
Contenido

Indice de tablas

Prefacio

1 Unidades, dimensiones y otros preliminares 1

1.1	Unidades 1	1.4	Notación científica y cifras significativas 6
1.2	Unidades fundamentales 3	1.5	Escalares y vectores 8
1.3	Unidades derivadas y análisis dimensional 4		

2 Cinemática en una dimensión 12

2.1	Introducción 12	2.2a	Velocidad 13
2.2	Movimiento rectilíneo 12	2.2b	Aceleración 16
		2.3	Aceleración uniforme 18

3 Cinemática en dos dimensiones; vectores 30

3.1	Introducción 30	3.4	Movimiento uniformemente acelerado en dos dimensiones 39
3.2	Suma y resta de vectores 31	3.5	Suma de velocidades; marcos de referencia 44
	3.2a Suma vectorial usando componentes ortogonales 33		
3.3	Vectores: desplazamiento, velocidad y aceleración 37		

4 Dinámica 55

4.1	Introducción 55	4.2c	Masa y peso 59
4.2	Las leyes de Newton sobre el movimiento 57	4.2d	La tercera ley 59
	4.2a La primera ley 57	4.3	Aplicación de las leyes de Newton 61
	4.2b La segunda ley 57	4.4	Fricción 70

5 Trabajo, energía y potencia 86

5.1	Trabajo 86	5.4	Conservación de la energía 95
5.2	Energía cinética; teorema del trabajo-energía 89	5.4a	Fuerzas conservativas; energía mecánica 95
5.3	Energía potencial y fuerzas conservativas 91	5.4b	Fuerzas conservativas y no conservativas 100
		5.5	Potencia 103

6 Impulso y cantidad de movimiento 117

6.1	Introducción 117	6.5	Choques elásticos e inelásticos 122
6.2	Fuerzas externas e internas 118	6.5a	Choques con movimiento en una dimensión 122
6.3	Retorno a la segunda ley de Newton; cantidad de movimiento lineal 119	* 6.5b	Choques con movimiento en dos dimensiones 126
6.4	Conservación de la cantidad de movimiento 121	6.6	Centro de masa 129

7 Movimiento circular 144

7.1	Cinemática del movimiento circular 144	7.3	Dinámica del movimiento circular uniforme 149
7.2	Relación entre movimiento de rotación y traslación 147	* 7.4	Aperaltamiento de curvas 153

8 Gravitación 163

8.1	Introducción 163	8.4	Las leyes de Kepler del movimiento planetario 169
8.2	Ley de la atracción gravitacional universal 164	8.5	Determinación de G : “Pesando la Tierra” 171
8.3	Energía potencial gravitacional; campo y potencia gravitacionales 166		

9 Equilibrio rotacional; dinámica de cuerpos finitos 179

9.1	Torques y equilibrio rotatorio 179	9.6	Momento angular 191
9.2	Centro de masa y centro de gravedad 184	9.7	Giroscopios y bicicletas 197
9.3	Dinámica de la rotación 187	9.8	Energía cinética de giro 198
9.4	Momento de inercia 188		
	9.4a Teorema del eje paralelo 190		

10 Propiedades mecánicas de la materia 213

10.1	Introducción 213	10.3c	Módulos de Young, cortante y de volumen 219
10.2	Sólidos, líquidos y gases 214	10.4	Tensión superficial 223
10.3	Densidad y propiedades elásticas de los sólidos 216	* 10.5	Cohesión, adhesión, ángulo de contacto y capilaridad 226
	10.3a Densidad 216		10.5a Caminando sobre el agua 228
	10.3b Deformación elástica y módulo elástico 217		

11 Hidrostática e hidrodinámica 235

11.1	Presión atmosférica 235	11.5	Efecto de Bernoulli 249
11.2	Presión en un líquido 240		11.5a Medidor venturi y atomizador 253
11.3	Flotación 243		Flujo viscoso 255
	11.3a Determinación de la densidad por el principio de Arquímedes 245	11.6	Turbulencia 259
	11.3b Centro de flotación y la estabilidad de los botes 247	11.7	Velocidad terminal, sedimentación y centrifugación 260
11.4	Hidrodinámica; flujo laminar y turbulento 247	* 11.8	11.8a Sedimentación y centrifugación 262

12 Propiedades térmicas, calorimetría y equivalente mecánico del calor 274

12.1	Introducción 274	12.5a	Capacidad calorífica y calor específico 283
12.2	Temperatura 277	12.5b	Calor latente 284
12.3	Métodos termométricos 278	12.6	Transmisión de calor 289
12.4	Expansión térmica 281		12.6a Convección 289
12.5	Capacidad calorífica, calor latente y calorimetría 283		12.6b Conducción 292
			12.6c Radiación 296

13 La ley del gas ideal y la teoría cinética 307

13.1	Introducción 307	13.5a	Gases monoatómicos 317
13.2	Cantidades molares 307	13.5b	Gases diatómicos 320
13.3	Ecuación de estado del gas ideal 309	* 13.6	Mezclas de gases 321
13.4	Teoría cinética 312		13.6a Buceo y los mamíferos acuáticos 323
13.5	Capacidades caloríficas de los gases 316		

14 Termodinámica 331

14.1	Introducción 331	14.4	Máquinas térmicas 341
14.2	Las leyes cero y primera de la termodinámica 332	14.5	Entropía y la segunda ley 342
14.3	Segunda ley de la termodinámica 337	* 14.6	Interpretación estadística de la entropía; extinción del calor 345

15 Movimiento oscilatorio 357

15.1	Introducción 357	15.6	El péndulo simple 367
15.2	Equilibrio estable, inestable e indiferente o neutro 358	15.7	Revisión del principio de equivalencia 371
15.3	Movimiento armónico simple 359	* 15.8	El péndulo físico 371
15.4	Sistema de masa y resorte 362	15.9	Energía de un sistema oscilatorio 372
15.5	Relación del MAS y el movimiento circular; ecuaciones cinemáticas del MAS 364	* 15.10	Oscilaciones forzadas; amortiguamiento y resonancia 373

16 Ondas mecánicas 384

16.1	Introducción 384	16.4	Reflexión de las ondas 393
16.2	Ondas sinusoidales o senoidales 385	16.5	Ondas estacionarias 396
16.3	Superposición de ondas 390	16.6	Resonancias 397
16.3a	Superposición de dos ondas de longitud y amplitud idénticas 390	16.7	Trémolos 398
16.3b	Superposición de ondas de distintas longitudes y amplitudes 391	16.8	Velocidad de propagación de las ondas en cuerdas 399
		16.9	Energía de una cuerda en vibración 401

17 Sonido 409

17.1	Introducción 409	17.6	Superposición de ondas sonoras 416
17.2	Generación del sonido 410	17.6a	Resonancias acústicas en tubos 416
17.3	Velocidad del sonido 410	17.6b	Interferencia 420
17.4	Relación entre las variaciones de presión y el desplazamiento promedio de las moléculas de gas 412	17.7	Efecto Doppler 422
17.5	Intensidad del sonido 413	17.8	Dispersión de ondas 426
	17.5a Niveles de intensidad; decibeles 414	*17.9	El vuelo de los murciélagos 427
		*17.10	Fisiología de la audición 427
			17.10a Oído externo 427
			17.10b Oído medio 428
			17.10c Oído interno 429

18 Electrostática: cargas, campos eléctricos y potenciales 437

18.1	Introducción 437	18.10	Ley de Gauss 454
18.2	Origen de las cargas eléctricas 438	18.11	Campo eléctrico dentro de un conductor; blindaje 455
18.3	Conductores, aisladores y semiconductores 439	18.12	Potencial electrostático 458
18.4	Interacción entre cargas; ley de Coulomb 440	18.13	Potencial electrostático y la energía de cuerpos cargados 460
18.5	Aterrizado y carga por inducción 444	18.14	El electrón-volt 460
18.6	Dipolos inducidos y permanentes 446	18.15	Potenciales relacionados con un campo eléctrico uniforme y con el campo de una carga puntal; superficies equipotenciales 462
18.7	Fuerza electrostática debida a distribución de cargas 447	18.16	Potenciales ocasionados por la distribución de cargas 470
18.8	El campo eléctrico 449		
18.9	Líneas del campo eléctrico 451		

19 Capacitores 486

19.1	Introducción 486	19.4	Capacitores en combinaciones en serie y en paralelo 496
19.2	Capacitores y capacitancia 487		
19.3	Energía electrostática de un capacitor; energía almacenada en un campo eléctrico 492		

20 Corrientes eléctricas continuas 505

20.1	Fuentes de fuerza electromotriz; pilas y baterías	505	20.7	La batería real; resistencia interna	522
20.2	Corriente eléctrica	507	20.8	Medición de corriente y voltaje	525
20.3	Resistencia y resistividad	509		20.8a Amperímetros	526
20.4	Corriente, voltaje y disipación de potencia en un circuito sencillo	512		20.8b Voltímetros	527
20.5	Combinaciones de resistores	513		20.8c Influencia de los medidores en un circuito	528
	20.5a Resistencias en serie	514	20.9	Circuitos de puente	530
	20.5b Resistores en paralelo	515		20.9a El puente de Wheatstone	530
	20.5c Combinaciones en serie-paralelo	517		20.9b El potenciómetro	530
20.6	Leyes de Kirchhoff	518	* 20.10	Conducción nerviosa	531

21 Magnetismo 546

21.1	Introducción	546	21.6b	Fuerza entre dos corrientes; definición del ampere	562
21.2	El campo magnético	547	21.6c	Ley de Ampère	563
21.3	Fuerza sobre una corriente en un campo magnético	550	21.6d	Espiras de corriente, toroides y solenoides	564
21.4	El campo magnético terrestre	552	* 21.7	Materiales magnéticos	569
21.5	Trayectoria de las cargas en movimiento dentro de un campo magnético	554	* 21.8	Medidores	570
	21.5a El ciclotrón	555			
	21.5b Efecto de Hall	559			
21.6	Generación de campos magnéticos	561			
	21.6a Campo magnético debido a un conductor recto infinitamente largo	561			

22 Inducción electromagnética 580

22.1	Introducción	580	22.4a	Inductancia mutua	586
22.2	FEM inducidas; ley de Faraday y ley de Lenz	581	22.4b	Autoinductancia	587
22.3	FEM de movimiento	584	22.5	Energía almacenada en una inductancia	589
22.4	Inductancia mutua y autoinductancia	586	22.6	Generadores	591
			* 22.7	Superconductividad y sus aplicaciones	592

23 Corrientes y voltajes dependientes del tiempo; circuitos de CA 605

23.1	Introducción	605	23.3	Corrientes y voltajes alternos	614
23.2	Respuesta de circuitos sencillos a discontinuidades de corriente o voltaje	606	23.3a	Círculo RLC; resonancia	618
	23.2a Circuitos RC	606	* 23.4	Filtros	622
	23.2b Circuitos RL	611	23.5	Transformadores	623
			* 23.6	Efectos fisiológicos de las corrientes eléctricas	626

24 Ondas electromagnéticas y la naturaleza de la luz 634

24.1	Introducción 634	24.7	Ondas y rayos 648
*24.2	Corriente de desplazamiento 635	24.7a	Principio de Huygens 649
24.3	Ondas electromagnéticas 636	24.8	Reflexión de ondas planas 650
24.4	Luz 643	24.9	Refracción 651
24.5	Velocidad de la luz 644	24.9a	Reflexión interna total 653
24.6	Indice de refracción 647	24.9b	Endoscopios 655
		24.9c	Dispersión 656

25 Optica geométrica; instrumentos ópticos 665

25.	Espejos planos 655	*25.5	Aberraciones 677
25.2	Espejos esféricos 667	25.6	El ojo 678
	25.2a Espejos cóncavos 667	25.7	Cámara y proyector 681
	25.2b Espejos convexos 671	25.8	Lente de aumento o lupa 683
25.3	Lentes 673	25.9	Microscopios 684
25.4	Rayos principales en las lentes y localización de imágenes 675	25.10	Telescopios 686

26 Optica física 696

26.1	Introducción 696	*26.4	Holografía 708
26.2	Coherencia 697	26.5	Difracción 710
26.3	Interferencia 698	26.5a	Rejilla de difracción 710
	26.3a Interferencia por rendija doble 699	26.5b	Difracción por una sola abertura 715
	26.3b Interferencia por película delgada 703	26.6	Poder de resolución 720
	26.3c Interferómetros 706	26.7	Polarización 722

*** 27 Relatividad 736**

27.1	Introducción 736	27.5	Adición de velocidades
27.2	Relatividad clásica 738	27.6	Equivalencia de masa y energía 754
27.3	El experimento de Michelson-Morley 740	27.7	Confirmación experimental de la relatividad especial 755
27.4	Teoría especial de la relatividad 744	27.7a	Equivalencia masa-energía 755
	27.4a Postulados de la Teoría 744	27.7b	Dilatación del tiempo y contracción de las longitudes 756
	27.4b Simultaneidad y alargamiento del tiempo 746	27.8	Relatividad general 758
	27.4c La paradoja de los gemelos 749		
	27.4d La contracción de Lorentz-FitzGerald 751		

28 Orígenes de la teoría cuántica 764

28.1	Introducción 764	28.6	Efecto Compton 776
28.2	Radiación del cuerpo negro 766	28.7	Ondas de materia 777
28.3	El efecto fotoeléctrico 768	28.8	El principio de incertidumbre 780
28.4	Calor específico de los sólidos 771	28.9	Partículas y antipartículas 783
28.5	Los rayos X 772		

29 Estructura atómica y espectros atómicos 789

29.1	Introducción 789	29.6	Niveles atómicos de energía en un campo magnético 800
29.2	El modelo de Bohr para el átomo de hidrógeno 792	29.6a	Resonancia del spin del electrón 801
29.3	Emisión y absorción de radiación; diagrama de niveles de energía 794	29.7	El átomo de varios electrones y la tabla periódica 803
29.4	Las ondas de De Broglie y el modelo de Bohr 797	29.8	Líneas características de rayos X 807
29.5	Funciones de onda atómica, números cuánticos y estructura atómica 798	* 29.9	Máseres y láseres 808

*** 30 Conjuntos de átomos; moléculas y sólidos 816**

30.1	Introducción 816	30.4b	Cristales covalentes 825
30.2	Uniones moleculares 817	30.4c	Enlaces metálicos 825
30.2a	Enlaces iónicos 817	30.5	Teoría de bandas de los sólidos 825
30.2b	Enlaces covalentes 819	30.5a	Cristales semiconductores 827
30.2c	Enlace de hidrógeno 820	30.6	Dispositivos semiconductores 829
30.2d	Enlace de Van der Waals 821	30.6a	Diodos de empalme 829
30.3	Especros moleculares 821	30.6b	Transistores de empalme 830
30.4	Cohesión de los sólidos 824	30.6c	Dispositivos fotosensibles y dos emisores de luz (LEDs) 831
30.4a	Sólidos iónicos 824		

31 Física nuclear y partículas elementales 837

31.1	Introducción 837	31.5	Constantes de desintegración, vidas medias y actividades 854
31.2	Estructura nuclear y fuerzas nucleares 838	31.6	Reacciones nucleares 856
31.2a	Composición 838	31.7	Fisión 856
31.2b	Masa 839	31.8	Fusión 861
31.2c	Tamaño 840	* 31.9	Detectores de radiación 862
31.2d	La fuerza nuclear 841	* 31.10	Fechado radiactivo 865
31.2e	Spin nuclear 842	31.10a	Fechado con carbono 14 865
31.3	Resonancia magnética nuclear (RMN) 843	31.10b	Termoluminiscencia 867
31.4	Estabilidad de los núcleos 845	31.10c	Fechado con $^{206}_{82}\text{Pb}/^{238}_{92}\text{U}$ 868
31.4a	Energía de enlace 845	31.11	Partículas elementales 868
31.4b	Sistemática de la estabilidad 847	31.12	Teorías cuánticas de campo 871
31.4c	Radiactividad 848		
31.4d	Series de desintegración radiactiva 852		

Apéndices

A	Repaso de matemáticas A-1		aceptados actualmente A-11
B	Deducción del teorema del eje paralelo A-8	E	Las unidades SI A-13
C	Datos solares, terrestres y planetarios A-10	F	Lista abreviada de isótopos A-15
D	Valores de las constantes físicas fundamentales		

Respuestas a los problemas nones de opción múltiple A-20

Indice I-1