

Ondas elásticas

Materia del postgrado de Física.

PEDECIBA-Física-Facultad de Ciencias –Universidad de la República.

Docente responsable : Carlos A. Negreira

Finalidad general del curso

El estudio de las ondas elásticas en diferente tipo de materiales, sólidos y viscoelásticos es de mayor importancia en aspectos básicos y aplicados de la Física. Este curso primero trata el estudio de la propagación libre de ondas elásticas en sólidos isotrópicos y anisotrópicos, con aplicación a la obtención de las constantes elásticas y factores de anisotropía, y además la propagación en materiales viscoelásticos blandos.

Por otro lado el estudio de la propagación de ondas acústicas de superficie y de guías de ondas acústicas es de creciente interés y un área de rápido desarrollo en diferentes aplicaciones de la Física. Así, en segundo lugar se estudian diferentes tipos de ondas elásticas guiadas y de superficie en materiales no-piezoeléctricos, piezoeléctricos y materiales viscoelásticos blandos.

Por un lado se muestran diferentes aplicaciones a utilizar en la realización de componentes acusto-electrónicos y acusto-ópticos para el tratamiento de señales, como filtros transversales (10 Mhz a 1Ghz), retardos, correladores, guías convolucionadoras, filtros acusto-ópticos, compresión y análisis espectral. Por otro lado se muestran aplicaciones de propagación de ondas en medios viscoelásticos blandos tales como los tejidos biológicos

Sobre cursos previos.

En el curso de Física de la Materia I luego de ver nociones sobre cristalografía, se introducen conceptos básicos sobre las propiedades elásticas de los cristales para determinar la velocidad media del sonido en los mismos. El concepto de fonones como expresión de los movimientos colectivos de los átomos del cristal permite analizar la propagación de ondas elásticas en monocristales. Se aplican estos conceptos al estudio de las propiedades térmicas de los sólidos, en particular la teoría de Debye. La bibliografía utilizada es el Kittel. Estos temas, dada la extensión del programa, se ven en dos o tres clases como máximo.

Dentro de las materias previas cursadas por los estudiantes se juzgan como importantes: Ondas, Mecánica Estadística, Mecánica Cuántica y Física de la Materia I.

Detalle por capítulos del curso

1. A partir de los conocimientos adquiridos, principalmente en Física de la Materia I y de las nociones que poseen los estudiantes en mecánica de los medios continuos se desarrolla la teoría de la elasticidad en sólidos, aplicando la misma a cristales y a sólidos isotrópicos. Se trata la termodinámica de las deformaciones, tensores de esfuerzos, de deformaciones y de módulos elásticos. Propiedades elásticas de los monocristales,

clases cristalinas y simetrías. Métodos generales de resolución en elasticidad y relaciones de Duhamel-Neumann para esfuerzos térmicos.

Bibliografía

Auld, cap. 1 y 2 pp.1-52: Esfuerzos, deformaciones.

Auld, cap. 3 pp. 57-97 : elasticidad en sólidos

Landau, tomo 7 cap. 1 pp.1-36 :esfuerzos, deformaciones

Landau ,tomo7 cap. 1 pp. 49- 57 :propiedades elásticas de cristales.

Auld ,cap. 7 pp.191- 210: simetrías en cristales

Carga horaria: 4 clases

2. Se establece la ecuación de Christoffel para la propagación de ondas planas en un sólido isotrópico. Ondas longitudinales y transversales. Disipación y matriz compleja de rigidez. Modelo de líneas de transmisión para sólidos isotrópicos. Aplicación a la obtención de las constantes elásticas por métodos experimentales.

Bibliografía

Auld, cap. 6 pp.163-190: ecuación de Christoffel para sólidos isotrópicos.

W.P.Mason , cap. 4 : ondas elásticas en sólidos isotrópicos

Carga horaria: 4 clases

3. Se establece la ecuación de Christoffel para sólidos cristalinos anisótropicos utilizando sus simetrías. Superficies características en la propagación: de onda, de velocidades, de velocidad inversa. Ejes acústicos y modos puros. Aplicación a la obtención del vector de Poynting acústico, factor de anisotropía y velocidades cuasi-longitudinales y cuasi- transversales en sistemas cúbico (silicio, aluminio, platino), tetragonal(rutilo, molibdeno de plomo), hexagonal(titanio, berilio y cristales “composites”) y trigonal(cuarzo, niobato de litio). Atenuación y tiempos de relajamiento en cristales. Propagación en medios viscoelásticos .

Bibliografía

Auld, cap7 pp. 191-264:ondas elásticas en sólidos anisótropicos.

Fedorov, cap.3-7: ondas elásticas en cristales.

Royer - Dieulesaint, cap.4 pp.152-205:superficies características, ejemplos, relajación.

Carga horaria: 9 clases

4. Fronteras y conversión de modos en materiales isotrópicos y anisótropicos. Ecuaciones de Fresnel , interfases cristales-sólidos isotrópicos, superficies libres, capas finas. Fronteras piezoeléctricas, 10 ondas a determinar. Guías de ondas acústicas isotropas. Métodos de análisis: teoría del potencial, superposición de ondas parciales, resonancia transversa y modos normales. Aplicación de la teoría de perturbaciones y técnicas variacionales. Ondas de Rayleigh en sólidos isotrópicos, viscoelásticos, cristales y sólidos piezoeléctricos. Permitividad piezoeléctrica de superficie, coeficiente de acoplamiento electromecánico. Dispersión y compresión de energía. Ejemplos en el niobato de litio (3m), el tantalato de litio (3m) y el cuarzo (32). Ondas transversales horizontales: de superficie TH de Bleustein –Gulyaev en sólidos piezoeléctricos; ondas de Love TH en capa isotropa sobre substrato. Ondas en placas: ondas de Lamb en

sólidos isotrópicos y medios viscoelásticos, modos simétrico y antisimétrico, ecuación de dispersión. Aplicaciones a filtros transversales (10 Mhz a 1Ghz), transductores interdigitales de ondas de superficie, guías convolucionadoras, filtros acústico-ópticos y caracterización de tejidos biológicos.

Bibliografía

Royer – Dieulesaint, cap. 4 pp 205-223: reflexión y refracción

Auld ,cap. 9 pp 1-60: ecuaciones de Fresnel, interfases.

Auld ,cap. 12 pp. 271-302: teoría de perturbaciones en guías

Auld ,cap. 13 pp. 341-368: técnicas variacionales en guías

Kino,cap 2 pp. 131-144 y anexo E: teoría de perturbaciones y teoría de modos normales

Auld, cap 10 pp 63-214, menos items E,F,G,J,N: ondas guiadas y de superficie

Royer- Dieulesaint ,cap 5 pp . 233-296: ondas guiadas y de superficie

Viktorov, cap.267-110:ondas de Lamb

Kino, algunos items del cap. 4: aplicaciones de ondas guiadas y de superficie

Carga horaria: 7 clases

El curso consta de 60 horas de clases teóricas y 30 horas de ejercicios.

La forma de aprobación del curso es la entrega de los ejercicios. El examen se evalúa la presentación de una monografía relacionada con uno de los temas tratados además de preguntas sobre la temática general del curso.