

funciona como no obligatorio, pues entonces se autoseleccionan los alumnos y no acuden más que los que sienten verdaderamente el afán de mejorar su formación.

5. MEDIOS NECESARIOS.

Para conseguir un desarrollo eficaz del problema siguiendo los métodos de enseñanza que se recomiendan, es preciso disponer de los medios necesarios para ello.

La primera necesidad aparece al considerarse como imprescindible que en las Escuelas existan laboratorios de Física suficientemente bien dotados para que se puedan llevar a cabo las clases prácticas.

Entendemos que debe disponerse de tres tipos de laboratorios. El primero, que podríamos denominar «general», tiene como cometido que en él se realicen las prácticas normales de bajo nivel y a gran número de alumnos. Otros laboratorios «específicos» deben disponer de mejor material y mayor calidad de montaje; en ellos se desarrollarán investigaciones físicas en relación con la técnica de cada Escuela. En tercer término, hay temas de interés común a varias Escuelas, en los que además puede interesar llevar a cabo investigaciones y trabajos para el exterior;

en estos casos sería mejor aunar esfuerzos, conseguir una mejor dotación y utilizar conjuntamente estos laboratorios «comunes».

Otra necesidad para un mejor logro de la eficacia en la enseñanza es la que se refiere al profesorado. Las Escuelas deben organizarse de tal forma que atraigan a ellas al Profesor que sienta verdadera vocación de enseñar y para ello se debe conseguir que su problema económico quede resuelto para que no tenga más dedicación que su cátedra y las investigaciones con ella relacionadas.

También creemos oportuno llamar la atención sobre los grandes beneficios de todo orden que tras consigo la colaboración con Centros de investigación nacionales y extranjeros y con la industria en general, pues así la formación del futuro ingeniero será eficaz y estará muy en consonancia con los problemas de la investigación y de la industria.

Por último, debemos añadir que gracias al esfuerzo que dedica el Ministerio de Educación Nacional a la enseñanza en las Escuelas Técnicas Superiores se van resolviendo los problemas económicos y de todo orden y se está iniciando un espíritu de equipo que reportará extraordinarios beneficios en la formación de nuestros técnicos.

La enseñanza de las Matemáticas en las Escuelas Técnicas Superiores

PONENTES: *D. Angel Anós Díaz de Arcaya (del Inst. Nac. de Ingenieros Agrónomos), D. Wenceslao del Castillo (Ingeniero de Minas), D. Angel González del Valle (de la E. T. S. de Ingenieros de Telecomunicaciones), D. Miguel Jerez Juan (de la E. T. S. de Ingenieros Industriales), D. Fernando Peña Serrano (de la E. T. S. de Ingenieros de Montes), D. Antonio Pérez Marín (de la E. T. S. de Ingenieros Aeronáuticos) y D. Vicente Roglá Alted (de la E. T. S. de Ingenieros de Caminos).*

CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA DE LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS PARA INGENIEROS

DESDE el punto de vista de la formación de los ingenieros, la Matemática no ha de ser considerada tan sólo como un legado

de conocimientos imprescindibles para su preparación profesional, sino también como una actividad a cultivar para la asimilación, manejo y posible aumento de aquel legado. Con miras a las aplicaciones, tienen importancia preponderante los dos primeros aspectos del cultivo: asimilación y manejo.

Lo indispensable, lo utilitario, no es sólo el instrumento en sí, sino también la aptitud para aplicarlo y, sobre todo, para discernir cuando procede aplicarlo.

Hoy en día, se concede a todos los países considerable atención al problema de la formación matemática para los futuros Ingenieros. El tema fue objeto de extensa y documentada discusión en el Congreso celebrado en Mons y Bruselas en junio del año 1959, bajo el tema «La Matemática de los Ingenieros», con interesantes aportaciones de los Profesores Rocard (París), Lothar Collatz (Hamburgo), Robert Sauer (Munich), Gaetano Fichers (Roma), A. van Wijngaarden (Amsterdam) y otros. Los puntos de vista generales que se deducen de la lectura de las comunicaciones al citado Congreso pueden resumirse (concisa y aproximadamente) en la forma siguiente:

1.º Hace apenas treinta años, el físico y el ingeniero se contentaban, por lo general, con conocer las materias clásicas del cálculo diferencial e integral. En cambio, en la hora actual, en que problemas nuevos requieren, cada vez más, teorías matemáticas muy diversas, les es necesario conocer capítulos distintos (a veces, recién desarrollados) del Análisis.

2.º No basta suministrar el conocimiento de las teorías y las reglas para su conveniente aplicación, sino que es necesario desarrollar en los estudiantes el cuadro de aptitudes necesarias para descubrirlas y aplicarlas oportunamente. La formación matemática de los futuros ingenieros debe consistir, por consiguiente, en informarles y ejercitarles sobre la creación, reconocimiento y aplicación de las estructuras que caracterizan los distintos campos de la Matemática instrumental.

3.º No parece que la enseñanza de las Matemáticas en las Facultades y en las grandes Escuelas se haya adaptado, hasta el presente, a las necesidades del conocimiento analítico que requieren las modernas aplicaciones. Además, el espíritu mismo con que están preparados los cursos y redactados los textos no suelen ser el que más convendría para el físico o ingeniero. Debe señalarse, sin embargo, una apreciable mejora en los últimos años.

4.º Debe concederse el mayor interés e importancia a las técnicas de cálculo numérico, adiestrando en ellas a los futuros físicos e ingenieros, sin desdeñar el manejo de los modernos dispositivos; y ello, no sólo por la utilidad directa de este adiestramiento, sino teniendo en cuenta su valor formativo.

PUNTO DE PARTIDA

Lo constituye el nivel de formación que debe suponerse alcanzado por un bachiller corriente, con la ampliación contenida en los nuevos cuestionarios del Curso Preuniversitario aprobados por Orden del Ministerio de Educación Nacional de 1 de agosto de 1959. De acuerdo con este supuesto, podemos considerar adquiridos, en mayor o menor grado, los siguientes grupos de conocimientos.

(La síntesis que sigue, de los conocimientos que pueden suponerse en los alumnos que lleguen a las Escuelas de Ingenieros, es debida a la colaboración del eminente Profesor don Pedro Puig Adam (q.e.p.d.), que fue miembro de la Comisión ponente hasta su fallecimiento, ocurrido hace pocos meses; sirvan estas líneas como homenaje a su recuerdo.)

NUMERO NATURAL Y NUMERO RACIONAL.—El bachiller debe conocer estas teorías, incluyendo sistemas de numeración, potencias de binomios y polinomios, divisibilidad (con algoritmo de Euclides y congruencias), progresiones, fracciones continuas y determinantes (estudio elemental).

CAMPO REAL.—Apenas se ha iniciado la teoría, con la introducción somera del incomensurable, por lo que sólo podemos considerar establecida la estructura algebraica del mismo, que los estudiantes aplican de una manera instintiva, aún antes de conocer el enunciado explícito de la conservación de las leyes formales de Álgebra ordinaria. Están sin cultivar las estructuras de orden topológico, es decir, el dinamismo de relación con desigualdades e intervalos, que constituye la esencia de las nociones de límite y continuidad. Se impone, pues, una reconsideración a fondo del campo real.

CAMPO COMPLEJO.—Sin llegar a un verdadero dominio, el bachiller corriente ha practicado el campo complejo, en su doble aspecto cartesiano y trigonométrico.

ALGEBRA.—Los conocimientos del bachiller en esta rama comprenden: Sistemas lineales, división de polinomios con una variable, principio de identidad, m.c.d. de polinomios con una variable, ecuación de segundo grado y sistemas con una ecuación de primer grado y otra de segundo; y algunas representaciones gráficas, en particular la del binomio de segundo grado.

GEOMETRIA.—Aumentado considerablemente este campo en ocasión de la reciente reforma del Curso Preuniversitario, se llega, en-

Geometría plana (aparte los conceptos métricos tradicionales), hasta traslaciones, giros y simetrías; aplicaciones inmediatas de la homotecia y semejanza; cuaterna armónica, eje y centro radical de circunferencias e inversión. En Geometría del Espacio se conocen las traslaciones, giros y simetrías; homotecias y semejanzas; ampliación sobre áreas y volúmenes; concepto de la geometría esférica; Trigonometría esférica (con aplicación a las esferas terrestre y celeste) e inversión. Con todo, el cultivo de las estructuras espaciales conseguido no es todavía suficiente para las necesidades del futuro técnico.

FUNCIONES TRASCENDENTES. — Exponencial, logarítmica, trigonométricas y sus aplicaciones; progresiones, interés compuesto y anualidades sencillas; en Trigonometría, los teoremas de adición de argumentos y la resolución elemental de triángulos rectilíneos y esféricos; no se llega a una técnica trigonométrica de aproximación (uso de analogías, fórmula de las tangentes, fórmulas de Briggs); tablas manejadas, en general, con cuatro decimales.

RUDIMENTOS DE GEOMETRÍA ANALÍTICA.—Estudio analítico de la recta; problemas de incidencia, paralelismo, perpendicularidad y métricos. Estudio elemental de la circunferencia y cónicas. Se considera necesario insistir sobre todo ello en la siguiente fase de estudio.

RUDIMENTOS DE CÁLCULO.—Exposición totalmente intuitiva de las nociones de límite y continuidad; derivada y su interpretación geométrica y cinemática, derivación de funciones elementales de una variable; máximos y mínimos en funciones de una variable; noción de función primitiva y de integral definida; aplicaciones sencillas al cálculo de áreas y volúmenes de la geometría elemental. Se considera asimismo necesario volver sobre todo ello.

COMBINATORIA, PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA.—Variaciones, combinaciones y permutaciones; binomio; aplicaciones a problemas elementales de probabilidades; probabilidad y frecuencia; curva normal; nociones rudimentarias de estadística; cálculo de promedios y desviaciones típicas; construcción de histogramas.

OBJETIVO

Partiendo del estado que acaba de referirse, la enseñanza de las Matemáticas para los futuros técnicos se va a ejercer sobre unos cerebros en los cuales existen ya conociemien-

tos matemáticos consolidados y otros en embrión, así como otras estructuras mentales, en las cuales ha de desarrollarse la formación científica necesaria para abrir camino hacia estudios técnicos superiores.

La extensión e intensidad de aquella enseñanza viene determinada por el mundo físico natural y social sobre el que debe actuar el ingeniero de hoy, en su función consuetudinaria de proyectista y realizador.

Las estructuras matemáticas necesarias al técnico realizador afectan no solamente a su labor diaria, sino también al caudal de reserva indispensable para la posible consulta de libros fundamentales de la técnica actual a los que debe acudir en resolución de incidencias imprevistas en tal labor.

En atención a estas premisas, hemos agrupado en el siguiente cuadro el instrumental matemático que parece necesario al ingeniero realizador en el momento actual de la técnica.

CUADRO INSTRUMENTAL MATEMÁTICO DEL INGENIERO REALIZADOR

1. CÁLCULO NUMÉRICO.

Cálculo aproximado.
Sistemas lineales. Determinantes.
Tablas. Máquinas de calcular. Regla de cálculo. Papel logarítmico.
Ajuste de curvas y funciones.
Ecuaciones. Resolución numérica de las mismas.
Interpolación. Cálculo de diferencias.
Progresiones de orden superior.
Series y sus aplicaciones al cálculo numérico.

2. ESTRUCTURAS GEOMÉTRICAS PURAS.

Movimientos y transformaciones más importantes en el plano y en el espacio.
Nociones sucintas de geometría proyectiva (pueden estudiarse métricamente).
Fundamentos de los sistemas de representación.

3. ESTRUCTURACIÓN ANALÍTICA DEL ESPACIO EUCLIDEO.

Matrices. Álgebra lineal. Formas cuadráticas.
Cálculo vectorial.
Geometría lineal y cuadrática en el plano y en el espacio. Cónicas y cuádricas.
Coordenadas polares, cilíndricas y esféricas. Noción de coordenadas tangencial.

Curvas y superficies más importantes para la técnica.

Lugares envolventes.

Nociones sobre curvatura.

Abacos de puntos y de rectas. Cálculo gráfico.

4. ANALISIS.

Cálculo diferencial en funciones de una o más variables.

Desarrollos en serie. Máximos y mínimos.

Funciones implícitas. Cambios de variable.

Funciones primitivas. Integral definida y sus aplicaciones.

Integrales múltiples y de campo. Teoremas fundamentales y su expresión vectorial.

Ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas. Introducción al cálculo operacional.

Ecuaciones en diferencias finitas.

Problemas de condiciones iniciales y de contorno.

Ecuaciones en derivadas parciales.

Estudio de algunos problemas físicos relativos a ecuaciones en derivadas parciales de segundo grado.

Iniciación al cálculo de variaciones.

Nociones de cálculo tensorial.

Iniciación a la teoría de funciones de variable compleja.

Funciones trascendentes útiles al técnico.

5. PROBABILIDADES Y ESTADÍSTICA.

Reglas de probabilidad.

Variables aleatorias. Distribuciones. Adición de variables aleatorias.

Variables aleatorias y multidimensionales.

Distribuciones. Regresión y correlación

Distribución normal multivariante.

Descripción del material estadístico. Parámetros característicos.

Muestras. Métodos de muestreo. Encuestas muestrales.

Inferencia estadística. Prueba de hipótesis. Estimación de parámetros. Análisis de la varianza.

Control de la calidad. Inspección cualitativa y cuantitativa.

Diseño y análisis de experiencias.

Procesos estocásticos. Proceso de Poisson.

Errores de observación. Mínimos de cuadrados.

resolución numérica de ecuaciones se supone reducida a los procedimientos de aproximación de raíces, previamente separadas por procedimiento gráfico aproximado. Estimamos que el cálculo de raíces racionales y los métodos generales de separación de raíces en ecuaciones algebraicas no tienen gran interés para la técnica; en cambio, lo tiene saber mejorar una raíz (sea algebraica o trascendente la ecuación), de la que se conoce un valor aproximado.

DISTRIBUCION EN CICLOS

La anterior ordenación, por grupos, no supone un tratamiento didáctico independiente. Por ejemplo, y según es bien conocido, la geometría analítica se proyecta sobre el análisis, y se beneficia al mismo tiempo de él; y lo mismo ocurre con otras teorías.

Después de las aclaraciones que anteceden, puede afirmarse que los grupos primero y segundo deben preceder lógicamente al cuarto, mientras que el grupo quinto forma cuerpo aparte, pudiendo desarrollarse elementalmente con recursos matemáticos modestos, o con recursos más avanzados para un desarrollo científico de mayor altura.

Se perfilan así claramente los ciclos en que pueden organizarse los materiales del cuadro anterior.

Un primer ciclo (Curso Selectivo) debe estar constituido, en lo esencial, por el contenido del grupo primero y parte de lo tercero y cuarto.

Un segundo ciclo (Curso de Iniciación) abarcará el contenido del grupo tercero y otra parte del cuarto, para dar entrada al cálculo diferencial y sus aplicaciones geométricas, la técnica de determinación de funciones primitivas y las primeras aplicaciones de cálculo integral, necesarias en Física.

Un tercer ciclo (dado va como ampliación de Matemáticas, en el primer curso de las carreras) abarcará el resto del grupo cuarto, es decir, el análisis matemático y vectorial desde el concepto de integral de Riemann hasta la teoría de ecuaciones diferenciales, en derivadas parciales, cálculo de variaciones y variable complejo.

Hasta este punto, se considera conveniente una formación matemática sustancialmente común para todas las Escuelas técnicas superiores de Ingeniería.

El cuarto y último ciclo, distinto de unas Escuelas a otras, podrá consistir en la ampliación de algunas de las teorías comprendidas en el anterior, en relación con las técnicas que interesan a la especialidad, y (para

Hemos dejado de consignar en el grupo primero el cálculo numérico de integrales y de ecuaciones diferenciales, suponiéndolo implícitamente contenido en el grupo cuarto. La

algunas Escuelas) en el desarrollo de la Estadística y sus aplicaciones.

La técnica de los sistemas de representación (especialmente los de proyección paralela) parecen tener su lugar más adecuado en los primeros cursos de dibujo, fundándose en las nociones de geometría proyectiva que, principalmente con este objeto, es necesario incluir en el cuestionario de Matemáticas del Curso de Iniciación.

CUESTIONARIOS

Las aclaraciones que anteceden sirven para justificar la propuesta de los siguientes cuestionarios:

CURSO SELECTIVO.

1. Determinantes.
2. Ecuaciones lineales.
3. Matrices.
4. El número real.
5. Sucesiones y límites.
6. Potencias y logaritmos en el campo real.
7. Cálculo de límites.
8. Series numéricas.
9. Funciones de una variable.
10. Límites y continuidad.
11. Derivación. Diferencial de una función.
12. Crecimiento y decrecimiento. Máximos y mínimos.
13. Teoremas del valor medio. Límites indeterminados.
14. Interpolación.
15. Cálculo de diferencias.
16. Separación y aproximación de las raíces de una ecuación.
17. Eliminación de una incógnita entre dos ecuaciones.
18. Número complejo. Operaciones.
19. Potencias y logaritmos en el campo complejo.
20. Sucesiones de términos complejos. Series.
21. Abscisas en la recta. Transformaciones lineales.
22. Vectores libres en el plano.
24. Problemas de incidencias e intersección en el plano.
25. Problemas métricos en el plano.
26. Ideas de Nomografía.
27. Lugares geométricos. Circunferencia. Polaridad.
28. Clasificación e ideas elementales sobre las cónicas.
29. Representación de curvas en forma explícita y paramétrica.
30. Vectores libres en el espacio.

31. Coordenadas cartesianas en el espacio.
32. El plano y la recta en el espacio. Problemas de incidencia e intersección.
33. Problemas métricos en el espacio.
34. Superficie esférica. Polaridad.
35. Clasificación e ideas fundamentales sobre las cuádricas.
36. Cálculo con números aproximados.
37. Tablas de funciones.
38. Métodos e instrumentos de cálculo.

El cuestionario anterior se ha desarrollado en un programa de 60 lecciones, suponiendo que la exposición, práctica y repaso de cada una de ellas requiere, en media, dos sesiones de una hora, lo que permite su estudio en un curso académico a base de cinco horas semanales de clase teórica (aparte las complementarias de carácter práctico).

CURSO DE INICIACION.

1. Conceptos de función, continuidad, derivada y diferencial (Repaso).
2. Variación de las funciones. Teoremas del valor medio. Límites indeterminados (Repaso).
3. Derivadas y diferenciales sucesivas. Fórmula de Taylor. Aproximación lineal.
4. Convexidad, concavidad e inflexiones. Aproximación cuadrática.
5. Series de potencias.
6. Concepto integral.
7. Métodos de integración.
8. Integrales elípticas.
9. Integración por medio de series. Convergencia uniforme.
10. Integración aproximada.
11. Integrales dependientes de un parámetro.
12. Funciones definidas por medio de integrales (funciones B y de Euler; integral de los errores).
13. Aplicaciones geométricas de la integral definida.
14. Funciones de dos variables. Límites, continuidad y derivadas parciales.
15. Incrementos y diferenciales.
16. Funciones compuestas e implícitas.
17. Derivadas sucesivas. Fórmula de Taylor.
18. Superficie y plano tangente. Máximos y mínimos relativos.
19. Cambio de variable.
20. Integrales curvilíneas. Función potencial.
21. Integrales dobles.
22. Área de una superficie. Integral de superficie.
23. Integrales múltiples.
24. Coordenadas (concepto general).

25. Representación de curvas.
26. Curvas especiales.
27. Estudio de las cónicas.
28. Cónicas en coordenadas polares.
29. Cónicas en general.
30. Propiedades métricas de las cónicas.
31. Representación analítica de líneas y superficies.
32. Superficies especiales.
33. Cilindros y conos cuadráticos.
34. Cuadráticas con centro.
35. Paraboloides.
36. Cuádricas en general.
37. Propiedades métricas de las cuádricas.
38. Curvatura de líneas planas.
39. Curvas alabeadas.
40. Curvatura de superficies.
41. Proyectividad en la serie y en los haces.
42. Series y haces circulares.
43. Homografías planas. Homología.
44. Homología y homografías particulares.
45. Homografía en el espacio.
46. Inversión en el plano y en el espacio.
Proyección estereográfica.
47. Eliminación de constantes arbitrarias.
48. Ecuaciones diferenciales (tipos de 1.º y 2.º orden de interés en Física).
49. Eliminación de funciones arbitrarias.
Ecuaciones en derivadas parciales.
(Ejemplos clásicos.)

El cuestionario anterior se ha desarrollado asimismo en un programa de 60 lecciones, con vistas a ser estudiado en un curso de análoga extensión a la propuesta para el Curso Selectivo.

AMPLIACION DE MATEMÁTICAS.

Esta asignatura (con éste u otro título), que se sitúa en el primer año de todas las carreras superiores de Ingeniería, se destina a completar la preparación matemática necesaria para los estudios técnicos. Aunque los programas que se siguen en las distintas Escuelas (y que responden seguramente a las necesidades específicas de cada una) presentan algunas diferencias, puede señalarse un cuadro extenso de temas comunes, expresado por el siguiente resumen:

I

Series trigonométricas. Análisis armónico.
Funciones ortogonales. Funciones esféricas.
Teoría vectorial de los campos. Teoría del potencial. Otras aplicaciones a la Física matemática.
Tensores; estudio sumario.
Superficies en coordenadas intrínsecas. Representación conforme de superficies.

II

Ecuaciones diferenciales de primer orden.
Aplicaciones geométricas y físicas.
Ecuaciones de orden superior; generalidades y tipos especiales.
Ecuaciones diferenciales lineales. Problemas sobre vibraciones y oscilaciones.
Ecuaciones en diferencias finitas.
Problemas de contorno y de valores propios.
Aplicaciones físicas.
Sistemas de ecuaciones diferenciales.
Ecuaciones en derivadas parciales de primer orden.
Ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden.
Planteo y esquema de resolución de problemas clásicos de Física matemática.
Problemas extremos. Aplicaciones.
Ecuaciones integrales; concepto, ejemplos y resumen sobre métodos de resolución.

III

Métodos aproximados para la resolución de ecuaciones diferenciales. Métodos gráficos.
Idem, ídem. Integración numérica.
Soluciones desarrolladas en serie. Funciones de Hermite. Funciones de Legendre.
Funciones de Bessel. Funciones de Bessel modificadas. Propiedades. Tablas numéricas. Aplicaciones.
Funciones de Mathieu. Polinomios de Tchebycheff.

IV

Funciones de variable compleja; teoría clásica. Aplicaciones. (Incluyendo funciones elípticas y aplicaciones físicas de la representación conforme.)

Para las especialidades, en cuyos planes no exista estudio ulterior de Matemáticas o Estadística, deben añadirse algunos temas para dar a conocer los fundamentos y métodos más importantes de esta última.

COMPLEMENTOS.

Se prevé que algunas especialidades requieran completar la base matemática de sus ingenieros, después del primer año, con el fin de ampliar algunos puntos de mayor importancia para las técnicas respectivas, procurar un mayor adiestramiento en algunas aplicaciones especiales (por ejemplo, las de cálculo numérico) o desarrollar, de manera independiente y completa, un curso de Estadísticas.

Dada la variedad de direcciones posibles para este estudio complementario, que puede incluso tener lugar en las propias asignaturas donde se inicie el estudio de las técnicas, no parece útil la formulación de un temario, ni siquiera con carácter enunciativo.

DOCTORADO

En los enunciados anteriores, no se ha hecho mención de la preparación matemática (y, en general, científica) que puede convenir a las elevadas funciones de investigación, invención e innovación (creación de prototipos, nuevos procesos, etc.), así como a la docencia y a los grandes esquemas de dirección, los cuales exigirán más amplias y específicas estructuras, que pueden reservarse al *Ingeniero Doctor*.

A título de simple modelo, y con posibilidades de ampliación en todos los sentidos, se enuncian los siguientes temas, que podrían formar parte de algunas de las materias con las que, en su día, vayan a estructurarse estudios para los doctorados.

TEMAS POSIBLES DE INCLUSIÓN EN ALGUNAS DE LAS ASIGNATURAS DE LOS FUTUROS PLANES DE DOCTORADO.

Integral de Fourier de términos reales. Idem de términos complejos. Aplicaciones físicas. Espectro de frecuencia. Función de Heaviside. Pares de funciones. Transformación de Fourier.

Matrices. Álgebra matricial. Generalización al espacio complejo. Funciones de una matriz. Valores propios. Operaciones diferenciales sobre matrices. (Aplicación de las ecuaciones diferenciales.)

Aplicaciones físicas del cálculo de matrices. Estudio de los cuádrupolos.

Tensores. Álgebra tensorial. (Espacio vectorial afín. Espacio métrico. Operaciones.) Tensores en coordenadas curvilíneas. Operaciones diferenciales en coordenadas curvilíneas.

Aplicaciones físicas del cálculo tensorial. Redes eléctricas. Medios anisótropos. Propiedades mecánicas de los cristales. Piezoelectricidad.

Cálculo simbólico. Introducción y ejemplos. Circuito eléctrico de Heaviside. Análisis simbólico. Transformación de las funciones usu-

les. Fórmula de inversión. Imagen de las funciones discontinuas.

Aplicaciones del cálculo simbólico. Circuitos eléctricos. Propagación de perturbaciones a lo largo de las líneas de transmisión. Aplicación a la resolución de ecuaciones diferenciales lineales. Idem a la resolución de algunas ecuaciones integrales.

Transformación de Laplace; teoría general. Principales transformaciones. Tablas. Resolución por este medio de ecuaciones diferenciales y sistemas. Aplicación a redes eléctricas. Transformación conforme. Ampliación teórica. Aplicaciones técnicas.

Funciones aleatorias estacionarias. (Estudio de regímenes permanentes.) Funciones aleatorias de Laplace-Gause. Aplicaciones físicas. Teorías estadísticas de la predicción y el filtrado (Wiener).

Máquinas de calcular. Calculadoras digitales y analógicas.

Sistemas de organización automática.

IMPORTANCIA DE LAS MODERNAS TÉCNICAS DE CÁLCULO

Según quedó señalado anteriormente, es unánime el reconocimiento de la importancia de las modernas técnicas de cálculo numérico, con posible empleo de equipos de operarios calculadores, de máquinas de calcular de tipo ordinario y de las modernas calculadoras de carácter digital o analógico. Se ha destacado asimismo el interés de estas técnicas para la formación de entendimientos rigurosos hacia lo concreto, la que, en definitiva, constituye la característica intelectual más importante del ingeniero.

Dado el coste elevado de los equipos necesarios para la práctica y adiestramiento de estas técnicas, podría pensarse en proyectar una instalación para utilización común de todas las Escuelas técnicas superiores de Ingeniería, lo que supondría al mismo tiempo un ensayo de colaboración seguramente deseable y fructífero.

CUADERNOS DIDÁCTICOS DE FÍSICA

1. Mecánica y fluidos 5 ptas.
2. Calor, Acústica y Óptica 6 "

EDICIONES DE LA REVISTA "ENSEÑANZA MEDIA"