

INHALTSVERZEICHNIS

Bewegungen und Kräfte

1	Bewegungen und Kräfte	8	1.4	Die Newton'schen Axiome und ihre Anwendung	30
1.1	Bewegungen von Körpern	10	1.4.1	Die Newton'schen Axiome	30
1.1.1	Beschreibung von Bewegungen	10		Methode: Anwendung der Newton'schen Axiome	31
	Methode: Zeit-Geschwindigkeit-Diagramme	11		Exkurs: Sicherheitssysteme im Auto	32
1.1.2	Geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit	12	1.4.2	Haftkräfte und Reibungskräfte	33
1.1.3	Geradlinige Bewegungen mit konstanter Beschleunigung	14	1.4.3	Die gleichförmige Kreisbewegung	34
	Methode: Messwerterfassung und -auswertung durch Videoanalyse und Tabellenkalkulation	16	1.4.4	Die Zentripetalkraft	36
1.1.4	Bewegungen im Straßenverkehr	18	1.4.5	Vertiefung: Scheinkräfte und Inertialsysteme	38
1.1.5	Fallbewegungen	19		Materialgestützte Aufgaben	40
	Exkurs: GALILEI und die Fallgesetze	21		Freier Fall und Fallen mit Luftwiderstand	40
1.2	Kräfte und Bewegungsänderungen	22		Ein Sprung aus 38 969 Metern Höhe	40
1.2.1	Trägheit und Masse	22		Wenn die Zentripetalkraft plötzlich wegfällt	41
1.2.2	Die Grundgleichung der Mechanik	24		Die Physik von Windkraftanlagen	41
				Warum benutzen Weitspringer keine Hanteln?	42
				Mit Reibung Schiffe festmachen	42
1.3	Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften und Bewegungen	26		Grundwissen Bewegungen und Kräfte	43
1.3.1	Vektoren in der Physik	26		Wissenstest Bewegungen und Kräfte	44
	Methode: Zerlegung vektorieller Größen	27			
1.3.2	Wurfbewegungen	28			
	Exkurs: Segeln – Kursnehmen mit Geschwindigkeitsvektoren	29			

Energie und Impuls

2	Energie und Impuls	46	2.3	Anwendungen der Erhaltungssätze	62
2.1	Energie und Energieerhaltung	48	2.3.1	Das Raketenprinzip	62
2.1.1	Mechanische Energieformen	48	2.3.2	Stoßvorgänge	63
	Exkurs: Physik und Sport	53		Materialgestützte Aufgaben	66
2.1.2	Erhaltung der Energie	54		Energie aus dem Meer	66
				Mit Sonnensegel zur Venus	67
2.2	Impuls und Impulserhaltung	58		Grundwissen Energie und Impuls	68
2.2.1	Der Impuls	58		Wissenstest Energie und Impuls	69
2.2.2	Der Impulserhaltungssatz	60			

Gravitation

3	Gravitation	70	3.2.2	Vertiefung: Die Gezeiten	76
3.1	Newtons Gravitationsgesetz	72	3.2.3	Energie im Gravitationsfeld	77
3.1.1	Die Keplerschen Gesetze	72	3.2.4	Satelliten und Raumfahrt	78
3.1.2	Das Gravitationsgesetz	72		3.3	Weltbilder
	Exkurs: Ein schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße	74	3.3.1	Von der Antike zu KEPLER und NEWTON	80
			3.3.2	Das heutige kosmologische Weltbild	82
				Exkurs: Kometen- und Meteoriteneinschläge	85
3.2	Bewegungen im Gravitationsfeld	75		Grundwissen Gravitation	86
3.2.1	Die Gravitationsfeldstärke	75		Wissenstest Gravitation	87

Mechanische Schwingungen und Wellen

4	Mechanische Schwingungen und Wellen	88	4.2	Mechanische Wellen	100
4.1	Mechanische Schwingungen	90	4.2.1	Entstehung und Ausbreitung	100
4.1.1	Schwingungsvorgänge und Schwingungsgrößen	90	4.2.2	Eigenschaften von Wellen	102
4.1.2	Die harmonische Schwingung	91		Exkurs: Erdbebenwellen	103
4.1.3	Bedingungen und Eigenschaften der harmonischen Schwingungen	92	4.2.3	Exkurs: Ultraschall in der Medizin	103
4.1.4	Die Energie der harmonischen Schwingung	93		Überlagerung von Wellen	104
4.1.5	Energieabgabe und Energieaufnahme bei Schwingungen	94		Materialgestützte Aufgaben	106
	Exkurs: Der Einsturz der Tacoma-Brücke – eine Resonanzkatastrophe	95		Exoplaneten	106
4.1.6	Überlagerung von Schwingungen	96		Grundwissen	
	Methode: Die Zeigerdarstellung der harmonischen Schwingung	97		Mechanische Schwingungen und Wellen	108
	Exkurs: Schwingungen und Musik	98		Wissenstest	
				Mechanische Schwingungen und Wellen	109

Quantenobjekte

5	Quantenobjekte	110	5.3	Photonen	150
5.1	Wellenoptik	112	5.3.1	Der lichtelektrische Effekt	150
5.1.1	Wellenphänomene	112	5.3.2	Energiemessung bei Photoelektronen	152
5.1.2	Interferenz am Doppelspalt	114		Methode: Messung der Bewegungsenergie von Elektronen	153
	Methode: Berechnung von Lichtwellenlängen mittels kleinster Wegdifferenzen	116	5.3.3	$E = hf$	154
	Exkurs: Berechnung von Wegdifferenzen ohne Näherungen	117	5.3.4	Umkehrung des lichtelektrischen Effekts	156
5.1.3	Lichtwellenlänge und Farbe	118	5.3.5	Licht und Photonen	157
5.1.4	Interferenz am Gitter	119	5.4	Welleneigenschaften der Elektronen	158
5.1.5	Wellenlängenmessung mit dem Gitter	120	5.4.1	De-Broglie-Wellen	158
5.1.6	Leuchtdioden und Wellenlängen	122		Vertiefung: Bestätigung der De-Broglie-Gleichung	159
5.1.7	Bestimmung kleinster Wegdifferenzen	124	5.4.2	Das Elektron – kein klassisches Teilchen	160
5.1.8	Das Huygens'sche Prinzip	126		Exkurs: Interferenzen von Neutronen	161
	Materialgestützte Aufgaben	130	5.5	Quantenphysik und klassische Physik	162
	Wellenlängenmessung mit der Kamera	130	5.5.1	Die Photonverteilung hinter dem Doppelspalt	162
	Wellentheorie und Korpuskeltheorie des Lichts	130		Methode: Simulation der Photonverteilung hinter dem Doppelspalt	164
	Spektren von nahezu weiß leuchtenden Dioden	131	5.5.2	Das Elektron als Quantenobjekt	166
	Farben hinter einer CD	131	5.5.3	Interpretationsprobleme der Quantenphysik	168
5.2	Elektronen	132		Exkurs: Verschränkte Zustände und spukhafte Fernwirkung	170
5.2.1	Quantelung der Ladung	133		Materialgestützte Aufgaben	172
5.2.2	Geladene Teilchen im elektrischen Feld	134		Sonnenbrand und Wirkungsquantum	172
5.2.3	Die elektrische Kraft und die Energie	136		Intensität des Lichts	
	Exkurs: Das Laborbuch von R. A. MILLIKAN	137		beim lichtelektrischen Effekt	172
5.2.4	Auswertung des Millikan-Versuchs	138		Welleneigenschaften großer Moleküle	173
5.2.5	Das Elektron im Fadenstrahlrohr	140		Erkenntnistheoretische Aussagen	173
	Vertiefung: Fadenstrahlrohr und elektrisches Feld	141		Grundwissen Quantenobjekte	174
5.2.6	Die Masse des Elektrons	142		Wissenstest Quantenobjekte	176
	Vertiefung: Ablenkung und Masse	143			
	Vertiefung: Fadenstrahlrohr und magnetisches Feld	144			
	Exkurs: Polarlicht und Van-Allen'scher Strahlungsgürtel	146			
	Materialgestützte Aufgaben	148			
	Das Elektron auf der Kreisbahn im Modell	148			
	Bewegung des Elektrons im Fadenstrahlrohr	148			
	Präsentation der Massenabhängigkeit	149			
	Teilchenbeschleuniger	149			

6 Elektrodynamik				
6	Elektrodynamik	178	Materialgestützte Aufgaben	210
	Exkurs: Ampacity – Energietransport mit supraleitendem Stromkabel	179	Bremsen durch Induktion	210
6.1	Induktionsphänomene	180	Energieumsatz eines Elektroautos	210
6.1.1	Magnetfeld und Lorentz-Kraft	182	Energie vom Nabendynamo	211
	Methode: \vec{B} als zeitliche Änderung der Magnetfeldstärke B	185	Wirkungsgrad eines Schaltwandlers	211
6.1.2	Vertiefung: Magnetfeld von Leiter und Spule	186	6.3 Energietransport mit Wechselspannung	212
6.1.3	Induktion an der Leiterschaukel	188	6.3.1 Rotierende Spule im Magnetfeld	212
6.1.4	Das Induktionsgesetz	190	Vertiefung: Induktionsspannung und Induktionsstrom	213
	Methode: Parameter der Induktionsspannung im Modell	194	6.3.2 Energietransport im Wechselstromkreis	214
	Materialgestützte Aufgaben	196	Exkurs: Der Stromkrieg – Entscheidung zwischen zwei Systemen	215
	Spannung an der Fallröhre	196	6.3.3 Der Transformator	216
	Spannung am Fahrraddynamo	196	Vertiefung: Funktionsweise des Transformators	217
	Spannung der Lichtmaschine	197	6.3.4 Energietransport über Freileitungen	218
	Der bessere Nabendynamo	197	Exkurs: Die öffentliche Versorgung mit elektrischer Energie	220
6.2	Energie und Energietransport	198	6.3.5 Energieübertragung mit Gleichstrom	222
6.2.1	Energie, Energiestrom und Leistung	199	Exkurs: Entwicklung der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik	224
6.2.2	Energie und Spannung	200	Exkurs: Die Anfänge der Stromversorgung	225
6.2.3	Wirbelströme	203	Materialgestützte Aufgaben	226
6.2.4	Die Lenzsche Regel	204	Messung des Erdmagnetfelds	226
6.2.5	Vertiefung: Felder als Energiespeicher	206	Wirkungsgrad eines realen Transformators	226
	Exkurs: Stromversorgung eines Prozessors	209	Kabellose Aufladung eines Elektroautos	227
			Grundwissen Elektrodynamik	228
			Wissenstest Elektrodynamik	230
7 Strahlung und Materie				
7	Strahlung und Materie	232	7.3.2 Kernreaktionen	252
7.1	Linienpektren	234	Methode: Umgang mit der Nuklidkarte	254
7.1.1	Die Quantenhafte Emission und Absorption	234	Exkurs: Auf der Suche nach neuen Elementen	255
7.1.2	Der Franck-Hertz-Versuch	236	Exkurs: Positronen-Emissions-Tomographie	255
7.1.3	Atomspektren	238	7.3.3 Das Zerfallsgesetz	256
	Materialgestützte Aufgaben		Methode: Auswerten von Messdaten	258
	Fraunhofer-Linien	239	7.3.4 Abschirmung	259
	Freihand-Experimente	239	Materialgestützte Aufgaben	
	Sternspektren	240	Radiokohlenstoffmethode (C14-Methode)	260
7.2	Physik der Atomhülle	241	Reichweite von α - und β -Strahlung	261
7.2.1	Diskrete Energieniveaus	241	Radionuklidbatterien	261
7.2.2	Zustände des Wasserstoffatoms	242	Absorption von Strahlung	261
7.2.3	Vertiefung: Stationäre Zustände und stehende Wellen	244	7.3.5 Strahlungsdetektoren	262
	Farbstoffmoleküle	245	7.3.6 Dosimetrie und biologische Wirkung	264
	Atomradien	245	Materialgestützte Aufgaben	
	Materialgestützte Aufgaben		Dosis-Wirkungsbeziehung	267
	Historische Atommodelle	246	Radon	267
7.2.4	Röntgenstrahlung	248	7.4 Aufbau der Materie	268
	Materialgestützte Aufgaben		7.4.1 Die Bausteine des Standardmodells	268
	Das Spektrum der Röntgenstrahlung	249	7.4.2 Austauschteilchen im Standardmodell	270
	Medizinische Anwendung	249	7.4.3 Teilchenreaktionen	272
7.3	Ionisierende Strahlung	250	7.4.4 Feynman-Diagramme	274
7.3.1	Radioaktivität	250	Materialgestützte Aufgaben	
			Der LHC und Teilchendetektoren	275
			Grundwissen Strahlung und Materie	276
			Wissenstest Strahlung und Materie	278

Die Relativität von Zeit und Raum

8	Die Relativität von Zeit und Raum	280	8.3	Kernenergie	298
8.1	Die relativistische Kinematik	282	8.3.1	Kernfusion in der Sonne	298
8.1.1	Äther und absoluter Raum	282		Exkurs: Energie aus Fusionsreaktoren – eine Zukunftsvision	300
8.1.2	Die Relativitätspostulate	284	8.3.2	Die Kernspaltung	302
	Exkurs: Navigation mit Satelliten	285		Materialgestützte Aufgaben	304
8.1.3	Lichtgeschwindigkeit als Grenze	286		Das Fizeau-Experiment	304
8.1.4	Myonen in der Atmosphäre	287		Exkurs: Die allgemeine Relativitätstheorie: Grundlagen der Theorie	305
8.1.5	Eigenzeit und Zeitdilatation	288		Exkurs: Die allgemeine Relativitätstheorie: Experimentelle Tests der Theorie	306
8.1.6	Vertiefung: Zeitdilatation und Längenkontraktion	290		Grundwissen Relativität von Zeit und Raum	308
8.1.7	Vertiefung: Zeitdilatation durch Gravitation	292		Wissenstest Relativität von Zeit und Raum	309
	Exkurs: Das Hafele-Keating-Experiment – Atomuhren messen erstmals die Zeitdilatation	293			
8.2	Die relativistische Dynamik	294			
8.2.1	Die Massenzunahme	294			
8.2.2	Masse und Energie	296			

Geschichte der Physik

9	Geschichte der Physik	310
9.1	Klassische Physik	310
9.2	Moderne Physik	316
9.2.1	Quantenphysik	316
9.2.2	Relativitätstheorie	319
9.2.3	Elementarteilchenphysik	320
9.2.3	Astrophysik und Kosmologie	322

Anhang

Musteraufgaben mit Lösungen	324	Sachverzeichnis	356
Kontextorientierte Aufgaben	338	Namenverzeichnis	359
Prüfungsorientierte Aufgaben	346	Bildquellenverzeichnis	359
		Physikalische Konstanten	360
		Spektraltafel	361
		Atommassen einiger Nuklide	361
		Periodensystem der Elemente	362
		Nuklidkarte	363