

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	10
-------------------	----

1 Mechanik

1.1 Kinematik	12
1.1.1 Beschreibung von Bewegungen	12
1.1.2 Die geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit	14
Exkurs: Die Basiseinheiten der Zeit und der Länge	16
1.1.3 Durchschnittsgeschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit	17
1.1.4 Die geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung	18
1.1.5 Der freie Fall	20
Exkurs: Galilei und die Fallgesetze	21
Methode: Berechnung von Bewegungen mit mathematischen Methoden	22
1.1.6 Allgemeine Bewegungsgesetze	24
Methode: Iterative Berechnung einer Bewegung	25
Exkurs: Verhalten im Straßenverkehr	26
Methode: Messprozess und Fehlerrechnung	27
1.1.7 Nichtlineare Bewegungen – Wurfbewegungen	28
Exkurs: Physik und Sport I	31
1.1.8 Die gleichförmige Kreisbewegung	32
Methode: Vektorielle Darstellung von Bewegungen	34
Exkurs: Segeln – Kursnehmen mit Geschwindigkeitsvektoren	35
1.2 Dynamik	36
1.2.1 Das Trägheitsprinzip	36
1.2.2 Masse und Impuls	38
Exkurs: Die Grundgröße Masse	39
1.2.3 Impuls und Impulserhaltung	40

2 Gravitation

2.1 Die Gravitationskraft	82
2.1.1 Das Sonnensystem	82
2.1.2 Erde und Planetenbewegung in der Vorstellung von der Antike bis zur Neuzeit	83
2.1.3 NEWTONS Gravitationsgesetz	86
2.1.4 Massenbestimmung und Gezeiten	88
Exkurs: Aufbau des Erdkörpers	88
Exkurs: Schwermessung und Gravimetrie	89
2.2 Das Gravitationsfeld	92
2.2.1 Feldbegriff und Feldstärke	92
2.2.2 Potentielle Energie im Gravitationsfeld	94

1.2.4	Der Impuls als Vektor	42
1.2.5	Die Definition der Kraft	44
1.2.6	Wechselwirkungskräfte	47
1.2.7	Haftkräfte und Reibungskräfte	50
	Exkurs: Antriebs- und Fahrtwiderstandskräfte	51
1.2.8	Kräfte bei der Kreisbewegung	52
1.2.9	Scheinkräfte und Inertialsysteme	54
	Exkurs: Die rotierende Erde – ein beschleunigtes Bezugssystem	56
1.2.10	Strömende Medien	57
	Exkurs: Vom Fliegen, Segeln und anderen Strömungseffekten	58
1.3	Energie und Energieerhaltung	60
1.3.1	Mechanische Energie	60
1.3.2	Kinetische und potentielle Energie	62
1.3.3	Energieübertragung bei Reibung	64
1.3.4	Energieerhaltung	65
1.3.5	Energiestrom – Leistung	68
	Exkurs: Physik und Sport II	69
1.3.6	Stoßvorgänge	70
1.4	Die Rotation starrer Körper	72
1.4.1	Die gleichmäßig beschleunigte Drehbewegung	72
	Exkurs: Fahrleistung eines Autos	74
1.4.2	Drehimpuls und Drehimpulserhaltung	75
	Exkurs: Kreisel	76
	Exkurs: Über Drehmomente und Drehimpulse	77
	Grundwissen	78
	Wissenstest	80
2.3	Bewegungen im Gravitationsfeld	96
2.3.1	Zentralkraft; Kepler'sche Gesetze	96
2.3.2	Raketen in der Weltraumfahrt	99
2.3.3	Bahnform und Bahnenergie	100
2.3.4	Satellitenmanöver	102
	Grundwissen	104
	Wissenstest	105
	Exkurs: Geschichte der Mechanik und die klassische Physik; Kausalität und Determinismus	106

3 Mechanische Schwingungen und Wellen

3.1	Schwingungen	108
3.1.1	Schwingungsvorgänge und Schwingungsgrößen	108
3.1.2	Gesetze der harmonischen Schwingung	110
3.1.3	Die Energie des harmonischen Oszillators	113
3.1.4	Beispiele harmonischer Schwingungen	114
3.1.5	Die gedämpfte harmonische Schwingung	116
	Methode: Differentialgleichungen in der Physik	117
3.2	Überlagerung von Schwingungen	118
3.2.1	Überlagerung zweier harmonischer Schwingungen	118
3.2.2	Fourier-Analyse	120
3.2.3	Die akustische Unschärfe	121
3.2.4	Erzwungene Schwingungen	122
	Exkurs: Der Einsturz der Tacoma-Brücke – eine Resonanzkatastrophe	123
3.3	Entstehung und Ausbreitung von Wellen	124
3.3.1	Lineare Wellen; Transversal- und Longitudinalwellen	124
3.3.2	Eigenschaften von Wellen	126

4 Thermodynamik

4.1	Grundlagen	152
4.1.1	Temperaturmessung	152
4.1.2	Die Gasgleichung	154
4.1.3	Der atomistische Aufbau der Materie	156
4.2	Die kinetische Gastheorie	158
4.2.1	Die Grundgleichung der kinetischen Gastheorie	158
4.2.2	Kinetische Gastheorie und Molekülbewegung	160
4.3	Energieumwandlungen	162
4.3.1	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	162
	Exkurs: Zur Geschichte des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik	163
4.3.2	Energieumwandlung bei Volumenänderung	165
4.3.3	Eine Wärmekraftmaschine	166
4.3.4	Wirkungsgrad von Energieumwandlungsprozessen	168

5 Elektrische Ladung und elektrisches Feld

5.1	Das elektrische Feld	186
5.1.1	Elektrische Ladungen	186
5.1.2	Messung elektrischer Ladungen	188
	Exkurs: Die gesetzliche Ampere-Definition	189
5.1.3	Die elektrische Feldstärke	190
	Exkurs: Die Entstehung von Gewittern	191
5.1.4	Radialsymmetrische Felder	192
5.1.5	Messung elektrischer Felder	194
	Exkurs: Der Laserdrucker	194
5.1.6	Das Coulomb'sche Gesetz	195
5.1.7	Darstellung elektrischer Felder	196
5.2	Energie im elektrischen Feld	198
5.2.1	Potential und Spannung im homogenen elektrischen Feld	198

	Exkurs: Erdbebenwellen (seismische Wellen)	127
3.3.3	Der Doppler-Effekt	128
	Exkurs: Überschallknall	128
	Exkurs: Ultraschall in der Medizin	129
3.3.4	Phasen- und Gruppengeschwindigkeit; Dispersion	130
	Exkurs: Entstehung von Wasserwellen	131
3.4	Wechselwirkung von Wellen	132
3.4.1	Interferenz zweier Kreiswellen	132
3.4.2	Das Huygens'sche Prinzip	135
3.4.3	Reflexion und Brechung	136
3.4.4	Beugung von Wellen; Streuung	138
	Exkurs: Schallintensität und Lautstärke	139
3.4.5	Stehende Wellen; Eigenschwingungen	140
	Exkurs: Physik und Musik	144
	Exkurs: Musikinstrumente und menschliche Stimme	146
	Grundwissen	148
	Wissenstest	150

4.4	Die Entropie	169
4.4.1	Irreversible Vorgänge	169
4.4.2	Definition der Entropie	170
4.4.3	Entropieerzeugung und Energieentwertung	172
	Exkurs: Der Verbrauch fossiler Primärenergie und die Konsequenzen für die Atmosphäre	173
4.4.4	Entropie und Wahrscheinlichkeit	174
	Exkurs: Entropie und Information	175
4.5	Wärmekraftmaschinen	176
4.5.1	Der Viertaktmotor	176
4.5.2	Kraftwerke	178
4.6	Die Strahlungsgesetze	180
	Exkurs: Der Treibhauseffekt und die Bewohnbarkeit von Planeten	182
	Grundwissen	184
	Wissenstest	185

5.2.2	Potential im radialsymmetrischen Feld	200
5.2.3	Das elektrische Feld als Energiespeicher	202
5.3	Bewegung elektrischer Ladungen im elektrischen Feld	204
5.3.1	Die Elementarladung	204
5.3.2	Elektrische Leitungsvorgänge und das Ohm'sche Gesetz	206
5.3.3	Elektrische Spannungsquellen	208
	Exkurs: Die Wasserstoff-Sauerstoff- Brennstoffzelle	212
	Exkurs: Reizleitung in Nervenzellen	213
5.3.4	Austritt von Elektronen aus Leiteroberflächen	214
	Exkurs: Das Feldelektronenmikroskop	215

5.3.5	Bewegte Elektronen in elektrischen Feldern	214
	Exkurs: Das Oszilloskop	215
5.4	Elektrische Netzwerke	216
5.4.1	Die Kirchhoff'schen Gesetze	216
5.4.2	Kapazität von Kondensatoren	220
	Exkurs: Bauformen von Kondensatoren	222

6 Bewegte Ladungsträger und magnetisches Feld

6.1	Kräfte im Magnetfeld	230
6.1.1	Magnetfelder	230
	Exkurs: Erdmagnetismus	231
6.1.2	Die magnetische Feldstärke	232
	Methode: Das Vektorprodukt	233
6.1.3	Lorentz-Kraft	234
	Exkurs: Die Fernsehröhre	235
6.1.4	Der Hall-Effekt	236
6.1.5	Die Masse geladener Teilchen	238
	Exkurs: Massenspektrografie	239
6.1.6	Das Zyklotron	240
	Exkurs: Teilchenbeschleuniger – Riesenwerkzeuge für kleinste Teilchen	241
	Exkurs: Elektronenmikroskopie	242
	Exkurs: Polarlicht und Van-Allen'scher Strahlungsgürtel	244

7 Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

7.1	Wechselstromtechnik	272
7.1.1	Erzeugung von Wechselspannung	272
	Exkurs: Von den Anfängen der Stromversorgung	273
7.1.2	Phasenbeziehungen zwischen Strom und Spannung	274
7.1.3	Wechselstromwiderstände	276
7.1.4	Die Leistung im Wechselstromkreis	278
7.1.5	Wechselstromschaltungen	280
7.1.6	Der Transformator	282
	Exkurs: Die öffentliche Versorgung mit elektrischer Energie	284
7.2	Elektrische Schwingungen und elektromagnetische Wellen	286
7.2.1	Der elektrische Schwingkreis	286
7.2.2	Elektrische Schwingungen	288
7.2.3	Ungedämpfte Schwingungen	290
7.2.4	Elektromagnetische Wellen	292
7.2.5	Mikrowellen	296
7.2.6	Rundfunktechnik	298
	Exkurs: Rundfunk und Fernsehen in Deutschland	299
7.3	Wellenoptik	300
7.3.1	Die Lichtgeschwindigkeit	300
	Exkurs: Historische Experimente zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit	301
7.3.2	Beugung und Interferenz am Doppelspalt	302

5.4.3	Schaltung elektrischer Zweipole	223
5.4.4	Auf- und Entladung eines Kondensators	224
	Exkurs: Fotoblitz und Defibrillator	225

	Grundwissen	226
	Wissenstest	228

ld

6.2	Magnetfelder von Strömen	246
6.2.1	Magnetfeld von Leiter und Spule	246
6.2.2	Das Durchflutungsgesetz	248
6.2.3	Ferromagnetismus	250
	Exkurs: Ferromagnetische Domänen (Weiß'sche Bezirke)	251
6.3	Elektromagnetische Induktion	252
6.3.1	Induktionsversuche	252
6.3.2	Das Induktionsgesetz	254
6.3.3	Kräfte als Ursache der Induktion	258
6.3.4	Die Selbstinduktion	260
6.3.5	Energie des Magnetfeldes	262
	Exkurs: Magnetisch gespeicherte Information	263
6.3.6	Die Maxwell'schen Gleichungen	264
6.3.7	Ausbreitung von Feldern	266
	Grundwissen	268
	Wissenstest	270

en

7.3.3	Beugung und Interferenz am Gitter	304
7.3.4	Beugung und Interferenz am Spalt	306
7.3.5	Intensitätsverlauf bei Gitter und Spalt	308
7.3.6	Intensitätsverlauf hinter einer Kreisblende	310
7.3.7	Das Auflösungsvermögen optischer Instrumente und des Auges	311
	Exkurs: Das Auflösungsvermögen großer Teleskope	313
7.3.8	Interferenzen an dünnen Schichten	314
7.3.9	Kohärenz	316
	Exkurs: Holografie	318
7.3.10	Polarisiertes Licht	320
	Exkurs: Polarisationsfolien – Das Polaroid*- Verfahren	320
	Exkurs: Warum ist der Himmel blau?	322
7.3.11	Doppelbrechung und optische Aktivität	323
	Exkurs: Flüssigkristalle und LCD-Anzeigen	325
7.3.12	Strahlenoptik	326
	Exkurs: Geschichte der Optik	329
7.4	Das elektromagnetische Spektrum	330
7.4.1	Überblick über das elektromagnetische Spektrum	330
7.4.2	Das optische Spektrum	332
7.4.3	Röntgenstrahlung	334
	Grundwissen	336
	Wissenstest	338

8	Chaotische Vorgänge	
8.1	Das deterministische Chaos	340
8.2	Ein einfaches System mit chaotischem Verhalten	342
8.3	Wege ins Chaos – Verhulst-Dynamik und Feigenbaum-Szenario	346
9	Die spezielle Relativitätstheorie	
9.1	Die Relativitätspostulate	350
	Exkurs: Das Michelson-Experiment – Abschied von der Äthervorstellung	351
9.2	Relativistische Kinematik	352
9.2.1	Die relative Gleichzeitigkeit	352
	Exkurs: Navigation mit Satelliten: Das Global Positioning System (GPS)	353
9.2.2	Die Zeitdilatation	354
9.2.3	Myonen im Speicherring	356
	Exkurs: Das Hafele-Keating-Experiment (Atom- uhren messen erstmals die Zeitdilatation)	357
9.2.4	Die Längenkontraktion	358
9.2.5	Raum-Zeit-Diagramme	359
9.2.6	Minkowski-Diagramme	360
9.2.7	Die Lorentz-Transformation	362
9.2.8	Addition der Geschwindigkeiten	363
10	Einführung in die Quantenphysik	
10.1	Die Quantelung der Strahlung	376
10.1.1	Der lichtelektrische Effekt	376
10.1.2	Das Planck'sche Wirkungsquantum	378
10.1.3	Die Lichtquantenhypothese	380
10.1.4	Umkehrung des lichtelektrischen Effekts mit Leuchtdioden	381
10.1.5	Die kurzwellige Grenze der Röntgenstrahlung	382
10.1.6	Der Compton-Effekt	384
10.2	Verteilung der Photonen im Raum	386
10.2.1	Die Photonenverteilung hinter dem Doppelspalt	286
10.2.2	Photonenverteilung bei geringer Intensität	388
10.2.3	Simulation der Photonenverteilung	389
10.3	Welleneigenschaften der Elektronen	390
10.3.1	De-Broglie-Wellen	390
11	Atomphysik	
11.1	Energieaustausch mit Atomen	406
11.1.1	Die quantenhafte Absorption	406
11.1.2	Die quantenhafte Emission	409
11.1.3	Die Resonanzabsorption	410
11.2	Die Entwicklung der Atommodelle	411
11.2.1	Erforschung des Atoms mit Streuversuchen	411
11.2.2	Der Rutherford'sche Streuversuch	412
11.2.3	Das Atommodell von Rutherford	413
11.2.4	Das Bohr'sche Atommodell	414
11.2.5	Die Spektralserien des Wasserstoffatoms	416
	Exkurs: Messungen an gebundenen Systemen	417
11.2.6	Vom klassischen zum quantenphysikalischen Atommodell	418

8.4	Chaos und Fraktale	348
	Exkurs: Das gesunde Herz – die richtige Dosis Chaos	349
<hr/>		
9.2.9	Der optische Doppler-Effekt	364
	Exkurs: Die Raum-Zeit – eine absolute Größe der relativistischen Physik	365
9.3	Relativistische Dynamik	366
9.3.1	Die Gesetze der Dynamik – hergeleitet aus Postulaten	366
9.3.2	Die Gesetze der Dynamik – hergeleitet aus der Kinematik	368
9.3.3	Die Impuls-Energie	370
	Exkurs: Die allgemeine Relativitätstheorie: Grundlagen der Theorie	371
	Exkurs: Die allgemeine Relativitätstheorie: Experimentelle Tests der Theorie	372
	Grundwissen	374
	Wissenstest	375
<hr/>		
10.3.2	Das Elektron – kein klassisches Teilchen	392
	Exkurs: Interferenzen von Neutronen	393
	Exkurs: Grenzgänger: Welleneigenschaften großer Moleküle	394
10.4	Quantenphysik und klassische Physik	396
10.4.1	Das Unschärfeprinzip	396
10.4.2	Messung der Unschärfe bei Photonen	398
	Exkurs: Der Welle-Teilchen-Dualismus	399
10.4.3	Die Wellenfunktion	400
	Grundwissen	401
	Wissenstest	402
	Exkurs: Interpretationsprobleme der Quantenphysik	404
<hr/>		
11.3	Das Atommodell der Quantenphysik	420
11.3.1	Der lineare Potentialtopf	420
11.3.2	Anwendungen des Potentialtopfmodells	422
11.3.3	Die Schrödinger-Gleichung	424
11.3.4	Numerische Lösungen der Schrödinger-Gleichung	424
11.3.5	Analytische Lösung der Schrödinger-Gleichung für den linearen Potentialtopf	428
11.3.6	Analytische Lösung der Schrödinger-Gleichung für Wasserstoff	430
11.3.7	Die Winkelabhängigkeit der Antrefffwahrscheinlichkeit im H-Atom	432
11.3.8	Quantenzahlen des Atoms	433

11.3.9	Das Periodensystem der Elemente	434
	Exkurs: Verschränkte Zustände und spukhafte Fernwirkung	436
11.4	Leistungen der Atommodelle	438
11.4.1	Die charakteristische Röntgenstrahlung und das Moseley'sche Gesetz	438
11.4.2	Absorption von Röntgenstrahlung	439
11.4.3	Spektren im sichtbaren Bereich	440

12 Festkörperphysik und Elektronik

12.1	Halbleiter	450
12.1.1	Ionen und Elektronen im Festkörper	450
12.1.2	Halbleiter und Dotierung	452
12.1.3	p-n-Übergang und Dioden	454
12.1.4	Der bipolare Transistor	456
12.1.5	Der Feldeffekttransistor	458
12.2	Das quantenphysikalische Modell des Festkörpers	460
12.2.1	Energiezustände im Elektronengas	460
12.2.2	Die Fermi-Energie	462
	Exkurs: Supraleitung	464

13 Kernphysik

13.1	Radioaktivität	480
13.1.1	Die ionisierende Wirkung radioaktiver Strahlung	480
13.1.2	Strahlungsarten	482
13.1.3	Kernbausteine	483
13.1.4	Ordnung der Nuklide	484
	Exkurs: Auf der Suche nach neuen Elementen	485
13.1.5	Arten der Kernumwandlung	486
13.1.6	Das Zerfallsgesetz	488
13.2	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie	490
13.2.1	Wechselwirkungsprozesse geladener Teilchen	490
	Exkurs: Das Geiger-Müller-Zählrohr	491
13.2.2	Energieabgabe von γ -Quanten	492
13.2.3	Energiemessung und Dosimetrie	493
	Exkurs: Strahlungsdetektoren	494
	Exkurs: Biologische Wirkung von Strahlung	496
	Exkurs: Strahlenschutz	497
13.3	Aufbau und Energie der Kerne	498
13.3.1	Masse und Massendefekt	498
13.3.2	Größe der Atomkerne	499

14 Elementarteilchenphysik

14.1	Vom Elektron zum Teilchenzoo	528
14.2	Das Standardmodell	530
14.2.1	Quarks im Standardmodell	530
	Exkurs: Collider, Speicherringe und Riesen- detektoren	533

11.4.4	Der Helium-Neon-Laser	442
11.4.5	Berechnung der Absorptionsspektren von Farbstoffmolekülen	444
	Exkurs: CD-R – die beschreibbare CD	445
	Grundwissen	446
	Wissenstest	448
<hr/>		
12.2.3	Energiebänder im Halbleiter	466
12.2.4	n- und p-Halbleiter	469
12.2.5	Kontaktspannung	471
12.3	Analoge Signalverarbeitung	472
12.3.1	Der Operationsverstärker	472
12.3.2	AD- und DA-Wandler	474
12.3.3	RAM und ROM	475
	Exkurs: Aufbau eines Computers	476
	Exkurs: Computerspeicher	478
	Grundwissen	479
<hr/>		
13.3.3	Das Tröpfchenmodell des Atomkerns	500
13.3.4	Energiezustände des Kerns	502
13.3.5	Das Potentialtopfmodell	504
13.4	Nutzung der Kernenergie	507
13.4.1	Kernreaktionen	507
13.4.2	Kernspaltung	510
13.4.3	Aktivierungsenergie und Multiplikationsfaktor	512
13.4.4	Technische Nutzung der Kernenergie	514
13.4.5	Probleme und Risiken bei der Nutzung der Kernenergie	516
13.4.6	Kernfusion	517
13.4.7	Technik der Fusion	518
13.5	Anwendungen der Kernphysik	520
13.5.1	Radionuklide als Strahlungsquellen	520
13.5.2	Altersbestimmung	521
13.5.3	Tracermethoden	522
	Exkurs: Kernspintomografie	523
	Grundwissen	524
	Wissenstest	526
<hr/>		
14.2.2	Gebundene Systeme	534
14.2.3	Die Leptonen	535
14.2.4	Reaktionen im Standardmodell	536

15	Astrophysik	
15.1	Die Erforschung des Weltalls	538
15.1.1	Optische Astronomie heute	538
15.1.2	Extraterrestrische Observatorien	540
	Exkurs: Quasare – Strahlungsmonster im fernen Universum	541
15.1.3	Die Entfernungen der Sterne und der Galaxien	542
	Exkurs: Warum pulsieren die Cepheiden?	543
15.1.4	Die Expansion des Universums	544

16 Physik und Wissenschaftstheorie

16.1	Theorie – Hypothese – Gesetz – Modell	562
------	---------------------------------------	-----

17 Aufgaben zur Abiturvorbereitung

18 Anhang

15.2	Die Sterne	546
15.2.1	Leuchtkraft und Temperatur der Sterne	546
15.2.2	Die scheinbare Helligkeit	548
15.2.3	Die Masse der Sterne	549
15.2.4	Radius und Dichte der Sterne	550
15.2.5	Sternmasse und Sterneigenschaften	551
15.2.6	Interstellare Materie	552
15.2.7	Die Sternentstehung	554
15.2.8	Endstadien der Sterne	556
15.3	Die Entwicklung des Universums	560

16.2	Philosophische Strömungen der Erkenntnisgewinnung	564
-------------	--	-----

566-569

570-579