

citadas, que se habrán de servir de base para la posterior especialidad elegida.

Es absolutamente necesario que en todos estos estudios superiores de la Química se combine armoniosamente la teoría con la práctica en Laboratorios, Seminarios y en las mismas Industrias, ocupando suficientes horas de trabajo para una eficaz y verdadera formación en toda su amplitud.

Las reválidas de la Licenciatura deberán ser asimismo fundamentalmente de índole práctica y teórica no memorística. Los temas prácticos a desarrollar por el alumno deberán ser concretos, originales o no, que obliguen al

alumno a trabajar desde el punto de vista bibliográfico, y experimental en un Laboratorio durante un corto plazo de tiempo (uno o dos meses).

En el Doctorado se realizará, naturalmente, un trabajo original de tesis, juntamente con varios cursillos especializados antes citados y que se deberán seleccionar en íntima relación con el tema de trabajo de tesis.

Tanto en las Escuelas de Ingenieros como en las Facultades se deberían organizar cursillos especializados para postgraduados, con título superior, y en íntimo contacto con las grandes Empresas Industriales de la Nación.

La enseñanza de la Física en las Escuelas Técnicas Superiores

PONENTE: D. Manuel Abad Berger (de la E. T. S. de Ingenieros de Minas), D. Luis Bru Villaseca (de la Fac. de Ciencias Físicas), D. Luis Fontán Abeytúa (de la E. T. S. de Ingenieros Aeronáuticos), D. Carlos Ortuño Medina (de la E. T. S. de Ingenieros de Caminos), D. José Pazó Montes (de la E. T. S. de Ingenieros Aeronáuticos), D. Vicente Roglá Altet (de la E. T. S. de Ingenieros de Caminos), D. Luis Sainz Sanguino (de la E. T. S. de Ingenieros de Montes) y D. Antonio de la Vega (de la E. T. S. de Ingenieros Industriales).

1. CIENCIA Y TECNICA.

DESDE los tiempos más remotos el hombre ha sentido una inquietud por conocer la verdad de las cosas y ya en aquella mentalidad mística y prelógica existía un noble impulso dirigido hacia el conocimiento del orden en la naturaleza. Utilizando cada día nuevos recursos creados o descubiertos por las mentes científicas, ha ido edificándose la Ciencia hasta llegar a la colosal obra que hoy día podemos admirar.

Después de tantos y tantos cruciales descubrimientos científicos, se tiene la sensación de que existe en la naturaleza un orden y una armonía ontológicos, que si bien rebasan nuestra capacidad, en ocasiones surgen inteligencias superdotadas que consiguen acercarse a él en algún aspecto, descubriéndonos bellezas sin par.

En lo más íntimo de nuestro espíritu hay recursos colosales que permiten una correlación entre el orden de los fenómenos naturales y las concepciones de nuestra mente, a veces éstas totalmente opuestas a la intuición, tal es el caso de los conceptos nuevos del espacio y tiempo en relatividad, del concepto de complementariedad, del aspecto probalístico en Física microscópica, etc., etc. Esta enorme capacidad creadora no puede ser totalmente debida a un proceso de adaptación al medio, sino que debe tener un origen sobrenatural, y no cabe duda que así se manifiesta algo de la doble naturaleza divina y humana de la personalidad del hombre.

Aunque existen las más variadas orientaciones filosóficas en las distintas escuelas científicas, en todas las de espíritu sano hay en definitiva un fin común, que es el conocimiento de la verdad, y si bien el estado actual de

la ciencia es verdaderamente portentoso, aún queda muchísimo camino que andar... tanto, que tal vez el Supremo Hacedor tenga dispuesto que el conocimiento del orden ontológico deba quedar en esta vida veado e inaccesible a nuestro entendimiento.

El noble y desinteresado impulso del científico hacia el conocimiento de la verdad, sin otro fin que el goce en descubrir nuevas armonías, representa para el progreso de la humanidad una fuente incalculable de ideas, que las mentes técnicas habrán de encauzar hacia el progreso y la mejora del nivel de la vida de la humanidad. Al técnico no le da la ciencia problemas resueltos, sino que ha de saber encontrar el difícil camino del progreso a partir de las verdades puras que le brinda el científico. Y para conocer la acertada solución práctica de un problema planteado, es necesario que se encuentre el técnico en posesión lo más perfecta posible de la naturaleza y desarrollo de la verdad científica. Por esto el técnico creador de grandes inventos y realizaciones ha de contar con una sólida base científica que le permita un conocimiento de las fuentes de las que han de brotar sus ideas.

La técnica tiene su propia personalidad en todas sus ramas y hoy día está a punto de experimentar una verdadera revolución debido al impacto recibido por la posibilidad de utilizar a voluntad y dominar las formidables reservas de energía que hasta ahora se ocultaban en los núcleos atómicos. Abruma el pensar que la energía liberada en la fisión de 1.000 Kgr. de U 235 es del orden de magnitud de la energía eléctrica consumida anualmente en España.

Desgraciadamente hay quienes abusan de la nobleza de estos descubrimientos orientándolos hacia la destrucción, y en esta nueva era atómica, de vertiginoso progreso, existe, sin embargo, el riesgo de que la humanidad se destruya a sí misma. Se encoge el alma al considerar que la primera utilización de la energía atómica haya sido para destruir, y es triste el pensar que la voluntad de un solo hombre pueda desencadenar tal mecanismo infernal de destrucción. Para poder sobrevivir al propio desarrollo de la técnica, esperemos que se produzca también un progreso de su vida espiritual, pues como expresó Henri Bergson «Nuestro cuerpo agrandado, reclama un suplemento del alma».

La ciencia pura y la técnica tienen una serie de puntos de contacto que se deben mantener en beneficio de ambas.

Aunque no faltan excepciones que justifiquen la regla, en casi todos los casos, los grandes descubrimientos de la técnica acontecen después de descubrimientos científicos.

Sabemos que la técnica del movimiento viene ligada a Galileo, Descartes, Newton, D'Alembert, Lagrange, etc.; la de la electrónica a Coulombs, Galvani, Volta, Oersted, Ampère, Faraday, etc.; la del calor a Sadi-Carnot, Mayer, Clapeyron, Joule, Clausius, etc.; la industria química, a Lavoisier; la radio-electricidad, a Maxwell, Hertz, Marconi, etc.; la nuclear, a Curie, Rutherford, Planck, Einstein, Fermi, etc.

La técnica, a su vez, aporta contribuciones a la ciencia pura, suministrándole a veces métodos de trabajos y otras planteándole problemas de investigación. Además, en cualquier caso, contribuye con sus realizaciones de una manera decisiva, a que en los laboratorios de investigación científica existan los potentes elementos de trabajo hoy día imprescindibles, pudiendo decirse que el formidable progreso en el conocimiento científico se basa en las conquistas técnicas, que permiten observar y medir los fenómenos.

Se ve, pues, que debe haber una estrecha colaboración entre ciencia y técnica, que puede ser muy fecunda en todos sus aspectos, si se trazasen conjuntamente los caminos más directos hacia el logro del conocimiento de la verdad y del progreso.

Aparece así el problema de cómo debe orientarse una sincera colaboración entre investigación científica y técnica. A nuestro juicio, la solución estriba en tratar de fomentar y desarrollar un campo común entre ambas que permita un intercambio. Naturalmente no se trata de un problema absoluto y debe seguir habiendo investigadores científicos puros y técnicos puros, pero se ha de buscar el enlace a través de una minoría con posibilidades de intercambio de personal y de métodos.

En nuestra Patria ya se viene llevando a cabo este creciente movimiento de colaboración. En centros científicos, técnicos e industriales, tanto estatales como privados, se comienza a obtener los frutos de esta unión. Sin embargo, aún quedan asperezas que limar e iniciativas que despertar. Corresponde en definitiva a la enseñanza en los Centros superiores esta responsabilidad de preparar y orientar la educación de los futuros científicos y técnicos hacia la consecución de los objetivos comunes, como son el del conocimiento de la verdad y la utilización en aras del progreso de las leyes que rigen los fenómenos naturales.

2. CARACTER DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DE NUESTRAS ESCUELAS TÉCNICAS SUPERIORES.

La rápida evolución de la técnica y el creciente desarrollo industrial hacen cada día más necesaria una sólida preparación físico-

matemática del ingeniero que le permita adaptarse al ritmo del progreso de su técnica y desempeñar con eficacia su cometido.

La Física, además de su aspecto didáctico por el que se llega al conocimiento de hechos de gran actualidad y porvenir, tiene un gran contenido formativo, que imprimirá la mente del futuro ingeniero de un carácter universal que permitirá saber dar un enfoque adecuado a los problemas.

Bien es verdad que el conocimiento del mundo físico no es el fin de la formación del ingeniero, pues en todas las ramas de la ingeniería hay técnicas particularmente profundas que dominan, pero también es innegable que todas ellas se asientan en las ciencias básicas y en particular en la Física, a las que deben su existencia.

Una de las características más sobresalientes de la técnica actual corresponde al decisivo papel que desempeña la investigación de los complejos y difíciles problemas a resolver, planteados por esta inquietud del ingeniero de crear nuevas posibilidades y producir nuevos objetos capaces de satisfacer más y más necesidades. Por ello se les debe inculcar a los futuros ingenieros, en esta disciplina básica, una formación dirigida hacia la investigación en general, pues ya tendrán ocasión a lo largo de la carrera y de su vida profesional, de desarrollar las más variadas vocaciones investigadoras, dentro del ejercicio de su profesión.

Establecidos los rasgos fundamentales que debe imprimir la enseñanza de la Física a la formación del ingeniero, se estima que el carácter cíclico será el mejor sistema de lograrlo, y ajustándonos a la organización actual de la enseñanza superior en España, vemos tres ciclos claramente diferenciados:

Primer ciclo.—Preuniversitario y Selectivo.

Segundo ciclo.—Iniciación y primeros años de carrera.

Tercer ciclo.—Doctorado.

La Física de Preuniversitario y Selectivo deberá cerrar el primer ciclo común para todas las Escuelas y las Facultades Universitarias en el que el alumno habrá de adquirir el conocimiento de los fenómenos físicos clásicos, así como los conceptos básicos, afirmados por prácticas de Laboratorio y ejercicios.

El segundo ciclo deberá abarcar los cursos de Iniciación, Primero, y en algunos casos, Segundo de Carrera, comprendiendo los conocimientos necesarios para fundamentar las tecnologías que se explicarán en los sucesivos. Esto permitirá al alumno tener una visión de conjunto y de altura, una mayor claridad de comprensión de los conceptos tecnológicos básicos y una concepción de la técnica como

desarrollo práctico y particular de teorías más generales que ha estudiado. También permitirá al profesor tecnológico enfocar desde este punto de vista inicial su asignatura, abreviarla y profundizar más en ella.

La Física del Doctorado, en su tercer ciclo de temas avanzados, suministrará junto con la Matemática, la herramienta necesaria para la verdadera especialización que no se adquirirá definitivamente hasta después de varios años de ejercicio profesional y contribuirá a imprimir un sello formativo y un espíritu crítico, tan necesarios para fomentar la aparición de cerebros directores sintéticos, capaces de impulsar a la humanidad hacia nuevos destinos.

3. CONTENIDO Y ORGANIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA.

Al pretender fijar las materias y temarios que han de quedar incluidos dentro de la Física del ingeniero, es forzoso establecer los siguientes tres grupos de Escuelas Técnicas Superiores, ordenados de menor a mayor importancia en cuanto al interés de las enseñanzas de la Física en sus técnicas:

- I. Arquitectura.
- II. Agrónomos y Montes.
- III. Restantes Escuelas Técnicas Superiores.

Y concretándose a la fijación de temarios, nos referiremos al grupo III, en el que además, deberán establecerse diferencias notables en el desarrollo de los cuestionarios de las materias, pues cada técnica exige matices peculiares en la enseñanza de las distintas ramas de la Física y en algunos casos estas materias deben quedar englobados en cátedras con un doble sentido básico y tecnológico. Con objeto de conseguir la máxima generalidad de aplicación, vamos a dar unos índices de temas o capítulos que naturalmente se habrán de desarrollar y completar o reducir adecuadamente en cada caso particular.

Los cuestionarios de Física en el primer ciclo Preuniversitario-Selectivo están ya confeccionados con carácter oficial, y son de aplicación general para Escuelas Técnicas y Facultades de Ciencias. No tenemos nada que objetar a ello, salvo que resultan tal vez ambiciosos. Los que enseñamos en el segundo y tercer ciclo, necesitamos fundamentalmente que nuestros alumnos tengan bien fijados los conceptos básicos y posean los suficientes conocimientos matemáticos para poder ya abordar la Física teórica con toda su generalidad.

La Física del segundo ciclo, Iniciación, Primer curso, Segundo curso, a nuestro entender comprenderá:

Campos vectoriales y tensoriales.

Mecánica racional.

Óptica.

Elasticidad.

Termología.

Física atómica y nuclear.

Mecánica de fluidos.

Electricidad.

Teoría de vibraciones.

Campos vectoriales y tensoriales (30 lecciones).

1. Álgebra vectorial.
2. Vectores deslizantes.
3. Funciones vectoriales de una variable.
4. Invariantes diferenciales.
5. Integrales y teoremas.
6. Espacios vectoriales.
7. Análisis tensorial.

Mecánica (100 lecciones).

1. Cinemática del punto.
2. Cinemática del cuerpo sólido.
3. Composición de movimientos.
3. Movimiento de sólidos en contacto.
5. Movimientos planos.
6. Geometría de masas.
7. Fuerza y trabajo.
8. Equilibrio del punto material.
9. Equilibrio de los sistemas de puntos materiales.
10. Equilibrio de los sistemas constituidos por sólidos.
11. Sistemas deformables.
12. Equilibrio de hilos.
13. Dinámica del punto.
14. Dinámica del punto libre.
15. Dinámica del punto ligado.
16. Dinámica del punto en movimiento relativo.
17. Dinámica de los sistemas.
18. Dinámica del sólido rígido.
19. Percusiones y choques.
20. Dinámica del movimiento relativo.
21. Sistemas de masa variable.
22. Dinámica analítica.
23. Elementos de mecánica relativista.

Óptica (30 lecciones)

1. Naturaleza y propagación de la luz.
2. Dioptrio plano, prisma.
3. Sistemas centrados estigmáticos.
4. Espejos esféricos y dioptrios esféricos.
5. Combinación de sistemas centrados.
6. Lentes esféricas.
7. Aberraciones de las lentes y de los espejos.
8. Fotometría. Color.
9. Instrumentos ópticos.

10. Interferencias luminosas.

11. Difracción.

12. Poder separador de los instrumentos de óptica.

13. Polarización.

Elasticidad y plasticidad (30 lecciones).

a) Elasticidad.

1. Estado de esfuerzos en un punto.
2. Estado de deformación en un punto.
3. Relaciones entre el estado de esfuerzos y el de deformaciones.
4. Problema elástico tridimensional.
5. Problema plano de esfuerzos y deformaciones.
6. Problemas bidimensionales.
7. Fotoelasticidad.
8. Torsión.
9. Flexión de barras prismáticas.
10. Distribución axisimétrica de esfuerzos en un sólido de revolución.
11. Esfuerzos térmicos.

b) Plasticidad.

12. Estado de esfuerzo y estado de deformación.
13. Comportamiento elástico e inelástico de materiales.
14. Relaciones plásticas entre esfuerzos y deformaciones.
15. Problemas bidimensionales de fluencia plástica.
16. Torsión, flexión y pandeo de barras.
17. Inestabilidad en tracción.
18. Estirado y extrusión. Laminación y forja.

Termología (50 lecciones).

1. Temperatura. Sistemas termodinámicos.
2. Gases ideales.
3. Calorimetría.
4. Primer principio.
5. Transmisión del calor.
6. Segundo principio.
7. Condiciones de equilibrio. Funciones termodinámicas.
8. Sistemas heterogéneos. Regla de las fases.
9. Cambios de estado. Higrometría.
10. Gases y líquidos reales.
11. Termodinámica de los cambios de estado.
12. Equilibrio de sistemas gaseosos.
13. Disoluciones diluidas.
14. Tercer principio.
15. Termoelectricidad.
16. Teoría cinética de los gases.

17. Mecánica estadística.
18. Fenómenos de transporte.
19. Radiación.
20. Nociones cuánticas.

Física atómica y nuclear (40 lecciones).

1. Partículas elementales.
2. El átomo.
3. Ondas-corpúsculos.
4. Estructura atómica y líneas espectrales.
5. Estructura molecular.
6. Estructura del núcleo.
7. Niveles nucleares.
8. Aceleradores de partículas.
9. Reacciones nucleares.

Mecánica de Fluidos (40 lecciones).

1. Cinemática de fluidos.
2. Teoría de la viscosidad.
3. Ecuaciones generales de movimiento de fluidos.
4. Análisis dimensional.
5. Fluidostática.
6. Fluidos ideales.
7. Movimientos isentrópicos.
8. Movimiento irrotacional de fluidos ideales.
9. Movimiento irrotacional de líquidos ideales.
10. Movimientos turbillionarios.
11. Superficies de discontinuidad.
12. Movimiento laminar de fluidos viscosos.
13. Movimiento laminar de líquidos en tubos.
14. Turbulencia.
15. Resistencia.
16. Teoría de la capa límite.

Electricidad (60 lecciones).

1. Electrostática. Campo eléctrico y potencial.
2. Sistemas de conductores. Condensadores.
3. Dieléctricos.
4. Electrocínética.
5. Fenómenos electrolíticos.
6. Magnetismo. Campo magnético terrestre.
7. Electromagnetismo.
8. Energía de un sistema de corrientes.
9. Inducción electromagnética.
10. Corrientes alternas.
11. Propiedades magnéticas de la materia.
12. Galvanómetros.
13. Generadores electromagnéticos y transformadores.
14. Ecuaciones generales del campo electromagnético.
15. Electrónica.

Teoría de vibraciones (20 lecciones).

1. Movimientos vibratorios.
2. Sistemas con un grado de libertad.
3. Sistemas con dos grados de libertad.
4. Sistemas con varios grados de libertad.
5. Vibraciones no lineales.
6. Vibraciones longitudinales.
7. Vibraciones transversales.
8. Métodos para el cálculo de frecuencias.
9. Vibraciones de membranas.
10. Vibraciones de placas de espesor constante.
11. Vibraciones auto-excitadas.

La Física del Doctorado comprenderá una parte común, que puede constar de:

Ampliación de la teoría de campos vectoriales y tensoriales (30 lecciones).

Relatividad (30 lecciones).

Mecánica Estadística, clásica y cuántica (30 lecciones).

El núcleo atómico (30 lecciones)

y además otras materias optativas a escoger por el alumno, de acuerdo con el director de tesis y con los cursos monográficos que se organicen en las Escuelas Técnicas Superiores.

Como referencias bibliográficas podemos citar entre otras:

Campos vectoriales y tensoriales.

- Sokolnikoff: «Tensor Analysis», 1951.
 Louis Brand: «Vector Analysis», 1957.
 Robert M. Thrall: «Vector Spaces and Matrices», 1957.
 Moran: «Los tensores cartesianos rectangulares», 1959.
 Appel P.-Thiry R.: «Elements de calcul tensoriel», 1933.

Mecánica.

- T. Levi Civita U. Amaldi: «Lezioni di Meccanica Razionale», 1926.
 Paul Appell: «Traité de Mécanique Rationnelle», 1933.
 Cisotti U.: «Meccanica Razionale», 1947.
 Manuel Lucini: «Lecciones sobre teoría de la mecánica y sus aplicaciones», 1950.
 E. Belda Villena: «Mecánica clásica y moderna», 1950.

Optica.

- Jenkins F. A.: «Fundamentals of optics», 1957.
 Cabrera y Felipe J.: «Introducción a la Física teórica II», 1958.
 F. W. Seards: «Fundamentos de Física III Optica», 1958.

Electricidad.

- Harwell: «Electricity and Magnetism», 1949.
 F. W. Sears: «Fundamentos de Física II Electricidad y Magnetismo», 1958.
 Cabrera y Felipe J.: «Introducción a la Física teórica II», 1958.
 John D. Kraus: «Electromagnetics», 1953.
 Palacios J.: «Electricidad y Magnetismo», 1945.
 Fröhlich M.: «Theory of dielectrics», 1949.

Termodinámica.

- Julio Palacios: «Termodinámica y Mecánica estadística», 1949.
 Zemansky: «Heat and thermodynamics», 1951.
 Duran F. P.: «Thermodynamics», 1954.
 Groot S. R.: «The thermodynamics of irreversible processes», 1951.
 Princeton University: «Thermodynamics and physics of mater», 1955.

Física atómica y nuclear.

- Max Born: «Física atómica», 1952.
 Lapp, R. E., y Andrews, M. L.: «Nuclear radiation physics», 1954.
 Kaplan: «Nuclear physics», 1956.
 Heisenberg, W.: «Nuclear physics», 1953.
 Richmyer, F. K., y Kennard: «Introduction to modern physics», 1947.
 Ramón y F. F.: «Micromecánica elemental», 1951.

Mecánica de fluidos.

- Palacios, J.: «Análisis dimensional», 1956.
 Hunsaker, J. C., y Fichtelz, B. G.: «Engineering Applications of Fluid Mechanics», 1947.
 Streeter, V. L.: «Fluid Mechanics», 1958.
 Liepman, H. W., y Roskko, A.: «Elements of Gasdynamics», 1958.
 Temple, G.: «An Introduction to Fluid Dynamics», 1958.

Elasticidad y plasticidad.

- Love, A. E. H.: «Treatise on the Mathematical theory of elasticity».
 Timoshenko, S.: «Theory of Elasticity», 1951.
 Torroja, E.: «Elasticidad», 1951.
 Westergaard, H. M.: «Theory of Elasticity and Plasticity», 1952.
 García Arango, A.: «Elasticidad teórica y experimental», 1945.
 Sokolnikoff, I. S.: «Mathematical theory of elasticity», 1956.

Teoría de vibraciones.

- Den Hartog: «Mechanical vibrations», 1947.
 Timoshenko: «Vibration problems in engineering», 1955.

Relatividad.

- Einstein, A.: «El significado de la relatividad», 1948.
 Born, M.: «Die Relativitätsprinzip Einsteins», 1922.
 Terradas, E., y Ortiz: «El significado de la relatividad», 1942.
 Bergman, P. G.: «Introduction to the theory of relativity», 1942.
 Eddington, A. S.: «Fundamental theory», 1946.
 Milne, E. A.: «Relativity Gravitation and world structure», 1935.

Mecánica estadística clásica y cuántica.

- Sommerfeld: «Thermodynamics and statistical mechanics», 1956.
 J. M. Iñiguez: «Mecánica cuántica», 1949.
 R. C. Tolman: «The principles of statistical Mechanics», 1938.
 Heitler: «Wave mechanics», 1956.

La organización de la enseñanza de la Física para las Escuelas Técnicas que incluyen todas las materias anteriormente señaladas dentro de sus planes de estudios, puede determinarse como sigue para los ciclos segundo y tercero:

Curso de iniciación.

Campos vectoriales y tensoriales.—Se deben dar los capítulos 1, 2 y 3 del temario, en diez lecciones.

Mecánica.—Se deben dar los capítulos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del temario, en 40 lecciones.

Optica.—El temario completo, en 30 lecciones.

En total resultan 80 lecciones teóricas, que equivalen a clase alterna durante todo el año.

Respecto a las prácticas de laboratorio, deberán dedicarse dos horas semanales a lo largo del curso, lo que totaliza cincuenta y cuatro horas al año.

No se considera oportuno intensificar más la enseñanza de la Física en este curso, pues interesa dedicar un gran número de horas a la enseñanza de las Matemáticas.

Primer curso de carrera.

Campos vectoriales y tensoriales.—El resto del temario, o sea los capítulos 4, 5, 6 y 7, en 20 lecciones.

Mecánica.—El resto del temario, en 60 lecciones (capítulos 7 al 18).

Termología.—El temario completo, en 50 lecciones.

Elasticidad.—El temario completo, en 30 lecciones.

En total resultan 160 clases teóricas, que suponen una hora diaria durante todo el curso.

Deberán dedicarse dos horas de prácticas de laboratorio semanales, lo que totaliza cincuenta y cuatro horas al año.

Segundo año de carrera.

Física atómica y nuclear.—El temario completo, en 40 lecciones.

Electricidad.—El temario completo, en 60 lecciones.

Mecánica de fluidos.—El temario completo, en 40 lecciones.

Teoría de vibraciones.—El temario completo, en 20 lecciones.

En total resultan 160 lecciones teóricas, es decir, una hora diaria a lo largo del curso, complementada con cuatro horas de prácticas de laboratorio semanales, en ciento ocho horas al año.

En el supuesto de que el Doctorado se cursara en dos años, podría proponerse:

Primer año de Doctorado.

Ampliación de la teoría de campos vectoriales y tensoriales.—Treinta lecciones.

Relatividad.—Treinta lecciones.

Curso monográfico sobre otra materia optativa.

Segundo año de Doctorado.

Mecánica y estadística clásica y cuántica.—Treinta lecciones.

Núcleo atómico.—Treinta lecciones.

Curso monográfico sobre otra materia optativa.

Estas enseñanzas de Física en el Doctorado podrían darse contando con una clase alterna a lo largo de los dos años.

4. METODOS DE ENSEÑANZA.

Una vez esbozados los objetivos a conseguir, el contenido de la disciplina y la organización de las enseñanzas, conviene tratar del método didáctico.

Un Profesor no sólo debe aspirar a que los alumnos aprendan su asignatura; ha de procurar que al mismo tiempo se beneficien todo lo posible de los influjos formativos o educativos de la misma.

Los alumnos que ingresan en nuestras Escuelas, especialmente los provenientes del plan antiguo, poseen en general una mentalidad más matemática que física y constituye una importante y delicada tarea el hacerles ver que para el ingeniero la Matemática pura es solamente un poderoso auxiliar, que no está reñido con los conceptos básicos de la Física, pues son éstos precisamente los firmes pilares en los que se ha de asentar su técnica. Rigor matemático y conceptos físicos deben armonizarse y corresponde al Profesor la misión de ayudar a esclarecer que donde parece a veces que falta el rigor, hay una justificación de orden físico.

Con el estudio de la Física continúan los alumnos un contacto ya iniciado en el Bachillerato y las posibilidades educativas son muy grandes. Porque, además de intentar establecer el equilibrio mental que necesita el futuro ingeniero, se puede inculcar a los alumnos el sentido de abstracción y de aproximación física; esto es el arte de sustituir un problema natural inabordable por otro abstracto suficientemente parecido, pero asequible a nuestros medios. El Profesor deberá fomentar este efecto explicando, hasta donde la materia lo permita, primero el problema natural con todas sus complicaciones y después el artificio de simplificación en virtud del cual ha sido posible abordarlo y resolverlo. Indicando también cómo, a veces, se ha de prescindir de modelos mentales si se quiere ampliar el campo de conocimientos físicos.

Respecto al método de enseñanza, consideraremos primeramente la parte relativa al desarrollo de las clases teóricas, y, según lo anteriormente señalado, podemos distinguir dentro del programa una parte de carácter menos conceptual y más bien instructivo. Esta se desarrollará con máxima actividad del Profesor y mínima del alumno, que no tendrá en clase más papel que el receptivo, realizando así una actividad intelectual de asimilación. Este método tiene la ventaja de una posible ordenación rigurosa de los temas, que se podrán ir exponiendo con precisión de acuerdo con el programa y el tiempo disponible. Para tratar de hacer vivir mentalmente al alumno el proceso de la actividad que ha requerido una determinada invención, en ocasiones convendrá emplear el orden lógico de exposición y otras veces interesará adoptar el orden psicológico.

La mayoría de los temas básicos se orientarán de forma que la iniciativa no corresponda totalmente al Profesor, procurando que a veces se establezca un intercambio de opiniones, mediante el diálogo, y cuando la pre-

gunta corresponda al Profesor, deberá procurarse que sea como sugestión u objeción disfrazada por la que descubra al alumno las deficiencias e incongruencias de su actual pensamiento y que le invite a reconsiderar la cuestión para mejor observar, razonar y saber.

Las preguntas de los alumnos serán muchas veces reveladoras de conceptos mal asimilados y debe el Profesor aprovecharlas para, con habilidad, llevar gradualmente la mente del alumno a la debida meta. La discusión que puede nacer por este intercambio de ideas está limitada por el tiempo marginal de que se disponga.

Si bien en ocasiones este método resulta lento, tiene la enorme ventaja de despertar el interés del alumno mucho más que el anterior, consiguiéndose de esta forma que la enseñanza responda adecuadamente a sus íntimas exigencias e inquietudes espirituales.

Las clases prácticas se orientarán tratando de situar al alumno ante los problemas experimentales, en la misma actitud con que se enfrentó a ellos el investigador que descubrió su solución. De esta forma el alumno deberá tener la máxima iniciativa y la máxima responsabilidad, contribuyendo así a una gran eficacia educativa. Naturalmente, según sea el tiempo de experiencia, el Profesor, o bien se limitará al papel de consejero y a vigilar y corregir la labor del alumno, quien sólo acude al maestro en plan de consulta orientadora, o de contraste de resultados, o, por otra parte, sea el Profesor quien lleve el peso de la experiencia, quedando únicamente a cargo del alumno la ejecución material del trabajo.

Es evidente que en este método se eleva a la máxima potencia la actividad del alumno. Por responder a una necesidad e inquietud sentida por él con más o menos autenticidad, según el grado de iniciativa, despierta un más profundo interés y es más educativo, pues le prepara mejor para autodirigirse en su trabajo.

Pero junto a estas ventajas tiene no pocos inconvenientes derivados de las necesidades de material y tiempo. Por otra parte, no hay que olvidar que se trata de formar ingenieros, y aunque no se consiga en Física un gran desarrollo de la parte experimental, tal vez baste con lo fundamental y con la enseñanza de los más importantes hechos experimentales, así como del conocimiento de las teorías en que se asientan.

Un objetivo esencial es el conseguir que el alumno sienta la necesidad de una labor complementaria a la propia clase, para lo

que se debe fomentar el contacto directo entre profesores y alumnos, bien sea proponiendo problemas aclaratorios de las materias más interesantes o delicadas, que serán resueltos y aclarados en las clases siguientes, o bien tratando de que realicen algún trabajo elegido por ellos de entre una serie propuesta o enunciada por el Profesor. De esta forma se van iniciando en las tareas de investigación y se acostumbran al trabajo autónomo ya ver en el programa un campo ilimitado que explorar.

Un tema del que queremos escribir unas palabras es el de los apuntes. Todos hemos tomado apuntes y sabemos que no es tarea fácil tomarlos bien; se encuentran lagunas, errores, tergiversaciones... Por ello debe procurarse adoptar obras fundamentales y ceñirse a ellas en lo que sea posible, aclarando, ampliando y resumiendo en los puntos en que así lo estime oportuno el Profesor, y caso de interesar tomar apuntes, debe el Profesor tener una parte muy activa en la confección, corrección y tirada de los mismos.

Otro complemento de gran eficacia para una mejor asimilación del alumno consiste en la proyección de películas de carácter didáctico.

Importante tarea que incumbe al Profesor es la función examinadora. El Profesor tiene que examinar y calificar a sus alumnos, aprobándolos o desaprobándolos, y esto plantea no pequeños problemas de índole psicológica, pedagógica y ética. Somos partidarios de exámenes parciales, tanto escritos como orales, pero en general no deben tener un carácter totalmente «liberatorio», pues la experiencia demuestra que, aprobado un examen parcial, aquellas lecciones no se repasan si ya no vuelven a ser objeto de examen. Sin embargo, creemos que el examen final del conjunto de cada asignatura no debe incluir la totalidad de las materias explicadas, y así, temas secundarios que fueron incluidos en un examen parcial pueden no figurar en el final.

Son muchas las razones que explican la insuficiencia de la labor puramente de clase para lograr en los alumnos la formación que debe ser característica de nuestra profesión. Para el logro de ella se recomiendan los seminarios, en los que se fomenta la iniciativa personal del alumno y la colaboración activa del Profesor. Deben contener el germen del estímulo verdadero, que es el de ampliar el conocimiento, aclarar los problemas oscuros, disciplinar la inteligencia en la búsqueda de la verdad, contrastar la validez de los distintos métodos y aprender a trabajar. Este carácter se acentúa más cuando el seminario

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.