

# CUPRINS

<b>Prefață</b> .....	<b>4</b>
<b>Cuprins</b> .....	<b>5</b>
<b>1. ELEMENTE DE MECANICĂ ANALITICĂ</b> .....	<b>11</b>
1.1. Starea mecanică a unui sistem de $N$ puncte materiale.....	11
1.2. Principiul Hamilton.....	11
1.3. Formalismul Lagrange.....	12
1.3.1. Ecuațiile Lagrange.....	12
1.3.2. Funcția Lagrange.....	13
1.3.3. Impulsurile generalizate și forțele generalizate.....	15
1.4. Formalismul Hamilton.....	16
1.4.1. Ecuațiile canonice.....	16
1.4.2. Semnificația fizică a funcției Hamilton.....	17
1.4.3. Scrierea ecuațiilor canonice cu ajutorul parantezelor Poisson.....	17
1.5. Teoremele de conservare în mecanica analitică.....	18
1.5.1. Teorema conservării energiei.....	18
1.5.2. Teorema de conservare a impulsului total al sistemului.....	19
1.5.3. Teorema de conservare a momentului cinetic al sistemului.....	19
1.5.4. Teorema lui Liouville (conservarea volumului ocupat de stările unui sistem în spațiul fazelor).....	21
Probleme.....	22
<b>2. FENOMENE TERMICE</b> .....	<b>28</b>
2.1. Noțiuni fundamentale.....	28
2.1.1. Starea unui sistem termodinamic. Transformări.....	28
2.2. Lucrul mecanic.....	29
2.2.1. Lucrul mecanic de alungire a unei bare.....	29
2.2.2. Lucrul mecanic al presiunii la o variație a volumului.....	30
2.2.3. Lucrul mecanic al tensiunii superficiale la variația suprafeței.....	30
2.2.4. Lucrul mecanic de polarizare a unui dielectric.....	30
2.2.5. Lucrul mecanic de magnetizare.....	31
2.3. Învelișul adiabetic.....	33
2.4. Principiul I al termodinamicii.....	33
2.4.1. Energia unui sistem termodinamic.....	33
2.4.2. Căldura schimbată de un sistem termodinamic.....	34
2.4.3. Formularea principiului I al termodinamicii.....	35
2.4.4. Temperatura.....	35
2.5. Consecințe ale principiului I al termodinamicii.....	40
2.5.1. Capacitatea termică, capacitățile calorice și capacitățile latente ale unui sistem termodinamic.....	40
2.5.2. Entalpia (potențialul Massieu).....	41
2.6. Procese termodinamice politrope cvasistatice.....	43
2.6.1. Ecuația diferențială a politropei.....	43
2.6.2. Procesele termodinamice politrope pentru un gaz perfect (ideal).....	44
2.6.3. Procesele termodinamice politrope pentru un gaz Van der Waals.....	46

2.7. Principiul II al termodinamicii.....	47
2.7.1. Formularea primară.....	47
2.7.2. Transformări ciclice, biterme, reversibile. Teorema Carnot.....	48
2.7.3. Proprietățile funcției $f(T_1, T_2)$ și temperatura termodinamică.....	49
2.8. Randamentul ciclului Carnot.....	51
2.9. Egalitatea Clausius. Entropia.....	52
2.10. Principiul II al termodinamicii pentru transformări ireversibile.....	53
2.11. Termodinamica stărilor de echilibru a gazelor.....	55
2.11.1. Gazul perfect (ideal).....	55
2.11.2. Amestecuri de gaze perfecte (ideale).....	56
2.11.3. Gazul Van der Waals.....	57
2.12. Funcțiile termodinamice; ecuațiile caracteristice generale.....	60
2.12.1. Stări de echilibru. Legătura dintre ecuațiile termice și calorice de stare.....	60
2.12.2. Entropia.....	61
2.12.3. Energia liberă.....	62
2.12.4. Entalpia liberă.....	62
2.13. Procesele ireversibile.....	63
2.13.1. Creșterea entropiei.....	64
2.13.2. Scăderea energiei libere.....	64
2.13.3. Scăderea entalpiei libere.....	65
2.14. Dependența de masă a funcțiilor termodinamice. Potențialul chimic.....	65
2.15. Echilibrul între faze.....	68
2.15.1. Echilibrul stărilor de agregare ale unei substanțe.....	68
2.15.2. Ecuația Clausius-Clapeyron.....	70
2.15.3. Puncte triple.....	71
2.15.4. Tranziții de fază de ordinul doi.....	72
2.15.5. Relațiile Ehrenfest.....	74
2.16. Procese termodinamice în dielectricsi magnetici.....	74
2.16.1. Relații termodinamice în dielectricsi.....	74
2.16.2. Relații termodinamice în magnetici.....	80
2.17. Principiul III al termodinamicii.....	85
2.17.1. Limita $T \rightarrow 0$ K. Principiul III al termodinamicii.....	85
2.17.2. Consecințe ale principiului III al termodinamicii.....	86
2.18. Termodinamica proceselor ireversibile.....	88
2.18.1. Legile de conservare.....	88
2.18.2. Sursele de entropie.....	90
2.18.3. Relațiile Onsager.....	91
2.18.4. Aplicații la conducție.....	92
2.18.5. Efectele termoelectrice.....	93
Probleme.....	96
<b>3. ELEMENTE DE FIZICĂ STATISTICĂ.....</b>	<b>107</b>
3.1. Noțiuni fundamentale în fizica statistică.....	107
3.1.1. Probabilități. Relații elementare între probabilități.....	107
3.1.2. Distribuția binomială.....	108
3.1.3. Valori medii și dispersii.....	109
3.1.4. Distribuții continue de probabilitate.....	111
3.1.5. Alegerea optimă a constituenților microscopici ai sistemului.....	111
3.1.6. Ansamblul virtual de stări.....	112
3.1.7. Postulatul probabilităților apriori egale.....	114

3.2. Statisticile Gibbs ale sistemelor în interacție.....	115
3.2.1. Ansamblul microcanonic de stări.....	115
3.2.2. Ansamblul canonic de stări.....	122
3.2.3. Ansamblul macrocanonic de stări.....	132
Probleme.....	139
<b>4. OPTICĂ ONDULATORIE.....</b>	<b>144</b>
4.1. Teoria câmpului electromagnetic a lui Maxwell.....	144
4.1.1. Vectorii câmpului electromagnetic.....	144
4.1.2. Bazele experimentale ale teoriei câmpului electromagnetic.....	144
4.1.3. Ecuațiile Maxwell pentru câmpul electromagnetic.....	149
4.1.4. Forma integrală a ecuațiilor Maxwell.....	149
4.1.5. Forma diferențială a ecuațiilor Maxwell.....	150
4.1.6. Definiția vectorilor fundamentali ai câmpului electromagnetic $\vec{E}$ și $\vec{B}$ .....	152
4.1.7. Legile de material.....	153
4.1.8. Condițiile la limită.....	158
4.1.9. Proprietățile câmpurilor electromagnetice.....	161
4.1.10. Tipuri de câmpuri electromagnetice.....	161
4.1.11. Potențiale electromagnetice.....	163
4.1.12. Energia electromagnetică.....	166
4.2. Teoria electromagnetică a luminii.....	170
4.2.1. Propagarea undelor electromagnetice.....	171
4.2.2. Tipuri de unde electromagnetice.....	172
4.3. Tipuri de propagare.....	176
4.3.1. Structura unde electromagnetice.....	177
4.3.2. Transversalitatea intensităților câmpurilor electric și magnetic.....	178
4.4. Starea de polarizare a luminii.....	181
4.4.1. Bazele experimentale.....	181
4.4.2. Unda electromagnetică plană și armonică.....	181
4.4.3. Polarizarea eliptică.....	182
4.5. Interferența luminii.....	183
4.5.1. Coerența undelor luminoase.....	184
4.5.2. Monocromaticitatea.....	191
4.6. Difracția luminii.....	192
4.6.1. Difracția Fresnel.....	193
4.6.2. Difracția Fraunhofer (în lumină paralelă).....	196
Probleme.....	198
<b>5. MECANICĂ CUANTICĂ.....</b>	<b>206</b>
5.1. Radiația termică.....	206
5.1.1. Radiația termică și luminescența.....	206
5.1.2. Legile radiației termice.....	207
5.1.3. Formula Planck.....	214
5.2. Fenomene în care se manifestă structura corpusculară a radiației electromagnetice.....	217
5.2.1. Efectul fotoelectric.....	218
5.2.2. Efectul Compton.....	223
5.3. Cuantificare în sistemele atomice.....	226
5.3.1. Existența nucleului atomic. Experiența Rutherford asupra difuziei particulelor $\alpha$ .....	226
5.3.2. Nivele de energie ale electronilor din atomi.....	230

5.3.3. Teoria semiclassicală a atomului.....	238
5.3.4. Spinul electronului. Experiența Stern-Gerlach.....	240
5.3.5. Procesele de emisie și absorbție.....	244
5.4. Proprietăți ondulatorii ale microparticulelor. Caracterul universal al dualității undă-corpusul.....	246
5.4.1. Ipoteza de Broglie.....	246
5.4.2. Difrakția undelor asociate de Broglie.....	249
5.4.3. Interferența undelor asociate. Microscopul electronic.....	250
5.4.4. Caracterul universal al dualității undă-corpusul.....	251
5.5. Bazele matematice ale mecanicii cuantice.....	252
5.5.1. Vectori în spațiul Hilbert.....	251
5.5.2. Operatori în spațiul Hilbert.....	256
5.6. Postulatele mecanicii cuantice.....	259
5.6.1. Starea cuantică.....	260
5.6.2. Observabilele în mecanica cuantică.....	261
5.6.3. Teoria cuantică a măsurătorii.....	262
5.6.4. Evoluția în timp a stării cuantice.....	269
5.6.5. Mișcarea unidimensională a unei particule. Operatorii asociați observabilelor poziție și impuls.....	272
5.7. Metode folosite în mecanica cuantică pentru descrierea evoluției în timp a microsistemelor.....	275
5.7.1. Reprezentarea Schrödinger.....	275
5.7.2. Reprezentarea Heisenberg.....	275
5.7.3. Reprezentarea de interacție.....	276
5.8. Modele cuantice unidimensionale pentru rezolvarea ecuației cu vectori și valori proprii a operatorului energie (ecuația Schrödinger atemporală).....	277
5.8.1. Particula liberă.....	277
5.8.2. Particula legată.....	287
5.8.3. Oscilatorul armonic liniar.....	292
5.9. Teoria cuantică a momentului cinetic.....	297
5.9.1. Operatorii momentului cinetic.....	297
5.9.2. Vectorii proprii și valorile proprii ai operatorului $\hat{l}_z$ .....	299
5.9.3. Vectorii proprii și valorile proprii ai operatorului $\hat{l}^2$ .....	300
5.10. Mișcarea într-un câmp de forțe central.....	305
5.10.1. Ecuația Schrödinger în cazul mișcării într-un câmp de forțe central....	305
5.10.2. Vectorii și valorile proprii corespunzători operatorului energie pentru atomii hidrogenoizi.....	306
5.11. Atomul în câmp magnetic.....	311
5.11.1. Magnetoul Bohr-Procopiu.....	311
5.11.2. Nivelele energetice ale unei particule încărcată electric aflată în câmp magnetic.....	313
5.11.3. Efectul Zeeman normal.....	314
5.11.4. Spinul electronului.....	315
5.12. Atomul cu mai mulți electroni.....	317
5.12.1. Descrierea sistemelor fizice de particule identice.....	317
5.12.2. Postulatul mecanicii cuantice referitor la sistemele fizice formate din particule identice.....	318
5.12.3. Particule pentru care vectorul de stare este antisimetric (fermionii).....	319

5.12.4. Particule pentru care vectorul de stare este simetric (bosonii).....	319
5.12.5. Statisticile cuantice.....	320
5.12.6. Modelul vectorial al atomului.....	324
5.12.7. Cele patru numere cuantice și principiul de excluziune Pauli.....	324
5.12.8. Interacția spin-orbită.....	325
Probleme.....	328
<b>6. FIZICA CORPULUI SOLID.....</b>	<b>337</b>
6.1. Oscilațiile rețelei cristaline.....	337
6.1.1. Rețeaua cristalină. Indicii Miller.....	337
6.2. Studiul experimental al structurii cristaline.....	342
6.2.1. Difracția pe cristale.....	342
6.2.2. Studiul structurii cristaline prin difracție de raze X.....	343
6.2.3. Capacitatea calorică a cristalelor.....	346
6.3. Nivelele energetice ale electronilor în cristal.....	352
6.3.1. Teoria cuantică a electronilor liberi dintr-un metal.....	352
6.3.2. Benzile de energie dintr-un cristal.....	356
6.4. Proprietățile electrice ale corpului solid.....	365
6.4.1. Conductibilitatea electrică.....	365
6.4.2. Supraconducția.....	367
6.4.3. Efectul Josephson.....	371
6.5. Proprietățile magnetice ale corpului solid.....	374
6.5.1. Diamagnetismul și paramagnetismul.....	374
6.5.2. Feromagnetismul și antiferomagnetismul.....	375
6.5.3. Ferimagnetismul.....	377
6.6. Semiconductori.....	377
6.6.1. Noțiuni generale.....	377
6.6.2. Semiconductori intrinseci.....	377
6.6.3. Semiconductori extrinseci.....	380
Probleme.....	383
<b>7. LASERE. APLICAȚII ALE LASERELOR.....</b>	<b>387</b>
7.1. Principiul de funcționare.....	387
7.1.1. Inversia de populație.....	387
7.1.2. Condiția de prag.....	388
7.2. Ecuațiile generale ale ratelor ca ecuații de bilanț.....	390
7.2.1. Ecuațiile ratelor pentru un mod și un sistem atomic cu două nivele.....	390
7.2.2. Ecuațiile ratelor pentru un sistem atomic cu trei nivele.....	392
7.2.3. Ecuațiile ratelor pentru un sistem atomic cu patru nivele.....	395
7.3. Mecanisme de excitare a dispozitivelor laser.....	396
7.3.1. Excitarea prin ciocniri electronice.....	396
7.3.2. Excitarea prin transfer rezonant de excitație.....	397
7.3.3. Excitarea prin pompaj optic.....	398
7.3.4. Excitarea prin efect Penning.....	400
7.3.5. Mecanisme de realizare a inversiei de populație în semiconductori.....	400
7.4. Tipuri de lasere.....	403
7.4.1. Laserul cu He-Ne.....	403
7.4.2. Laserul cu sticlă dopată cu Nd.....	404
7.4.3. Diodele laser.....	405
7.4.4. Proprietățile radiației laser.....	407
7.5. Lasere integrate.....	411

7.5.1. Metode de producere a fibrelor.....	411
7.5.2. Metode de producere a ghidurilor optice de undă.....	416
7.5.3. Lasere și amplificatori laser integrați.....	421
7.6. Aplicații ale laserelor.....	433
7.6.1. Telecomunicații optice.....	433
7.6.2. Senzori optici.....	442
Probleme.....	448
<b>Bibliografie.....</b>	<b>451</b>