

7. De la aceleración. Definición. Aceleración tangencial, normal y total. Aceleración en los movimientos proyectados y simultáneos. Uso de la aceleración para determinar el radio de curvatura. Ejemplo de la aplicación de las propiedades del movimiento proyectado. Caso en que la aceleración pasa constantemente por un punto fijo.

Aplicación del movimiento de los planetas alrededor del sol. Otra definición de la aceleración.

8. Determinación del movimiento de un punto. Leyes generales. Problema general de la terminación del movimiento de un punto. Primer teorema general, ejemplo. Segundo y tercer teoremas generales. Teorema de las áreas. Cuarto teorema general. Aplicación del movimiento parabólico de los cuerpos pesados. Caso general del movimiento rectilíneo. Caso de una atracción central. Aplicación al movimiento de los cuerpos celestes.

9. Movimiento de un punto sujeto á ciertas condiciones. Definición de esas condiciones. Punto sujeto á moverse sobre una curva dada á una superficie dada. Aplicaciones al péndulo simple y al cónico. Péndulo cicloidal. Movimiento de un punto pesado sobre una recta inclinada. Braquistócrana de un punto pesado.

10. Sistemas invariables en movimiento. Movimientos instantáneos ó elementales. Definición de los sistemas invariables. Movimientos de translación y rotación. Movimiento elemental de una figura plana en su

plano. Centro instantáneo de rotación. Empleo del centro instantáneo de rotación para el trazo de tangentes á las curvas. Movimiento de un sistema invariable paralelamente á un plano fijo. Movimiento de una figura esférica en su esfera. Movimiento de un sistema invariable que tiene un eje fijo. Movimiento elemental más general de un sistema invariable. Eje instantáneo de rotación y deslizamiento.

11. Movimientos continuos. Deslizamiento de dos curvas una sobre otra. Rodamiento de las mismas. Problema de Savary. Aplicación á la cicloide y á la epicycloide. Deslizamiento y rodamiento de una superficie sobre otra. Movimiento continuo de una figura plana en su plano. Movimiento continuo de un sistema invariable.

Movimientos simultáneos y relativos.

12. De la velocidad. Movimientos relativo y de arrastre. Composición y descomposición de las velocidades. Composición de los movimientos simultáneos de los sistemas invariables. Movimiento de rotación al derredor de ejes concurrentes. Par de rotaciones. Composición de un número cualquiera de traslaciones. Expresiones generales de las proyecciones sobre tres ejes, de la velocidad de un punto que pertenece á un sistema invariable. Expresión de la velocidad relativa á un punto.

13. De la aceleración. Composición de las aceleraciones. Representación y expresión de la aceleración

TERCERA PARTE.

Mecánica.

16. De las leyes físicas del movimiento. Condiciones para producirlo. Constitución de los cuerpos naturales. Punto material. Ley de continuidad. Circunstancias en las que se produce el movimiento. Las aceleraciones producidas en circunstancias son independientes de las velocidades anteriores. Las aceleraciones sólo dependen de las posiciones relativas de los puntos. Comparación de las velocidades ganadas por cuerpos puestos en relaciones mutuas. Definición de masa. Ley fundamental de la Mecánica.

17. De la fuerza y de la inercia. Definiciones. Fuerzas, cantidad de movimiento, fuerza viva, impulsión y trabajo. Observación general sobre estas denominaciones. Movimiento del centro de gravedad de un cuerpo. Medida de las masas. Peso de un cuerpo. Medida de las fuerzas. Unidad de fuerza y masa. Inercia. Fuerza de inercia. Principio de d'Alembert. Fuerza centrífuga.

18. Teoremas generales de la Mecánica. Primer teorema general para un punto material. Segundo teorema general. Tercer teorema general. Teorema de las áreas. Cuarto teorema general. Introducción de la masa en las fórmulas relativas á los sistemas. Teorema del movimiento del centro de gravedad. Teorema de las cantidades de movimiento proyectadas sobre un eje. Teorema de los momentos de las cantidades de movimiento.

complementaria. Aceleración en el movimiento relativo. Aceleraciones aparentes. Aceleración de un punto referido á coordenadas polares de un plano. Reposo relativo de un cuerpo pesado en la superficie de la tierra. Desviación al Este de la caída libre de un cuerpo pesado.

14. Leyes generales del movimiento de los sistemas. Sistemas cualesquiera. Generalidades. Velocidad y aceleración del centro de gravedad. Velocidades y desalojamientos translatorios y no translatorios. Aceleraciones recíprocas. Componentes de la aceleración media. Relación entre las velocidades y las aceleraciones. Teoremas generales. Principio de la conservación de las áreas. Sistema de ligas. Ecuaciones de las ligas. Asimilación á un sistema libre

15. Sistemas invariables. Rotación al derredor de un eje. Expresión de las proyecciones y de los momentos de la velocidad y aceleración de un punto cualquiera. Suma de las proyecciones y de los momentos de las aceleraciones de todos los puntos. Discusión Ley del movimiento. Ejes permanentes naturales de rotación. Sistemas en los que dos puntos deben quedar fijos. Condiciones para que esos puntos queden fijos. Condiciones para que las aceleraciones tengan una resultante única. Centro de percusión. Péndulo compuesto. Rotación al derredor de un punto fijo. Proyecciones sobre tres ejes móviles de la aceleración de un punto. Ecuaciones de Euler. Definición de la posición de los ejes móviles.

Principio de la conservación de las áreas. Ejemplos familiares de la aplicación de estos teoremas. Movimiento del trompo. Efecto de una percusión sobre un cuerpo sólido. División en dos partes de la fuerza viva de un sistema. Teorema de las fuerzas vivas y del trabajo. Trabajo de las fuerzas interiores.

19. De las fuerzas vivas y del trabajo. Del trabajo en general. Consecuencia del teorema de las fuerzas vivas aplicado á un punto material. Propiedad de las superficies de nivel. Posiciones de equilibrio de un punto móvil. Potencial de una fuerza. Aplicaciones de la pesantez á una fuerza central. Caso de una fuerza atractiva inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Potencial de atracción newtoniana. Energías. Potencial actual y total. Aplicación á un ejemplo. Aplicación á un sistema en el que sólo hay fuerzas interiores. Función potencial. Principio de la conservación de la energía.

20. Valoración de las diversas clases del trabajo. Cálculo de los términos de la ecuación del trabajo. Trabajo del rozamiento. Resistencia al rodamiento. Rigidez de las cuerdas. Choque de los cuerpos sólidos, fuerza viva y trabajo en el movimiento de rotación. Trabajo en las máquinas. Rendimiento de una máquina. Utilidad de los volantes. Trabajo de las fuerzas de ligas.

DEL EQUILIBRIO Y DE LAS MÁQUINAS SIMPLES.

21. De equilibrio. Equilibrio de un punto material libre. Equilibrio de

un punto sujeto á ligas. Equilibrio de un sistema material libre. Equilibrio de un sistema de ligas. Condiciones de equilibrio entre las fuerzas exteriores. Caso en que están satisfechas y bastan. Fuerzas estáticamente equivalentes. Ejemplos de sistemas equivalentes. Equilibrio de un hilo. Tensión. Hilo sometido á varias fuerzas aisladas. Hilo sometido á fuerzas continuas. Aplicaciones. Parábola. Catenaria. Condiciones de equilibrio. De un sistema pesado. Aplicaciones. Balanzas. Puentes levadizos.

22. Máquinas simples. Generalidades sobre las máquinas simples. Palanca. Polea fija. Rozamiento de una cuerda sobre un cilindro. Polea móvil. Torno. Plano inclinado. Cuña esóscles. Tornillo. Rodillos de transporte.

FÍSICA MATEMÁTICA.

Introducción.

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, Medida de longitudes, Medida de Masas y de fuerzas, Medida del tiempo.

Física molecular.

Figura de equilibrio de los líquidos sustraídos á la acción de la pesantez. Figura de equilibrio de los líquidos pesados. Difusión. Difusión de los

líquidos. Medida de los coeficientes de difusibilidad. Endósmosis. Equivalentes osmométricos. Diálisis. Difusión de los gases. Escurrimiento de los líquidos. Escurrimiento de los gases. Compresibilidad de los líquidos. Experiencias de Colladon, Sturm, Regnault, Jamín y Descamps. Elasticidad de los sólidos. Experiencias de Cagniard, Wertheim. Flexión. Sus leyes. Torsión. Sus leyes. Tenacidad, dureza, ductibilidad, maleabilidad.

Calor.

Hechos generales y definiciones. Efectos generales producidos por el calor. Dilatación. Cambio de estado. Efectos mecánicos. Temperatura. Coeficiente de dilatación. Coeficiente de dilatación entre temperaturas determinadas. Coeficiente verdadero de dilatación á una temperatura dada. Dilatación absoluta. Dilatación aparente. Dilatación de los líquidos. Dilatación de los sólidos. Dilatación de los gases. Termometría. Compresibilidad de los gases. Ley de Mariotte. Experiencias de Despreste y Pouillet. Experiencias de Dulong, Arago y Regnault. Fórmulas de M. van du Waals.

Calorimetría

Calor específico de los sólidos y de los líquidos. Método de las mezclas. Método de Dulong y Petit. Calor específico del agua. Leyes de Dulong y Petit. Ley de Neumann y ley de Woestyn. Calores específicos de los gases. Experiencias de Delaro-

che, Berard y Regnault. Aplicaciones de la ley de Dulong y Petit á los gases.

Termodinámica.

Preliminares. Elección de variables. Transformaciones isothermas y adiabáticas. Relaciones entre los coeficientes c , C , l y h . Teorema de Reech. Aplicación. Medida de $\frac{c}{c}$. Experiencia de Clement y Desormes. Estudio térmico de los gases perfectos. Representación gráfica de Clapeyron. Ecuaciones de las líneas isothermas y adiabáticas. Expansión adiabática de un gas. Ciclos. Representación geométrica del trabajo.

Principio de la equivalencia.

Hechos experimentales. Experiencias de Joule por rozamiento. Experiencias de Hirn por el choque. Cálculo del equivalente por medio de los gases perfectos. Transformación inversa del calor en trabajo. Extensión del principio de la equivalencia de los ciclos abiertos. Expresión analítica del principio de la equivalencia. Energía interior. Experiencias de Edlund. Nueva unidad de calor. Termina.

PRINCIPIO DE CARNOT.

Condiciones de funcionamiento de un motor térmico. Rendimiento máximo. Ciclo de Carnot. Expresión del rendimiento máximo. Caso particular. Rozamiento de Clausius. Nueva definición de la temperatura. Temperatura absoluta. Expresión analítica del principio de Carnot. Eutropia.

Aplicaciones. Cálculo del calor de dilatación. Ecuación de Clapeyron. Estudio del coeficiente μ . Modificaciones experimentales. Experiencias de Joule. Estudio de la vaporización y de la fusión. Termodinámica y Teoría mecánica del calor. Estudio de los gases reales. Expresión completa de J . en el caso de los gases reales.

Principio de la conservación de la energía. Cambios de estado. Generalidades. Substancias refractarias. Gases permanentes. Fusión. Surfusión. Solidificación. Disolución. Cristalización. Calor de fusión. Calor de fusión del hielo. 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. Expresión del peso de una mezcla de gases y vapores. Formación de los vapores en la masa de los líquidos. Ebullición. Estudio experimental de la ebullición. Calefacción. Fuerzas elásticas de los vapores. Experiencias de Dulong de Arago y de Regnault. Fórmulas. Higrometría. Densidad de los gases y peso del litro de aire. Densidad de los vapores: Método de Gay-Lussac, de Hoffmann, de Dumas y de Meyer. Variación de la densidad con la temperatura y la presión. Liquefacción de los gases. Calores de vaporización. Propagación del calor. Irradiación. Sus leyes. Leyes del enfriamiento. Conductibilidad térmica. Resumen de la teoría de Fourier. Régimen variable. Régimen permanente. Problema del muro. Coeficiente de conductibilidad térmi-

ca. Coeficiente de conductibilidad exterior. Caso de un muro indefinido cuyas caras están en contacto con medios diferentes. Problema de la barra. Caso particular. Ley de Biot y de Lambert. Régimen variable. Caso del muro. Consecuencias de la ecuación de Poisson; 1º, ley del cuadrado de las longitudes; 2º, ley de los coeficientes de conductibilidad. Régimen variable. Caso de la barra. Estudio experimental de la conductibilidad térmica. Experiencias fundadas sobre algún régimen permanente. Medida de las conductibilidades relativas. Método del muro; 1º, experiencias de Péclét; 2º, experiencias de Buget. Variación del coeficiente y con la temperatura. Conductibilidad de los metales. Conductibilidad de los cristales. Conductibilidad de los líquidos.

ELECTRICIDAD.

Primera Parte.

Electricidad estática. Experiencias fundamentales. Leyes de Coulomb. Distribución, pérdida, estudio experimental. Definiciones. Teorema de Gauss. Potencial. Propiedades de la derivada primera del potencial. Forma del potencial en algunos casos particulares. Propiedades de la derivada segunda. Ecuación de Laplace. Ecuación de Poisson. Superficies equipotenciales ó de nivel. Fuerza electromotriz. Aplicaciones de los teoremas generales. Distribución, Influencia. Teorema de Coulomb. Poder de las puntas. Teorema de Faraday. Pantallas eléctricas. Capacidad. Con-

densadores. Dieléctricos. Medidas electro estáticas. Electómetros antiguos. Electroscopio condensador. Medida de las cantidades y de los potenciales con balanza de Coulomb. Electrómetro absoluto de Sir W. Thomson. Electrómetro de M. G. Lippmann. Electrómetro de cuadrantes de Sir W. Thomson. Electrómetros de Hankel y de Bohnenberger. Medidas de las capacidades. Patrones de capacidad. Medidas de los poderes inductores específicos. Experiencias de M. Negrean. Máquinas eléctricas de Ramsden de Holtz de Vos Weishurst.

SEGUNDA PARTE.

Electricidad dinámica.—Corrientes eléctricas. Leyes de los contactos. Ley de contacto ó de Volta. Pila de Volta. Pila Seca. Debilitamiento de la Pila. Corrientes eléctricas. Leyes de las corrientes. Ley de Ohm. Circuito encerrando un elemento de pila. Pila de n elementos. Pila de n elementos iguales reunidos en tensión. Pila de n elementos iguales reunidos en superficie. Efecto máximo de una pila. Corrientes derivadas. Leyes de Kirchhoff. Corolarios de M. Boscha. Analogías de potencial. Termo-Electricidad. Calor desprendido ó transportado por las corrientes. Ley de Joule. Efecto Peltier. Pinza Peltier. Fuerzas electromotrices de contacto. Efecto Thomson. Verificación experimental de M. Le Roux. Termoelectricidad. Corrientes producidas por el calor. Experiencia de Seebeck. Leyes de Becquerel. Experiencias de Gauguain. Fórmulas de Avenarius y

de Tait. Diagramas termo-eléctricos de Tait. Teoría de los fenómenos termo-electricos. Pilas termo-eléctricas. Electrolisis. Ley general de la electrolisis. Acciones secundarias producidas en la electrolisis. Leyes de Faraday. Leyes de Ohm y de Joule en la electrolisis. Fenómenos mecánicos. Polarización. Pilas reversibles. Experiencias de M. Bouty. Capacidad de polarización. Teoría de Helmholtz. Fenómenos electro-capilares. Trabajos de M. Lippmann. Electrómetro-capilar. Retardo de la electrolisis. Condiciones que debe llenar una pila perfecta. Zinc amalgamado. Pilas constantes. Tipo de Daniell. Cálculo de la fuerza electromotriz del elemento Daniell. Disposición práctica. Modificaciones del elemento Daniell. Acumuladores. Rendimiento. Capacidad. Experiencias de M. M. Monnier y Guitton. Observaciones prácticas. Agrupación de los acumuladores.

MAGNETISMO.

Imanes.—Campo magnético. Experiencias y leyes de Coulomb. Masa y campo magnéticos. Momento magnético. Potencial producido por un imán elemental. Constitución de los imanes. Hipótesis de Coulomb y de Ampère. Intensidad de imantación. Solenoides y hojas magnéticas. Potencial producido por una hoja magnética. Cuerpos magnéticos. Cuerpos diamagnéticos. Influencia magnética. Coeficientes de imantación. Resistencia magnética. Construcción de las barras imantadas. Magnetismo terrestre. Definiciones. Par director.