

C O N T E N I D O



NOTAS A ESTUDIANTES Y PROFESORES
ACERCA DEL FORMATO xiv

PREFACIO xvi

1 INTRODUCCIÓN 1

1-1	Ciencia y creatividad	2
1-2	La física y sus relaciones con otros campos	4
1-3	Modelos, teorías y leyes	6
1-4	Medición e incertidumbre	7
1-5	Unidades, patrones y el SI	9
1-6	Orden de magnitud: estimación rápida	11
1-7	Matemáticas	14
	RESUMEN 15 PREGUNTAS 15	
	PROBLEMAS 16 PROBLEMAS GENERALES 17	

2 DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO: CINEMÁTICA EN UNA DIMENSIÓN 18

2-1	Rapidez	19
2-2	Cambio de unidades	19
2-3	Marcos de referencia y sistemas de coordenadas	20
2-4	Velocidad media y desplazamiento	21
2-5	Velocidad instantánea	22
2-6	Vectores y escalares	23
2-7	Aceleración	24
2-8	Movimiento uniformemente acelerado	26
2-9	Solución de problemas	28
	➤ Solución de problemas	29
2-10	Caída de cuerpos	31
*2-11	Análisis gráfico del movimiento rectilíneo	37
	RESUMEN 40 PREGUNTAS 40	
	PROBLEMAS 41 PROBLEMAS GENERALES 45	

3 CINEMÁTICA EN DOS O TRES DIMENSIONES; VECTORES 47

3-1	Suma de vectores—métodos gráficos	47
3-2	Resta de vectores y multiplicación de un vector por un escalar	50
3-3	Método analítico para la suma de vectores: Componentes	50
	➤ Solución de problemas	54
3-4	Velocidad relativa, vectores en la solución de problemas	56
3-5	Movimiento de un proyectil	59
3-6	Solución de problemas de movimiento de proyectiles	62
*3-7	El movimiento de proyectiles es parabólico	66
	RESUMEN 67 PREGUNTAS 67	
	PROBLEMAS 68 PROBLEMAS GENERALES 72	

4 MOVIMIENTO Y FUERZA: DINÁMICA 74

4-1	Fuerza	74
4-2	Primera ley de Newton del movimiento	75
4-3	Masa	77
4-4	Segunda ley de Newton del movimiento	77
4-5	Tercera ley de Newton del movimiento	80
4-6	Peso (fuerza de gravedad) y fuerza normal	83
4-7	Solución de problemas con las leyes de Newton: fuerzas vectoriales y diagramas de cuerpo libre	86
	➤ Solución de problemas	87
*4-8	Problemas de fricción y planos inclinados	92
4-9	Leyes o definiciones	91
4-10	Solución de problemas: método general	92
	➤ Solución de problemas	100
	RESUMEN 100 PREGUNTAS 101	
	PROBLEMAS 101 PROBLEMAS GENERALES 106	



5 MOVIMIENTO CIRCULAR; GRAVITACIÓN 107

5-1	Cinemática del movimiento circular uniforme	107
5-2	Dinámica del movimiento circular uniforme	110
5-3	Movimiento circular no uniforme	115
5-4	Centrifugado	116
5-5	Ley de Newton de la gravitación universal	118
5-6	Gravedad cerca de la superficie terrestre; aplicaciones geofísicas	121
5-7	Satélites e ingravidez	122
5-8	Leyes de Kepler y síntesis de Newton	126
5-9	Tipos de fuerzas en la naturaleza	130
	➤ Solución de problemas	130
	RESUMEN	131
	PREGUNTAS	131
	PROBLEMAS	132
	PROBLEMAS GENERALES	136

6 TRABAJO Y ENERGÍA 137

6-1	Trabajo efectuado por una fuerza constante	138
	➤ Solución de problemas	141
6-2	Trabajo efectuado por una fuerza variable	141
6-3	Energía cinética y principio de trabajo-energía	142
6-4	Energía potencial	144
6-5	Fuerzas conservativas y no conservativas	148
6-6	Energía mecánica y su conservación	149
6-7	Solución de problemas empleando la conservación de la energía mecánica	151
6-8	Otras formas de energía; transformaciones de energía y la ley de conservación de la energía	154
6-9	Conservación de la energía con fuerzas disipativas: Solución de problemas	156
	➤ Solución de problemas	157
6-10	Potencia	157

7 CANTIDAD DE MOVIMIENTO 166

7-1	Cantidad de movimiento y su relación con la fuerza	166
7-2	Conservación de la cantidad de movimiento	168
7-3	Colisiones e impulso	171
7-4	Conservación de la energía y la cantidad de movimiento en las colisiones	173
7-5	Colisiones elásticas en una dimensión; solución de problemas usando la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento	174
7-6	Colisiones elásticas en dos o tres dimensiones	176
7-7	Colisiones inelásticas	178
	➤ Solución de problemas	180
7-8	Centro de masa	180
7-9	Centro de masa y movimiento de traslación	184
	RESUMEN	186
	PREGUNTAS	186
	PROBLEMAS	187
	PROBLEMAS GENERALES	192

8 MOVIMIENTO DE ROTACIÓN 193

8-1	Cantidades angulares	193
8-2	Ecuaciones cinemáticas para movimiento rotatorio uniformemente acelerado	197
8-3	Torca	199
8-4	Dinámica de rotación; torca o inercia de rotación	202
8-5	Solución de problemas de dinámica de rotación	204
	➤ Solución de problemas	205
8-6	Energía cinética de rotación	207
8-7	Cantidad de movimiento angular y su conservación	209
8-8	Naturaleza vectorial de las cantidades angulares	211
8-9	Vector de cantidad de movimiento angular; una rueda giratoria	212
8-10	Marcos de referencia en rotación; fuerzas inerciales	214
8-11	Fuerza de coriolis	215
	RESUMEN	217
	PREGUNTAS	218
	PROBLEMAS	220
	PROBLEMAS GENERALES	225

9 CUERPOS EN EQUILIBRIO; ELASTICIDAD Y FRACTURA 227

9-1	Estática; estudio de las fuerzas en equilibrio	227
9-2	Condiciones para el equilibrio	229
9-3	Solución de problemas de estática	231
	➤ Solución de problemas	231
9-4	Aplicaciones en músculos y articulaciones	235
9-5	Estabilidad y equilibrio	237
9-6	Elasticidad; esfuerzo y deformación unitaria	238
9-7	Fractura	243
9-8	Remate de claros: Arcos y cúpulas	245
	RESUMEN 249 PREGUNTAS 249	
	PROBLEMAS 250 PROBLEMAS GENERALES 256	

10 FLUIDOS 259

10-1	Densidad y gravedad específica	260
10-2	Presión en los fluidos	260
10-3	Presión atmosférica y presión manométrica	262
10-4	El principio de Pascal	263
10-5	Medición de la presión; manómetros y barómetros	264
10-6	Flotabilidad y principio de Arquímedes	266
10-7	Fluidos en movimiento; gasto y ecuación de continuidad	270
10-8	Ecuación de Bernoulli	272
10-9	Aplicaciones del principio de Bernoulli: del teorema de Torricelli a los barcos de vela, las superficies de sustentación y el ataque isquémico transitorio	274
10-10	Viscosidad	278
10-11	Flujo en tubos: ecuación de Poiseuille, flujo sanguíneo, número de Reynolds	279
10-12	Movimiento de un objeto en un fluido; sedimentación y retardo	281
10-13	Tensión superficial y capilaridad	283
10-14	Bombas; el corazón y la presión sanguínea	286
	RESUMEN 288 PREGUNTAS 288	
	PROBLEMAS 290 PROBLEMAS GENERALES 293	

11 VARIACIONES Y ONDAS 295

11-1	Movimiento armónico simple	296
11-2	Energía	298
11-3	Cálculos para un resorte vertical	300

11-4	Círculo de referencia: el periodo y la naturaleza senoidal del movimiento armónico simple	301
11-5	Péndulo simple	305
11-6	Movimiento armónico amortiguado	306
11-7	Vibraciones forzadas; resonancia	307
11-8	Movimiento ondulatorio	308
11-9	Tipos de ondas	312
11-10	Energía transmitida por las ondas	315
11-11	Reflexión e interferencia de ondas	316
11-12	Ondas estacionarias; resonancia	320
11-13	Refracción y difracción	323
	RESUMEN 325 PREGUNTAS 326	
	PROBLEMAS 327 PROBLEMAS GENERALES 330	



12 SONIDO 332

12-1	Características del sonido	332
12-2	Intensidad del sonido	334
12-3	La intensidad en relación con la amplitud y la amplitud de presión	336
12-4	El oído y su respuesta; volumen del sonido	338
12-5	Fuentes de sonido: cuerdas vibratorias y columnas de aire	341
12-6	Calidad del sonido y ruido	347
12-7	Interferencia de ondas sonoras; pulsaciones	348
12-8	Efecto Doppler	350
12-9	Ondas de choque y estampido sónico	354
12-10	Aplicaciones; el ultrasonido y las imágenes médicas	356
	RESUMEN 359 PREGUNTAS 360	
	PROBLEMAS 360 PROBLEMAS GENERALES 363	

13 TEMPERATURA Y TEORÍA CINÉTICA 365

13-1	Los átomos	365
13-2	Temperatura	367
13-3	Equilibrio térmico y ley cero de la termodinámica	370
13-4	Expansión térmica	371
13-5	Esfuerzos térmicos	374
13-6	Leyes de los gases y temperatura absoluta	375
13-7	La ley del gas ideal	377
13-8	Solución de problemas con la ley del gas ideal	378
13-9	Ley del gas ideal en términos moleculares: número de Avogadro	380
13-10	Teoría cinética e interpretación molecular de la temperatura	381
13-11	Distribución de velocidades moleculares	384
13-12	Gases reales y cambios de fase	386
13-13	Presión del vapor y humedad	389
13-14	Difusión	392
	RESUMEN 394 PREGUNTAS 395	
	PROBLEMAS 396 PROBLEMAS GENERALES 399	

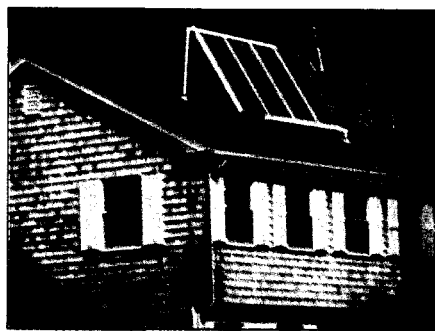
14 CALOR 400

14-1	Calor como transferencia de energía	400
14-2	Diferencia entre temperatura, calor y energía interna	402
14-3	Energía interna de un gas ideal	403
14-4	Calor específico	403
14-5	Calorimetría; Resolución de problemas	405
14-6	Calor latente; resolución de problemas	407
	➔ Solución de problemas	410
14-7	Transmisión del calor: La conducción	411
14-8	Transmisión del calor: Convección	413
14-9	Transmisión del calor: Radiación	415
	RESUMEN 418 PREGUNTAS 419	
	PROBLEMAS 420 PROBLEMAS GENERALES 422	

15 LAS LEYES DE LA TERMODINÁMICA 424

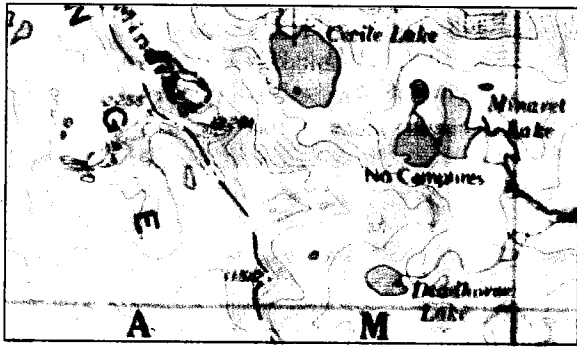
15-1	La primera ley de la termodinámica	425
15-2	Primera ley de la termodinámica aplicada a algunos sistemas sencillos	426
15-3	Metabolismo humano y la primera ley	429
15-4	La segunda ley de la termodinámica; introducción	430

15-5	Máquinas térmicas	431
15-6	Refrigeradores, acondicionadores de aire y bombas de calor	435
15-7	Entropía y la segunda ley de la termodinámica	438
15-8	Del orden al desorden	440
15-9	Energía no disponible; la muerte del calor	441
15-10	Evolución y crecimiento; la "flecha del tiempo"	441
15-11	Interpretación estadística de la entropía y la segunda ley	442
15-12	Reservas energéticas: contaminación térmica	444
	➔ Solución de problemas	449
	RESUMEN 449 PREGUNTAS 450	
	PROBLEMAS 451 PROBLEMAS GENERALES 454	



16 CARGA ELÉCTRICA Y CAMPO ELÉCTRICO 455

16-1	Electricidad estática; carga eléctrica y su conservación	456
16-2	Cargas eléctricas en el átomo	457
16-3	Aisladores y conductores	458
16-4	Carga inducida; el electroscopio	458
16-5	Ley de Coulomb	459
16-6	Resolución de problemas en los que intervienen la ley de Coulomb y los vectores	462
16-7	El campo eléctrico	464
	➔ Solución de problemas	468
16-8	Líneas de campo	468
16-9	Campos eléctricos y conductores	470
16-10	Las fuerzas eléctricas en la biología molecular: Estructura y duplicación del ADN	470
	RESUMEN 473 PREGUNTAS 474	
	PROBLEMAS 474 PROBLEMAS GENERALES 477	



17 POTENCIAL ELÉCTRICO Y ENERGÍA ELÉCTRICA; CAPACITANCIA 479

17-1	Potencial eléctrico y diferencia de potencial	480
17-2	Relación entre el potencial eléctrico y el campo eléctrico	483
17-3	Líneas equipotenciales	484
17-4	El electrón volt, unidad de energía	485
17-5	Potencial eléctrico debido a cargas puntuales únicas	486
17-6	Dipolos eléctricos	488
17-7	Capacitancia	489
17-8	Dieléctricos	491
17-9	Almacenamiento de la energía eléctrica	492
17-10	La emisión termoiónica y el tubo de rayos catódicos	494
17-11	El electrocardiograma	496
	RESUMEN 498 PREGUNTAS 498	
	PROBLEMAS 499 PROBLEMAS GENERALES 501	

18 CORRIENTES ELÉCTRICAS 503

18-1	La pila eléctrica	504
18-2	La corriente eléctrica	506
18-3	Ley de Ohm: Resistencia y resistores	507
18-4	La resistividad	509
18-5	La superconductividad	511
18-6	La potencia eléctrica	512
18-7	La corriente alterna	515
18-8	Punto de vista microscópico de la corriente eléctrica	518
18-9	El sistema nervioso y la conducción nerviosa	519
	RESUMEN 522 PREGUNTAS 523	
	PROBLEMAS 524 PROBLEMAS GENERALES 526	

19 CIRCUITOS E INSTRUMENTOS DE CD 528

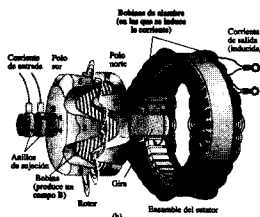
19-1	Resistencias en serie y en paralelo	529
19-2	FEM y el voltaje entre terminales	534
19-3	Las reglas de Kirchhoff	535
19-4	Solución de problemas mediante las reglas de Kirchhoff	537
	➤ Solución de problemas	539
19-5	FEM en serie y en paralelo; carga de un acumulador	539
19-6	Circuitos con capacitores en serie y en paralelo	540
19-7	Circuitos con una resistencia y un capacitor	541
19-8	Marcapasos cardiacos	543
19-9	Riesgos eléctricos; fugas de corriente	544
19-10	Amperímetros y voltímetros de cd	546
19-11	Corrección por resistencia del medidor	548
	RESUMEN 549 PREGUNTAS 550	
	PROBLEMAS 551 PROBLEMAS GENERALES 555	

20 MAGNETISMO 558

20-1	Imanes y campos magnéticos	558
20-2	Las corrientes eléctricas producen magnetismo	561
20-3	Fuerza sobre una corriente eléctrica en un campo magnético; definición de B	562
20-4	Fuerza sobre una carga eléctrica que se mueve en un campo magnético	564
20-5	Campo magnético debido a un cable recto; fuerza entre dos cables paralelos	566
20-6	Definición operacional del ampere y del coulomb	568
20-7	Ley de Ampère	568
20-8	Torca sobre una espira con corriente; momento dipolar magnético	571
20-9	Aplicaciones: Galvanómetros, motores y bocinas	572
20-10	El efecto Hall	574
20-11	Espectrómetro de masas	575
20-12	Ferromagnetismo; dominios	576
20-13	Electroimanes y solenoides	578
20-14	Campos magnéticos en materiales magnéticos; histéresis	579
	➤ Solución de problemas	581
	RESUMEN 581 PREGUNTAS 582	
	PROBLEMAS 583 PROBLEMAS GENERALES 587	

21 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y LEY DE FARADAY; CIRCUITOS DE CA 589

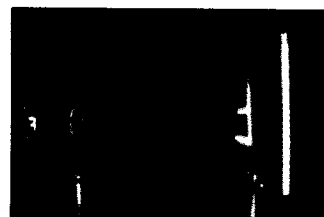
21-1	FEM inducida	590
21-2	Ley de Faraday de la inducción; ley de Lenz	591
21-3	FEM inducida en un conductor en movimiento	594
21-4	El flujo magnético variable produce un campo eléctrico	595
21-5	Generadores eléctricos	595
21-6	Fuerza y torca contraelectromotrices; corrientes parásitas	598
21-7	Transformadores; transmisión de potencia	600
21-8	Aplicaciones de la inducción: Micrófonos electromagnéticos, cabezas para grabación, computadoras y sismógrafos	602
21-9	Inductancia	604
21-10	Energía almacenada en un campo magnético	606
21-11	Circuito LR	607
21-12	Circuitos de ca e impedancia	608
21-13	Circuitos LRC en serie de ca; solución de problemas	612
21-14	Resonancia en circuitos de ca; osciladores	615
21-15	Igualación de impedancias	616
	RESUMEN	618
	PREGUNTAS	618
	PROBLEMAS	619
	PROBLEMAS GENERALES	624



22 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS 625

22-1	Los campos eléctricos fluctuantes producen campos magnéticos; ecuaciones de Maxwell	625
22-2	Cuarta ecuación de Maxwell; corriente de desplazamiento	626
22-3	Producción de ondas electromagnéticas	628
22-4	Cálculo de la velocidad de las ondas electromagnéticas	631
22-5	La luz como onda electromagnética y el espectro electromagnético	633
22-6	Energía en las ondas electromagnéticas	635

22-7	Radio y televisión	638
	RESUMEN	641
	PREGUNTAS	641
	PROBLEMAS	642
	PROBLEMAS GENERALES	643



23 LA LUZ: ÓPTICA GEOMÉTRICA 644

23-1	El modelo de rayos de la luz	645
23-2	La rapidez de la luz y el índice de refracción	645
23-3	Reflexión; formación de imágenes en un espejo plano	647
23-4	Formación de imágenes en espejos esféricos	650
	➔ Solución de problemas	656
23-5	Refracción: Ley de Snell	657
23-6	Reflexión total interna; fibras ópticas	658
23-7	Lentes delgadas; trazado de rayos	660
23-8	La ecuación de la lente	664
23-9	Solución de problemas para lentes	666
	➔ Solución de problemas	666
23-10	Solución de problemas para combinaciones de lentes	668
23-11	La ecuación del fabricante de lentes	670
	RESUMEN	672
	PREGUNTAS	673
	PROBLEMAS	674
	PROBLEMAS GENERALES	678

24 LA NATURALEZA ONDULATORIA DE LA LUZ 679

24-1	Ondas y partículas; principio de Huygens y difracción	680
24-2	El principio de Huygens y la ley de la refracción	681
24-3	Interferencia: Experimento de Young de las dos ranuras	682
24-4	Espectro visible y dispersión	685
24-5	Difracción por una sola ranura o un sólo disco	687
24-6	Rejilla de difracción	689
24-7	El espectrómetro y la espectroscopía	692
24-8	Interferencia mediante películas delgadas	694
24-9	Interferómetro de Michelson	697
24-10	Polarización	698

24-11	Dispersión de la luz por la atmósfera	702
	↳ Solución de problemas	703
	RESUMEN	704
	PREGUNTAS	704
	PROBLEMAS	705
	PROBLEMAS GENERALES	708
25	INSTRUMENTOS ÓPTICOS	710
25-1	La cámara	710
25-2	El ojo humano; las lentes correctivas	714
25-3	La lupa o lente de aumento	717
25-4	Los telescopios	719
25-5	Microscopio compuesto	722
25-6	Aberraciones de las lentes	724
25-7	Límites de resolución; el criterio de Rayleigh	726
25-8	Resolución en telescopios y microscopios	728
25-9	Resolución del ojo humano y aumento útil	730
25-10	Microscopios especiales y contraste	730
25-11	Rayos X y difracción de rayos X	732
25-12	Formación de imágenes con rayos X y tomografía computarizada (barrido CAT)	734
	RESUMEN	737
	PREGUNTAS	738
	PROBLEMAS	739
	PROBLEMAS GENERALES	741

APÉNDICE A

REPASO DE MATEMÁTICAS 742

A-1	Relaciones, proporcionalidad y ecuaciones	742
A-2	Exponentes	743
A-3	Potencias de 10; notación exponencial	744
A-4	Álgebra	745
A-5	El desarrollo binomial	748
A-6	Geometría plana	749
A-7	Áreas y volúmenes	750
A-8	Funciones e identidades trigonométricas	750
A-9	Logaritmos	751

APÉNDICE B

ANÁLISIS DIMENSIONAL 754

APÉNDICE C

LEY DE GAUSS 757

APÉNDICE D

SELECCIÓN DE ISÓTOPOS 762

RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS IMPARES 767

ÍNDICE 773

... de la luz por la atmósfera ...

... la cámara ...

... el ojo humano; las lentes correctivas ...

... la lupa o lente de aumento ...

... los telescopios ...

... el microscopio compuesto ...

... las aberraciones de las lentes ...

... los límites de resolución; el criterio de Rayleigh ...

... la resolución en telescopios y microscopios ...

... la resolución del ojo humano y aumento útil ...

... los microscopios especiales y contraste ...

... los rayos X y difracción de rayos X ...

... la formación de imágenes con rayos X y tomografía computarizada (barrido CAT) ...

... los resúmenes ...

... las preguntas ...

... los problemas ...

... los problemas generales ...