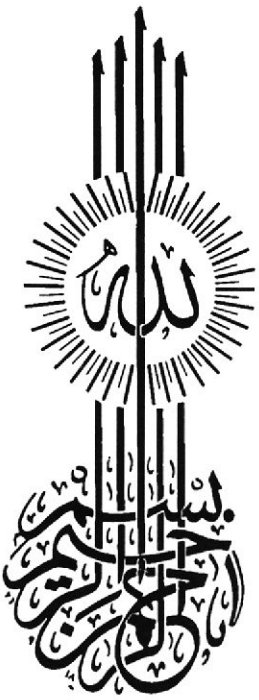

بسم الله الرحمن الرحيم

الاهتزازات والموجات

في الفيزياء

تأليف

إيـــان ج. مين

كبير محاضرين (سابق) بجامعة ليفربول

ترجمة

الدكتور حمد بن عبدالله الهندي — أستاذ مشارك

الدكتور عادل مجذوب حسيب — أستاذ مشارك

قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٦هـ - ٢٠٠٥م

الطبعة الأولى ١٤٢٠هـ - ١٩٩٩م

هذه ترجمة عربية مصرح بها لـ

This an authorized Arabic Translation of: Vibration and Waves in Physics
by lain G. Main
Third edition
Cambridge University Press
Translation Copright © 1999 by : King Saud University
All rights reserved.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

مين، إيان ج.

الاهتزازات والموجات في الفيزياء/ إيان ج مين؛ حمد الهندي؛ عادل حسيب. - ط٢ - الرياض، ١٤٢٥هـ

٥٩٩ ص؛ ١٧ × ٢٤سم

ردمك: ٣ - ٧٩٠ - ٣٧ - ٩٩٦٠

١ - الذبذبات ٢ - الموجات أ - الهندي، حمد (مترجم)

ب - حسيب، عادل (مترجم) ج - العنوان

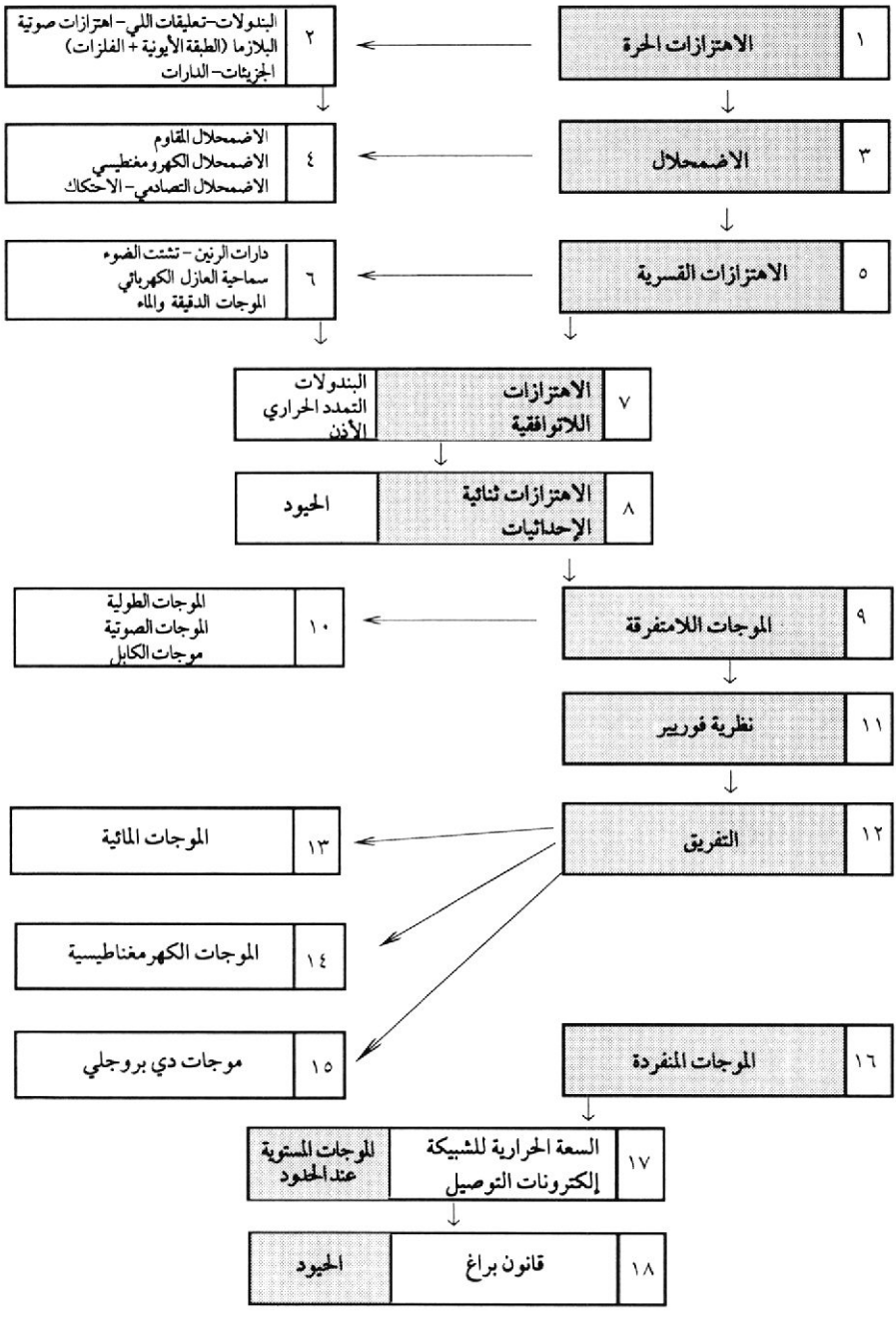
ديوي ٣٨٣, ٥٣١ ١٤٢٥/٧٤٥٦

رقم الإيداع: ١٤٢٥/٧٤٥٦

ردمك: ٣ - ٧٩٠ - ٣٧ - ٩٩٦٠

وافق المجلس العلمي باجتماعه الثاني للعام الدراسي ١٤٢٥/١٤٢٦هـ والمعقود بتاريخ ١٤٢٥/٨/١٢هـ الموافق ٢٠٠٤/٩/٢٦م (على إعادة طباعته).

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٥هـ


١ الاهتزازات الحرة
٢ البندولات–تعليقات اللي– اهتزازات صوتية
البلازما (الطبقة الأيونية + الفلزات)
الجزيئات– الدارات
٣ الاضمحلال
٤ الاضمحلال المقاوم
الاضمحلال الكهرومغنطيسي
الاضمحلال التصادمي– الاحتكاك
٥ الاهتزازات القسرية
٦ دارات الرنين – تشتت الضوء
سماحية العازل الكهربائي
الموجات الدقيقة والماء
٧ الاهتزازات اللاتوافقية
البندولات
التمدد الحراري
الأذن
٨ الاهتزازات ثنائية الإحداثيات
الحيود
٩ الموجات اللامتفرقة
١٠ الموجات الطولية
الموجات الصوتية
موجات الكابل
١١ نظرية فوريير
١٢ التفريق
١٣ الموجات المائية
١٤ الموجات الكهرمغناطيسية
١٥ موجات دي بروجلي
١٦ الموجات المنفردة
١٧ السعة الحرارية للشبيكة
إلكترونات التوصيل
الموجات المستوية عند الحدود
١٨ قانون براغ
الحيود

المحتويات

صفحة

ملاحظات الناشر . . . . . م
مقدمة المترجمين . . . . . س
مقدمة الطبعة الثالثة . . . . . ف
مقدمة الطبعة الثانية . . . . . ق
مقدمة الطبعة الأولى . . . . . ش
ملاحظات للرجوع إليها . . . . . ذ

الفصل الأول: الاهتزازات الحرة ١
1.1 الحركة التوافقية ٣
1.2 الرياضيات البديلة للحركة التوافقية ١٤
مسائل ٢٠
الفصل الثاني: الاهتزازات الحرة في الفيزياء ٢٣
2.1 الاهتزازات الزاوية ٢٣
2.2 الاهتزازات الصوتية ٢٨
2.3 اهتزازات البلازما ٣٢

2.4 الاهتزازات الجزيئية ٣٦
2.5 ذبذبات الدارة الكهربائية ٤٤
مسائل ٤٨

الفصل الثالث: الاضمحلال ٥٣
3.1 الاضمحلال الخفيف ٥٥
3.2 الاضمحلال الشديد ٦١
3.3 الاضمحلال الحرج ٦٥
مسائل ٦٧

الفصل الرابع: الاضمحلال في الفيزياء ٧١
4.1 الاضمحلال الناتج عن مقاومة ٧١
4.2 الاضمحلال الكهرومغناطيسي ٧٣
4.3 الاضمحلال الناتج عن التصادم ٧٧
4.4 الاضمحلال الناتج عن الاحتكاك ٨١
مسائل ٨٤

الفصل الخامس: الاهتزازات القسرية ٨٧
5.1 الحالات المستقرة ٨٨
5.2 التراكيب ١٠٥
5.3 العابرات ١١٢
مسائل ١١٧

الفصل السادس: الاهتزازات القسرية في الفيزياء ١٢١
6.1 دارات الرنين ١٢١
6.2 تشتت الضوء ١٢٦
6.3 قابلية العزل الكهربائي ١٣١
6.4 امتصاص الموجات الدقيقة بالماء ١٣٤
مسائل ١٤٢

الفصل السابع: الاهتزازات اللاتوافقية ١٤٥
7.1 قوة مرجعة متناظرة ١٤٦
7.2 قوة مرجعة لامتناظرة ١٥٤
7.3 الاهتزازات القسرية للنظم غير الخطية ١٦٢
مسائل ١٧١

الفصل الثامن: الاهتزازات ثنائية الاحداثيات ١٧٥
8.1 الأنماط وإحداثيات النمط ١٧٦
8.2 الاهتزازات القسرية ١٩٠
8.3 طريقةإيجاد إحداثيات النمط ١٩٧
8.4 الدارات المقترنة ٢٠٨
مسائل ٢١٣

الفصل التاسع: الموجات اللامتفرقة ٢١٧
9.1 الموجات المنتقلة ٢١٩
9.2 انعكاس الموجات المنتقلة ٢٢٧
9.3 الموجات الموقوفة ٢٣٨

9.4 انتشار الطاقة ٢٤٤
9.5 التوهين ٢٥٠
مسائل ٢٥٨

الفصل العاشر: الموجات اللامتفرقة في الفيزياء ٢٦٣
10.1 الموجات الطولية ٢٦٤
10.2 الموجات الصوتية ٢٦٨
10.3 موجات الكابــل ٢٧٧
مسائل ٢٨٨

الفصل الحادي عشر: نظرية فوريير ٢٩١
11.1 التحليل التوافقي ٢٩٢
11.2 التعديل ٣٠٤
11.3 النبضات والمجموعات الموجية ٣٠٨
مسائل ٣١٦

الفصل الثاني عشر: التفريق ٣١٩
12.1 الخيوط القاسية ٣١٩
12.2 الخيوط المتكتلة ٣٣٠
12.3 الموجات المتلاشية ٣٤٠
مسائل ٣٤٨

الفصل الثالث عشر: موجات المياه ٣٥٣
13.1طبيعة الحركة الموجية ٣٥٤

13.2 علاقة التفريق ٣٧٢
13.3 أمثلة لموجات المياه ٣٧٥
مسائل ٣٨١

الفصل الرابع عشر: الموجات الكهرومغناطيسية ٣٨٥
14.1 الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ ٣٨٦
14.2 الموجات الكهرومغناطيسية في العازل ٣٩٥
14.3 الموجات الكهرومغناطيسية في البلازما ٤٠٢
مسائل ٤١١

الفصل الخامس عشر: موجات دي بروجلي ٤١٣
15.1 دوال الموجة ٤١٤
15.2 المعاني الفيزيائية ٤١٩
مسائل ٤٢٥

الفصل السادس عشر: الموجات المنفردة ٤٢٧
16.1 النظم الموجية اللاخطية ٤٢٨
16.2 التفريق اللاخطي ٤٣٦
مسائل ٤٤٢

الفصل السابع عشر: الموجات المستوية عند الحدود ٤٤٥
17.1 الانعكاس والانكسار ٤٤٦
17.2 الموجات الموقوفة في حيز ٤٥٧
مسائل ٤٧١

الفصل الثامن عشر: الحيـــود **٤٧٥**
18.1 السمات الناتجة عن ترتيب مراكز الحيود ٤٧٧
18.2 السمات الناتجة عن طبيعة مراكز الحيود ٤٩٠
مسائل ٥٠٣
إجابات الأسئلة والتلميحات المساعدة في الحل **٥٠٩**
الثوابت والوحدات **٥٢٣**
ثبت المصطلحات **٥٢٧**
أولا: عربي - إنجليزي
ثانيا: إنجليزي - عربي
كشاف الموضوعات ٥٩٣

ملاحظات الناشر

قام المؤلف بإجراء عدد من التغييرات ، في الطبعة الثالثة لهذا الكتاب التعليمي الناجح لطلاب ما قبل التخرج، وذلك لغرض تحسين العرض وتوضيح بعض المعالجات ، كما قام بتحديث تطبيقات عدة . تتضمن المادة الجديدة مقدمة أولية وصفية لمفاهيم العلم الجديد الخاص بالفوضوية .

إن الغرض العام للكتاب لم يتغير : فهو يأخذ بيد الطالب نحو فهم متقن للمفاهيم الأساسية الخاصة بالاهتزازات والموجات، ويبين كيف توحد هذه المفاهيم تبايناً واسعاً مما هو مألوف في الفيزياء ، ويفتح الأبواب إلى موضوعات متقدمة ويلقي عليها الضوء . ولقد طورت النظرية الأساسية بعناية من بدايتها وذلك بالاستعانة بنماذج ميكانيكية، كما تم تبويب الموضوعات النظرية، مثل الاهتزازات الحرة والقسرية والاضمحلال والتفريق والموجات المنتقلة والموقوفة وانتشار الطاقة، على شكل فصول . . . ونوقشت، خلال فصول تطبيقية أخرى، أمثلة فيزيائية متنوعة مع التأكيد على كبر المقادير العددية وصغرها للكميات الواردة فيها . وتشمل كل فقرة من الكتاب، ملخصا مختصرا لمحتوياتها البارزة. وهناك ما يقرب من ١٨٠ مسألة في الكتاب أدرجت حلولها العددية، مع بعض الإرشادات المساعدة للحل، في نهايته .

تم تصميم الكتاب لاستخدامه كتابا تعليميا لمقرر في الاهتزازات والموجات، لطلاب ما قبل التخرج، وكذلك مرجعا لمراحل لاحقة ، يحتاجون إليه عندما تواجههم

موضوعات وتطبيقات أكثر تقدما . ولذا فالكتاب مناسب لجميع طلاب ما قبل التخرج، على جميع المستويات في الفيزياء، أو أي منهج مبني على علم الفيزياء ، يهتم بالاهتزازات والموجات .

الناشر : مطبعة جامعة كمبردج

مقدمة المترجمين

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسول الهدى نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

رأينا أن هنالك حاجة لكتاب في موضوع الاهتزازات والموجات لطلاب الجامعات في الكليات العلمية والتطبيقية فوجدنا أن كتاب إيان ج. مين «الاهتزازات والموجات في الفيزياء» طباعة مطبعة جامعة كمبريدج، ١٩٩٣ (الطبعة الثالثة) يلبي هذه الحاجة. حيث يغطي الكتاب الموضوعات بصورة متوازية فيقدم فصلاً نظرياً ثم يعقبه بفصل تطبيقي مما يساعد القارئ على المتابعة النظرية والتطبيقية بصورة أفضل. فهو يشتمل على الموضوعات التقليدية في الاهتزازات والموجات بالإضافة إلى بعض الموضوعات النظرية والتطبيقية الحديثة في هذا المجال. ومن ذلك فيزياء الحركة الفوضوية وفيزياء الموجات المنفردة التي لها الآن تطبيقات واسعة في فيزياء الجسيمات الأولية. كما يشتمل الكتاب على العديد من الأمثلة والمسائل.

اعتمد قسم الفيزياء بجامعة الملك سعود ترجمة هذا الكتاب مقررا لطلاب مرحلة ما قبل التخرج في الفيزياء.

استعملنا في الترجمة المصطلحات المعتمدة والمتداولة والسهلة ما أمكن إلى ذلك سبيلاً .

نسأل الله التوفيق والسداد وأن ينفع بهذا العمل القارئ العربي .

المترجمان

الدكتور حمد بن عبدالله الهندي **الدكتور عادل مجذوب حسيب**

مقدمة الطبعة الثالثة

لقد أضفت إلى هذه الطبعة موضوعاً جديداً، وكذلك قمت بإجراء تغييرات مختلفة لغرض تحسين عرض المادة ولتوضيح بعض المعالجات. كما قمت بقليل من التعديل للموضوعات لتساير تغيرات ظروف العصر. (فالأفران التي تعمل على الموجات الدقيقة تحظى بمكان عام، بينما أودعت الجلفانومترات القذفية في مستودعات المعامل). لقد قمت بنقل بعض الموضوعات الجانبية إلى المسائل، مثل الدوال اللورنتزية، للمحافظة على طول مناسب للعرض.

إن تدريس فيزياء الاهتزازات لمستويات ما قبل التخرج الجامعي لا يمكنه تجاهل ثورة الأفكار، المتراكمة تحت عنوان «الفوضوية». وإني لأعتقد أن وصفاً مباشراً للظواهر الفيزيائية سيوفر للطالب قاعدة تساعده في بلوغ اعتبارات أكثر تفصيلاً وأكثر تجديداً أيضاً، بدلالة المسارات والجاذبات في فضاء الطور. ولذلك قمت بتوسيع الفصل السابع ليتضمن مناقشة بسيطة عن الاهتزازات القسرية ذات السعات الكبيرة والتي تمثل مدخلاً للاهتزازات الفوضوية والتأثيرات اللاخطية المتعلقة بها.

أ. ج. م

باركقيت، وايرال

يونيو ١٩٩٢

مقدمة الطبعة الثانية

نظرا للقبول الطيب الذي لاقته الطبعة الأولى، فقد حافظت على شكلها الأساسي وأبقيت على معظم ما ورد فيها من تفاصيل. ترد الموضوعات الجديدة، وتلك التي تمت مراجعتها في نهاية النصف الأخير من موضوع الموجات. ولقد أضفت، إلى هذه الطبعة، فصلاً واحداً جديداً كمدخل أولي لما يسمى بالموجات المنفردة (سولتون) والتي أصبحت سمة غالبة في العلوم الفيزيائية. ويبدو لي، أن بالإمكان إقامة تفسير للموجات المنفردة اعتماداً على أبسط المفاهيم للموجات اللاخطية. ويمثل الفصل السادس عشر محاولتي المتواضعة بهذا الخصوص. لقد كانت، هناك، ضرورة لإجراء تغييرات مرتبطة بهذا الأمر، في الفصل الثاني عشر، والتي نجم عنها، بحسب اعتقادي، معالجة أكثر وضوحاً لموضوع التفريق حتى لأولئك الذين ليسو في حاجة مباشرة لموضوعات الموجات المنفردة. وما عدا هذا، وتغييرات طفيفة أخرى، فإني قد أضفت ثلاثين مسألة جديدة معظمها تقدم أمثلة فيزيائية جديدة عن الاهتزازات والموجات.

لقد تم إنجاز معظم العمل خلال فترة إجازة تفرغ إضافية من جامعة ليفربول. ومن بين الكثيرين ممن تقدموا بتعليقاتهم القيمة على الطبعة الأولى أخص بالشكر زميليّ من لفربول البرفوسور ج. ر. هولت والدكتور أ. ن. جيمس وكذلك

تلاميذهم . كما قد قام رودويك مين برسم عدد من الأشكال الجديدة بهذه الطبعة .

ليفربول
سبتمبر ١٩٨٣ أ . ج . م .

مقدمة الطبعة الأولى

لعل من المتفق عليه بصورة عامة أن مقرراً في الأهتزازات والموجات ، لطلاب المرحلة الجامعية ، يجب أن يقود الطالب إلى الفهم المتقن للمفاهيم الأولية . ويجب أن يوضح كيف تستطيع هذه المفاهيم أن توحد أشكالاً عديدة من الفيزياء المألوفة وتفتح بذلك أبواباً إلى المواضيع المتقدمة التي قد يسلط المقرر الضوء عليها . ويمكن تقديم الأفكار الأساسية بالرجوع إلى النظم الميكانيكية التي يسهل تصورها وإيضاحها . ويمكن بعد ذلك معالجة المواضيع ، التي قد يصعب تصورها ، بالأساليب الرياضية نفسها . ويسمح هذا الأسلوب للقارئ بأن يركز انتباهه على الأمور الأكثر أهمية مثل تحديد أسلوب الحل وتفسير المسألة .

في مثل هذا المقرر هناك خطر ماثل في أن تسيطر النوابض والخيوط على المقرر بالكامل ، فتطغى على الفيزياء الحقيقية . ويجب أن تُقَدّم النظرية بعناية ودقة حتى يتسنى للطالب أن يفهمها بعمق كاف يمكنه من تطبيقها بسهولة . ويحدث ، في كثير من الأحيان ، أن تترك الفيزياء بدون أن تصل المفاهيم الخاصة بها إلى النضج المطلوب . وهذا الكتاب الدراسي هو محاولة لتقديم النظرية في عرض نظامي مترابط ، في كتاب ذي حجم متوسط ، وهو كذلك محاولة لمعالجة الأمثلة الفيزيائية بشيء من التعمق .

يوضح المخطط المبين ، في ص (أ) خطة الكتاب ويبين الأهمية النسبية لكل من المادة الأساسية والمادة الإيضاحية فيه . إن التطور النظري في الكتاب مستمر (ونبين

ذلك في المخطط بالتدفق إلى أسفل عبر المساحات المظللة) ويتخلل هذا التدفق المساحات التي تشير إلى الانتقال إلى الفيزياء . وتتم هذه الانتقالات بعد تغطية الأرضية اللازمة لفهم الفيزياء مباشرة . وليس هناك ما يمنع القارئ الذي يرغب في متابعة النظرية أولاً ، من أن يغير من هذا النظام .

وتتم معالجة كلا النوعين من مادة الكتاب بطرق متميزة بعضها عن بعض . والنظم النموذجية الأولية المذكورة في الفصول التي تعرض فيها النظرية هي نماذج حقيقية تمتلك الخصائص التي تم بسببها اختيارها ، وعادة تسود المعادلات على الأرقام في هذه الفصول وتعطى الفصول المخصصة للفيزياء ، خلافاً لهذه الفصول ، تأكيداً أكبر لمقادير الكميات المستعملة . ومن الأشياء التي نلحظها هنا هي أن المعالجة الفيزيائية تظهر السلوك البسيط بصورة أكبر مما قد توحي به المعادلات . وقد توضح لنا بعض التقديرات لرتبة الكمية ، في نظام شديد الاضمحلال أو اهتزازة محكومة بالكتلة أو موجة مياه ضحلة ، أن بالإمكان التوصل إلى فهم معقول للظاهرة في مثل هذه الحالات بدون أن نجري تحليلاً تفصيلياً . وهذه الطريقة مفيدة بصورة خاصة في حالة الظواهر الكمية ، مثل تشتت الضوء وتفرق الموجات الدقيقة في الماء ، التي يمكن شرحها بأستعمال الأساليب شبه الكلاسيكية .

وإنني آمل أن يستفاد من الكتاب في جميع المراحل وخلال المقررات الأولية ، وأوضح أن مستوى الخلفية الرياضية للمبتدئين في مقررات تعتمد على الفيزياء قد أخذ في الاعتبار . وقد افترضت أن للقارئ معلومات مسبقة في حساب التفاضل والتكامل وحساب المثلثات ، وإن لم يكن كذلك فمن المفترض أن يتعلم هذه المعلومات أثناء الدراسة بحيث يتمكن من حل أبسط المعادلات التفاضلية والمبادئ الأولية لجبر الأعداد المركبة . ولقد احتجنا إلى استعمال الترميز الخاص بجبر المتجهات في قليل من الأماكن (ولم نستخدم حساب التفاضل والتكامل للمتجهات) .

نجد أن المسألة الخاصة بتسمية متجه الإنتشار $\boldsymbol{k}$ وقيمته التي تساوي $\frac{\tau\pi}{\lambda}$ هي أحد

الأمور المركزية الواردة في النقاش عن حركة الموجة . ولعل أفضل الحلول، لمثل هذه المسألة، هو استعمال أقل ما يمكن من التسميات . ولذلك قد سميت $\boldsymbol{k}$ «المتجه الموجي» وقد استعملت الاسم نفسه للكمية القياسية k التي تحل محلها في مسائل البعد الواحد . وقد تجنبت تعبيرات مثل «العدد الموجي» والتي قد تعني، لدى آخرين ، الكمية $\frac{1}{\lambda}$ (والتي يرمز لها أحياناً بالمقدار k) أو الكمية $\frac{2\pi}{\lambda}$. ولذلك أنبه القارئ إلى مخاطر الالتباس الذي قد ينشأ عند استعمال الكتاب مع عدة كتب دراسية في الوقت نفسه .

وكل محاولة لجمع فروع مختلفة من الفيزياء في كتاب واحد لا بد أن تؤدي إلى استعمالات مختلفة لنفس الرموز . فقد كان مفروضا أن يرمز الحرف R في هذا الكتاب إلى المقاومة وإلى معامل الإنعكاس وإلى الثابت الجزيئي للغازات وإلى طول الرابطة للجزيئات ثنائية الذرات، ولا أود أن أشير هنا إلى دالة الأستجابة . ولكننا لا نجد في معظم الحالات تداخلاً في المعنى . ولكي نتجنب إستعمال أعداد كبيرة من الرموز الغريبة ولكيلا يزدحم المكان بأستعمال الأدلة، مع الرموز المتماثلة، فقد قمت بتبني الرمز المألوف لكل حالة . ولكن في الفصل١٧ كانت هناك حالة استثنائية حيث ظهر كل من k (متجه الموجة) و k (ثابت بولتزمان) فكان علي أن أكتب الأخير مع الدليل k_B . كما أني لم أقدم في الكتاب جدولاً للرموز واستعمالاتها المختلفة وذلك لأن هذا لا يؤدي إلى أكثر من أن يزيد من قلق القارئ .

تم تقديم الإجابات العددية لكل المسائل التي تحتاج ذلك ، وقد كتبت بدقة (عادة إلى عددين عشريين) تتناسب مع البيانات في المسائل . وسيجد الطالب في البداية أن إجاباته «أكثر دقة» من تلك التي يراها في نهاية الكتاب ولكن الاعتبارات الخاصة بالدقة يجب أن تكون خلفية في ذهن الفيزيائي في كل الأوقات، وليس فقط عندما يكون في المعمل . وهذه المسائل العددية تعطي فرصة (ضاعفتها ثورة حاسبات الجيب) للطالب لكي يطور ردود الفعل الذهنية لدرجة الدقة .

وقد أتى اقتراح كتابة هذا الكتاب من البروفسور ج . م . كاسلس . وكنا قد أزمعنا في البداية أن يكون مؤلفاً مشاركاً وعملنا سوياً عن قرب في معظم المادة التي تشكل الآن النصف الأول من الكتاب وقد قمنا بعد ذلك بإعادة كتابة المادة نفسها مرتين . وقد اضطرته مشاغل أخرى إلى الانسحاب من مهمة كتابة الكتاب . ولكن كثيرا من الأفكار والأشكال التي ظهر بها العديد من التعابير يعود إليه . ولقد تعلمت منه الكثير بما في ذلك أن اتجنب ما أسماه أحد نقاد توماس يونج المجهولين في مجلة «أدنبره رفيو» عام ١٨٠٣م : «نمط التفكير المهتز والمتموج» .

إني أدين بالشكر إلى زميلي الدكتور م . ف . توماس الذي أعد تعليقات مفصلة على مسودتين للكتاب وقام بحل جميع المسائل الواردة فيه . كما أني قد تلقيت توجيهات قيمة من البروفسور م . م . وولفسون وقد قدمت أسرتي تشجيعاً متسامحاً ونصائح عن كيفيةرسم النوابض كما أن المهنيين العاملين في مطبعة كمبردج أظهروا تقبلاً كريماً إزاء أفكار الهواة التي أعربت عنها بخصوص تصميم الكتاب .

كما أدين كذلك لجامعة ليفربول بالشكر لمنحها إياي فترة ثمانية أشهر في إجازة دراسية مكنتني من أن أعجل إنهاء مشروع هذا الكتاب الذي ظل قيد التنفيذ لمدة ست سنوات قبل ذلك .

ليفربول

١ أبريل ١٩٧٧

أ . ج . م

ملاحظات للرجوع إليها

لقد استعملت، في هذا الكتاب، أربعة أنواع من إشارات التساوي (= ، ≡ ، ≈ ، ~)، تمثل الإشارة الأولى منها، إشارة التساوي العادية أما الثانية فقد استعملت للتعريف مثل $\gamma \equiv b/m$ لتعريف γ. وتعني الأشارة ≈ التساوي بالتقريب. وعادة ما نلجأ إلى التقريب وذلك لغرض ربط سلوك أنظمة نموذجية نظرية بسلوك أنظمة فيزيائية حقيقية. ومن إحدى طرق التقريب، المفضلة للفيزيائي، هي طريقة النشر بمتسلسلة القوى. وتعتبر متسلسلة ذات الحدين :

$$(1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!} + \cdots$$

عندما $|x| < 1$ ، هي أكثر هذه الطرق شيوعاً. وعادة سأكتفي بأخذ الحدين الأولين، فقط، فنكتب :

$$(1+x)^n \approx 1 + nx$$

ويمكن استعمال كبر مقدار الحد الثالث مقياسا لتقدير الخطأ الذي نجم عن إهمال الحدود العليا.

ولقد استخدم، في هذا الكتاب، الرمز ~ ليشير إلى نوع التقريب غير الدقيق والذي تكون فيه الكميات المقارنة بعضها مع بعض من الرتبة (رتبة المقدار) نفسها. وتعنى، هذه العبارة أن هذه الكميات لايختلف بعضها عن بعض بمعامل يزيد عن عشرة تقريبا.

قام بطباعته اتحاد مطبعة جامعة كمبردج
The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge CB2 1RP
40 West 20th Street, New York, NY 10011-4211, USA
10 Stamford Road, Oakleigh, Melbourne 3166, Australia

مطبعة جامعة كمبردج 1978 ، 1984 ، 1993
الطبعة الأولى 1978
الطبعات المعادة 1979 ، 1980
الطبعة الثانية 1984
الطبعات المعادة 1985 ، 1987 ، 1988 ، 1990 ، 1992
الطبعة الثالثة 1993

طبع في بريطانيا العظمى في مطبعة الجامعة ، كمبردج .
يتوفر سجل مصنف ، لهذا الكتاب لدى المكتبة البريطانية .
Library of Congress cataloguing in publication data

Main, Iain G., 1932 -
Vibrations and waves in physics/Iain G. Main. -3d ed.

Includes index.
ISBN 0 521 44186 2. ISBN 0 521 44701 1 (pbk.)
1. Vibration. 2. Waves. I. Title.
QC135. M34 1993
531'.32-dc20 92-33323 CIP
ISBN 0 521 44186 2 hardback
ISBN 0 521 44701 1 paperback
(First edition ISBN 0 521 21662 1 hardback
ISBN 0 521 29220 4 paperback)