من منشورات دار المعلمين العالية

علم الصوت

تأليف

الدكتور عبد الجبار عبد الله D. Sc.

استاذ الفيزياء في دار المعلمين العالية

الطبعة الأولى

١٩٥٥م - ١٣٧٤م

طبعت على نفقة دار المعلمين العالية

مطبعة العاني - بغداد

محتويات الكتاب

الصفحة	الموضوع	البند
أ	المقدمة	
د	محتويات الكتاب	

الفصل الاول

تعاريف أولية ومعلومات رياضية

١	علم الصوت	١
٢	أسلوب البحث فى مواضيع الفيزياء النظرية	٢
٤	القانون الثانى لنيوتن فى الحركة	٣
٥	الطاقة والشغل	٤
٨	بعض المعلومات الرياضية ـ تمهيد	٥
٩	بعض الدوال الاساسية	٦
١٠	الكميات المركبة	٧
١٢	المستوى المركب	٨
١٤	خاصة هامة من خواص الخيالى i	٩
١٦	الكميات المركبة المترافقة	١٠
١٦	تعريف الدوال الهذلولية	١١
١٨	بعض المعادلات والقوانين الهامة المتعلقة بالكميات المركبة	١٢
١٨	التكامل الخطي	١٣
٢٠	متسلسلة تايلر	١٤

الفصل الثانى

نظرية التذبذب

٢٢	التذبذب الحر	١٥
٢٣	ذبذبة جسم معلق فى نهاية نابض معدنى	١٦
٢٦	الشروط الابتدائية	١٧

الصفحة	الموضـــــوع	البنـد
٢٧	تردد الذبذبة	١٨
٢٧	الحركة التوافقيـــة البســيطة	١٩
٢٩	الخط البيانى للحركة التوافقية البسيطة	٢٠
٣٠	مثالان آخران للحركة التوافقية البسيطة	٢١
٣١	تذبذب الوتر الافقى المثقل بجسم معلوم الكتلة	٢٢
٣٢	طـــــاقة التذبذب	٢٣
٣٤	التـــذبذب المضمحـــل	٢٣
٤١	طـــاقة التذبذب المضمحل	٢٤
٤٤	التذبذب الاضطرارى	٢٥
٤٥	التذبذب الاضطرارى الخالى من الاحتكاك	٢٦
٥١	التذبذب الاضطرارى المتأثر بالاحتكاك	٢٧
٥٣	الحالة العابرة والحالة المســـتقرة	٢٨
٥٥	الممانعـــة وزاوية الطـــور	٢٩
٥٨	تطبيقات التذبذب الاضطرارى	٣٠
٥٩	ايضاح الاهتزاز الاضطرارى بالعمل	٣١

الفصل الثالث

تداخـــــل الامواج

٦١	تمهيـــــــــد	٣٢
٦٢	جمع التموجات التوافقية البسيطة المنتقلة فى اتجاه واحد	٣٣
٦٢	جمع موجتين توافقيتين متساويتين فى السعة وفى مدة الذبذبة وطول الموجـــة	٣٤
٦٥	تداخل الامواج التوافقية البسيطة المتساوية فى الطول والتردد والمختلفة فى الطور اختلافا ثابت المقدار	٣٥
٦٦	جمع الحركات التوافقية البسيطة بالرسم	٣٦
٦٨	الضـــــربات	٣٧
٧٠	تطبيقات عملية على تداخل التموجات المنتقلة فى اتجاه واحد	٣٨
٧٦	جمع التموجات المتعامدة	٣٩
٧٨	التحقيق التجريبى لجمع التموجات المتعامدة	٤٠
٨٠	جمع التموجات المتعامدة بالرسم	٤١

الفصل الرابع

تذبذب الاجهزة المترابطـــة

الصفحة	الموضـــــوع	البنـد
٨٢	تمهيـــــــــد	٤٢
٨٢	معادلة الحركة لجهاز مؤلف من جسمين مترابطين	٤٣
٨٤	حل معادلتى الحركة حلاً أولياً	٤٤
٨٦	طرائق التذبذب العيـــــارية	٤٥
٨٧	الحل العمومى للجهاز المترابط ذى الجسمين	٤٦
٩١	طـــاقة الجهـــاز المترابط	٤٧

الفصل الخامس

اهتزاز الاوتار

٩٣	تمهيـــــــــد	٤٨
٩٥	سرعة الموجة المنتقلة فى الوتر	٤٩
٩٩	معـــادلة الموجـــة للوتر	٥٠
١٠٤	حل معـــادلة الموجة ـ كلمـــة عامة	٥١
١٠٧	حل معادلة الموجة ـ الحل العمومى	٥٢
١١٣	الظروف الابتدائيـــــة	٥٣
١١٧	انعكاس أمواج الوتر عن الطرف الثابت	٥٤
١٢٢	الحركة فى الوتر المثبت الطرفين	٥٥
١٢٤	الامواج الواقفـــــة (أو المستقرة)	٥٦
١٣٠	الطرائق العيارية للوتر المثبت الطرفين	٥٧
١٣٢	الحل العمومى لمسألة الوتر المثبت الطرفين	٥٨
١٣٦	الاهتزاز الناشىء عن الجذب والاهتزاز الناشىء عن الطرق	٥٩
١٤٠	طاقة الاهتزاز فى الاوتار المنتظمة	٦٠
١٤٣	تأثير الاحتكاك على اهتزاز الاوتار	٦١
١٤٦	اهتزاز الوتر المتغير الكثافة والمتأثر بتوتر متغير	٦٢
١٤٨	معـــادلة الحركة للوتر المتغير	٦٣
١٤٩	حل معادلة الوتر المتغير فى بعض الحالات البسيطة	٦٤

الصفحة	الموضـــــوع	البنـد
١٥٤	كلمة عامة فى نوع الدوال التى تحقق معادلة الوتر المتغير المثبت الطرفين	٦٥
١٦٠	تذبذب السلسة المعلقـــة	٦٦
١٦٢	طريقة الانحراف الصغيرة فى حساب حل معادلة الوتر المتغير	٦٧
١٦٧	**تطبيقـــات عمليـــة على اهتزاز الاوتار**	
١٦٧	الصـــــونومتر	٦٨
١٦٨	تحقيق قانون مرسين	٦٩
١٦٩	كزازة الاســـــلاك	٧٠
١٦٩	الآلات الوترية	٧١

الفصل السادس
متسلسلة فورير

١٧٤	تمهيـــــــــد	٧٢
١٧٥	بعض القوانين الرياضية التى تساعد فى دراســـة متسلسلات فورير	٧٣
١٧٦	تعـــاريف ونظريات	٧٤
١٧٧	شروط تجمع المتسلسلة المثلثيـــة	٧٥
١٧٧	تمثيل الدوال بمتسلسلات فورير	٧٦
١٨١	أمثلة محلولة على كيفية التعبير عن الدالات بمتسلسلات فورير	٧٧
١٨٦	الدالة الفردية والدالة الزوجية	٧٨
١٨٩	تأثير طول المسافة على متسلسلات فورير	٧٩
١٩٢	الدوال المتعامدة والدوال المسواة	٨٠
١٩٤	النظرية التكامليـــة لفورير	٨١
١٩٥	تطبيقات نظرية فورير فى تحليل الامواج الصوتية	٨٢
١٩٨	الاوعيـــــــة الرنانة	٨٣

الفصل السابع
المرونـــة

٢٠٣	تمهيـــــــــد	٨٤
٢٠٤	تعريف المرونة	٨٥

الصفحة	الموضـــــوع	البنـد
٢٠٤	الانفعـــــال	٨٦
٢٠٦	الاجهـــــاد	٨٧
٢٠٧	العلاقة بين الاجهاد والانفعال	٨٨
٢١٠	نسبة بواسون	٨٩
٢١٠	معاير القص ومعاير المرونة الجمية	٩٠

الفصل الثامن

اهتزاز القضبـــان

٢١٢	اهتزاز الاجســـام المرنة	٩١
٢١٣	معادلة الاهتزازات الطولية فى الاجسام المرنة	٩٢
٢١٦	الاهتزاز الطولي للقضبان والاسلاك المنتظمة	٩٣
٢١٧	اهتزاز الســـاق المطلق الطرفين	٩٤
٢١٩	اهتزاز الســـاق المثبت فى طرفيه	٩٥
٢١٩	الاهتزازات المستعرضة فى القضبان	٩٦
٢٢٣	سرعة الطور والوســط المفرق	٩٧
٢٢٦	الســـاق ذو الطول اللانهـــائى	٩٨
٢٣١	الحركة التوافقية البسيطة فى القضبان	٩٩
٢٣٢	الســـاق المنتظم المثبت الطرفين	١٠٠
٢٣٥	اهتزاز الساق المطلق الطرفين	١٠١
٢٣٦	الساق المثبت فى أحد الطرفين والمطلق من الطرف الآخر	١٠٢
٢٣٨	الدوال المميزة للقضبان المهتزة	١٠٣
٢٤١	حركة الســـاق المثبت فى أحـد الطرفين والمطلق فى الطرف الثانى	١٠٤
٢٤٢	طاقة الحركة الاهتزازية فى القضبان	١٠٥
٢٤٥	تذبذب الاســـــلاك المعدنيـــة	١٠٦
٢٥٠	الشـــوكة الرنانة الكهربائية	١٠٧
٢٥٢	دراسة العقد والبطون المتكونة فى القضبان	١٠٨
٢٥٣	استعمال القضبان فى الآلات الموسيقية	١٠٩

الفصل التاسع

اهتزاز الاغشـــــــية

الصفحة	الموضـــــــوع	البنـد
٢٥٤	تمهيـــــــــد	١١٠
٢٥٦	معادلة الحركة للغشـــــاء المستطيل	١١١
٢٦١	حل معادلة الغشـــاء المستطيل	١١٢
٢٦٢	بعض الحلول الخاصة للغشاء المستطيل	١١٣
٢٦٩	تذبذب الغشاء الدائرى الشكل	١١٤
	تطبيقات عملية على اهتزاز الاغشية	
٢٧٥	دراسة تذبذب الاغشية عملياً	١١٥
٢٧٦	اســـتعمال الاغشـــــية	١١٦
٢٧٧	اهتزاز الصفـــــــائح	١١٧
٢٧٧	معادلة الحركة الذبذبية فى الصفائح الرقيقة	١١٨
٢٧٩	أشـــكال شـــــلادنى	١١٩
٢٧٩	استعمال الصفائح فى الآلات الموسيقية	١٢٠
٢٨٠	غشـــــاء آلة التلفون	١٢١
٢٨٢	المكـــــــروفون	١٢٢
٢٨٢	المكروفون الفحمى	١٢٣
٢٨٤	المكروفون المكثف	١٢٤
٢٨٥	المكروفون الكهربائى الداينميكى	١٢٥
٢٨٦	المكروفون ذو البـــلورة	١٢٦
٢٨٨	مكبر الصـــــــوت	١٢٧
٢٨٨	الاجـــــــراس	١٢٨
٢٩٨	الجهـــاز الدائم التصويت	١٢٩

الفصل العاشر

تموجات الصوت المســـــتوية

٢٩١	تمهيـــــــــد	١٣٠
٢٩٢	طريقة الانحرافات الصغيرة	١٣١

الصفحة	الموضـــــوع	البنـد
٢٩٤	تعريفـــــات	١٣٢
٢٩٥	معـــادلة الاســـتمرار	١٣٣
٢٩٩	مرونة الغـــاز	١٣٤
٣٠١	معـــادلة الموجـــة	١٣٥
٣٠٣	سرعة الصوت فى الهواء	١٣٦
٣٠٦	أمواج الصوت المستوية فى الماء	١٣٧
٣٠٧	حل معادلة الامواج المستوية	١٣٨
٣٠٧	طاقة الموجـــة المســـتوية	١٣٩
٣١٠	طاقة الامواج التوافقية البسيطة	١٤٠
٣١٥	شـــــدة الصوت	١٤١
٣١٦	مقيـــاس الدســـبل	١٤٢
٣١٧	قدرة الصـــوت	١٤٣
٣١٩	اهتزاز الاعمدة الهوائية ـ الحقـائق الاساســية عن الانابيب الارغونيـــة	١٤٤
٣٢٣	العـــلاقة بين منحنى الازاحـــة ومنحنى الضغط فى التموجات الهوائيـــة	١٤٥
٣٢٤	التحليـــل الرياضى للامواج الواقفـــة الحاصـــلة فى الانابيب الارغونيـــة	١٤٦
٣٢٧	الرنين فى الانابيب الارغونية	١٤٧
٣٣٠	شىء عن موجات الصوت المنتشرة فى الهواء	١٤٨
٣٣٠	المعادلات اللازمة لحل المسألة العامة	١٤٩

الفصل الحادى عشر

بعض الظواهر المتعلقة بانتشار الصوت فى الهواء

٣٣٤	تمهيـــــــد	١٥٠
٣٣٤	خواص الموجات	١٥١
٣٣٦	جهاز تصوير الامواج الصوتية	١٥٢
٣٨	اللهب الحساس	١٥٢
٣٤٠	قاعـــــدة هويجنس	١٥٤

الصفحة	الموضـــــوع	البنـد
٣٤١	انعكاس الصوت	١٥٥
٣٤١	الانعكاس الجزئى حينما يســقط الصوت عموديا على السـطح العاكس	١٥٦
٣٤٤	انكســـار الصوت	١٥٧
٣٤٥	انكسار أشعة الصوت بسبب الرياح	١٥٨
٣٤٦	انكسار أشعة الصوت بسبب اختلاف درجة الحرارة فى الجو	١٥٩
٣٤٧	جيود الصـــوت	١٦٠
٣٤٩	الظواهر الفوق الصوتيـــة	١٦١
٣٥٣	تبدد طاقة الامواج الصوتيـــة	١٦٢
٣٥٤	تأثير اللزوجة فى تبدد الطاقة	١٦٣
٣٥٧	تأثير انتقال الحرارة فى تبدد طاقة الامواج الصوتية	١٦٤
٣٥٧	معـــامل الامتصـــاص	١٦٥
٣٥٩	قابلية الاذن على سماع بعض الاصوات	١٦٦
٣٥٩	ظاهرة دوبلر	١٦٧
٣٦٠	قياس سرعة الصوت فى الهواء	١٦٨

مقدمة

يجابه الكاتب فى المواضيع الفيزياوية العالية عقبتين لا يسهل تذليلهما ، الاولى تتعلق بالمصطلحات العلمية وايجاد ما يقابلها فى اللغة العربية ، والثانية تتعلق بالرموز الرياضية وأسلوب كتابتها •

فأما عقبة المصطلحات العلمية ، فقد بذلت المجامع العلمية فى سائر البلدان العربية جهودا قيمة فى سبيل التغلب عليها وقد أفدت كثيرا من تلك الجهود فى وضع هذا الكتاب ، الا أن سعة المواضيع العلمية وكثرة المستحدث من كلماتها قد منعت الاحاطة بها فى ما نشرته مجامعنا ، حتى ربما كان المعرب منها لا يزيد عن أن يكون جزءا يسيرا من مجموعها • لذلك فقد وجدت نفسى مضطرا الى وضع بعض المصطلحات التى استعملتها فى هذا الكتاب لاول مرة ، وكل أملي أن لا يضن عليّ القارىء فى ملاحظاته حول تلك المصطلحات لكى نستطيع التوصل الى ما هو أفضل منها • ونظرا لان بعض الكتاب الآخرين ربما كانوا قد استعملوا كلمات تختلف عما استعملت، فقد أثبت بعد كل مصطلح ما يقابله باللغة الانكليزية دفعا للالتباس وتسهيلا لمعرفة المقصود •

وأما عقبة الرموز الرياضية فقد كانت لا تقل إشكالاً عن عقبة المصطلحات • فالمعلوم ان الرموز الرياضية قد اشتقها العلماء ، على مدى السنين ، من بعض الحروف الافرنجية حتى اكتسبت أشكالها الحاضرة التى تكاد تكون واحدة فى معظم اللغات الأوربية وبعض اللغات غير الأوربية ، حتى يكاد الطالب أن يكون قادرا على قراءة أكثر ما ينشر من المعادلات والحلول الرياضية فى سائر تلك اللغات دون ضرورة التعرف الى اللغة

التى تكتب الشروح بها • وبذلك فقد صح نعت تلك الرموز بأنهـــا رموز عالمية • غير ان الكاتب فى اللغة العربية يقف أمام أمرين لا بد له من أن يختار أحدهما وينبذ الآخر • فهو اما أن يعرب الرموز بأن يستعمل لهـا حروفا عربية • أو أن يقتبس الرموز « العالمية » من اللغات الاجنبية ويستعملها كما هى • فاذا هو اختار الامر الاول وجد انه يعزل الطـــالب العربى عن مراجعة الكتب الاجنبية والاستفادة منها ، ونحن فى بلدنا اليوم بحاجة شديدة الى قراءة تلك المراجع والاستفادة منها • واذا هو اختار الامر الثانى وجد ان أسلوب الكتاب يرتبك عليه بعض الارتباك • لانه يضطر الى كتابة الشروح بالعربية والمعادلات بالافرنجية ولا يخفى ما فى ذلك من قلة الانســـجام أو عـــــــدمه •

على اننى فى كتابى هذا قد فضلت الامر الثانى واعتبرته أهون الشرين ، فاستعملت الرموز « العالمية » وكتبتها كما هى • وانى لآمل أن تجد هذه المشكلة لها حلا أما بالاتفاق على اثباتها كما فعلت ؛ أو بالاتفاق على تعريبها واستعمال رموز أخرى على نحو ما فعل بعض المؤلفين الآخرين • فان أساس الحل فى مشكلة الرموز مماثل لاساس الحل فى مشكلة المصطلحات ، وهو فى رأيي يتم بالاجماع على استعمال أسلوب واحد بذاته فى المؤلفات كافة •

وما ان انتهيت من كتابة هذا الكتاب وقدمته الى المطبعة حتى وجـدت نفسي ازاء عقبة ثالثة ، هى خلو مطابعنا من الكثير من الرموز التى استعملتها ، وقد عالجت هذه على عجل بأن أبدلت بعض الرموز بغيرها ، على انى ما فعلت ذلك الا اضطرارا ، لان الرموز الرياضية التى تعبر عن الـكميات الطبيعية تكاد تكون ثابتة معلومة فلكل كمية رمزها المعلوم ، ولذلك فقد كنت كارها لتلك التعديلات التى أجريتها مرغما •

وبعد فان هذا الكتاب هو مجموعة محاضرات ألقيتها على طلابي فى

دار المعلمين العالية ، وفى موضوع الصوت ، بين سنتى ١٩٤٩ و١٩٥١ ، وقد حبب الي جمعها على صورة كتاب ، خلو المكاتب من كتاب فى هذا الموضوع يفي بالغرض الذى يدرس من أجله فى دار المعلمين العالية • فان موضوع الصوت يكاد يكون مهملاً حتى فى اللغات الاجنبية ، حيث يتعذر الحصول على كتاب واحد يتناول الموضوع من ناحيتيه النظرية والتطبيقية ، بصورة وافية متزنة • وكل أملي أن أكون قد وفقت فى هذا الكتاب الى هذا الغرض فيما يتعلق بطلابي على الاقل •

ولابد لي فى هذا الموضوع من أن أعرب عن خالص شكرى لطلابي فى دار المعلمين العالية لا سيما طلاب دورتي السنتين ٥٠ و٥١ ، فاليهم يعود الفضل فى تشجيعى على جمع هذه المحاضرات ، كما انهم قاموا بكتابتها على « الرونيو » وتنقيحها وهى على تلك الصورة ، كما انني أشكر زميلي السيد ناجي عبدالصاحب لاشرافه على عملية طبع الكتاب •

عبدالجبار عبدالله