دقة في الفصل (١٢). و يعالج هذا الفصل، بعد شرح موجز لكل من متسلسلة و تكامل فورييه، كلا من الترابط الزماني و المكاني و يقدم مناقشة كمية للترابط الجزئي. يعالج الفصل (١٣)، كتطبيق خاص للتداخل، مقدمة عن الهولوجرافي، مشتملاً على بعض التطبيقات المعاصرة.

يُعالج الفصلان (١٤ و ١٥) استقطاب الضوء. نعطي في البداية تمثيلاً رياضياً باستخدام المصفوفات 2×2 لتمثيل متجه المجال الكهربائي (الفصل ١٤) قبل فحص الآليات الفيزيائية المسؤولة عن إنتاج الضوء المستقطب بالتفصيل (الفصل ١٥). ولذا يستخدم الفصل (١٤) المصفوفات لوصف عدة أنماط للضوء المستقطب و أنواع المستقطبات دون الرجوع لفيزيائية إنتاجها. وعلى الرغم من أنه يمكن عكس ترتيب هذين الفصلين، فإننا نشعر أن هذا الترتيب يعد أكثر فعالية تدريسياً. نُوقش الحيود في الفصول الثلاثة التالية (١٦، ١٧، ١٨). وحيث أن المعالجة الوافية لحيود فرنهوفر تصبح طويلة جداً في فصل واحد، فقد أضفنا فصلاً مستقلاً (١٧) عن محزوز الحيود و أجهزة المحزوز مباشرة بعد مناقشة الحيود من شقوق عديدة في الفصل (١٦). طُرح بعدئذ حيود فرنل في الفصل (١٨).

الفصول الأخيرة بشكل عام، أكثر إيغالاً في السفسطة الرياضية. فالفصل (١٩) يُوظف المصفوفات 2×2 لعلاج عاكسية الأغشية الرقيقة. و الفصل (٢٠) يشتق معادلات فرنل في فحص الانعكاس عن السطوح العازلة والفلزية. كما عُولجت العناصر الأساسية لليزر و الخصائص الأساسية لضوء الليزر في الفصل (٢١) متبوعة بالفصل الأكثر إلحاحاً (٢٢) والذي يصف السمات الأساسية لأشعة الليزر وتم التعامل مع انفراج وتركيب أنماط أشعة الليزر بسلوك كمي. تشكل الفصول (٢١ و ٢٢) التي يُفضّل أخذها وعلى التوالي مع الفصل ٢٣، الذي هو بالأساس مقالة على تطبيقات الليزر، تشكل معا وحدةً لمقرر صغير عن الليزر. الفصول الأخرى في هذا الجزء الأخير من الكتاب مستقلة، بمعنى أنها لا تستلزم تتابعاً محدداً.

يطرح الفصل (٢٤) مراجعةً للسمات الأساسية للألياف البصرية مع صرف عناية خاصة لتطبيقات الاتصالات، بحيث تُعالج هنا مواضيع عرض النطاق، الأنماط المسموحة، وآليات التضعيف والتشويه. يُقدّم الفصل (٢٥) موضوع بصريات فورييه أثناء مناقشة معالجة المعلومات البصرية ومطابقة تحويلات فورييه. يطرح الفصل (٢٦) العديد من التأثيرات الفيزيائية تحت مظلة البصريات اللاخطية. يهتم الفصل (٢٧) بانتشار موجة ضوئية في كل من وسط عازل و فلزي و يوضح كيف تظهر الثوابت البصرية.

تتضمن كل من الفصول السبعة والعشرين مراجع محدودة مرتبطة بمحتويات الفصل ومحال إليها أحياناً في النص باستخدام أقواس مربعة. إضافةً إلى ذلك، ضمناً في نهاية الكتاب قائمةً مرتبةً زمنياً لمقالات خاصة بالبصريات ظهرت في الدورية "الأمريكية العلمية" (Scientific American) خلال الأربعين سنة الأخيرة أو قريباً منها. ومن المؤمل أن تُثبت هذه القائمة من المقالات الممتازة جدواها، خاصةً لطلاب ما قبل التخرج من الجامعة.

لقد أعد هذا الكتاب ليلائم فصلاً دراسياً أو فصلين متتاليين. ويعتمد الاختيار الدقيق للموضوعات على الأهداف الأساسية لكل من الأستاذ و الطلاب. و مع ذلك، كإرشاد سريع، قد يتضمن مقرر نموذجي لفصل دراسي واحد التتابع التالي:

الفصل

١ طبيعة الضوء	١٢ الترابط
٣ البصريات الهندسية	١٣ الهولوجرافي
٦ التجهيزات البصرية	١٥ إنتاج الضوء المستقطب
٨ المعادلات الموجية	١٦ حيود فرنهوفر
٩ تراكب الموجات	١٨ حيود فرنل
١٠ تداخل الضوء	٢١ أساسيات الليزر

كمساعدة إضافية للاختيار، فإن الفصول التي يمكن حذفها في النسخ المختصرة من المقرر قد علّمت بنجمة. انظر المحتوى.

ونحب أن نشكر الأساتذة العديدين الذين شجعونا باهتمامهم بالبصريات والتدريس و الطلاب الكثيرين الذين دفعونا للتدريس بوضوح وفعالية. ولقراءتهم المفيدة جداً لأجزاء من مسودة الطبعة الأولى، فنحن ممتنون لكل من هيو جو ويشل، جيمس توشي، هاجايم ساكاي، أرثر هـ جونثر، و توماس ب جرينسليد. ولإقتراحاتهم لتحسين الطبعة الثانية، التي أخذنا بها بكل اهتمام، نحب أن نشكر فريق المراجعين الذين إختارتهم برنتايس هول: جويل بلات من معهد فلوريد للتقنية، جيمس بوجر من معهد أوريجن للتقنية، هاري دو من جامعة ولاية نيو مكسيكو، إدوارد أيلر من جامعة ديلاوير، و دانييل ولكنز من جامعة نبراسكا. كما أننا ممتنون لـ لينو م بدروتى لقراءته الدقيقة لأكثر المواد الجديدة المضافة في هذه الطبعة الثانية. ونحن شاكرون كذلك للدكتور مايكل بدروتى (طبيب العيون) لمراجعته و اقتراحاته في الفصل الخاص بالعين. نحب كذلك شكر جودي لوسن لرسمها صورة آينشتاين التي شرفت الصفحة ١. وأخيراً نعبر عن امتناننا لأعضاء التحرير و الإنتاج من برنتايس هول. ونحن مدينون بالأخص لمحرري المؤلفات، هولى هودر للطبعة الأولى و ري هندرسن للطبعة الثانية، و محررة الإنتاج، كاثلين لافيرتي التي ساعدتنا في كلا الطبعتين من هذا الكتاب.

فرانك ل بيدروتي، س . ج

لينو س . بيدروتي

المحتويات

هـ.....	مقدمة المترجمين
ز.....	مقدمة المؤلفين
ذ.....	قائمة الجداول
ظ.....	ثوابت فيزيائية

(الجزء الأول)

الفصل الأول: طبيعة الضوء

١.....	(١,١) مقدمة.....
٢.....	(١,٢) تاريخ موجز.....
٧.....	(١,٣) مسائل.....
٨.....	(١,٤) المراجع.....

الفصل الثاني: إنتاج الضوء وقياسه

٩.....	(٢,١) مقدمة.....
٩.....	(٢,٢) الطيف الكهرومغناطيسي.....
١٠.....	(٢,٣) المقياسية الإشعاعية.....
١٥.....	(٢,٤) المقياسية الضوئية.....
١٨.....	(٢,٥) إشعاع الجسم الأسود.....
٢٠.....	(٢,٦) مصادر الإشعاع الضوئي.....
٢٧.....	(٢,٧) كواشف الأشعة.....
٣٣.....	(٢,٨) مسائل.....
٣٤.....	(٢,٩) المراجع.....

الفصل الثالث: البصريات الهندسية

٣٥.....	(٣,١) مقدمة.....
٣٦.....	(٣,٢) مبدأ هيجنز.....

٤٠	..... مبدأ فيرمات (٣,٣)
٤٢	..... مبدأ العكسية (٣,٤)
٤٢	..... الانعكاس في المرايا المستوية (٣,٥)
٤٤	..... الانكسار خلال الأسطح المستوية (٣,٦)
٤٧	..... التصوير بواسطة نظام بصري (٣,٧)
٥١	..... الانعكاس عن سطح كروي (٣,٨)
٥٥	..... الانكسار عن سطح كروي (٣,٩)
٥٩	..... العدسات الرقيقة (٣,١٠)
٦٤	..... الانحدار وقدرة الانكسار (٣,١١)
٦٧	..... معادلة نيوتن للعدسة الرقيقة (٣,١٢)
٦٨	..... مسائل (٣,١٣)
٧٢	..... المراجع (٣,١٤)

الفصل الرابع: طرق المصفوفات في البصريات المحورية

٧٣	..... مقدمة (٤,١)
٧٣	..... العدسة السميكة (٤,٢)
٧٧	..... طريقة المصفوفة (٤,٣)
٧٧	..... مصفوفة الانتقال (٤,٤)
٧٨	..... مصفوفة الانكسار (٤,٥)
٧٩	..... مصفوفة الانعكاس (٤,٦)
٨٠	..... مصفوفات العدسات السميكة والرقيقة (٤,٧)
٨٣	..... مصفوفة نظام نقل - الشعاع (٤,٨)
٨٥	..... أهمية عناصر مصفوفة النظام (٤,٩)
٨٧	..... تحديد النقاط الأصلية لنظام بصري (٤,١٠)
٩١	..... أمثلة لاستخدام مصفوفة النظام والنقاط الأصلية (٤,١١)
٩٤	..... اقتفاء الأشعة (٤,١٢)
١٠٠	..... مسائل (٤,١٣)
١٠٣	..... المراجع (٤,١٤)

الفصل الخامس: نظرية الزيغ

١٠٥ مقدمة (٥,١)
-----	-------------------

١٠٦	(٥,٢) زيغ الموجة والأشعة
١٠٧	(٥,٣) المعالجة من الرتبة الثالثة للانكسار عند سطح فاصل كروي
١١٣	(٥,٤) الزيغ الكروي
١١٦	(٥,٥) الهالة
١١٨	(٥,٦) اللابؤرية وانحناء المجال
١٢٠	(٥,٧) التشوه
١٢٢	(٥,٨) الزيغ اللوني
١٢٧	(٥,٩) مسائل
١٣٠	(٥,١٠) المراجع

الفصل السادس: التجهيزات البصرية

١٣١	(٦,١) مقدمة
١٣١	(٦,٢) السدّادات، البؤبؤ، والنوافذ
١٣٢	(٦,٢,١) لمعان الصورة : سدّادات الثقب والبؤبؤ
١٣٢	سدّاد الثقب
١٣٢	بؤبؤ المدخل
١٣٤	بؤبؤ المخرج
١٣٤	الشعاع الرئيس
١٣٥	(٦,٢,٢) مجال الرؤية : سدّادات المجال والنوافذ
١٣٧	سدّاد المجال
١٣٧	نافذة المدخل
١٣٧	نافذة المخرج
١٣٨	(٦,٣) الموشورات
١٣٨	(٦,٣,١) الانحراف الزاوي للموشور
١٤٢	التفريق
١٤٤	مقاييس الطيف ذات الموشور
١٤٤	قدرة التحليل اللوني
١٤٧	موشورات ذات تطبيقات خاصة
١٤٨	موشورات الانعكاس
١٥٠	(٦,٤) الكاميرا

١٥٥	(٦,٥) المكبّرات البسيطة والعدسات العينية
١٦١	(٦,٦) الميكروسكوبات
١٦١	(٦,٦,١) التكبير الكلي
١٦٣	(٦,٦,٢) الفتحة العددية
١٦٦	(٦,٧) التلسكوبات
١٦٧	(٦,٧,١) تلسكوبات الانكسار
١٧٠	(٦,٧,٢) تلسكوبات الانعكاس
١٧٢	(٦,٧,٣) تلسكوب شميدت
١٧٤	(٦,٨) مسائل
١٨٠	(٦,٩) المراجع

الفصل السابع: بصريات العين

١٨١	(٧,١) مقدمة
١٨١	(٧,٢) التركيب البيولوجي للعين
١٨٤	(٧,٣) التمثيل البصري للعين
١٨٥	(٧,٤) وظائف العين
١٨٥	(٧,٤,١) التكيف
١٨٦	(٧,٤,٢) التهيو
١٨٧	(٧,٤,٣) الرؤية المسّمة
١٨٨	(٧,٤,٤) حدة الأبصار
١٨٩	(٧,٥) أخطاء الانكسار وتصحيحها
١٩٠	(٧,٥,١) قصر النظر
١٩٢	(٧,٥,٢) طول النظر
١٩٣	(٧,٥,٣) اللابؤرية
١٩٥	(٧,٦) معالجة العيوب العينية بواسطة الليزر
١٩٦	(٧,٦,١) شق القرنية القطري
١٩٨	(٧,٦,٢) نزع الكبسولة الخلفية
٢٠٢	(٧,٧) مسائل
٢٠٤	(٧,٨) المراجع

الفصل الثامن: المعادلات الموجية

٢٠٥	.....	مقدمة (٨, ١)
٢٠٥	.....	المعادلة الموجية في بعد واحد (٨, ٢)
٢٠٧	.....	الموجات التوافقية (٨, ٣)
٢١٠	.....	الأعداد المركبة (٨, ٤)
٢١٢	.....	الموجات التوافقية بوصفها أعداداً مركبة (٨, ٥)
٢١٢	.....	الموجات المستوية (٨, ٦)
٢١٥	.....	الموجات الكروية (٨, ٧)
٢١٥	.....	الموجات الكهرومغناطيسية (٨, ٨)
٢١٩	.....	تأثير دوبلر (٨, ٩)
٢٢٠	.....	مسائل (٨, ١٠)
٢٢٢	.....	المراجع (٨, ١١)

الفصل التاسع: تراكب الموجات

٢٢٣	.....	مقدمة (٩, ١)
٢٢٣	.....	مبدأ التراكب (٩, ٢)
٢٢٤	.....	تراكب موجات لها نفس التردد (٩, ٣)
٢٢٨	.....	المصادر العشوائية والمترابطة (٩, ٤)
٢٢٩	.....	الموجات الواقفة (٩, ٥)
٢٣١	.....	سرعات الطور و المجموعة (٩, ٦)
٢٣٥	.....	مسائل (٩, ٧)
٢٣٨	.....	المراجع (٩, ٨)

الفصل العاشر: تداخل الضوء

٢٣٩	.....	مقدمة (١٠, ١)
٢٣٩	.....	تداخل شعاعين (١٠, ٢)
٢٤٥	.....	تجربة شقي يونج (١٠, ٣)
٢٥٠	.....	التداخل من مصدر ذي شقين تخيليين (١٠, ٤)
٢٥٢	.....	التداخل في الأغشية العازلة (١٠, ٥)
٢٥٨	.....	الأهداب ذات سمك متساوٍ (١٠, ٦)
٢٦٠	.....	حلقات نيوتن (١٠, ٧)

٢٦٢	(١٠,٨) قياس سمك الغشاء بواسطة التداخل.....
٢٦٥	(١٠,٩) مسائل.....
٢٦٨	(١٠,١٠) المراجع.....

الفصل الحادي عشر: علم القياس البصري

٢٦٩	(١١,١) مقدمة.....
٢٦٩	(١١,٢) مقياس مايكلسون للتداخل.....
٢٧٣	(١١,٣) تطبيقات مقياس مايكلسون للتداخل.....
٢٧٥	(١١,٤) تعديلات على مقياس مايكلسون للتداخل.....
٢٧٧	(١١,٥) علاقات ستوكس.....
٢٧٩	(١١,٦) التداخل متعدد الأشعة في لوح متوازٍ.....
٢٨٢	(١١,٧) مقياس فابري - بيرو للتداخل.....
٢٨٥	(١١,٨) نماذج الهدب: دالة إيرى.....
٢٨٦	(١١,٩) قدرة التحليل.....
٢٩٠	(١١,١٠) النطاق الطيفي الحر.....
٢٩٢	(١١,١١) مسائل.....
٢٩٥	(١١,١٢) المراجع.....

الفصل الثاني عشر: الترابط

٢٩٧	(١٢,١) مقدمة.....
٢٩٧	(١٢,٢) تحليل فورييه.....
٣٠١	(١٢,٣) تحليل فورييه لقطار محدود من الموجات التوافقية.....
٣٠٤	(١٢,٤) الترابط الزمني وعرض الخط الطبيعي.....
٣٠٦	(١٢,٥) الترابط الجزئي.....
٣١٣	(١٢,٦) الترابط المكاني.....
٣١٤	(١٢,٧) عرض الترابط المكاني.....
٣١٨	(١٢,٨) مسائل.....
٣٢٠	(١٢,٩) المراجع.....

الفصل الثالث عشر: التصوير المجسم (الهولوجرافيا)

٣٢١	(١٣,١) مقدمة.....
٣٢١	(١٣,٢) التصوير العادي مقابل التصوير الهولوجرافي.....

٣٢٢.....	(١٣,٣) هولوغرام مصدر نقطي
٣٢٥.....	(١٣,٤) هولوغرام جسم ممتد
٣٢٩.....	(١٣,٥) صفات الهولوغرام
٣٣٠.....	(١٣,٦) هولوغرامات الضوء الأبيض
٣٣١.....	(١٣,٧) تطبيقات أخرى للهولوغرافي
٣٣٤.....	(١٣,٨) مسائل
٣٣٦.....	(١٣,٩) المراجع

الفصل الرابع عشر: معالجة الاستقطاب بالصفوفات

٣٣٧.....	(١٤,١) مقدمة
٣٣٨.....	(١٤,٢) التمثيل الرياضي للضوء المستقطب : متجهات جونز
٣٤٨.....	(١٤,٣) التمثيل الرياضي للمستقطبات : صفوفات جونز
٣٤٨.....	(١٤,٣,١) المستقطبات الخطية
٣٤٩.....	(١٤,٣,٢) معوّق الطور
٣٥٠.....	(١٤,٣,٣) المدوّر
٣٥٦.....	(١٤,٤) مسائل
٣٥٨.....	(١٤,٥) المراجع

الفصل الخامس عشر: إنتاج الضوء المستقطب

٣٥٩.....	(١٥,١) مقدمة
٣٥٩.....	(١٥,٢) التلوّن الثنائي: الاستقطاب بواسطة الامتصاص الانتقائي
٣٦٢.....	(١٥,٣) الاستقطاب بواسطة الانعكاس من سطوح عازلة
٣٦٥.....	(١٥,٤) الاستقطاب بواسطة التشتت
٣٦٨.....	(١٥,٥) الانكسار المزدوج: الاستقطاب بواسطة معاملي انكسار
٣٧٣.....	(١٥,٦) الانكسار المزدوج
٣٧٧.....	(١٥,٧) النشاطية الضوئية
٣٨٢.....	(١٥,٨) المرونة الضوئية
٣٨٥.....	(١٥,٩) مسائل
٣٨٨.....	(١٥,١٠) المراجع

الفصل السادس عشر: حيود فرنفوفر

٣٨٩.....	(١٦,١) مقدمة
----------	--------------

٣٩٠	(١٦,٢) الحيود من شق واحد.....
٣٩٦	(١٦,٣) إتساع الشعاع
٣٩٧	(١٦,٤) الفتحات المستطيلة والدائرية
٤٠٢	(١٦,٥) التحليل
٤٠٦	(١٦,٦) الحيود الناتج من شقين
٤١٠	(١٦,٧) الحيود من عدة شقوق
٤١٦	(١٦,٨) مسائل
٤١٩	(١٦,٩) المراجع

الفصل السابع عشر: محزوز الحيود

٤٢١	(١٧,١) مقدمة
٤٢١	(١٧,٢) معادلة المحزوز
٤٢٣	(١٧,٣) النطاق الطيفي الحر للمحزوز
٤٢٤	(١٧,٤) تشتيت المحزوز
٤٢٦	(١٧,٥) تحليل المحزوز
٤٢٧	(١٧,٦) أنواع المحزوزات
٤٢٩	(١٧,٧) المحزوزات المشقوقة
٤٣٣	(١٧,٨) نُسخ مطابقة للمحزوز
٤٣٣	(١٧,٩) محزوزات التداخل
٤٣٥	(١٧,١٠) أجهزة المحزوز
٤٣٨	(١٧,١١) مسائل
٤٤٠	(١٧,١٢) المراجع

الملاحق

٤٤١	الملحق أ : إجابات المسائل المختارة
٤٥٧	الملحق ب: كشف الموضوعات

(الجزء الثاني)

الفصل الثامن عشر: حيود فرنل

٤٦٧	(١٨,١) مقدمة
٤٦٧	(١٨,٢) تكامل حيود فرنل - كيرشوف
٤٧٠	(١٨,٣) المعيار لحيود فرنل

٤٧١	(١٨,٤) معامل الميل
٤٧٢	(١٨,٥) حيود فرنل من فتحات دائرية
٤٧٥	(١٨,٦) إنزياح الطور للضوء الحائد
٤٧٦	(١٨,٧) لوح منطقه فرنل
٤٧٩	(١٨,٨) حيود فرنل من فتحات ذات تناظر مستطيل
٤٨١	(١٨,٩) حلزون كورنو
٤٨٦	(١٨,١٠) تطبيقات حلزون كورنو
٤٨٦	(١٨,١٠,١) جبهة الموجة غير المعاقبة
٤٨٧	(١٨,١٠,٢) الحافة المستقيمة
٤٨٩	(١٨,١٠,٣) الشق الوحيد
٤٩١	(١٨,١٠,٤) السلك
٤٩٢	(١٨,١١) مبدأ باييت
٤٩٣	(١٨,١٢) مسائل
٤٩٥	(١٨,١٣) المراجع

الفصل التاسع عشر: نظرية الشرائح عديدة الطبقات

٤٩٧	(١٩,١) المقدمة
٤٩٨	(١٩,٢) مصفوفة التحويل
٥٠٣	(١٩,٣) العاكسية عند السقوط العمودي
٥٠٥	(١٩,٤) شرائح ذات طبقتين مضادة الانعكاس
٥٠٩	(١٩,٥) شرائح ثلاثية الطبقات مضادة الانعكاس
٥١٠	(١٩,٦) طبقات عالية العاكسية
٥١٤	(١٩,٧) مسائل
٥١٦	(١٩,٨) المراجع

الفصل العشرون: معادلات فرنل

٥١٧	(٢٠,١) مقدمة
٥١٧	(٢٠,٢) معادلات فرنل
٥٢٣	(٢٠,٣) الانعكاس الخارجي والداخلي
٥٢٥	(٢٠,٤) تغيرات الطور مع الانعكاس

٥٢٩.....	(٢٠,٥) حفظ الطاقة.....
٥٣١.....	(٢٠,٦) الموجات المتلاشية.....
٥٣٣.....	(٢٠,٧) معامل الانكسار المركب.....
٥٣٥.....	(٢٠,٨) الانعكاس من الفلزات.....
٥٣٧.....	(٢٠,٩) مسائل.....
٥٣٩.....	(٢٠,١٠) المراجع.....

الفصل الحادي و العشرون: أساسيات الليزر

٥٤١.....	(٢١,١) مقدمة.....
٥٤٢.....	(٢١,٢) نظرية اينشتاين الكمية للإشعاع.....
٥٤٣.....	(٢١,٢,١) معاملات اينشتاين B, A.....
٥٤٤.....	(٢١,٢,٢) الانبعاث التلقائي.....
٥٤٤.....	(٢١,٢,٣) الانبعاث المحثوث.....
٥٤٥.....	(٢١,٢,٤) الامتصاص.....
٥٤٧.....	(٢١,٣) العناصر الأساسية لجهاز الليزر.....
٥٤٨.....	(٢١,٣,١) الضخ.....
٥٤٩.....	(٢١,٣,٢) وسط الليزر.....
٥٥٠.....	(٢١,٣,٣) المرنان.....
٥٥١.....	(٢١,٤) وصف مبسط لعمل الليزر.....
٥٥٥.....	(٢١,٤,١) مقارنة مرنان فايبري- بيرو مع مرنان الليزر.....
٥٥٧.....	(٢١,٥) خصائص ضوء الليزر.....
٥٥٧.....	(٢١,٥,١) أحادية اللون.....
٥٥٩.....	(٢١,٥,٢) الترابط.....
٥٦١.....	(٢١,٥,٣) الاتجاهية.....
٥٦٤.....	(٢١,٥,٤) شدة مصدر الليزر.....
٥٦٧.....	(٢١,٥,٥) التركيز.....
٥٧٠.....	(٢١,٦) أنواع الليزر ومعاملاتها.....
٥٧٢.....	(٢١,٧) مسائل.....
٥٧٢.....	(٢١,٨) المراجع.....

الفصل الثاني و العشرون: خصائص أشعة الليزر

- (٢٢,١) مقدمة ٥٧٧
- (٢٢,٢) المعادلة الموجية ثلاثية الأبعاد والموجات الكهرومغناطيسية ٥٧٧
- (٢٢,٢,١) الحلول الموجية المستوية للمعادلة الموجية ٥٧٨
- (٢٢,٢,٢) محلول الموجية الكروية للمعادلة الموجية ٥٧٩
- (٢٢,٣) تغير الطور للموجات الكروية على طول مستوى مستعرض ٥٧٩
- (٢٢,٤) قاعدة تحديد تركيبات نمط شعاع الليزر ٥٨٠
- (٢٢,٥) حل الشعاع الجاوسي لليزرات ٥٨٢
- (٢٢,٥,١) إيجاد الدالة $U(x,y,z)$ ٥٨٣
- (٢٢,٥,٢) تعريف نصف قطر التكور المركب ٥٨٤
- (٢٢,٥,٣) شعاع الليزر الجاوسي الكروي ٥٨٥
- (٢٢,٦) حجم البقعة ونصف قطر التكور لشعاع جاوسي ٥٨٦
- (٢٢,٧) انتشار شعاع الليزر خلال نظام بصري اختياري ٥٩١
- (٢٢,٧,١) القانون العام لانتشار الليزر ٥٩٣
- (٢٢,٧,٢) توازي الشعاع الجاوسي ٥٩٦
- (٢٢,٧,٣) اختيار بصريات - تشكيل - الشعاع للحصول على انتشار أمثل للشعاع ٥٩٧
- (٢٢,٧,٤) تركيز الشعاع الجاوسي ٥٩٩
- (٢٢,٨) الأشعة الجاوسية عالية الرتبة ٦٠١
- (٢٢,٨,١) حلول الشعاع الجاوسي - الهيرميتي ٦٠٤
- (٢٢,٨,٢) أهداف المجال الإشعاعية للأشعة الجاوسية - الهيرومتية ٦٠٥
- (٢٢,٩) مسائل ٦٠٧
- (٢٢,١٠) المراجع ٦١٠

الفصل الثالث و العشرون: تطبيقات الليزر

- (٢٣,١) مقدمة ٦١١
- (٢٣,٢) الليزرات والتفاعل ٦١٢
- (٢٣,٢,١) معالجة المواد ٦١٢
- (٢٣,٢,٢) الطب ٦١٤

٦١٨.....	(٢٣,٢,٣) الاندماج النووي المحثوث بالليزر
٦١٩.....	(٢٣,٣) الليزر والمعلومات
٦٢٠.....	(٢٣,٣,١) الاتصالات بالليزر
٦٢١.....	(٢٣,٣,١) معالجة المعلومات
٦٢٣.....	(٢٣,٣,١) الاستشعار عن بعد
٦٢٦.....	(٢٣,٤) تطورات حديثة إضافية
٦٢٦.....	(٢٣,٤,١) التطبيقات الطبية
٦٢٧.....	(٢٣,٤,٢) التطبيقات المرتبطة بالنواحي العسكرية
٦٢٧.....	(٢٣,٤,٣) الليزر والعالم الدقيق
٦٢٨.....	(٢٣,٤,٤) تطبيقات أخرى
٦٢٨.....	(٢٣,٥) مسائل
٦٣١.....	(٢٣,٦) المراجع

الفصل الرابع و العشرون: بصريات الألياف

٦٣٣.....	(٢٤,١) مقدمة
٦٣٣.....	(٢٤,٢) التطبيقات
٦٣٤.....	(٢٤,٣) دراسة أنظمة الاتصالات
٦٣٦.....	(٢٤,٤) عرض النطاق ومعدل البيانات
٦٣٧.....	(٢٤,٥) بصريات الانتشار
٦٤٠.....	(٢٤,٦) الأنماط المسموحة
٦٤٣.....	(٢٤,٧) التضعيف
٦٤٦.....	(٢٤,٨) التشويه
٦٤٦.....	(٢٤,٨,١) التشويه النمطي
٦٤٦.....	(٢٤,٨,٢) الليف ذو المعامل المتدرج
٦٤٨.....	(٢٤,٨,٣) تشتت المادة
٦٥٣.....	(٢٤,٨,٤) تشتت دليل الموجة
٦٥٥.....	(٢٤,٩) مسائل
٦٥٨.....	(٢٤,١٠) المراجع

الفصل الخامس و العشرون: بصريات فورييه

٦٥٩	.....	مقدمة (٢٥,١)
٦٦٠	.....	تصوير ومعالجة البيانات بصريا (٢٥,٢)
٦٦٠	.....	حيود فراهوفر وتحويل فورييه (٢٥,٢,١)
٦٦٣	.....	تحليل الطيف الضوئي (٢٥,٢,٢)
٦٦٦	.....	الترشيح الضوئي (٢٥,٢,٣)
٦٦٨	.....	الارتباط الضوئي (٢٥,٢,٤)
٦٧١	.....	نموذج آخر للتصوير: الالتفاف (٢٥,٢,٥)
٦٧٣	.....	تقييم النظام البصري باستخدام دالة التحويل (٢٥,٢,٦)
٦٧٥	.....	مطيافية تحويل - فورييه (٢٥,٣)
٦٧٨	.....	مسائل (٢٥,٤)
٦٨٠	.....	المراجع (٢٥,٥)

الفصل السادس و العشرون: البصريات اللاخطية والتضمين الضوئي

٦٨١	.....	مقدمة (٢٦,١)
٦٨١	.....	الوسط اللاخطي (٢٦,٢)
٦٨٣	.....	التوليد التوافقي الثاني (٢٦,٣)
٦٨٦	.....	مزج التردد (٢٦,٤)
٦٨٩	.....	تأثير بوكيلز (٢٦,٥)
٦٩٤	.....	تأثير كبير (٢٦,٦)
٦٩٦	.....	تأثير فارادي (٢٦,٧)
٦٩٩	.....	التأثير الصوت - ضوئي (٢٦,٨)
٧٠٤	.....	ترافق الطور الضوئي اللاخطي (٢٦,٩)
٧١٠	.....	مسائل (٢٦,١٠)
٧٣١	.....	المراجع (٢٦,١١)

الفصل السابع والعشرون: الخصائص الضوئية للمواد

٧١٥	.....	مقدمة (٢٧,١)
٧١٥	.....	استقطاب وسط عازل (٢٧,٢)
٧١٩	.....	انتشار الموجات الضوئية في عازل (٢٧,٣)

٧٢٣	..... معادلة التشتت (٢٧,٣,١)
٧٢٤	..... تيار التوصيل في فلز (٢٧,٤)
٧٢٥	..... انتشار الموجات الضوئية في الفلز (٢٧,٥)
٧٢٦	..... عمق القشرة (٢٧,٦)
٧٢٧	..... تردد البلازما (٢٧,٧)
٧٢٩	..... مسائل (٢٧,٨)
٧٣٠	..... المراجع (٢٧,٩)
٧٣١	..... اقتراحات لقراءات أخرى
	..... مقالات في البصريات من المجلة الأمريكية العلمية

الملاحق

٧٣٥	..... الملحق أ: إجابات المسائل المختارة
	..... الملحق ب: ثبت المصطلحات
٧٥٣	..... أولاً : (عربي - إنجليزي)
٧٧١	..... ثانياً : (إنجليزي - عربي)
٧٨٩	..... الملحق ج: كشف الموضوعات

قائمة الجداول

الجدول رقم (٢,١) الحدود الإشعاعية والضوئية.....	١٠
الجدول رقم (٣,١) ملخص لقوانين العدسات والمرآيا الجاوسية.....	٦٣
الجدول رقم (٤,١) ملخص لبعض مصفوفات تحويل الشعاع البسيطة.....	٨٢
الجدول رقم (٤,٢) مواقع النقاط الأصلية بدلالة عناصر مصفوفة النظام.....	٩٠
الجدول رقم (٤,٣) معادلات اقتفاء الأشعة المنصّفة.....	٩٨
الجدول رقم (٥,١) عينات الزجاج الضوئي.....	١٢٥
الجدول رقم (٦,١) خطوط فرنفوفر.....	١٤٣
الجدول رقم (٦,٢) الفتحات النسبية القياسية والإشعاعية المتوفرة في الكاميرات.....	١٥٣
الجدول رقم (٧,١) ثوابت العين التخطيطية.....	١٨٥
الجدول رقم (١٤,١) ملخص متجهات جونز.....	٣٤٧
الجدول رقم (١٤,٢) ملخص لمصفوفات جونز.....	٣٥٢
الجدول رقم (١٥,١) معاملات الانكسار لعدة مواد.....	٣٧١
الجدول رقم (١٥,٢) الدوران النوعي للكوارتز.....	٣٧٨
الجدول رقم (١٥,٣) معاملات الانكسار للكوارتز.....	٣٨١
الجدول رقم (١٨,١) تكاملات فرنل.....	٤٨٤
الجدول رقم (١٩,١) معاملات الانكسار لعدد من مواد الطلاء.....	٥٠٨
الجدول رقم (١٩,٢) العاكسية لمجموعة طبقات عالية- منخفضة ذات ربع- موجة.....	٥١٣
الجدول رقم (٢١,١) مقارنة عرض خطوط طيفية.....	٥٥٨
الجدول رقم (٢١,٢) معاملات الليزر لعدة أنواع شائعة من الليزر.....	٥٧١
الجدول رقم (٢٣,١) تصنيف تطبيقات الليزر.....	٦١٢
الجدول رقم (٢٣,٢) أنواع الليزر في الطب.....	٦١٥
الجدول رقم (٢٣,٣) المجالات الطبية المستفيدة من الليزر.....	٦١٨
الجدول رقم (٢٤,١) خصائص عدة ألياف بصرية.....	٦٣٩

٦٨٦	الجدول رقم (٢٦,١) العمليات الخطية و اللاخطية
٦٩١	الجدول رقم (٢٦,٢) المعاملات الكهروضوئية الخطية لمواد معينة
٦٩٥	الجدول رقم (٢٦,٣) ثابت كبير لمواد مختارة
٦٩٨	الجدول رقم (٢٦,٤) ثابت فيردت لمواد مختارة

ثوابت فيزيائية

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

سرعة الضوء

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

شحنة الإلكترون

$$m = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

كتلة السكون للإلكترون

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

ثابت بلانك

$$k = 1.3805 \times 10^{-23} \text{ J/k}$$

ثابت بولتزمان