

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 de 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. Dimensiones de las unidades. Medidas de longitud. Patrón de longitud. Instrumentos para la medida de los ángulos. Medida de las mazas 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. Experiencia 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. Cálculos de Quet. Teoría de Gauss.

Difusión. Difusión libre. Medida de los coeficientes de difusibilidad. Endósmosis. Equivalentes osmométricos. Diálisis. Difusión de los gases. Esgurrimiento de los líquidos, Regla de Torricelli. Contracción de la vena. Esgurrimiento por tubos capilares. Frotamiento interior de los líquidos. Leyes de las presiones y de las velocidades. Medida del frotamiento. Esgurrimiento de los gases. Leyes y teoremas relativos. Esgurrimiento de los gases al través de los cuerpos porosos. Compresibilidad. Experiencias de Colladón, 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. Límite de la elasticidad. Tenacidad, dureza, ductilidad, maleabilidad.

Calor.

Hechos generales y definiciones. Efectos generales producidos por el calor. Dilatación. Cambios de es-

Termodinámica.

Preliminares. Elección de variables. Transformaciones isothermas y adiabáticas. Relaciones entre los coeficientes c y C , l y h . Teorema de Recch. Aplicación. Medida de c ; experiencia de Clement y Defectos. Estudio térmico de los gases perfectos. Representación gráfica de Clapyron. Ecuaciones de las líneas 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. Expresión analítica del principio de la equivalencia. Energía interior. Experiencias de Delund. Unidad del calor: termia.

Principio de Carnot. Condiciones de las funciones de un motor térmico. Rendimiento máximo. Ciclo de Carnot. Expresión del rendimiento máximo. Rozamiento de Clausius. Nueva definición de temperatura. Temperatura absoluta. Expresión analítica del principio de Carnot. Entropía. Aplicaciones. Cálculo del calor de dilatación l ; ecuación de Clapyron. Estudio del coeficiente h . Modificaciones experimentales. Experiencias de Joule. Termodinámica y teoría mecánica del calor. Estudio de los gases reales. Expresión completa de J en el caso de los

tado. 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 ∞ , ∞ $1 \infty 2$. Dilatación de diferentes gases. Influencia de la presión. Conclusiones.

Termometría. Elección de una sustancia termométrica. Termómetros. Altas temperaturas. Comparación de los termómetros de gas y de mercurio. Termómetros de presión. Ley de Mariotte: 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 Vaals.

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 Laroche y Bérard y de Regnault. Aplicaciones de la ley de Dulong y Petit á los gases.

gases reales. Principio de la conservación de la energía.

Cambios de estado.

Generalidades. Sustancias refractarias. Gases permanentes. Fusión, sufusión, solidificación, disolución de cristalización. Calor, fusión. Caso general. Método de Person. Métodos calorimétricos basados sobre la fusión del hielo. Calor de disolución y mezclas refrigerantes. Formación de los vapores. Ley de Dalton. Formación de los vapores en la masa de líquidos. Ebullición. Calefacción. Fuerzas elásticas de los vapores. Experiencias de Dulong, de Arago y de Rignault. Fórmulas. Higrometría. Densidad de los gases y de los vapores y peso del litro de aire. Métodos de Gay-Lussac, Hoffman, Dumas y Meier. Variación de la densidad con la temperatura y la presión. Liquefacción de los gases. Calores de vaporización. Propagación del calor. Irradiaciones y sus leyes. Leyes de enfriamiento. Conductibilidad térmica. Resumen de la teoría de Fourier. Regímenes variable y constante. Problema del muro. Caso de un muro indefinido. Problema de la barra. Ley de Biot y de Lambert. Caso del muro en el régimen variable. Consecuencias de la ecuación de Fourier. 1º ley del cuadrado de las longitudes; 2º ley de los coeficientes de conductibilidad. Estudio experimental de la conductibilidad térmica. Experiencias fundadas sobre el régimen permanente. Medida de las conduc-

tibilidades relativas. Método del muro. Variación del coeficiente f con la temperatura. Conductibilidad de los metales, de los cristales y de los líquidos

Electricidad.

Primera parte. Electricidad estática. Experiencias fundamentales. Fenómenos eléctricos. Conductores. Aisladores. Dos especies de electricidad. Hipótesis de los dos fluidos. Influencia. Leyes de Coulomb. Correcciones. Ley de las atracciones: 1º método de la balanza; 2º métodos de las oscilaciones. Distribución. Pérdida. Estudio experimental. La electricidad está en la superficie de los cuerpos conductores. Densidad ó espesor eléctricos. Densidad cúbica. Distribución y conservación de la electricidad. Estudio experimental de la distribución. Plano de prueba. Pérdida de la electricidad. Definiciones. Teorema de Gauss. Definiciones; campo eléctrico; línea de fuerza; superficies de nivel; tubo de fuerza; flujo de fuerza. Potencias. Definición de potencias; cálculo de la intensidad del campo por medio del potencial. Propiedades de la derivada primera del potencial; forma del potencial en algunos casos particulares. Propiedades de la derivada segunda; caso del punto exterior; ecuación Poisson. Superficies equipotenciales ó de nivel; fuerza electro motriz. Aplicación de los teoremas generales. Distribución. Influencia. La electricidad en la superficie de los conduc-

tores. Teorema de Coulomb. Elementos correspondientes. Pensi6n electroestática. Poder de las puntas. Teorema de Faraday; verificaci6n experimental del teorema. Pantallas eléctricas. Capacidad. Condensadores esféricos, planos, cilíndricos y de forma cualquiera. Reparto de las cargas entre varios condensadores: Energía eléctrica de un sistema de condensadores y de un condensador. Asociaci6n en superficie y en cascada.

Dieléctricos. Propiedades de los cuerpos aisladores. Poder inductor específico. Diferencia entre una lámina conductora y una dieléctrica. Carga residual. Polarización de los dieléctricos. Relaci6n entre la polarización y el poder inductor específico. Modificaciones pasajeras que sufren los dieléctricos. Medidas electro estáticas. Electrómetros.—Electroscopios. Medida de las cantidades y de las potenciales con la balanza de Coulomb.—Electrómetros absolutos de William Thompson y de M. G. Lippmann.—Electrómetros de cuadrante de Thompson, de Hankel y Bohnenberger. Medidas de las capacidades; patrones. Medida de los poderes inductores específicos; experiencias de M. Megreano. Máquinas eléctricas. Máquinas de rozamiento; de Ramsden y diversas.—Máquinas de influencia; Electr6foro; replenisher de W. Thompson; máquinas de Holtz y diversas. Rendimiento. Botella de Leyden. Efectos de la descarga. Experiencias de Riess. Re-

laci6n entre la longitud de la chispa y la diferencia de la potencial.

SEGUNDA PARTE.

Electricidad dinámica.

Corrientes eléctricas. Leyes de los contactos. Experiencias de Galvani, de Volta y explicaci6n de Sabroni. Ley del contacto ó de Volta. Producci6n de una corriente. Pila de Volta. Pila seca. Debilitamiento de la pila. Corrientes eléctricas. Leyes de las corrientes. Ley de Ohm. Conductor lineal homogéneo y heterogéneo. Densidad de la corriente. Circuito cerrando un elemento de pila.

Pila de N. elementos. Agrupamiento y efectos, máximum de una pila. Corrientes derivadas.—Leyes de Kirchhoff. Lema de Kirchhoff. Cálculo de la intensidad en una derivaci6n. Corolarios de M. Boescha. Analogías del potencial. Analogías térmicas é hidráulicas. Presi6n y fuerza electromotriz. Termoelectricidad.—Calor desprendido ó transportado por las corrientes. Ley de Joule. Elevaci6n de la temperatura del circuito. Tensi6n del hilo. Efecto Peltier. Fuerza electromotriz de contacto. Verificaci6n experimental de M. Le Roux. Corrientes producidas por el calor. Experiencias de Seebeck. Series termoeléctricas. Leyes de Becquerel. Influencia de la temperatura. Punto de inversi6n. Experiencias de Gaugain. Poder termoeléctrico. Punto neutro. Diagramas.—Termoeléctricos de Tait. Teoría de los fenómenos termoeléctricos.—

Pilas termoeléctricas de Noe y diversas. Medidas de las temperaturas. Electrolisis. Ley general de la electrolisis; electrolisis del agua acidulada. Acciones secundarias. Leyes de Faraday, Ohm y Joule. Transporte de los iones. Fenómenos mecánicos. Polarización de los electrodos. Trabajo gastado en la electrolisis; trabajo químico en el interior de las pilas. Pilas reversibles. Estudio de la polarización. Experiencias de M. Bouty. Capacidad de polarización. Teoría de Helmholtz. Fenómenos electrocapilares.—Trabajos de M. Lippmann. Interpretación de estos fenómenos. Electrómetro capilar. Retardo de la electrolisis. Pilas y acumuladores. Condiciones que debe llenar una pila perfecta. Zinc amalgamado. Pilas constantes. Tipo de Daniell; cálculo de su fuerza electromotriz, disposición práctica; modificaciones del elemento de Daniell. Pilas diversas. Condiciones y rendimiento de las pilas hidroeléctricas.

Pila de gas. Pila Planté. Acumuladores del género Faure. Rendimiento. Capacidad. Experiencias de Munier y Guitton.—Observaciones prácticas. Agrupamiento de los acumuladores.

Magnetismo.

Imanes. Campo magnético. Imanes naturales. Polos. Experiencias y leyes de Coulomb. Masa y campo magnético. Momentos. Potencial producida, partida por un imán elemental. Constitución de los ima-

nes. Hipótesis de Coulomb, y de Ampère. Intensidad de imanación. Solenoides y hojas magnéticas. Cuerpos magnéticos y diamagnéticos. Influencia magnética. Coeficientes de imanación. Resistencia magnética. Construcción de las barras imanadas.

Magnetismo terrestre. Diversos métodos de la medida del magnetismo terrestre.

Electromagnetismo.

Experiencias de Oersedt. Regla de Ampère. Acción de una corriente sobre un polo magnético, experiencias de Boit, y Sabarat. Potencial electro magnético. Equivalencia de una corriente cerrada y de una hoja magnética. Acciones electrodinámicas.—Electrodinámica: 1° Energía relativa de dos corrientes; 2° energía intrínseca de una corriente cerrada; 3° acción de los elementos de corrientes d. s. y d. s.' Verificaciones experimentales. Tabla de Ampère. Leyes elementales. Rotación de las corrientes por las corrientes. Acción de la tierra sobre las corrientes. Solenoide electromagnético; caso particular. Acciones electromagnéticas. Fórmula de Laplace. Acción de una corriente circular cerrada sobre un polo colocado en un punto de su eje. Rotación de los imanes por las corrientes. Experiencias de Faraday. Rotación de las corrientes por los imanes; rueda de Barlon. Electro-imanés. Teoría del magnetismo de Ampère. Fenómeno de Hall. In-

ducción. Corrientes de inducción. Experiencias de Faraday. Leyes experimentales de las corrientes inducidas. Teoría de los fenómenos de inducción. Coeficientes de inducción. Inducción electrodinámica. Corriente durante el régimen variable: 1° extra-corriente de clausura; 2° extra-corriente de ruptura; corriente debida á la descarga de un conductor. Ley general de inducción. Ley general de inducción de los circuitos sin resistencia. Casos particulares: 1° corriente continua. 2° corrientes alternativas; 3° corrientes de inducción instantánea; 4° medidas de un campo magnético cualquiera. Inducción en toda la masa de un conductor cualquiera. Corrientes inducidas de orden superior. Aplicaciones de la inducción. Máquinas de inducción. Máquinas de Gromme. Característica. Líneas isodinámicas. Transporte eléctrico de la energía. Transformadores. Carrete de Ruhmkoff; carretes tabicados; condensador de Fizeau.

Unidades. Unidades eléctricas. Dimensiones de las unidades eléctricas en el sistema electromagnético. Unidades prácticas. Determinación de Ohm. Método de la Asociación Británica. Método de Weber. Discusión de los métodos precedentes; método de Lorenz. Método de Lippman. Experiencias del doctor Wuillenmier. Unidad de tiempo absoluto de Lippman. Determinación del número v : 1° Método de Weber y Rochlausch; 2° Método de W.

Thompson; método de Stoletov. Principio de la conservación de la electricidad. Medidas A. Intensidades. Galvanómetros. Brújula de las tangentes. Brújula de los senos. Galvanómetros ordinarios. Ángulo de sensibilidad máxima.

Construcción de los galvanómetros de gran sensibilidad. Diminución del efecto de H; sistemas estáticos; imanes compensadores. Shunt. Poder multiplicador. Resistencia de compensación. Galvanómetros diversos.—Constante y fórmula del mérito de un galvanómetro. Medidas de las corrientes instantáneas. Galvanómetro balístico. Electro-dinamómetros. Electro-dinamómetro de Weber. Electro-dinamómetro absoluto de Pollat, Ampère, patrón. Medida de las corrientes por la electrolisis. Voltímetros. Medida absoluta de las intensidades. Experiencias de Pouillet. Medidas B. Resistencias. Patrones y aparatos. Patrones de resistencia. Ohms. Reóstatos. Cajas de resistencia. Medida de las resistencias de los conductores metálicos y de las pilas. Métodos diversos. Cajas dispuestas en puente. Llave de los contactos sucesivos. Resistencia de un galvanómetro. Puente de cuerda. Medida de las resistencias muy débiles. Método de Kirchoff. Medida de las resistencias muy grandes. Método de Shunt. Resistencias de la pila. Método de Wheatstone.—Método de Mauce.—Empleo del electrómetro. Medida de las resistencias líquidas. Electrodos sin polarización. Método

de Lippman. Disposición de Bouty. Ley de las conductibilidades moleculares. Aplicación de la medida de las resistencias líquidas. Resultados. Medidas C. Fuerzas electromotrices. Unidad de la fuerza electromotriz. Volt. Pilas patrones. Métodos galvanométricos. Método de oposición. Método de Wheatstone. Método de Poggendorff ó de compensación; modificación del de Bois Raymond. Métodos electrométricos.—Electrómetro periódico de G. y C. Curie.—Pila de carga.—Graduación del instrumento.—Verificación de las leyes de Volt y de Ohm. Electricidad atmosférica. Fuerza electromotriz del contacto. Experiencias de Pellat. Medida de las fuerzas electromotrices de contacto verdaderas; caso de un metal y un líquido; caso de dos líquidos. Medidas de las capacidades. Método del puente. Método del galvanómetro balístico. Medidas industriales. Voltímetros.—Amperómetros.—Aparato de Despretz y Carpentier; reductores. Instrumentos de W. Thompson; amperómetro voltámetro. Amperómetro de Lippmann. Experiencias, los voltímetros y amperómetros.—Electro dinamómetro de Siemens y Halske. Voltámetro de Carden.

Acústica.

Estudio analítico de un movimiento vibratorio. Ecuaciones del movimiento vibratorio: 1° vibraciones longitudinales; 2° vibraciones transversales. Composición de las vi-

braciones paralelas; interferencias. Composición de las vibraciones rectangulares: 1° vibraciones de igual período; 2° vibraciones de períodos desiguales. Producción y propagación del sonido. Naturaleza del sonido. Propagación del sonido en el aire. Fórmula de Newton. Fórmula de Laplace; medida indirecta de c . Medida experimental de la velocidad del sonido en el aire. Medida de la velocidad del sonido en los líquidos y en los sólidos. Reflexión, refracción é interferencias del sonido. Altura. Timbre.

ÓPTICA.—PRIMERA PARTE.

Óptica geométrica.

Reflexión. Leyes de la reflexión. Espejos planos. Espejos esféricos. Refracción. Índices de refracción. Refracción total. Refracción al través de las láminas de caras paralelas. Refracción al través de un prisma, fórmulas del prisma; minimum de desviación; construcción del rayo convergente, condiciones de emergencia; foco del prisma. Lentes. Lentes esféricas. Refracción al través de las superficies esféricas; lentes gruesas. Centros ópticos; puntos nodales. Cálculos de las constantes de una lente. Caso en que los medios extremos son los mismos. Lentes infinitamente delgadas. Refracción al través de más de dos superficies esféricas; sistemas de lentes. Estudio experimental de las lentes esféricas; aberración de la esfericidad. Disposición. Espectro; producción de un espectro puro; ra-

yas del espectro; espectro infra-rojo; espectro ultra-violeta. Espectroscopio. Espectroscopio de visión directa. Espectros de emisión; análisis espectral.—Espectro de absorción. Inversión de las rayas; origen de las rayas del espectro solar. Acromatismo.

Instrumentos de óptica. Lentes. Microscopio simple; aumento; poder. Oculares; anteojos, aumento, diafragma, campo, retícula; anillo ocular, estudio experimental de los telescopios; nitidez y poder óptico de los anteojos; telescopio.

SEGUNDA PARTE.

Óptica física.

Interferencia. Espejos de Fresnel. Leyes del fenómeno. Medida de l y cálculo de T . Disposición experimental. Franjas en la luz blanca; espectros acanalados. Necesidad de emplear haces que provengan de un solo foco. Otras experiencias: 1° semilentes de Villet; 2° biprisma de Fresnel; 3° lámina Borbouze. Anillos de Newton. Experiencias de Fizeau; medida de las dilataciones. Reflexión y refracción. Teoría de Fresnel.—Difracción. Principio de Huygens.—Doble refracción. Cristales birefringentes de uno y de dos ejes. Experiencias de Huygens y construcciones que de ellas se deducen.

Electro-óptica.

Paralización rotativa magnética.—Experiencias de Faraday. Consideraciones teóricas. Dispersión ro-

tativa magnética. Teorías de Maxwell; torbellinos moleculares.—Corriente eléctrica. Leyes de Ampère. La relación de la unidad electroestática á la unidad electromagnética de electricidad, es igual á la velocidad de la luz. El poder inductor específico es igual al cuadrado del índice de refracción. Los cuerpos conductores son opacos. Rotación magnética del plano de polarización. Verificaciones experimentales. Descargas oscilatorias. Experiencias del Dr. Herzt. Experiencias del profesor O. Lodge. Fenómenos antinoeléctricos. Fotometría. Intensidad luminosa total. Unidad de luz. Fotómetros. Espectrofotómetros.

Aplicaciones de la electricidad.

Generación industrial de la electricidad.

Generalidades sobre los dinamos. Dinamos de corriente continua. Partes esenciales. Inducido. Circuito magnético.—Teoría de estos dinamos. Ensaye de los mismos.—Construcción. Formación de proyectos.

Alternadores. Teoría de ellos. Formación de proyectos. Transformadores. Teoría. Ensayes de los mismos.—Formación de proyectos.

Distribución de la energía en su forma eléctrica. Conductores. Aparatos de seguridad. Sistemas de distribución directa é indirecta. Contadores. Canalizaciones.

Electromotores. De corriente continua.—Alternomotores.

Tracción eléctrica.—Nociones generales sobre los tranvías eléctricos.