

empleado.—Verdadera longitud de los entre-nudos.

6º Caso.—Sistema triangular doble, cargado en los nudos de la cuerda soportada.—Esfuerzos en las barras-tirantes.—Esfuerzos en las cuerdas.—Celosía de Tovone.—Análisis de ésta.—Análisis de los sistemas triangulares múltiples.—Trabe Warren modificada.—Armadura tipo Howe.—Armadura tipo Pratt.

Sistema de Panel.

Definición.—Esfuerzo máximo en las diagonales.—Barras Counter.—Ejemplos.—Esfuerzo en cualquiera de las diagonales.—Carga uniformemente repartida.—Esfuerzos en las verticales.—Esfuerzos en las cuerdas.—Carga concentrada en un nudo.—Ejemplos.

Mínimum del materia empleado.—Problemas.—Mínimum de material empleado en las barras y tirantes.—Ejemplos.

Armaduras especiales al sistema de Panel.—Armadura Long.—Armadura Howe.—Barras principales.—Barras Counter.—Tirantes verticales.—Cuerdas.—Armadura Pratt.—Armadura Whipple.

Análisis del sistema de doble Panel.—Cuerdas.—Armadura Post.—Tirantes.—Postes.—Cuerdas.

Sistemas múltiples.

Celosía de Haupt.—Celosía de Hail.—Contravientos laterales y horizontales.—Contravientos articulados.—Estabilidad del puente sobre sus apoyos.

Representación gráfica de la ley

de los esfuerzos.—Problema general.—Esfuerzos sobre las cuerdas.

—Relación entre el esfuerzo cortante y el momento de aplicación de las fuerzas.

Armaduras con cuerdas no paralelas.—Armadura Mc. Callam.

Armaduras de arco parabólico.—Notaciones.—Caso de una carga uniforme.—Caso de una carga parcialmente uniforme.—Caso de barras diagonales.—Armadura triangulada de arco parabólico.—Esfuerzos en la cuerda superior, dados por los momentos.—Problema general.—Armaduras que tienen ambas cuerdas curvas.

VÍAS FLUVIALES Y OBRAS HIDRÁULICAS.

PRIMERA PARTE.

Nociones preliminares.

a. Distribución de las lluvias y cantidades de agua que producen.—División del agua de lluvia en tres partes; cantidad evaporada, cantidad infiltrada en el suelo, cantidad que escurre superficialmente.—Cuencas permeables é impermeables.—Estudio físico geológico de unas y otras.

b. Formación de los ríos.—Estudio de las diferentes partes de su cuenca hidrográfica.—Perfiles y secciones transversales de los ríos y de los valles.—Velocidades del agua.—Aluviones acarreados.

c. Estudio especial de las desembocaduras, según que se produzcan en mares, con ó sin mareas.—Deltas y formaciones fluviales.—Barras.—Ríos que desembocan en lagos interiores.—Caractéres físicos

y geológicos de las zonas de deyección.

d. Mareas.—Corrientes litorales.—Acarreos marítimos y modificación de las playas, especialmente de la arena.—Formaciones producidas por los vientos.—Complicaciones de las formaciones fluviales y marítimas en las desembocaduras de los ríos.

e. Estudio de las crecientes de los ríos.—Complicaciones que se presentan en las diversas partes del trayecto de un río.—Reguladores.—Efectos producidos por las mareas, sobre el escurrimiento de las crecientes.—Endicamientos.—Tala de los montes.—Desemboques que deben presentar las construcciones hidráulicas.

f. Aguas subterráneas.—Ligeras nociones sobre su régimen y captación.

SEGUNDA PARTE.

Mejoramiento de ríos y puertos fluviales y marítimos.

a. Mejoramiento de la desembocadura de un río cuando desemboca en mares de pequeñas mareas.—Trazo y construcción de las obras.—Dragados.—Elección del sistema de dragas más adecuado.—Costo del dragado.—Procedimientos combinados de escolleras y dragado.—Ejemplos prácticos de mejoramiento de ríos.

b. Mejoramiento de un río en la parte situada arriba de la desembocadura.—Diques.—Su trazo y construcción.—Dragados.—Ejemplos prácticos de mejoramiento en el

plano horizontal y en el perfil longitudinal.

c. Otros sistemas empleados para mejorar el calado disponible.—Presas de navegación y esclusas.—Pequeña importancia que estas obras deben tener en México.

d. Ligeras nociones de los canales de navegación.—Trazo, ejecución y obras de arte.—Métodos empleados para la propulsión de las embarcaciones.

e. Puertos marítimos.—Puertos naturales y puertos artificiales.—Condiciones que se deben tener presentes para un proyecto.—Trazo de las obras y su ejecución.

f. Obras que se necesitan construir en los puertos fluviales y marítimos para la carga y descarga.—Muelles.—Diferentes sistemas de construcción.—Desembarcaderos flotantes.—Almacenes, Maquinaria, empleada para carga y descarga.

g. Obras interiores de los puertos, continuación.—Sistemas de derks y esclusas en los puertos que están situados sobre mares con mareas y en las desembocaduras de ríos que están afectados por fuertes mareas.

h. Iluminación y abaliamiento de las costas y de los puertos.—Faros.—Su alcance óptico y geográfico.—Sistemas diversos de construcción de las torres.—Aparatos de iluminación.—Valizas, boyas y señales sonoras.

i. Obras destinadas á las reparaciones de los navíos.—Formas secas y diques flotantes.

TERCERA PARTE.

Obras destinadas al aprovechamiento de las aguas en la agricultura y en la industria.

a. Obras destinadas para proveerse del agua necesaria para la agricultura y para la industria.—Depósitos para aguas pluviales.—Condiciones generales que se deben tener presentes al estudiar un proyecto de depósito.—Sistemas de construcción empleados.—Elección que deberá hacerse del sistema de construcción que mejor convenga en cada caso.—Presas en los ríos.—Diversos sistemas.—Elección del que convenga emplear.—Bombas para elevar el agua.

b. Canales.—Condiciones generales que se deben tener presentes en su trazo y dimensiones.—Reconocimiento preliminar y locación definitiva.—Ejecución de terracerías y excavación de roca.—Revestimiento.

c. Canales, continuación.—Obras de arte que pueden presentarse en la construcción de un canal.—Compuertas.—Módulos.—Partidores.—Puentes.—Canales.—Acueductos.—Sifones.—Criterio que deberá tener el ingeniero para decidirse á ejecutar una obra de arte, y una vez decidida la construcción para adoptar el sistema más adecuado.

d. Condiciones generales de un proyecto de riego.—Cantidades de agua necesarias en México.—Disposición de los proyectos.

e. Proyectos de desagüe de terrenos y entarquinamientos.

f. Estudio de un proyecto de aprovechamiento de fuerza motriz.—Diversos casos que pueden presentarse.—Elección del sistema más adecuado de motor hidráulico.—Obras complementarias que requieren un proyecto de fuerza motriz.—Transmisiones eléctricas y por cable.—Distribución de fuerza por agua comprimida.—Maquinaria hidráulica.

CUARTA PARTE.

Abastecimiento de ciudades y estudio de algunas plantas existentes.

a. Condiciones de un proyecto.—Cantidades de agua que se necesitan.—Purificación de las aguas.—Filtros.

b. Sistemas de distribución.—Presión necesaria.—Establecimiento de las cañerías.—Regularización del consumo y presión.—Accesorios de las cañerías.

c. Diferentes métodos de entrega á domicilio.—Contadores.—Tarifas de venta.

d. Aparatos en la vía pública.—Llaves de incendio, hidrantes, llaves para riego, etc., etc.

Desde al finalizar la primera parte del curso, se destinará un día á la semana para ejercicios prácticos, debiendo los alumnos estudiar proyectos sobre programas suministrados por el profesor y bajo la vigilancia de éste. Además del tiempo que dure la lección práctica, los alumnos deberán consagrar algu-

nas horas en cada semana para terminar sus proyectos, y tendrán obligación de presentar en el examen por lo menos diez ejercicios sobre los asuntos que hayan estudiado en el curso.

CURSO DE ASTRONOMÍA FÍSICA Y ELEMENTOS DE MECÁNICA CELESTE.

Elementos de espectroscopia celeste, descripción de los instrumentos, métodos de observación.

Naturaleza de las rayas espectrales, espectros prismáticos del sol y de las estrellas, tipos estelarios.

Constitución física del sol, naturaleza de la fotosfera y de la atmósfera solar; fenómenos que se verifican en ambas capas; origen de las manchas, fáculas y protuberancias; radiación solar; temperatura del sol; conservación de la energía del sol.

Constitución física de las estrellas, cintilación, movimientos propios y aparentes.

Estrellas dobles y múltiples, determinación de los elementos de una órbita estelar, nebulosas; su resolución é irresolubilidad demostrada por el espectroscopio.

Estudio de las estructuras del Universo.

Teoría del sol comprendiendo desde la primera idea que se tiene del movimiento anual del sol en la astronomía solar de los antiguos, hasta la teoría moderna, conforme á la cual se estudia la manera de determinar el diámetro del sol, las coordenadas elípticas, oblicuidad de la elíptica y punto equinoccial.

Estudio sobre las dos primeras

leyes de Kepler, corrección á los elementos de la órbita solar.

Estudio sobre los movimientos de los planetas, posición de plano de la órbita, paralaje anual, sus distancias al sol.

Tercera ley de Kepler, corrección de los elementos elípticos, variaciones seculares de las órbitas planetarias.

Interpretación mecánica de las leyes experimentales de Kepler, leyes de Newton.

Determinación de la trayectoria de un móvil, conociendo su velocidad y dirección.

Integración de las ecuaciones diferenciales del movimiento elíptico.

Ecuaciones diferenciales del movimiento turbado.

Influencia de un medio resistente, variaciones seculares de los elementos, desigualdades periódicas.

Caracteres de la atracción newtoniana. Pesantez en la superficie de los astros. Origen de su calor y de su luz.

Métodos de Laplace y método de Olbers para el cálculo de los elementos de la órbita de un planeta ó de un cometa nuevamente descubierto con sólo tres observaciones hechas á intervalos convenientes.

Correcciones de paralaje y de aberración.

Figura de los cometas, teoría de Faye sobre la fuerza repulsiva.

Método para determinar la paralaje del sol: deducida de la paralaje de Marte, de la de Venus, de los medios que suministra la mecánica

celeste y de procedimientos físicos por la velocidad de la luz.

Efectos del desalojamiento secular de la elíptica sobre las coordenadas de los astros.

Precesión de los equinoccios, su explicación mecánica.

Precesión luni-solar y precesión general.

Nutación, aberración, á cuyo estudio corresponderá especialmente la aberración de las estrellas fijas explicadas por Bradley, su expresión teórica, aberración diurna, determinación de la constante de aberración para las estrellas.

Estudios sobre la luna, elementos de la órbita lunar, sus variaciones, medida de la paralaje, acción perturbatriz del sol, evección, evección anual, ecuación secular del movimiento medio.

Paralaje del sol y planamiento del globo terrestre deducido de las desigualdades lunares, masa de la luna, rotación de la luna.

Eclipses de la luna y del sol, ocultación de una estrella por la luna, determinación de las longitudes terrestres por los eclipses.

Cálculo de probabilidades.

Introducción explicando el objeto de su estudio y haciendo notar su utilidad, tanto por sus aplicaciones á las ciencias de observación y á muy variados problemas, como por constituir uno de los mejores ejercicios intelectuales.

Ligera reseña histórica sobre el Cálculo de Probabilidades y sobre sus principales casos de éxito.

Concepción de la probabilidad y expresión matemática de ella. Discusión.

Paréntesis sobre la teoría de las combinaciones y ejercicios de esta cuestión.

Probabilidades simples, parciales, totales, compuestas, absolutas y relativas. Ejercicios variados y numerosos para determinar las probabilidades de los sucesos que propondrá el profesor á los alumnos.

Relaciones y combinaciones de las probabilidades.

Lógica de los procedimientos empleados en la resolución de las cuestiones de probabilidades y en el establecimiento de la teoría.

Leyes de la probabilidad matemática en la repetición de los sucesos.—Teorema de Bernouilli.—Leyes de los grandes números.

Discusiones y ejercicios prácticos.

Valor venal de las posibilidades.—Teoría de la Esperanza Matemática.—Aplicaciones al juego.

De las probabilidades á *posteriori*.—Distinción y caracteres del problema.—Definición de causa desde el punto de vista de las probabilidades.—Lógica seguida en la investigación de las probabilidades á *posteriori*.—Probabilidad de los sucesos futuros en vista de las condiciones en que se verifican sus antecedentes.—Aplicación de la ley de los grandes números de estos problemas.—Aplicaciones y ejercicios.

Sobre las causas y las leyes generales de los fenómenos naturales, deducidas por medio de la observación.—Lógica del método.—Ejemplos.

Aplicación de las fórmulas de probabilidades á las leyes de la mortalidad y la población, los seguros, rentas vitalicias, etc., etc.—Nota sobre el valor de los resultados de la estadística.

Teoría de los errores.

Ejercicios preparatorios para hacer recordar algunos principios esenciales del Cálculo Infinitesimal.—Algunas integrales útiles.

Teoría de los errores y su clasificación con especificación precisa de sus caracteres.—Asimilación de su presencia á la verificación casual de los sucesos.—Convenciones sobre la ley de distribución de los errores accidentales.—Investigación de la función que da el valor de la probabilidad de un error.—Medida de precisión y error probable, explicando sus usos.—Formación, cálculo numérico y uso de la tabla de probabilidad.—Ejemplos.

Precisión del resultado de varias observaciones cuando sólo hay una incógnita.—Sobre la medida.—¿Cuál es el valor más probable del resultado?—Sobre el error medio, su definición, su investigación y sus relaciones con la medida de precisión y con la medida de los errores.—Sobre el peso.—Su definición y significación.—Sus relaciones con el error medio y con el módulo de precisión.—Unidad de peso.—

Ejemplos y aplicaciones variadas.—Criterio de Pierce.

Precisión de las funciones de cantidades observadas.—Diversas formas de funciones.—Función de la fórmula general.—Aplicaciones á problemas de Astronomía y Geodesia.

Precisión del resultado de varias observaciones cuando hay varias incógnitas.—Clasificación de los problemas de esta clase.—Observaciones directas, indirectas y condicionales.—Exposición y fundamento del método de mínimos cuadrados en el caso de observaciones del mismo peso.—Ecuaciones normales, su formación y prueba para verificar su exactitud.—Eliminación.—Estudio y ley de formación de los coeficientes de Gauss.—Pruebas para verificar que la eliminación se ha hecho sin equivocación.—Determinación del peso que afecta á los valores resultantes del cálculo.—Error medio de una observación, su determinación.—Errores medios de las incógnitas.

Caso en que las observaciones no son igualmente precisas.—Aplicación del método en el caso en que las cantidades observadas no son funciones explícitas de las incógnitas.—Resolución de un ejemplo numérico completo.

Aplicaciones diversas, con especialidad las que se refieren á ciertos problemas de Astronomía y al estudio de los instrumentos geométricos.

Modificación al método de mini-

mos cuadrados cuando las ecuaciones no son lineales.—Aplicaciones á diversos casos de medida de ángulos en geodesia, á la medida de una base, y á la medida de los ángulos por diversos métodos.—Precisión de las cantidades que se determinan en función de las incógnitas que proceden del método de los mínimos cuadrados.—Ejemplos.—Observaciones superabundantes.—Ejemplos.—Resolución de las ecuaciones condicionales.—Caso en que son de desigual precisión.—Error medio de estas observaciones.—Aplicaciones á la Geodesia.—Notas sobre la legitimidad del método y sobre el valor útil de su aplicación práctica.—Compensación de las direcciones en la determinación de los ángulos.—Ecuaciones de condición para los ángulos y los lados de una red.—Ejemplos.—Aplicación á la determinación de las direcciones más probables que resultan de la observación en un vértice geodésico.—Teoría general de la compensación de una red de triángulos.—Teoría de la nivelación trigonométrica y compensación de sus errores por el método de los mínimos cuadrados.

CURSO DE FÍSICA MATEMÁTICA.

Caracteres diferentes de los métodos experimentales y de los métodos matemáticos.—Observación.—Experimentación.—Leyes físicas.—Teorías matemáticas.—Sistemas.—Objeto de la física Matemática.

Instrumentos de medida.—Unidades.—Sistemas de Unidades.—Es-

Dimensiones de las Unidades.—Medidas de longitud.—Patrones de longitud.—Instrumentos para las medidas de longitudes.—Medida de ángulos.—Instrumentos para la medida de los ángulos.—Medidas de las masas y de las fuerzas.—Medida del tiempo.—Aparatos para la medida de las fuerzas y de los tiempos.

Física molecular.

Fenómenos capilares.—Figura de los líquidos sustraídos á la acción de la pesantez.—Trabajo de las fuerzas moleculares.—Fórmula de Laplace.—Experiencias y aplicaciones diversas.—Figura de equilibrio de los líquidos pesados.—Ángulo de un líquido y un sólido.—Fórmula de un líquido pesado al contacto de una pared plana.—Medida del ángulo de un líquido y un sólido.—Tubos capilares.—Experiencias de Gay-Lussac, de Edmundo de Sains, de Quet y de Seguin.—Influencia de la temperatura.—Cálculo de Quet.—Teoría de Gausa.

Difusión.—Difusión libre.—Medida de los coeficientes de difusibilidad.—Endósmosis.—Equivalentes osmométricos.—Diálisis.—Difusión de los gases.—Escurrimiento de los líquidos.—Regla de Torricelli.—Contracción de la vena.—Escurrimientos por tubos capilares.—Frotamiento interior de los líquidos.—Leyes de las presiones y de las velocidades.—Medida del frotamiento.—Escurrimiento de los gases.—Leyes y teoremas relativos.—Es-

currimientos de los gases al través de los cuerpos porosos.—Compresibilidad.—Experiencias de Colladon, Sturm, Regnault, Jamin, Descamps.—Elasticidad.—Sus leyes.—Tracción.—Sus leyes.—Equilibrio del paralelepípedo elástico, del tetraedro y de un cuerpo elástico de una forma cualquiera.—Flexión.—Sus leyes.—Torsión.—Sus leyes.—Límite de la elasticidad.—Tenacidad, dureza, ductilidad, maleabilidad.

Calor.

Hechos generales y definiciones.—Efectos generales producidos por el calor.—Dilatación.—Cambios de estado.—Efectos mecánicos.—Temperatura.—Coeficientes de dilatación.—Dilatación absoluta y aparente.—Termómetros de mercurio.—Dilatómetros.—Dilatación absoluta de los líquidos.—Dilatación absoluta del mercurio.—Máximo de densidad del agua.—Dilatación de los sólidos.—Métodos del termómetro de peso, de Laplace y de Lavoisier y método diferencial.—Aparato de Ramsden.—Dilatación de los gases.—Experiencias y leyes de Gay-Lussac.—Crítica de estas experiencias.—Experiencias de Regnault.—Determinación de ∞_1 , ∞_2 y ∞_3 .—Dilatación de diferentes gases.—Influencia de la presión.—Conclusiones.

Termometría.—Elección de una sustancia termométrica.—Termómetros.—Altas temperaturas.—Comparaciones de los termómetros de gas y de mercurio.—Termóme-

tros de precisión.—Ley de Moriotte.—Experiencias de Despretz, Pouillet, Dulong, Arago y Regnault.—Compresibilidad bajo débiles y fuertes presiones.—Estudio de la compresibilidad á las temperaturas elevadas.—Fórmulas de M. van der Waals.

Calorimetría.—Calor específico de los sólidos y de los líquidos.—Método de las mezclas; de Dulong y Petit; aparato de Regnault.—Calor específico del agua.—Leyes de Dulong y Petit, de Neuman, de Woestyn.—Calor específico de los gases.—Experiencias de Loroche y Bérard y de Regnault.—Aplicaciones de la ley de Dulong y Petit á los gases.

Termodinámica.

Preliminares.—Elección de variables.—Transformaciones isotermas y adiabáticas.—Relaciones entre los coeficientes c y C , l y h .—Teorema de Resch.—Aplicación.—Medida de c experiencia de Clement y Desormes.—Estudio térmico de los gases perfectos.—Representación gráfica de Clapyron.—Ecuaciones de las isotérmicas y adiabáticas.—Expansión adiabática de un gas.—Ciclos.—Representación geométrica del trabajo.

Principio de la equivalencia.—Hechos experimentales.—Experiencias de Joule y de Hirn.—Cálculo del equivalente por medio de los gases perfectos.—Transformación inversa del calor en trabajo.—Extensión del principio de la equivalencia á los ciclos abiertos.—Ex-