

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 Koordináta-rendszerek 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 koordináta-rendszerek és a helyzetvektor.....	41
3.3 A Δr 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
Táblatok.....	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 hatásfok	144
6.11	Erőátvitel	147
VII. FEJEZET		
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
VIII. FEJEZET		
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
IX. FEJEZET		
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
X. FEJEZET		
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
XI. FEJEZET		
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
XII. FEJEZET		
A FORGÓ MOZGÁS DINAMIKÁJA I (FORGÁS RÖGZÍTETT TENGYELY 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 TENGYELY 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 hullámeqyenlet	425
18.3 A hullámeqyenlet általános megoldása	427
18.4 A hullámeqyenlet 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 hőmennyiség.....	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 töltéseloszlások 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 ENERGIÁJA.....	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 Sokhurkú 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 Φ_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 tekerces 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
XXXVI. 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
XLI. FEJEZET		
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
XLII. FEJEZET		
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
XLIII. FEJEZET		
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
XLIV. FEJEZET		
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
XLV. FEJEZET		
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
<i>A RÉSZECSEFIZIKA TÖRTÉNETE ÉS JELENLEGI ÁLLÁSA.....</i>	<i>1135</i>
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