

PER ANAR AL MENÚ CORRESPONENT ALS
CAPÍTOLS, APÈNDIXS I ANOTACIONS DEL
LLIBRE, PREMEU L'ADREÇA SEGÜENT:
<http://www.xtec.cat/~amussons/fisica/menu.htm>

ÍNDEX

PRESENTACIÓ

EL RETORN DE VAT XAN

FÍSICA CLÀSSICA

1-FORMULISME LAGRANGIÀ

El principi de <i>Hamilton</i> o de mínima acció	7
Equacions d' <i>Euler-Lagrange</i>	8
L'homogeneïtat del temps: conservació de l'energia	10
L'homogeneïtat de l'espai: conservació de l'impuls	10
Isotropia de l'espai: conservació del moment angular	11
El teorema de <i>Noether</i>	12
Equacions de <i>Hamilton</i>	12
Tranformacions canòniques	13
Teorema de <i>Liouville</i>	13
Parèntesis de <i>Poisson</i> : equació de <i>Liouville</i>	14
Varietat fàsica simplèctica: grup simplèctic	15
L'equació de <i>Hamilton-Jacobi</i>	15

Cloenda: universalitat del formulisme <i>L-H</i>	16
Evolució de <i>Liouville</i> i irreversibilitat	16

2-RELATIVITAT ESPECIAL

El principi de relativitat	17
El grup de <i>Lorentz-Poincaré</i> i els seus subgrups	18
Les transformacions de <i>Lorentz</i>	20
Aplicacions de la transformació de <i>Lorentz</i>	21
La dilatació del temps	21
Paradoxa dels bessons	21
Paradoxa del temps de vida dels muons	22
Contracció de la longitud	22
Efecte <i>Doppler</i>	23
Aberració de la llum	24
Sobre les paradoxes relativistes	25
L'espai de <i>Minkowski</i> i els quaternions de <i>Hamilton</i>	26
Tipus d'interval: espacials, temporals i nuls	26
El con de llum. Línia d'univers	27
Quadrivelocitat i quadriacceleració	28
Sistema no inercial uniformement accelerat	29

3-MECÀNICA RELATIVISTA

Dinàmica d'una partícula lliure	31
El quadrivector energia-impuls	32
Sistema de partícules: energia d'enllaç	33
El quadritensor moment cinètic: centre de masses	34
Dinàmica de la partícula: geodèsiques	35
Mecànica newtoniana	35
El pèndol simple	36

Moviment planetari: lleis de <i>Kepler</i>	36
Teoria MOND	38
El problema de la irreversibilitat	39
Estabilitat de <i>Liapunov</i>	39
Teorema de <i>Poincaré</i>	39
Teorema KAM	39
Irreversibilitat	40

4-ELS CAMPS

Introducció	41
Les equacions dels camps	42
Densitat lagrangiana: simetries	44
Les translacions espaciotemporals: energia-impuls	45
El tensor energia-impuls	46
El camí cap als camps clàssics i quàntics	47

5-ELECTROMAGNETISME

Dinàmica de partícules en un camp electromagnètic	49
Teorema de les forces vives	51
Espectròmetre de masses	51
Tensor camp electromagnètic	51
Transformacions gauge	52
Les equacions del camp	53
El primer grup d'equacions de <i>Maxwell</i>	54
Lleis de <i>Faraday</i> i <i>Lenz</i>	54
El segon grup d'equacions de <i>Maxwell</i>	55
Densitat d'energia i vector de <i>Poynting</i>	56
El magnetisme i l'energia mecànica	56
Convertidor electromecànic d'energia	57

Forces magnètiques sobre els materials	57
Elecció del gauge: gauge de <i>Lorentz</i> i de <i>Coulomb</i>	58
El camp electrostàtic: equacions de <i>Poisson</i> i <i>Laplace</i>	59
Llei de <i>Coulomb</i>	60
Moments polars i magnètic	60
Precessió de <i>Larmor</i>	61
Ones electromagnètiques	62
Polarització circular, el·líptica i lineal	64
Propagació dels raigs de llum	65
Equació de l'iconal	66
Radiació <i>Cerenkov</i>	67
El camp creat per càrregues en moviment	67
Potencials de <i>Lienard-Wiechert</i>	68
Radiació sincrotró	68
Radiacions γ de curta durada (GRB)	68
Els problemes de l'electromagnetisme clàssic	69
Solucions autoaccelerades	69
Mecànica relativista predictiva	70
Una darrera reflexió	70

6- RELATIVITAT GENERAL

Introducció: principis d'inèrcia i d'equivalència	71
La teoria de la relativitat general	73
Les equacions del camp gravitatori (I)	77
Covariància i invariància difeomòrfica	79
Estructura de l'espai-temps: forats de cuc	80
Conceptes mètrics: longituds i sincronització	81
El desplaçament cap al vermell	85
Les equacions del camp (II)	86

El quasitensor energia-impuls	87
Energia del camp gravitatori	88
Ones gravitatòries: el gravitó	88
Simetries a l'espai-temps: vector de <i>Killing</i>	89
Màxima simetria	91
Simetria esfèrica	92
Espai homogeni i isòtrop	92
La simetria esfèrica: comprovacions experimentals	93
Radi de <i>Schwarzschild</i>	94
L'energia negativa del camp	96
El pont d' <i>Einstein-Rosen</i> i els forats de cuc	96
El col·lapse gravitatori: límit de <i>Chandrasekhar</i>	96
Forats negres: l'horitzó	98
Radiacions de <i>Penrose</i> i de <i>Hawking</i>	100
Termodinàmica dels forats negres	101
Paradoxa de la informació. Holografia	102
Cosmologia	103
Introducció	103
L'univers estacionari	103
La constant cosmològica i el buit	104
L'univers inflacionari	105
Tipus d'univers	106
Constant de <i>Hubble</i>	106
Paràmetre de desacceleració	106
Tipus d'univers: paràmetre Ω	107
Distàncies i horitzons	108
El desplaçament al vermell: llei de <i>Hubble</i>	109
Paradoxa d' <i>Olbers</i>	110
L'edat de l'univers	111

El model del Big Bang	111
Energia, longitud i temps de <i>Planck</i>	112
Les diferents eres	112
Problemes cosmològics	115
H_0 i l'edat de l'univers	115
L'acceleració de l'univers: supernoves Ia	116
La inflació: la planitud i l'horitzó	116
Teoria VSL: alternativa a la inflació	117
Energia del buit	117
El multivers. Túnel vermiformes	117
La matèria de l'univers	118
MACHO, WIMPS, CDM, HDM i el buit	118
Punts c-frontera: el punt Ω	119
Les singularitats: condició de no-contorn	119
La rugositat Q de l'univers	120
Els models alternatius d'univers	121
Univers de <i>Gödel</i>	121
Cosmologia de <i>Bianchi</i>	122
Cosmologia de <i>Brans-Dicke</i>	122
Cosmologia de <i>Dirac</i>	122
La precisió de l'univers: principi antròpic	122
Transformacions conformes	123
El tensor de <i>Weyl</i>	123
Efecte de marea	124
Problemes cosmològics	124

FÍSICA QUÀNTICA

7-FÍSICA QUÀNTICA

L'experiment de les dues esclatxes	125
L'experiment dels electrons polaritzats	129
El formulisme quàntic	130
Coherència. Operador densitat	131
Interferència de probabilitats	133
L'evolució	133
Imatges de <i>Schrödinger</i> , <i>Heisenberg</i> i <i>Tomonaga</i>	133
Dinàmica quàntica	134
Equació de <i>Schrödinger</i>	136
Teorema d' <i>Ehrenfest</i>	136
El principi d'incertesa	137
Constants de moviment: estat estacionari	138
El principi d'incertesa de l'energia	139
Simetries i degeneració	140
El moment angular	142
Aplicacions de l'equació de <i>Schrödinger</i>	143
Partícula lliure	143
Longitud d'ona de <i>de Broglie</i>	144
Microscopi electrònic	144
Paquet d'ones: velocitat de grup	144
Moviment unidimensional en un potencial	145
L'oscil·lador harmònic: fonons	145
L'àtom d'hidrogen	147
Estudis pertorbatius: efectes <i>Stark</i> i <i>Zeeman</i>	148

La suma sobre històries: teories efectives	149
Sobre les paradoxes quàntiques	150
L'equació de <i>Klein-Gordon</i>	152
L'equació de <i>Dirac</i> : espín i moment magnètic	154
Espai fibrat	157
L'àtom d'hidrogen	157
Efecte <i>Lamb</i> i estructura hiperfina	157
Variació de la constant d'estructura fina	157
Els nivells energètics	158
El làser	158
Relotges atòmics. Trampa d'àtoms.	160
RMN	160
Enllaç molecular: CLOA	161
Bandes d'energia	161
Conductors i aïllants	161
Semiconductors	161
Superconductivitat	162
Teoria <i>BCS</i>	162
Efecte <i>Meissner</i>	162
Superconductors tipus I i II	163
Covariància de l'equació de <i>Dirac</i>	163
Rotacions espacials: àlgebra de <i>Clifford</i>	164
Inversió espacial	165
Inversió temporal	166
Solucions de l'equació de <i>Dirac</i>	167
El neutrí i les partícules amb massa nul·la	168
La paradoxa EPR i les desigualtats de <i>Bell</i>	170
La superació de la velocitat c	173
Ordinadors: la computació quàntica	174

Encriptació: efecte simfònic	176
Teorema de no-clonació	176
La pèrdua de la coherència quàntica	176
La vida. Efecte <i>Zenó</i> invers	177
Teletransport quàntic: estats de <i>Bell</i>	177
El significat de la física quàntica	179
Interpretacions de la física quàntica	182
Teoria de <i>Wigner</i>	183
Teoria d' <i>Everett</i> : els molts mons	183
Teoria de <i>Bohm</i>	184
Teoria de <i>Wheeler</i> : superespai	184
Visió de <i>Pauli</i>	184
DIAU	185
Teories <i>GRW</i>	185
Noves perspectives de la física quàntica:	185
Històries de <i>Griffiths</i>	186
Anàlisi microlocal i càlcul pseudodiferencial	186
Unió de <i>Josephson</i> : SQUID	188
Fullerens	189

8-ELS CAMPS QUÀNTICS

L'espai de <i>Fock</i> : fermions i bosons	191
La segona quantificació	192
Invariàncies de L per translacions espaciotemporals	194
Invariàncies de L per rotacions de <i>Lorentz</i>	194
Invariàncies gauge: càrrega i densitat de corrent	195
El camp real de <i>Klein-Gordon</i>	196
El camp complex de <i>Klein-Gordon</i>	199
El camp de <i>Dirac</i>	200

Relació espín-estadística	203
El camp de <i>Maxwell</i> : polaritzacions	204
Interaccions: els camps gauge	207
L'operador S	209
Mètodes pertorbatius: diagrames de <i>Feynman</i>	210
Propagadors	211
Teorema de <i>Wick</i> . Efectes <i>Compton</i> i <i>Raman</i>	212
Constant d'estructura	214
Qüestions entorn de l'EDQ	214
Introducció de camps clàssics	216
Efecte <i>Aharonov-Bohm</i>	217
Espai fibrat i connexió gauge	217
Monopols magnètics	218
Fluctuacions del buit: energia negativa	218
Efectes <i>Casimir</i> , <i>Hawking</i> i <i>Unruh</i>	219
Gravitació i inèrcia. Efecte <i>Scharnhorst</i>	219
Teorema CPT	220
La renormalització	221
Regularització de tall	221
Regularització dimensional	222
Regularització reticular	222
Polarització del buit	223
El moment magnètic anòmal	224
Efecte <i>Lamb</i>	224
Estudis no pertorbatius: teories reticulars i efectives	224
Es pot viatjar des del futur?	225
Partícules o camps?	226

PARTÍCULES-INTERACCIONS

9-PARTÍCULES

Les quatre interaccions	227
Anomalies	229
Bosons d'intercanvi. Famílies fermiòniques	229
Technicolor	234
Ressonàncies	226
La història del descobriment de les partícules	236
Els multiplets de SU(2)	240
El grup SU(3)	245
Què és una partícula?	253
L'estructura hadrònica	253
El moment magnètic anòmal dels n/p	254
La paradoxa de les partícules estranyes	254
Els diferents kaons	255
Les diferents velocitats de reacció	255
La desintegració del neutró	256
Les masses dels hadrons i l'espín	256
Fórmula de <i>Gell-Mann/Okubo</i>	257
Composició hadrònica i color	258

10-TEORIES GAUGE

Introducció	259
Unificació electrofeble	260
Càrrega d'isoespín i hipercàrrega	262
Ruptura espontània de simetria: mecanisme de <i>Higgs</i>	268
Les masses fermiòniques	271

Matriu de <i>Kobayashi-Maskawa</i>	271
Angle de <i>Cabibbo</i>	271
Oscil·lacions dels neutrins: ressonància <i>MSW</i>	272
El problema dels paràmetres	272
Cromodinàmica quàntica: càrrega de color	273
L'axió	277
Interaccions versus estats estacionaris	277
Teories reticulars i efectives. "HQET".	278

11-UNIFICACIÓ

El model estàndard i les seves limitacions	279
El problema de la jerarquia	280
Les diferents ruptures de simetria	280
La Gran Unificació "GUT"	281
La desintegració del protó	284
Els monopols magnètics	285
La gravitació semiquàntica: les tètrades	286
Radiació de <i>Hawking</i>	290
La Supersimetria i la Supergravetat	291
Àlgebra graduada de <i>Grassmann</i>	291
Spartícules	292
La compactació de l'espai: teoria de <i>Kaluza-Klein</i>	294
Les supercordes i la teoria M: dualitat	296
Cap a la gravitació quàntica: cordes, loopy (variació de la velocitat de la llum), twistors, C*-àlgebra no commutativa de <i>Banach</i> , topos	305

12-BALADES FÍSiques

Tot recordant <i>Wordsworth</i>	309
---------------------------------	-----

Sobre el reduccionisme	310
L'essència de l'univers	312
El perquè del nostre univers	312
Sobre el llenguatge matemàtic	314
Pels camins d'Eleusis	316
El problema dels neutrins solars	317
L'acceleració de l'univers	317
La constant cosmològica	317
La cinquena essència	318
Dimensions addicionals	318
Nova expressió de la força gravitatòria	319
Fugida de gravitons	319
Camí de Vat Xan	321
El retorn a Vat Xan	324

APÈNDIXS

1-GEOMETRIA

Introducció	327
Tensors	328
Tensor mètric	329
Tensor de <i>Levi-Civita</i> : tensor dual d'un tensor	330
Espai dual	330
Producte tensorial	331
Àlgebra exterior	331
Àlgebra graduada de <i>Grassmann</i>	332
Diferencial exterior	332
Espais puntuals afins euclidians	332
Sistema natural	333
Diferencial absoluta d'un tensor	334
Transport paral·lel i connexió	334
Derivada covariant i símbols de <i>Christoffel</i>	335
Vector acceleració	336
Operadors diferencials	336
Espais de <i>Riemann</i>	337
Tensor de torsió	338
Connexió riemanniana: geodèsiques	338
Curvatura d'un espai de <i>Riemann</i>	339
Derivada de <i>Lie</i>	339
Identitats de <i>Bianchi</i>	339
Tensor d' <i>Einstein</i>	340
Espais topològics	341
Conceptes bàsics	341

Teorema fonamental del càlcul exterior	341
Topologia algèbrica	342
Camins: Homotopia	343
M-símplex: homologia i cohomologia	344

2-ESPAIS DE HILBERT

Espai prehilbertià	345
Operadors lineals	346
Vectors i valors propis d'un operador lineal	347
Espai de <i>Hilbert</i> : espai de <i>Banach</i>	348
La funció delta de <i>Dirac</i>	349
Conjunt complet de vectors	350
Teoremes sobre conjunts complets de vectors	351
Espectre continu Q-P	353
Transformacions	353
Sobre la nomenclatura quàntica	354

3-GRUPS DE LIE

Grups	355
Translacions espacials	356
Translacions temporals	357
Rotacions espacials	358
Grups de <i>Lie</i>	360
Representacions de grups	364
L'estudi de les representacions	367
Noves representacions: coeficients de <i>Clebsch-G.</i>	367
Representacions de grups de <i>Lie</i>	369
Els grups $U(1)$, $SU(2)$, $SO(3)$, $SU(3)$ i $SL(2,C)$	370
El grup $SO(3)$	372

4-TEOREMES DE GÖDEL I COMPUTABILITAT

Els teoremes de <i>Gödel</i> . Teorema de <i>Tarski</i>	375
Computabilitat i màquines de <i>Turing</i>	376
IA: lògica difusa	378

5-TERMODINÀMICA

Els principis de la termodinàmica	381
El dimoni de <i>Maxwell</i>	384
Física estadística	388
Termodinàmica de l'univers: neutrins desacoblats	393
Irreversibilitat termodinàmica	397
Sistemes a prop de l'equilibri: Rel. d' <i>Onsanger</i>	397
Sistemes lluny de l'equilibri: bifurcacions	398
Intercanvi d'informació	398
Caos determinista	399
Fractals i atractors estranys	399
Ergodicitat i recurrència de <i>Poincaré</i>	401
Les fletxes del temps	401
La informació i l'entropia: neguentropia	401

6-INFORMACIÓ

La teoria de la informació: teoremes de <i>Shannon</i>	403
Complexitat: profunditat i cripticitat	407
Teoremes de <i>Landauer</i> i <i>Bennett</i>	408
Els processos de <i>Markov</i>	408
Col·lectivitats de <i>Boltzmann</i> i de <i>Gibbs</i>	409

7-ASTRONOMIA

L'univers	411
Mesures de les distàncies	411
Candeles estàndard: cefeides i supernoves Ia	412
Mètodes de <i>Tully-Fisher</i> i <i>Faber-Jackson</i>	412
Lents gravitacionals i creu d' <i>Einstein</i>	412
Galàxies: classificació	412
Cúmuls i supercúmuls	412
Grup Local	413
La Via Làctia: nucli, bulb, disc i halo	414
Cúmuls oberts i globulars	414
Nebuloses	414
Fosques	414
De reflexió	414
Brillants	414
Difuses, planetàries, de supernova	414
Els braços del disc galàctic	415
Lluminositat dels estels: llei de <i>Pogson</i>	415
Diagrama <i>H-P</i>	416
Classificació i evolució dels estels	417
Protoestels: nans marrons	418
Cicles protó-protó i de <i>Bethe</i>	418
Flaix d'heli i procés triple-alfa	419
Gegants vermells i nebuloses planetàries	419
Nans blancs i negres	420
Supernoves gravitacionals	420
Estels de neutrons: púlsars (LGM)	420
Forats negres	420
Estels binaris: supernoves i noves	421

Supernoves I i II	422
Estels variables	422
Constel·lacions	423
L'evolució de les agrupacions d'estels	433
El sistema solar	433
El Sol. Vent solar versus raigs còsmics.	434
La Terra: estructura i magnetisme	435
Dia sideri i dia solar	437
Calendaris: els diferents anys	438
Coordenades celestes	439
La Lluna	440
Els planetes: conjunció i oposició	443
Mercuri	445
Venus	445
Mart: moviment retrògrad	446
Júpiter	447
Saturn	448
Urà	449
Neptú	449
Plutó	450
Els asteroides	451
El núvol cometari d'Oort: pluges d'estels	450

REFERÈNCIES	453
-------------	-----

ÍNDIX	455
-------	-----

ANOTACIONES

ANOTACIONES