المدخل إلى البصريات

تأليف

ف ل بيدروتي ل س بيدروتي

ترجمة

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

قسم الفيزياء و الفلك

جامعة الملك سعود

الرياض

١٤٣٨هـ

مقدمة المترجمين

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام 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. و لذا يمكن لدارسي أساسيات الليزر و الاتصالات البصرية من طلاب مرحلة البكالوريوس الاستفادة من هذا الكتاب.

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 " و الصادر عن المنظمة العربية للتربية و الثقافة و العلوم عام ١٩٧٧ م 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 و سلم على نبينا محمد وعلى آله و صحبه.

المترجمان

مقدمة المؤلفَين

ربما تكون البصريات اليوم أكثر مجالات الفيزياء النظرية و التطبيقية ازدهارا منذ ١٩٦٠، 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 ليُناسب 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 لتكوّن الثلاثة وحدةً واحدة. كذلك، مُدِّد فصل الألياف البصرية بكثافة وأُزيح إلى آخر الكتاب. قُدمت أيضا عدة أجزاء جديدة، وهي إقتفاء 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. ولابد 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 و ما 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 السابع 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

فوريه أثناء مناقشة معالجة المعلومات البصرية و مطيافية تحويلات فوريه. 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
٣ البصريات الهندسية
٦ التجهيزات البصرية
٨ المعادلات الموجية
٩ تراكب الموجات
١٠ تداخل الضوء
١٢ الترابط
١٣ الهولوغرافي
١٥إنتاج الضوء المستقطب
١٦ حيود فرنهوفر
١٨ حيود فرنل
٢١ أساسيات الليزر

كمساعدة إضافية للاختيار، فإن الفصول التي يمكن حذفها في النسخ المختصرة من المقرر قد عُلّمت بنجمة. أنظر 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 ممتنّون لكل من هيوجو ويشل، جيمس توشي، هاجايم ساكاي، أرثر هـ جونثر، و توماس ب جرينسليد. ولإقتراحاتهم لتحسين الطبعة الثانية، التي أخذنا بها بكل إهتمام، 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 ممتنّون لـ لينو م بدروتي لقراءته الدقيقة لأكثر المواد الجديدة المضافة 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 إمتناننا 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