بسم الله الرحمن الرحيم

# المدخل إلى البصريات

# INTRODUCTION TO OPTICS

## الجزء الأول


تأليف

ف ل بيدروتي
Frank L. Pedrotti, S.J.

ل س بيدروتي
Leno S. Pedrotti

ترجمة

د. عبدالله بن صالح الضويان
أستاذ مشارك

د. محمد بن صالح الصالحي
أستاذ مشارك

قسم الفيزياء والفلك ـ كلية العلوم
جامعة الملك سعود ـ 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, Prentico – Hall, Inc. New Jersey**

**ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩م)**

*فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر*

بيدروتي، ف ل

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

٢ مج

٤٦٦ ص. ٢١ ×٢٨سم.

ردمك: ١-٣٥١-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (مجموعة)

٨-٣٥٢-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (ج١)

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)

٨-٣٥٢-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨ (ج١)

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 ١٤٢٧/١٤٢٨هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٨/٦/٢هـ الموافق ٢٠٠٧/٦/١٧م.

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

**النشر العلمي والمطابع ١٤٣٠هـ**

## 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 مصمِّمي 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. يتميّز 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 لكِبر حجم الكتاب، ولسهولة اقتنائه رأينا أن يُقسم إلى جزأين بحيث يتضمن الجزء الأول الموضوعات المتعلقة بمبادئ البصريات بدأً من الفصل الأول وحتى السابع عشر، بينما يتضمن الجزء الثاني الموضوعات المتعلقة بالبصريات المتقدمة وتطبيقاتها بدأً 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 نذكّره بترحيبنا لأي ملاحظة بنّاءة تُثري هذه الترجمة من خلال تواصله معنا عبر عناويننا المذكورة على غلاف الكتاب. نسأل الله أن يكون هذا العمل خالصاً لوجهه وأن يكون رصيداً باقياً لأبناء أمتنا.

وصلى الله وسلم على نبينا محمد وعلى آله وصحبه.

المترجمان

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

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

## مقدمة المؤلفَين

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** نقترح تدريس مقدمة في البصريات الحديثة في المستوى المتوسط. وماعدا 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 للمتخصّصين في الفيزياء و الهندسة، وإلى فصلين دراسيين في التفاضل والتكامل على الأقل. لقد كُتب 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 واحدا فقط، فإن الكتاب يصلح أن يكون مرجعاً لمقرر نصف سنوي أو لسنة كاملة. ونعتقد أن حيوية و أهمية البصريات اليوم تستدعي إعادة ترتيب المنهج لُيناسب مقرر البصريات لسنة كاملة في بداية البرنامج الجامعي.

وللمطلعين على الطبعة الأولى من الكتاب، من المفيد تلخيص التغيرات الرئيسة المطروحة في هذه الطبعة. فقد أُضيف فصلان كاملان جديدان يُناقشان خصائص شعاع الليزر والبصريات اللاخطية، حيث يظهر الآن فصل ليزر جديد، مع فصلي الليزر القديمين، في نهاية الكتاب لتكوِّن الثلاثة وحدةً واحدة كذلك، مُدِّد فصل الألياف البصرية بكثافة وأُزيح إلى آخر الكتاب. قُدمت أيضا عدة أجزاء جديدة، وهي اقتفاء الأشعة و العدسات السميكة (الفصل ٤)، تأثير دوبلر (الفصل ٨)، والموجات المتلاشية (الفصل٢٠) 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: الهولوغرافي، الترابط، الألياف البصرية، التداخل، بصريات فوريه، 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 رئيسة يتبع أساساً المسارات التقليدية. يتعامل الجزء الأول من الكتاب مع البصريات الهندسية، والمطروحة كصيغة مُقيّدة (limiting form) للبصريات الموجية. يطوّر الجزء الأوسط البصريات الموجية بالتفصيل، بينما يُعالج الجزء الأخير مواضيع تُسمّى 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، وُظّف النظام المتري (MKS) للوحدات. يتضمن الفصل (٣) مراجعة للبصريات الهندسية المطروقة في مقررات مبادئ الفيزياء، مع اشتقاق علاقات الانعكاس و الانكسار للمرايا و العدسات. يوضح الفصل (٤) كيف يمكن أن نمدد البصريات المحورية للأنظمة ذات التعقيد الاختياري من خلال استخدام مصفوفات 2x2. كما ضُمّن في هذا الفصل مقدمةً عن تقنيات اقتفاء الأشعة التي تُطبَّق بكثرة باستخدام برمجة حاسوبية. يطرح الفصل (٥) معالجة شبه كميّة لنظرية الزيغ ذات الرتبة الثالثة، بينما يُناقش الفصل (٦) مبادئ البصريات الهندسية ونظرية الزيغ كما طُبّقت للفتحات وعدة أدوات بصرية أخرى: الموشور، الكاميرا، المكبِّر البسيط، الميكروسكوب، والتلسكوب. يناقش الفصل (٧) بشكل مستقل أهمية العين باعتبارها القطعة البصرية الأخيرة في العديد من الأنظمة البصرية. يشرح هذا الفصل وظائف وعيوب العين ويناقش بعض معالجة هذه العيوب التي توظّف 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 مقاييس 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). ويعالج هذا الفصل، بعد شرح موجز لكل من متسلسلة وتكامل فوريه، كلا من الترابط الزماني و المكاني ويقدم مناقشة كمية للترابط الجزئي. يعالج الفصل (١٣)، كتطبيق خاص للتداخل، مقدمةً عن الهولوغرافي، مشتملاً على بعض التطبيقات المعاصرة.

يُعالج الفصلان (١٤ و ١٥) استقطاب الضوء. نعطي في البداية تمثيلاً رياضياً باستخدام المصفوفات 2x2 لتمثيل متجه المجال الكهربي (الفصل ١٤) قبل فحص الآليات الفيزيائية المسئولة 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 مباشرةً 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) يُوظّف المصفوفات 2x2 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 كمّي. تشكّل 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 الليزرات. الفصول الأخرى في هذا الجزء الأخير من الكتاب مستقلّة، بمعنى أنها لا تستلزم تتابعاً محدّدا.

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

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

لقد أُعد هذا الكتاب ليُلائم فصلا 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 الهولوغرافي |
| 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 عُلّمت 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 ممتّنون لكل من هيوجو 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 دانيل ولكنز من جامعة نبراسكا. كما أننا ممتّنون لـ لينو م بدروتي لقراءته الدقيقة لأكثر المواد الجديدة المُضافة في هذه الطبعة الثانية. ونحن شاكرون كذلك للدكتور مايكل بدروتي( طبيب العيون) لمراجعته و اقتراحاته في الفصل الخاص بالعين. نحب كذلك شكر جودي لوسن لرسمها صورة آينشتاين التي شرّفت الصفحة ١. وأخيراً نعبّر عن امتناننا لأعضاء التحرير و الإنتاج من برنتايس هول. ونحن مدينون بالأخص لمحرري المؤلفات، هولي 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


**مقدمة المترجمين** ..... هـ

**مقدمة المؤلفين** ..... ز

**قائمة الجداول** ..... ذ

**ثوابت فيزيائية** ..... ظ

**(الجزء الأول)**

**الفصل الأول: طبيعة الضوء**

(١,١) مقدمة ..... ١

(١,٢) تاريخ موجز ..... ٢

(١,٣) مسائل ..... ٧

(١,٤) المراجع ..... ٨

**الفصل الثاني: إنتاج الضوء وقياسه**

(٢,١) مقدمة ..... ٩

(٢, ٢) الطيف الكهرومغناطيسي ..... ٩

(٢, ٣) المقياسية الإشعاعية ..... ١٠

(٢,٤) المقياسية الضوئية ..... ١٥

(٢,٥) إشعاع الجسم الأسود ..... ١٨

(٢,٦) مصادر الإشعاع الضوئي ..... ٢٠

(٢,٧) كواشف الأشعة ..... ٢٧

(٢,٨) مسائل ..... ٣٣

(٢,٩) المراجع ..... ٣٤

**الفصل الثالث: البصريات الهندسية**

(٣,١) مقدمة ..... ٣٥

(٣,٢) مبدأ هيجنز ..... ٣٦

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

## الفصل الرابع: طرق المصفوفات في البصريات المحورية

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

## الفصل الخـــامس: نظرية الزيغ

(٥,١) مقدمة ..... ١٠٥

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

## الفصل السادس: التجهيزات البصرية

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

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

## الفصل السابع: بصريات العين

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

## الفصل الثامن: المعادلات الموجية

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

## الفصل التاسع: تراكب الموجات

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

## الفصل العاشر: تداخل الضوء

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

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

## الفصل الحادي عشر: علم القياس البصري

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

## الفصل الثاني عشر: الترابط

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

## الفصل الثالث عشر: التصوير المجسم (الهولوغرافيا)

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

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

**الفصل الرابع عشر: معالجة الاستقطاب بالمصفوفات**

(١٤,١) مقدمة ..... ٣٣٧
(١٤,٢) التمثيل الرياضي للضوء المستقطب : متجهات جونز ..... ٣٣٨
(١٤,٣) التمثيل الرياضي للمستقطِبات : مصفوفات جونز ..... ٣٤٨
(١٤,٣,١) المستقطِبات الخطية ..... ٣٤٨
(١٤,٣,٢) معوِّق الطور ..... ٣٤٩
(١٤,٣,٣) المدوِّر ..... ٣٥٠
(١٤,٤) مسائل ..... ٣٥٦
(١٤,٥) المراجع ..... ٣٥٨

**الفصل الخامس عشر: إنتاج الضوء المستقطب**

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

**الفصل السادس عشر: حيود فرنهوفر**

(١٦,١) مقدمة ..... ٣٨٩

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

## الفصل السابع عشر: محزوز الحيود

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

**الملاحق**

**الملحق أ : إجابات المسائل المختارة** ..... ٤٤١
**الملحق ب: كشاف الموضوعات** ..... ٤٥٧

## (الجزء الثاني)

## الفصل الثامن عشر: حيود فرنل

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

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

## الفصل التاسع عشر: نظرية الشرائح عديدة الطبقات

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

## الفصل العشرون: معادلات فرنل

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

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

## الفصل الحادي و العشرون: أساسيات الليزر

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

## 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 التكوُّر 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- الشاع للحصول على انتشار أمثل للشعاع ..... ٥٩٧
(٢٢,٧,٤) تركيز الشعاع الحاوسي ..... ٥٩٩
(٢٢,٨) الأشعة الجاوسية عالية الرتبة ..... ٦٠١
(٢٢,٨,١) حلول الشعاع الجاوسي-الهيرميتي ..... ٦٠٤
(٢٢,٨,٢) أهداب 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

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

## الفصل الرابع و العشرون: بصريات الألياف

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

## الفصل الخامس و العشرون: بصريات فوريه

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

## الفصل السادس و العشرون: البصريات اللاخطية والتضمين الضوئي

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

## الفصل السابع والعشرون: الخصائص الضوئية للمواد

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

(٢٧,٣,١) معادلة التشتت ..... ٧٢٣
(٢٧,٤) تيار التوصيل في فلز ..... ٧٢٤
(٢٧,٥) انتشار الموجات الضوئية في الفلز ..... ٧٢٥
(٢٧,٦) عمق القشرة ..... ٧٢٦
(٢٧,٧) تردد البلازما ..... ٧٢٧
(٢٧,٨) مسـائل ..... ٧٢٩
(٢٧,٩) المراجع ..... ٧٣٠
**اقتراحات لقراءات أخرى** ..... ٧٣١
مقالات في البصريات من المجلة الأمريكية العلمية .....
**الملاحق**
**الملحق أ: إجابات المسائل المختارة** ..... ٧٣٥
**الملحق ب: ثبت المصطلحات**
أولا : (عربي – إنجليزي) ..... ٧٥٣
ثانيا : (إنجليزي – عربي) ..... ٧٧١
**الملحق ج: كشاف الموضوعات** ..... ٧٨٩

# قائمة الجداول


الجدول رقم (٢,١) الحدود الإشعاعية والضوئية ..... ١٠
الجدول رقم (٣,١) ملخص لقوانين العدسات والمرايا الجاوسيه..... 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 المنصِّفة ..... ٩٨
الجدول رقم (٥,١) عينات الزجاج الضوئي..... ١٢٥
الجدول رقم (٦,١) خطوط فرنهوفر ..... 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) ملخَّص 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 الليزرات..... 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

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

# ثوابت فيزيائية

| | |
|---|---|
| سرعة الضوء | $c = 2.998 \times 10^{8} m/s$ |
| شحنة الإلكترون | $e = 1.602 \times 10^{-19} C$ |
| كتلة السكون للإلكترون | $m = 9.109 \times 10^{-31} kg$ |
| ثابت بلانك | $h = 6.626 \times 10^{-34} Js$ |
| ثابت بولتزمان | $k = 1.3805 \times 10^{-23} J/k$ |