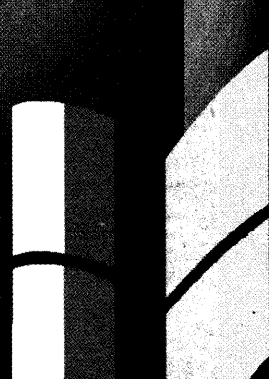


Alvin Hudson  
Occidental College

Rex Nelson  
Occidental College

**ÚTBAN A MODERN  
FIZIKÁHOZ**



# TARTALOM

## I. FEJEZET

BEVEZETÉS .....	1
1.1 A fizika.....	1
1.2 A fizika tárgya.....	1
1.3 Elmélet és megfigyelés.....	3
1.4 Miért szükséges a matematika?.....	4
1.5 Hogyan használjuk ezt a könyvet?.....	5

## II. FEJEZET

EGYENESVONALÚ MOZGÁSOK .....	7
2.1 Bevezetés.....	7
2.2 Tér és idő mérése.....	7
2.3 Mértékegységek átszámítása .....	11
2.4 Koordinátarendszerek és vonatkoztatási rendszerek .....	13
2.5 Hely, elmozdulás, sebesség és sebességvektor.....	14
2.6 A gyorsulás.....	19
2.7 Az egyenesvonalú egyenletesen gyorsuló mozgás kinematikai egyenletei.....	20
2.8 A kinematikai egyenletek levezetése differenciálszámítással .....	24
2.9 Az elmozdulás, sebesség és gyorsulás közötti összefüggés grafikus értelmezése.....	28
2.10 A dimenzióanalízis .....	28
2.11 Példák – magyarázattal.....	29

## III. FEJEZET

### SÍKBELI ÉS TÉRBELI MOZGÁS

3.1 Bevezetés.....	41
3.2 Kétdimenziós koordinátarendszerek és a helyzetvektor.....	41
3.3 A $\Delta r$ elmozdulásvektor.....	43
3.4 Vektorok összeadása és kivonása .....	44
3.5 Térbeli vektorok .....	48
3.6 A sík- és térbeli mozgás sebessége és gyorsulása .....	50
3.7 Hajítások.....	54

## IV. FEJEZET

KÖRMOZGÁS .....	65
4.1 Bevezetés.....	65
4.2 Síkbeli polárkoordináták .....	65
4.3 A körmozgás sebessége és gyorsulása.....	66
4.4 Általános görbe vonalú mozgás .....	70

## V. FEJEZET

A NEWTON-FÉLE MOZGÁSTÖRVÉNYEK.....	75
5.1 Bevezetés.....	75
5.2 Megfigyelések és kísérletek a pontszerű részecskék mozgására vonatkozóan.....	76
5.3 A kísérleti eredmények elemzése .....	80
5.4 Az impulzus.....	82
5.5. Newton második törvénye.....	83
5.6 Tömeg és súly.....	84
5.7 Newton második törvényének alkalmazása.....	86
5.8 Húzó- és nyomóerő .....	89
5.9 Súrlódás.....	93
5.10 Newton harmadik törvénye .....	99
Távlatok.....	115

## VI. FEJEZET

MUNKA, ENERGIA, TELJESÍTMÉNY .....	117
6.1 Bevezetés.....	117
6.2 A munka .....	118

6.3	Változó erő munkája .....	122
6.4	A kinetikus energia és a munkatétel .....	126
6.5	A helyzeti (potenciális) energia .....	132
6.6	A súrlódási erő és a súrlódási hő .....	134
6.7	A munkatétel átfogalmazása .....	136
6.8	Belső energiaforrások .....	140
6.9	A teljesítmény .....	142
6.10	A hatások .....	144
6.11	Erőátvitel .....	147
<b>VII. FEJEZET</b>		
KONZERVATÍV ERŐK ÉS AZ ENERGIAMEGMARADÁS .....		159
7.1	Bevezetés .....	159
7.2	Konzervatív erők .....	160
7.3	Nem-konzervatív erők .....	162
7.4	Konzervatív erők és a potenciális energia .....	162
7.5	A mechanikai energia megmaradása .....	164
7.6	Energiadiagramok .....	169
7.7	Az energiamegmaradás súrlódásos rendszerekben .....	173
<b>VIII. FEJEZET</b>		
AZ IMPULZUSMEGMARADÁS .....		183
8.1	Bevezetés .....	183
8.2	Az impulzusmegmaradás .....	183
8.3	Az erőimpulzus .....	188
8.4	Folytonosan változó impulzus .....	190
8.5	A rakétamozgás .....	193
<b>IX. FEJEZET</b>		
ÜTKÖZÉSEK .....		203
9.1	Bevezetés .....	203
9.2	Rugalmas és rugalmatlan ütközések .....	204
9.3	A tömegközéppont és a tömegközéppont tétel .....	209
9.4	A relatív sebességek meghatározása geometriai módszerrel .....	212
9.5	Pontrendszer impulzusa és mozgási energiája .....	215
9.6	Ütközések leírása tömegközépponthez rögzített koordináta-rendszerben .....	218
Távlatok .....		228
<b>X. FEJEZET</b>		
FORGATÓNYOMATÉK ÉS FORGÁSI EGYENSÚLY .....		229
10.1	Bevezetés .....	229
10.2	A forgatónyomaték .....	230
10.3	A forgatónyomaték-vektor .....	232
10.4	A súlypont és a tömegközéppont .....	235
10.5	Egyensúly .....	241
10.6	Merev testek statikai egyensúlyban .....	242
<b>XI. FEJEZET</b>		
A MEREV TEST FORGÓ MOZGÁSÁNAK KINEMATIKÁJA .....		257
11.1	Bevezetés .....	257
11.2	A forgás kinematikai leírása .....	257
11.3	A forgó mozgásra vonatkozó kinematikai összefüggések .....	259
11.4	Gördülés (csúszás nélkül) .....	264
<b>XII. FEJEZET</b>		
A FORGÓ MOZGÁS DINAMIKÁJA I (FORGÁS RÖGZÍTETT TENGELEK KÖRÜL) .....		269
12.1	Bevezetés .....	269
12.2	A tehetetlenségi nyomaték .....	269
12.3	Folytonos tömegeloszlású testek tehetetlenségi nyomatékának meghatározása .....	271
12.4	Az inerciasugár .....	273
12.5	Az impulzusmomentum (perdület) .....	274
12.6	Rögzített szimmetriatengelye körül forgó merev test mozgása .....	276
12.7	A forgó mozgás alapegyenlete .....	277
12.8	Az impulzusmomentum (perdület) megmaradása .....	282
12.9	A forgó testen végzett munka és a forgási energia .....	286
12.10	Dinamikai kiegyensúlyozatlanság .....	289

**XIII. FEJEZET**

A FORGÓ MOZGÁS DINAMIKÁJA II (FORGÁS MOZGÓ TENGE LY KÖRÜL) .....	299
13.1 Bevezetés.....	299
13.2 Testek általános mozgása .....	299
13.3 Felületen való gördülés .....	300
13.4 A párhuzamos tengelyek tétele (Steiner tétel).....	304
13.5 Térbeli általános mozgás .....	307
13.6 A pörgettyű.....	311

**XIV. FEJEZET**

A MOZGÁS LEÍRÁSA GYORSULÓ KOORDINÁTARENDSZERBEN, TEHETETLENSÉGI ERŐK .....	321
14.1 Bevezetés.....	321
14.2 Fiktív erők .....	322
14.3 Egyenesvonalú gyorsuló koordinátarendszerek .....	322
14.4 Forgó koordinátarendszerek .....	327
14.5 A centrifugális erő és a Coriolis erő .....	328
14.6 Megjegyzések.....	334

**XV. FEJEZET**

REZGÉSEK .....	343
15.1 Bevezetés.....	343
15.2 Egyszerű harmonikus rezgő mozgás .....	344
15.3 A harmonikus rezgő mozgás és az egyenletes körmozgás kapcsolata .....	350
15.4 A harmonikus rezgő mozgás energiaviszonyai .....	352
15.5 A fonálinga.....	355
15.6 A torziós inga .....	357
15.7 A fizikai inga.....	358
15.8 A rezonancia.....	361
15.9 Az anyag rugalmas tulajdonságai .....	369

**XVI. FEJEZET**

A GRAVITÁCIÓ .....	375
16.1 Bevezetés.....	375
16.2 A Kepler törvények .....	376
16.3 Newton tömegvonzási törvénye .....	377
16.4 Pontszerű és kiterjedt test között fellépő gravitációs erők.....	380
16.5 A gravitációs mező.....	386
16.6 A gravitációs potenciális energia.....	389
16.7 A szökési sebesség és a kötési energia .....	390
16.8 A mesterséges holdak mozgásának energiaviszonyai .....	392

**XVII. FEJEZET**

FOLYADÉKOK .....	401
17.1 Bevezetés.....	401
17.2 A sűrűség.....	402
17.3 A nyomás.....	403
17.4 Pascal törvénye és az Arkhimédész törvény.....	406
17.5 Folyadékok áramlása .....	409
17.6 A Bernoulli törvény.....	411
17.7 Példák a Bernoulli effektusra .....	414

**XVIII. FEJEZET**

HULLÁMMOZGÁS .....	423
18.1 Bevezetés.....	423
18.2 A hullámegyenlet .....	425
18.3 A hullámegyenlet általános megoldása .....	427
18.4 A hullámegyenlet megoldása egy speciális esetben .....	429
18.5 A hullám terjedési sebessége.....	430
18.6 Síkbeli és térbeli hullámok .....	432
18.7 A hullámmozgás energiaviszonyai.....	436
18.8 Hullámok visszaverődése .....	438
18.9 A szuperpozíció elve, állóhullámok .....	439
18.10 A Doppler jelenség.....	442
18.11 A lökéshullámok .....	444
18.12 A lebegés .....	444

**XIX. FEJEZET**

HÖMENNYISÉG ÉS HŐMÉRSÉKLET.....	453
19.1 Bevezetés.....	453
19.2 A hőmérséklet .....	453
19.3 Hőtágulás.....	456
19.4 A hőmenyiség.....	460
19.5 Hőfelvétel és fázisátalakulás .....	462
19.6 Hővezetés .....	468
19.7 Hőterjedés áramlással .....	469
19.8 Hőterjedés sugárzással.....	471
19.9 Az állandó térfogatú gázhőmérő .....	476

**XX. FEJEZET**

AZ IDEÁLIS GÁZ ÉS A KINETIKUS GÁZELMÉLET.....	483
20.1 Bevezetés.....	483
20.2 Az ideális gáz .....	484
20.3 Az ideális gázmodell .....	491

**XXI. FEJEZET**

A TERMODINAMIKA ELSŐ FŐTÉTELE.....	503
21.1 Bevezetés.....	503
21.2 Alapfogalmak .....	503
21.3 A hő, az energia, a munka és az első főtétel.....	505
21.4 Reverzibilis és irreverzibilis folyamatok .....	508
21.5 Speciális folyamatok és mólhőik .....	509
21.6 Szabadsági fokok és az ekvipartíció tétele .....	520
21.7 Vezérfonal egy helyes elmélet megalapozásához .....	525
21.8 Szilárd testek fajlagos hőkapacitása .....	526

**XXII. FEJEZET**

A TERMODINAMIKA MÁSODIK FŐTÉTELE .....	529
22.1. Bevezetés.....	529
22.2 A második főtétel .....	530
22.3. A Carnot körfolyamat.....	531
22.4 Hőerőgépek hatásfoka .....	534
22.5 Néhány hőerőgép típus.....	537
22.6 Az elérhető legnagyobb hatásfok – a Carnot körfolyamat hatásfoka .....	540
22.7 A Kelvin-féle abszolút hőmérsékleti skála .....	541
22.8 A termodinamika harmadik főtétele.....	542

**XXIII. FEJEZET**

AZ ENTRÓPIA.....	547
23.1 Bevezetés.....	547
23.2 Entrópia makroszkópikus szempontból .....	548
23.3 Entrópia vizsgálata mikroszkópikus szempontból .....	552
23.4 Az entrópia és a második főtétel .....	554
23.5. Az entrópia és a nem felhasználható energia.....	557
23.6 Entrópia és információ .....	561
23.7 Örökmozgók.....	561

**XXIV. FEJEZET**

A COULOMB TÖRVÉNY ÉS AZ ELEKTROMOS ERŐTÉR .....	567
24.1 Bevezetés.....	567
24.2 Elektrosztatikus erők .....	568
24.3 Vezetők és szigetelők .....	570
24.4 A Coulomb törvény .....	571
24.5 Az elektromos erőter .....	575
24.6 Az elektromos dipólus.....	578
24.7 Folytonos töltéeloszlások által létrehozott elektromos erőterek .....	583

**XXV. FEJEZET**

GAUSS TÖRVÉNYE .....	595
25.1 Bevezetés.....	595
25.2 Az elektromos fluxus.....	595
25.3 A Gauss törvény .....	598
25.4 A Gauss törvény és az elektromos vezetők .....	606

**XXVI. FEJEZET**

AZ ELEKTROMOS POTENCIÁL.....	613
26.1 Bevezetés.....	613
26.2 Az elektromos potenciál.....	613
26.3 A V potenciál gradiense.....	625
26.4 Ekvipotenciális felületek.....	627

**XXVII. FEJEZET**

KONDEZÁTOR ÉS AZ ELEKTROMOS ERŐTÉR ENERGÁJA.....	635
27.1 Bevezetés.....	635
27.2 A kapacitás fogalma.....	635
27.3 Kondenzátorok kapcsolása.....	640
27.4 Dielektrikumok.....	642
27.5 A kondenzátor energiája.....	645
27.6 Az elektromos erőter energiája.....	648

**XXVIII. FEJEZET**

AZ ELEKTROMOS ÁRAM ÉS AZ ELLENÁLLÁS.....	655
28.1 Bevezetés.....	655
28.2 Az E elektromotoros erő.....	655
28.3 Az elektromos áram.....	657
28.4 Az elektromos ellenállás.....	660
28.5 Az Ohm törvény.....	662
28.6 A Joule törvény.....	663
28.7 Az áramsűrűség és a vezetőképesség.....	666

**XXIX. FEJEZET**

EGYENÁRAMÚ ÁRAMKÖRÖK.....	675
29.1 Bevezetés.....	675
29.2 Sorosan és párhuzamosan kapcsolt ellenállások.....	675
29.3 Sokhúrú áramkörök és a Kirchhoff törvények.....	678
29.4 A szuperpozíció elve.....	680
29.5 Alkalmazások.....	684
29.6 Az RC-körök.....	690

**XXX. FEJEZET**

A MÁGNESES ERŐTÉR.....	705
30.1 Bevezetés.....	705
30.2 A mágneses erőter.....	705
30.3 Töltött részecskék mozgása mágneses erőterben.....	707
30.4 A Lorentz-erő.....	712
30.5 A mágneses térben levő áramvezetőre ható erő.....	713
30.6 Mágneses dipólusok.....	715
30.7 Alkalmazások.....	718
30.8 A $\Phi_B$ mágneses fluxus.....	724
30.9 Néhány megjegyzés a mértékegységekről.....	725

**XXXI. FEJEZET**

A MÁGNESES ERŐTÉR FORRÁSA.....	733
31.1 Bevezetés.....	733
31.2 A Biot-Savart törvény.....	733
31.3 Az Ampère törvény.....	738

**XXXII. FEJEZET**

A FARADAY TÖRVÉNY ÉS AZ INDUKTIVITÁS.....	749
32.1 Bevezetés.....	749
32.2 A Faraday törvény.....	749
32.3 A mozgási indukció.....	752
32.4 A Lenz törvény.....	757
32.5 Az örvényáramok.....	758
32.6 Az önindukció.....	759
32.7 A kölcsönös indukció.....	761
32.8 RL áramkörök.....	763
32.9 Az önindukciós tekercs energiája.....	766

**XXXIII. FEJEZET**

AZ ANYAG MÁGNESES TULAJDONSÁGAI .....	775
33.1 Bevezetés.....	775
33.2 Az anyagok mágneses tulajdonságai.....	775
33.3 A mágneses térerősség és a mágneses indukcióvektor.....	780
33.4 A mágneses hiszterézis.....	782

**XXXIV. FEJEZET**

VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ ÁRAMKÖRÖK .....	787
34.1 Bevezetés.....	787
34.2 Egyszerű váltakozó áramú körök .....	788
34.3 Sorba kapcsolt RLC-áramkörök.....	792
34.4 Sorba kapcsolt RLC áramkörök impedanciája .....	795
34.5 Párhuzamosan kapcsolt RLC áramkörök impedanciája .....	799
34.6 Rezonancia-jelenségek .....	801
34.7 A váltakozó áramú áramkörök teljesítménye .....	805
34.8 Transzformátorok .....	809

**XXXV. FEJEZET**

GEOMETRIAI OPTIKA I. – A FÉNYVISSZAVERŐDÉS.....	847
36.1 Bevezető.....	847
36.2 Hullámfrontok és fénysugarak .....	848
36.3 A Huygens-elv.....	849
36.4 A fényvisszaverődés síktükörön.....	850
36.5 Fényvisszaverődés gömbtükörön .....	854
36.6 A sugárdiagram és a nagyítás .....	861

**XXXVII. FEJEZET**

GEOMETRIAI OPTIKA II. – A FÉNYTÖRÉS .....	869
37.1 Bevezetés.....	869
37.2 Fénytörés sík felületen.....	869
37.3 Teljes visszaverődés .....	874
37.4 Fénytörés gömbfelületen .....	877
37.5 Vékony lencsék .....	879
37.6 A dioptria.....	882
37.7 A vékony lencse sugármenetei és a kép nagysága.....	883
37.8 Lencserendszerek .....	886
37.9 Optikai eszközök .....	888
37.10 Lencsehibák.....	897

**XXXVIII. FEJEZET**

FIZIKAI OPTIKA I. – AZ INTERFERENCIA .....	907
38.1 Bevezetés.....	907
38.2 Kétréses interferencia .....	907
38.3 Többréses interferencia .....	916
38.4 Interferencia vékony rétegeken .....	918
38.5 A Michelson-féle interferométer .....	921

**XXXIX. FEJEZET**

FIZIKAI OPTIKA II. – A DIFFRAKCIÓ .....	929
39.1 Bevezetés.....	929
39.2 Elhajlás résen.....	930
39.3 Elhajlás köralakú nyíláson.....	937
39.4 Elhajlás rácson.....	939
39.5 A röntgen-diffrakció.....	946
39.6 A Fresnel-féle diffrakció – Köralakú nyílások és akadályok .....	948
39.7 A Fresnel-féle zónalemez .....	950
39.8 A holográfia.....	951

**XL. FEJEZET**

A POLÁROS FÉNY .....	959
40.1 Bevezetés.....	959
40.2 A polárszűrő .....	961
40.3 Polarizáció visszaverődéskor és szóráskor .....	962
40.4 A kettőtörés.....	964
40.5 A fázistoló lemezek és a cirkuláris polarizáció .....	966

40.6 Az optikai aktivitás.....	969
40.7 Interferenciaszínek és a feszültségoptika .....	970
<b>XLI. FEJEZET</b>	
A SPECIÁLIS RELATIVITÁSELMÉLET .....	977
41.1 Bevezetés.....	977
41.2 A Galilei-transzformáció.....	978
41.3 A speciális relativitáselmélet alap-posztulátumai.....	982
41.4 Az órák szinkronizálása.....	983
41.5 A Lorentz-transzformáció .....	983
41.6 Az órák összeigazítása.....	986
41.7 A mozgás irányával párhuzamos hosszmerések eredményeinek összehasonlítása .....	988
41.8 A sajátidő és a nyugalmi hossz.....	989
41.9 A relativisztikus impulzus .....	990
41.10 Jegyzet a nyugalmi tömegről.....	994
41.11 A relativisztikus sebességösszeadás .....	994
41.12 A relativisztikus energia.....	996
41.13 A mozgó órák aszinkronitása .....	1001
41.14 Az ikerparadoxon.....	1004
41.15 A relativitáselmélet és az elektromágnesesség.....	1007
41.16 Az általános relativitás elmélete .....	1009
<b>XLII. FEJEZET</b>	
A SUGÁRZÁS KVANTUMOS TERMÉSZETE (A hullámok részecsketermészete) .....	1019
42.1 Bevezetés.....	1019
42.2 A feketetest sugárzásának spektruma.....	1020
42.3 A feketetest sugárzás különböző értelmezései .....	1021
42.4 Planck elmélete.....	1024
42.5 A fényelektromos hatás .....	1027
42.6 A Compton-effektus és a párkeltés.....	1034
42.7 Az elektromágneses sugárzás kettős természete.....	1036
<b>XLIII. FEJEZET</b>	
A RÉSZECSKÉK HULLÁMTERMÉSZETE .....	1045
43.1 Bevezetés.....	1045
43.2 Az atommodellek .....	1045
43.3 A korrespondencia-elv .....	1051
43.4 A de Broglie-hullámok .....	1052
43.5 A Davisson-Germer-kísérlet.....	1054
43.6 A hullámmechanika.....	1058
43.7 Az alagúteffektus.....	1063
43.8 A határozatlansági elv .....	1064
43.9 A komplementaritási elv .....	1069
43.10 A kvantumelmélet fejlődésének rövid időrendi táblázata.....	1070
<b>XLIV. FEJEZET</b>	
ATOMFIZIKA.....	1075
44.1 Bevezetés.....	1075
44.2 A Schrödinger-féle hullámegyenlet.....	1077
44.3 Az elektronspin és a finomszerkezet .....	1081
44.4 A spin-pálya csatolás.....	1081
44.5 A hidrogénatom kvantumállapotai .....	1083
44.6 A hidrogén energiaszint-diagramja .....	1084
44.7 A hidrogén-atom hullámfüggvényei .....	1085
44.8 A Pauli-féle kizárási elv és az elemek periódusos rendszere.....	1089
44.9 A röntgensugarak .....	1092
44.10 A lézer .....	1094
<b>XLV. FEJEZET</b>	
ATOMMAGFIZIKA.....	1101
45.1 Bevezetés.....	1101
45.2 Az atommag leírása.....	1102
45.3 Az atommag tömege és kötési energiája .....	1104
45.4 Radioaktív bomlás és felezési idő .....	1108
45.5 A radioaktív bomlás fajtái .....	1111
45.6 Az atommag hatáskeresztmetszete .....	1121



45.7 Magreakciók.....	1123
45.8 Az atomenergia .....	1127
A RÉSZECSEFIZIKA TÖRTÉNETE ÉS JELENLEGI ÁLLÁSA.....	1135
Bevezetés.....	1135
Új korszak kezdete .....	1137
Színek (Colors), Ízek (Flavors), QED és QCD.....	1138
Színkorlátok.....	1139
Gyenge folyamatok, generációk, leptonszám.....	1140
Egyesítés és a jövő.....	1142
Kozmikus összefüggések.....	1143
Utószó.....	1144
Függelék.....	A1
Az 1–23 fejezetek páratlan számozású feladatainak megoldásai .....	A18
A 24–45 fejezetek páratlan számozású feladatainak megoldásai.....	A24