

A Feynman-előadások fizikából

A Feynman-előadások fizikából

Richard P. Feynman
Robert B. Leighton
Matthew Sands



IV. kötet


TYPOTEX

A könyv megjelenését támogatta:
a Magyar Tudományos Akadémia és
a Nemzeti Kulturális Alap a kiadói program keretében.



A frissített magyar kiadás alapjául szolgált:
The Feynman Lectures on Physics
Copyright © 1965, 2006, 2010 by California Institute of Technology,
Michael A. Gottlieb, and Rudolf Pfeiffer

This edition published by arrangement with Basic Books,
an imprint of Perseus Books, LLC,
a subsidiary of Hachette Book Group Inc., New York, New York, USA.
All rights reserved.

Hungarian translation © Benkő Lázár, Nagy Elemér,
T. Pósch Margit, Telbisz Ferenc, Vesztergombi György,
Typotex, Budapest, 2021
Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

Szakmailag lektorálta: Patkós András

ISBN 978 963 493 124 9

Kedves Olvasó!
Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!
Újabb kiadványainkról és akcióinkról
a www.typotex.hu és a facebook.com/typotexkiado
oldalakon értesülhet.

Typotex Kiadó
Alapította Votisky Zsuzsa, 1989
A kiadó az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók
és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
Felelős kiadó: Németh Kinga
Főszerkesztő: Horváth Balázs
A kötetet gondozta: Gerner József
Borítóterv: Somogyi Péter
Készült a Séd Kft.-ben, Szekszárdon
Felelős vezető: Dránovits Anna

Tartalom

77. Elektrodinamika relativisztikus jelölésmódban	9
77.1. Négyesvektorok	9
77.2. A skalárszorzat	12
77.3. A négydimenziós gradiens	16
77.4. Elektrodinamika négydimenziós jelölésmódban	19
77.5. Mozgó töltés négyespotenciálja	21
77.6. Az elektrodinamika egyenleteinek invarianciája	23
78. A térerősségek Lorentz-transzformációja	26
78.1. Mozgó töltés négyespotenciálja	26
78.2. Állandó sebességgel haladó ponttöltés tere	29
78.3. A térerősségek relativisztikus transzformációja	34
78.4. A mozgásegyenletek relativisztikus jelölésmódban	43
79. Térenergia és térimpulzus	49
79.1. Lokális megmaradás	49
79.2. Energiamegmaradás és elektromágnesesség	51
79.3. Energiasűrűség és energiaáramlás az elektromágneses térben	53
79.4. A térenergia egyértelműségéről	57
79.5. Példák energiaáramokra	58
79.6. A térimpulzus	64
80. Elektromágneses tömeg	70
80.1. A ponttöltés térenergiaja	70
80.2. Mozgó töltés térimpulzusa	71
80.3. Elektromágneses tömeg	73
80.4. Az elektron által önmagára kifejtett erő	75
80.5. Kísérletek Maxwell elméletének módosítására	78
80.6. Magerőtér	90
81. Töltések mozgása elektromos és mágneses terekben	93
81.1. Mozgás homogén elektromos vagy mágneses térben	93
81.2. Impulzusmérés	94
81.3. Elektrosztatikus lencse	97

81.4.	Mágneses lencse	98
81.5.	Az elektronmikroszkóp	99
81.6.	A részecskegyorsítók pályastabilizáló terei	101
81.7.	Fókuszálás váltakozó gradiensű terekkel	105
81.8.	Mozgás a keresztezett elektromos és mágneses térben	109
82.	A kristályok belső geometriája	111
82.1.	A kristályok belső geometriája	111
82.2.	Kémiai kötés a kristályokban	114
82.3.	A kristályok növekedése	116
82.4.	A kristályrácsok	117
82.5.	Kétdimenziós szimmetriák	119
82.6.	Háromdimenziós szimmetriák	123
82.7.	A fémek szilárdsága	126
82.8.	Diszlokációk és a kristálynövekedés	129
82.9.	A Bragg–Nye-féle kristálymodell	130
83.	A tenzorok	152
83.1.	A polarizációs tenzor	152
83.2.	A tenzorkomponensek transzformálása	155
83.3.	Az energiaellipszoid	157
83.4.	Egyéb tenzorok; a tehetetlenségi tenzor	162
83.5.	A vektoriális szorzat	165
83.6.	A feszültségtenzor	166
83.7.	Magasabb rendű tenzorok	172
83.8.	Az elektromágneses impulzus négyestenzora	173
84.	Sűrű anyagok törésmutatója	177
84.1.	Az anyag polarizációja	177
84.2.	Maxwell-egyenletek dielektrikumra	180
84.3.	Hullámok a dielektrikumban	182
84.4.	A komplex törésmutató	186
84.5.	A keverék törésmutatója	188
84.6.	Hullámok fémekben	190
84.7.	Kis- és nagyfrekvenciás közelítés	191
85.	Visszaverődés felületekről	197
85.1.	A fény visszaverődése és törése	197
85.2.	Hullámok sűrű közegben	198
85.3.	A határfeltételek	202

85.4.	A visszavert és az áteresztett hullám	208
85.5.	Fényhullám visszaverődése fémekekről	213
85.6.	A teljes visszaverődés	215
86.	Az anyag mágneseessége	218
86.1.	Dia- és paramágneseesség	218
86.2.	A mágnesees és az impulzummomentumok (perdületek)	221
86.3.	Az atomi mágneseek precessziója	223
86.4.	Diamágneseesség	225
86.5.	A Larmor-tétel	227
86.6.	Klasszikusan nincs sem dia-, sem paramágneseesség	229
86.7.	Impulzummomentum a kvantummechanikában	230
86.8.	Az atomok mágnesees energiája	234
87.	Paramágneseesség és mágnesees rezonancia	237
87.1.	Kvantált mágnesees állapotok	237
87.2.	A Stern–Gerlach-kísérlet	239
87.3.	A Rabi-féle molekulanyaláb-módszer	242
87.4.	Az anyagok paramágneseessége	247
87.5.	Hűtés adiabatikus lemágneseezéssel	251
87.6.	Mágnesees magrezonancia	253
88.	Ferromágneseesség	258
88.1.	Mágneseezési áramok	258
88.2.	A H mágnesees tér	266
88.3.	A mágneseezési görbe	268
88.4.	Vasmagos tekercsek	272
88.5.	Elektromágneseek	275
88.6.	Spontán mágneseezettség	278
89.	Mágnesees anyagok	286
89.1.	Mi a ferromágneseesség?	286
89.2.	Termodinamikai tulajdonságok	292
89.3.	A hiszterézisgörbe	295
89.4.	Ferromágnesees anyagok	303
89.5.	Különleges mágnesees anyagok	305
90.	A rugalmasság	311
90.1.	A Hooke-törvény	311
90.2.	Homogén feszültségek	314

90.3.	Csavart rúd; nyíróhullámok	320
90.4.	A hajlítás	324
90.5.	A kihajlás	329
91.	Rugalmas anyagok	333
91.1.	A nyúlási tenzor	333
91.2.	A rugalmassági tenzor	337
91.3.	Mozgások a rugalmas testben	341
91.4.	Rugalmatlan viselkedés	346
91.5.	A rugalmassági állandók kiszámítása	348
92.	A „száraz víz” áramlása	355
92.1.	Hidrosztatika	355
92.2.	Mozgásegyenletek	358
92.3.	Stacionárius áramlás. Bernoulli-törvény	363
92.4.	A cirkuláció	370
92.5.	Az örvényvonalak	373
93.	A „nedves víz” áramlása	378
93.1.	A viszkozitás	378
93.2.	A viszkózus áramlás	383
93.3.	A Reynolds-szám	385
93.4.	Henger körül kialakuló áramlás	388
93.5.	Az áramlás határesetete: a nulla viszkozitás	392
93.6.	A Couette-áramlás	393
94.	A görbült tér	398
94.1.	Kétdimenziós görbült terek	398
94.2.	Görbület háromdimenziós térben	408
94.3.	A mi terünk görbült	410
94.4.	Geometria a téridőben	412
94.5.	A gravitáció és az ekvivalenciaelv	413
94.6.	Az órák járása gravitációs térben	415
94.7.	A téridő görbülete	420
94.8.	Mozgás görbült téridőben	420
94.9.	Einstein gravitációelmélete	424
	Név- és tárgymutató	427
	A kötetben bevezetett jelölések	431