

todo á una sola por medio de la fotografía, y en seguida se ha hecho una de todas ellas, recortándolas y pegándolas con habilidad suma; el conjunto constituía el original entregado al grabador. En este caso, la fotografía reemplaza al trabajo minucioso, complicado, difícil de los dibujantes que habrían tenido que hacer estas varias reducciones, y además es imposible incurrir en errores ó en olvidos, ahorrándose así una confrontación ó compulsa siempre laboriosa.

Otras veces son el dibujo y el grabado los que se confía á la fotografía.

La fidelidad de las reproducciones fotográficas es provechosa en el más alto grado para ciertos trabajos, verbigracia para los estudios arqueológicos y paleográficos. Los viajeros encargados de misiones científicas pueden sacar rápidamente de este modo vistas de monumentos, reproducir con sus más minuciosos detalles las inscripciones antiguas que los individuos de las Academias correspondientes podrán luego discutir con todo sosiego, sin temor á los errores de un copista. La misma ventaja, la misma utilidad depara el arte en cuestión para el estudio de los textos más raros. Véase lo que dice acerca de este punto el ilustrado director de la Biblioteca nacional, M. Leopoldo Delisle:

“La fotografía debía causar una revolución en los estudios paleográficos. En adelante se podrán reproducir con rigurosa exactitud los manuscritos más importantes, desde la primera hasta la última página, y día llegará en que las grandes bibliotecas tengan copias fieles de algunos de esos libros antiguos de que se envanecen con justicia las de Roma, Florencia, Milán, Viena, París y Londres. El Museo Británico acaba de publicar una edición poco costosa del Salterio de la Universidad de Utrecht, en cuya edición se pueden estudiar con confianza los más curiosos monumentos de la caligrafía y del dibujo en los siglos VIII y IX.”

Las varias administraciones públicas empiezan á aprovechar los recursos que ofrece la fotografía. Hace ya algunos años que la policía se vale de este medio para comprobar la identidad de los individuos sometidos por la ley á su vigilancia ó de los criminales á quienes se supone reincidentes. La justicia civil recurre á la fotografía en casos especiales cuando se trata de producir piezas que sirvan de testimonio en los procesos, por ejemplo las copias fotográficas de los testamentos. En las causas criminales puede suministrar documentos de gran importancia para ilustrar á los jurados y jueces, como la comprobación de los lugares, retratos y situación de las víctimas y de los criminales, comprobación de documentos falsificados mediante su amplificación, y reproducción de escritos borrosos.

Estos ejemplos, que podríamos multiplicar fácilmente, prueban que la fotografía no tan sólo presta servicios á las artes y á las ciencias, sino que se va convirtiendo de día en día en un elemento de informes indispensables á las administraciones públicas, por cuyo concepto llegará sin duda á adquirir verdadera importancia social.

FIN DEL TOMO PRIMERO

ÍNDICE DEL TOMO PRIMERO

	PÁGINAS
INTRODUCCIÓN GENERAL.	V
LA GRAVEDAD Y LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL	
PRIMERA PARTE	
LOS FENÓMENOS Y SUS LEYES	
LIBRO PRIMERO.—LA GRAVEDAD	
CAPÍTULO PRIMERO.—NOCIONES PRELIMINARES SOBRE LAS PROPIEDADES GENERALES DE LOS CUERPOS.	3
I. Lo que debe entenderse por fenómenos físicos.—Distinción entre la física y la química.	4
II. Propiedades generales de los cuerpos.—¿Qué es la materia?	6
III. Estados físicos de los cuerpos.—Los sólidos, los líquidos y los gases.	9
IV. Los sólidos, los líquidos y los gases en la Tierra.	11
V. Divisibilidad de los cuerpos.	14
VI. Porosidad.	20
VII. Dilatabilidad de los cuerpos.	23
CAPÍTULO II.—LA GRAVEDAD EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA.	27
I. Universalidad y constancia aparente de la gravedad.	27
II. Ideas que tenían los antiguos acerca de la gravedad.	28
III. Los fenómenos de la gravedad en la superficie de la Tierra.	32
CAPÍTULO III.—LEYES DE LA GRAVEDAD.—CAÍDA DE LOS CUERPOS.	37
I. La plomada.—La vertical.	37
II. Verdadera dirección de la caída de los cuerpos.	39
III. Caída de los cuerpos.—Ley de la igualdad de velocidad de los cuerpos que caen desde una misma altura.	41
CAPÍTULO IV.—CAÍDA DE LOS GRAVES.	46
I. Leyes de las velocidades y de los espacios.	46
CAPÍTULO V.—LEYES DE LA GRAVEDAD.—EL PÉNDULO.	56
I. Isocronismo de las oscilaciones del péndulo.	56
II. Ley de las oscilaciones del péndulo.—Relación entre la longitud del péndulo y la duración de las oscilaciones.	59

	PÁGINAS
CAPÍTULO VI.—LA GRAVEDAD EN LOS LÍQUIDOS..	62
I. Propiedades de los cuerpos en estado líquido.	62
II. Principio de igualdad de presión.	64
III. Presión de los líquidos en el fondo de las vasijas.	66
IV. Equilibrio de los cuerpos sumergidos en los líquidos.—Principio de Arquímedes.	72
CAPÍTULO VII.—GRAVEDAD DEL AIRE Y DE LOS GASES.	77
I. El aire y los demás gases son pesados, elásticos y compresibles.	77
II. Presión atmosférica.	80
III. El barómetro.	85
CAPÍTULO VIII.—GRAVEDAD DEL AIRE Y DE LOS GASES.	92
I. La máquina neumática.—Máquina neumática ordinaria —Máquina Bianchi de un solo cuerpo de bomba.	92
II. Nuevas máquinas neumáticas.—Bomba de mercurio.	96
III. Varios experimentos que se efectúan con la máquina neumática.	100
IV. Máquina para comprimir los gases, ó bomba de compresión.	101
V. Ley de Mariotte.	103

LIBRO SEGUNDO.—LA GRAVITACIÓN

CAPÍTULO PRIMERO.—LA GRAVEDAD EN LA SUPERFICIE Y EN EL INTERIOR DEL GLOBO TERRÁQUEO.	109
I. ¿Es la gravedad una fuerza constante?	109
II. Variaciones de la gravedad según la latitud.	111
III. Figura de la Tierra determinada por la geodesia.	115
IV. Determinación de la figura de la Tierra mediante las observaciones del péndulo.	120
CAPÍTULO II.—DENSIDAD DE LA TIERRA.	123
I. Densidad de la Tierra determinada por las observaciones del péndulo.	123
II. Determinación de la densidad de la Tierra por la desviación de la plomada causada por la atracción de las montañas.	125
III. Densidad de la Tierra: método de Cavendish.	127
IV. Consecuencias de las medidas de la densidad de la Tierra.	129
CAPÍTULO III.—MOVIMIENTO DE LOS PROYECTILES.	132
I. Movimiento de los proyectiles sometidos á la acción de la gravedad.	132
II. Movimiento de los proyectiles disparados en dirección distinta de la vertical.	135
CAPÍTULO IV.—LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL.	139
I. ¿Es la gravedad una fuerza exclusivamente terrestre?	139
II. Descubrimientos astronómicos de Copérnico.—El verdadero sistema del mundo.—Leyes de Keplero.	140
III. Descubrimiento de la gravitación interplanetaria por Newton.	146
IV. La gravitación y la gravedad son la misma fuerza.	149
CAPÍTULO V.—PERTURBACIONES PLANETARIAS.	153
I. Ningún cuerpo celeste de nuestro sistema sigue con rigor las leyes de Keplero.	153
II. Las desigualdades seculares en los movimientos de los planetas.	154
III. La precesión de los equinoccios.—Descripción del fenómeno.—Nutación.	156
IV. Causas físicas de la precesión y de la nutación.—Acción del Sol y de la Luna en la dilatación ecuatorial.	159
V. Causas astronómicas de los períodos glaciales.	162

	PÁGINAS
CAPÍTULO VI.—LAS MAREAS	168
I. Mareas oceánicas.—Descripción física del fenómeno.	168
II. Teoría de las mareas: tienen por causa la atracción que ejercen las masas del Sol y de la Luna en las aguas del Océano.	174
III. Las mareas subterráneas.	179
IV. Las mareas atmosféricas.	181
V. Las mareas y la duración de la rotación de la Tierra.	183
CAPÍTULO VII.—MASAS DE LOS CUERPOS CELESTES.	187
I. Averiguación de las masas comparadas del Sol y de la Tierra.	187
II. Masas de la Luna y de los planetas.	189
III. Descubrimiento de Neptuno.—Los Vulcanos.	193
IV. La gravitación en el mundo sidéreo.	197
V. Transmisión instantánea de la gravitación.	199
CAPÍTULO VIII.—¿QUÉ ES LA GRAVITACIÓN?.	200
I. Ideas de Newton sobre la atracción.	200
II. Hipótesis contemporáneas sobre la naturaleza de la atracción.	202

SEGUNDA PARTE

APLICACIONES DE LA GRAVEDAD Á LAS CIENCIAS, Á LA INDUSTRIA Y Á LAS ARTES

CAPÍTULO PRIMERO.—DIRECCIÓN DE LA GRAVEDAD.—CAÍDA DE LOS CUERPOS.—OSCILACIONES DEL PÉNDULO.	208
I. Plomada.	208
II. Motones y cabrias.	209
III. El péndulo regulador de los relojes ó simplemente péndulo.	210
IV. Movimiento de rotación de la Tierra y desviación aparente del péndulo.	214
CAPÍTULO II.—MEDICIÓN DEL PESO DE LOS CUERPOS.—LA BALANZA.	216
I. Centros de gravedad.—Equilibrio de los cuerpos pesados.	216
II. Medida del peso de los cuerpos.—La balanza de precisión.	223
III. Balanzas usadas en el comercio ó en la industria.	226
IV. Determinación de la densidad de los cuerpos sólidos y líquidos.	229
V. Pesa-sales, pesa-ácidos, alcohómetros.	234
CAPÍTULO III.—LA PRENSA HIDRÁULICA.—LOS POZOS ARTESIANOS.	237
I. Prensa hidráulica.—Principio y construcción.	237
II. Nivel de agua.—Nivel de aire.	240
III. Pozos artesianos.—Surtidores.	242
CAPÍTULO IV.—LAS BOMBAS.	246
I. Teoría de las bombas.	246
II. Las bombas aplicadas á los usos domésticos ó industriales.	248
III. Bombas contra incendios.	253
IV. Máquinas neumáticas ó bombas de aire y de gas.	255
V. Sifón.—Pipeta, embudo mágico, botella inagotable.	257
CAPÍTULO V.—LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA EMPLEADA COMO FUERZA MOTRIZ.	260
I. Fuente de Herón.—Máquinas de agotamiento.—Escopeta de viento.	260
II. Ferrocarriles atmosféricos.	263

	PÁGINAS
III. Construcción de pilas de puentes utilizando el aire comprimido	264
IV. Perforación de túneles por medio del aire comprimido.—Túnel del Monte-Cenis.	267
V. Apertura del túnel de San Gotardo.	270
VI. Aplicación del aire comprimido á los carruajes de los tranvías.	274
CAPÍTULO VI.—TELEGRAFÍA NEUMÁTICA —RELOJERÍA NEUMÁTICA.	275
I. Primeros ensayos de estación neumática.	275
II. Relojes neumáticos.	282
CAPÍTULO VII.—LOS GLOBOS.—LA NAVEGACIÓN AÉREA.	287
I. Aplicación del principio de Arquímedes á la ascensión vertical de los cuerpos en la atmósfera.	287
II. Las montgolfieras y los globos.—Construcción y henchimiento.	290
III. De la navegación aérea ó de la dirección de los globos	295
CAPÍTULO VIII.—LA NAVEGACIÓN AÉREA APLICADA AL ARTE MILITAR Y Á LOS ESTUDIOS METEOROLÓGICOS.	301
I. Aerostación militar.	301
II. Las ascensiones aeronáuticas y los estudios de meteorología y de física del globo.	304
III. Los globos cautivos.	307

EL SONIDO

PRIMERA PARTE

LOS FENÓMENOS Y LAS LEYES DEL SONIDO

CAPÍTULO PRIMERO.—PRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN DEL SONIDO.	310
I. Los fenómenos del sonido en la Naturaleza.	310
II. El sonido es un fenómeno exterior é interior á la vez.	312
III. Diferentes modos de producirse el sonido.	313
IV. Los cuerpos sonoros.	315
V. El sonido no se propaga en el vacío.	316
VI. Los sólidos, los líquidos y los gases son conductores del sonido.	318
CAPÍTULO II.—LA VELOCIDAD DEL SONIDO.	321
I. La velocidad del sonido en el aire —Antiguos experimentos.	321
II. Velocidad del sonido en el aire: experimentos recientes.	323
III. Condiciones que influyen en la velocidad del sonido en el aire.	326
IV. Experimentos contemporáneos sobre la velocidad del sonido en el aire	328
V. Medida de las distancias por la velocidad del sonido en el aire.	332
VI. Velocidad del sonido en los líquidos.	335
VII. Velocidad del sonido en los sólidos.	336
CAPÍTULO III.—REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN SONORAS.	339
I. Ecos y resonancias.	339
II. Ecos notables.	340
III. Leyes de la reflexión del sonido.	343
IV. Refracción del sonido.	346

	PÁGINAS
CAPÍTULO IV.—PROPIEDADES DISTINTIVAS DE LOS SONIDOS.	347
I. Caracteres propios de los diferentes sonidos.	347
II. Intensidad de los sonidos.	348
III. Variaciones de intensidad del sonido con la altura, el día y la noche.	351
IV. Del alcance de los sonidos.	353
V. De la transparencia y opacidad acústicas de la atmósfera.	356
CAPÍTULO V.—LAS VIBRACIONES SONORAS.	358
I. Vibraciones de los sólidos, de los líquidos y de los gases.	358
II. Vibraciones pendulares.	364
III. Vibraciones de las masas fluidas.	368
IV. Ondas sonoras aéreas.	370
V. Superposición de las ondas sonoras.	373
CAPÍTULO VI.—LAS VIBRACIONES SONORAS.	375
I. El tono ó altura de los sonidos está en razón del número de vibraciones sonoras.	375
II. Distinción entre los sonidos musicales y los ruidos.	383
III. Piedras musicales; fenómenos del Gebel-Nagus; estatua de Mennón.	385
IV. Llamas sonoras ó cantantes.—Llamas sensibles.	388
V. Llamas sensibles.	391
VI. Influencia del movimiento en el tono del sonido.	393
CAPÍTULO VII.—LEYES DE LAS VIBRACIONES SONORAS EN LAS CUERDAS, TUBOS Y PLACAS.	395
I. Vibraciones de los cuerpos elásticos.	395
II. Ley de las vibraciones en los tubos sonoros.	399
III. Vibraciones sonoras de las varillas y placas.	402
CAPÍTULO VIII.—ACÚSTICA MUSICAL.	406
I. Sonidos empleados en música, escala musical.	406
II. La gama.	408
III. Principios constitutivos de la escala: escala de los físicos y escala pitagórica.	413
IV. Estudio óptico de los sonidos y de los intervalos musicales.	415
V. Timbre de los sonidos musicales.	423
VI. Los sonidos armónicos y el timbre.	424
VII. Interferencias sonoras.	429
VIII. Pulsaciones y sonidos resultantes.	432
CAPÍTULO IX.—EL OÍDO Y LA VOZ.	434
I. El órgano del oído en el hombre.	434
II. La voz humana.	439

SEGUNDA PARTE

ACÚSTICA.—APLICACIÓN DE LAS LEYES DEL SONIDO

CAPÍTULO PRIMERO.—LA TELEFONÍA Ó TRANSMISIÓN DEL SONIDO Á DISTANCIAS.	441
I. Las señales acústicas en la navegación; boyas de campana.—Los tubos acústicos.—La mujer invisible.	441
II. La bocina ó portavoz.	443
III. Transmisión del sonido por los sólidos.—Teléfono musical.—Teléfono de cordel.	445
IV. Audífono.	447
V. Teléfono musical para transmitir órdenes militares en el ejército ó en la marina.	449

	PÁGINAS
VI. Trompetillas acústicas.—El estetoscopio.	449
VII. La acústica aplicada á la arquitectura.	450
CAPÍTULO II.—LOS INSTRUMENTOS DE MÚSICA.—INSTRUMENTOS SIMPLES.	453
I. Instrumentos simples fundados en las vibraciones de láminas ó placas.	454
II. Campanas y juegos de campanas.	457
III. Los tambores.	461
CAPÍTULO III.—LOS INSTRUMENTOS DE CUERDA.	463
I. Los instrumentos de cuerda en la antigüedad.	463
II. El violín.	466
III. Instrumentos de cuerda de la familia del violín.	470
IV. La guitarra.—El arpa.	471
V. El piano.	474
CAPÍTULO IV.—LOS INSTRUMENTOS DE VIENTO.	477
I. Instrumentos de embocadura de flauta.—El caramillo, la flauta, el pífano.	479
II. Instrumentos de lengüeta ó estrangul.—El clarinete, el oboe, el fagot.	480
III. Instrumentos de viento de bocal ó embocadura de trompa.	482
IV. La gaita.	485
CAPÍTULO V.—EL ÓRGANO.	487
I. Ojeada histórica.—Los tubos sonoros y los registros de órgano.	487
II. Mecanismo del órgano.—Fuelles y portaviento.—Registros.—Teclados, pedales.	489

LA LUZ

PRIMERA PARTE

LOS FENÓMENOS Y SUS LEYES

CAPÍTULO PRIMERO.—LA LUZ EN LA NATURALEZA.	498
I. Los fenómenos de la luz en la superficie del globo terráqueo.	498
II. Fenómenos de la luz en los planetas y en la Luna.	502
III. Las percepciones externas, la luz y el sentido de la vista.	504
IV. Los manantiales de luz y los medios ópticos.	506
CAPÍTULO II.—PROPAGACIÓN RECTILÍNEA DE LA LUZ.	511
I. Propagación de la luz en los medios homogéneos.	511
II. Principio de la teoría de las sombras.	513
III. La cámara oscura.—Imágenes invertidas y coloradas de los objetos exteriores.	518
CAPÍTULO III.—VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LA LUZ.	521
I. Primeros ensayos.—Método de Rømer: velocidad de la luz medida por los eclipses de los satélites de Júpiter.	521
II. La aberración.—Velocidad de la luz comparada con la de la Tierra.	526
III. Medición directa de la velocidad de la luz.—Método de M. Fizeau.	531
IV. Medición directa de la velocidad de la luz.—Método del espejo giratorio de Foucault.	534

	PÁGINAS
V. Velocidad de la luz.—Comparación de los resultados obtenidos por varios métodos.	536
CAPÍTULO IV.—REFLEXIÓN DE LA LUZ.	539
I. Condiciones de visibilidad de los cuerpos.—Focos luminosos directos.	539
II. Leyes de la reflexión especular.—Igualdad de los ángulos de incidencia y reflexión de los rayos luminosos.	541
III. Imágenes producidas por la reflexión de la luz en los espejos planos.	543
IV. Imágenes múltiples producidas por combinaciones de espejos.	546
V. Imágenes en los espejos curvos.—Espejos esféricos cóncavos y convexos.	549
VI. Imágenes en los espejos cilíndricos y cónicos.—Anamorfosis.	557
VII. Luz reflejada con irregularidad ó luz difusa.	558
CAPÍTULO V.—REFRACCIÓN DE LA LUZ.	560
I. Fenómenos de refracción.	560
II. Leyes de la refracción de la luz.	563
III. Fenómenos de reflexión total.	567
IV. La refracción en la atmósfera.	569
CAPÍTULO VI.—REFRACCIÓN EN LOS PRISMAS Y EN LAS LENTES.	570
I. Refracción en las láminas transparentes de caras paralelas.	570
II. Refracción en los prismas.	573
III. Refracción de las lentes.	575
IV. Imágenes formadas por las lentes.	579
CAPÍTULO VII.—DISPERSIÓN DE LA LUZ.	582
I. Descomposición de la luz solar por la refracción.	582
II. Recomposición ó síntesis de la luz.	585
III. Las rayas del espectro solar.—Análisis espectral.	589
IV. Análisis espectral.—Método, instrumentos y procedimientos de observación.	591
V. Espectros de los metales y metaloides.—Principales gases simples.—Descubrimiento de nuevos metales por el análisis espectral.	596
CAPÍTULO VIII.—ANÁLISIS ESPECTRAL DE LOS CUERPOS CELESTES.	597
I. Aplicación de la espectroscopia á la astronomía: constitución físico-química del Sol, de los planetas y de los cometas.	597
II. El análisis espectral aplicado al estudio de las estrellas y de las nebulosas.	608
III. Análisis espectral de la luz de las nebulosas.	614
IV. El análisis espectral y los movimientos reales de las estrellas.	616
CAPÍTULO IX.—LAS RADIACIONES SOLARES LUMINOSAS, CALORÍFICAS Y QUÍMICAS.	617
I. Coexistencia de las propiedades luminosa, calorífica y química del espectro.	617
II. Radiaciones caloríficas del espectro.—Espectro ultra-rojo.	619
III. Radiaciones químicas del espectro.—Espectro ultra-morado.	621
IV. Identidad de las tres radiaciones, luminosa, calorífica y química.	623
CAPÍTULO X.—MANANTIALES DE LUZ.—ORIGEN Y TRANSFORMACIONES DE LAS RADIACIONES.	624
I. La incandescencia.—Incandescencia de los sólidos y de los líquidos.	624
II. Incandescencia de los gases.	627
III. Luces artificiales de gran intensidad.—Luz Drummond; luz de magnesio.—Intensidad luminosa del arco voltaico.	629
IV. Fosforescencia.	631