

Einführung	14
Einleitung	14
Prüfungsanforderungen	14
LehrplanPLUS	20
Grundlagen	22
Übungsaufgaben zu den Grundlagen	25

1 Beschreibung von Bewegungen

1.1 Grundbegriffe	27
1.2 Translationsbewegungen eines Massenpunktes	30
1.2.1 Untersuchung der gleichförmigen Bewegung	31
1.2.2 Überlagerung von gleichförmigen Bewegungen beliebiger Richtungen ...	38
A) Die Vektoren \vec{v}_s und \vec{v}_1 haben die gleiche Richtung und die gleiche Orientierung	39
B) Die Vektoren \vec{v}_s und \vec{v}_1 besitzen die gleiche Richtung, aber entgegengesetzte Orientierung	39
C) Die Vektoren \vec{v}_s und \vec{v}_1 stehen senkrecht aufeinander	40
D) Die Vektoren \vec{v}_s und \vec{v}_1 schließen einen beliebigen Winkel ein	40
1.2.3 Die gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung aus dem Zustand der Ruhe	46
A) Experimentelle Untersuchung der Bewegung	46
B) Die mittlere Geschwindigkeit	49
C) Bestimmung der Geschwindigkeit des Gleiters an einem bestimmten Ort x_1	53
D) Die momentane Geschwindigkeit	54
E) Die Beschleunigung	56
F) Zusammenfassung	58
G) Ergänzung: Die momentane Geschwindigkeit als mathematischer Grenzwert	59
H) Musteraufgabe zur gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegung	60
I) Übungsaufgaben zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung	63
J) Der freie Fall	63
1.2.4 Musteraufgabe zur gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegung	68

1.3	Zusammengesetzte Bewegungen	72
1.3.1	Das Unabhängigkeitsprinzip	72
1.3.2	Überlagerung von gleichförmiger und gleichmäßig beschleunigter Bewegung	72
A)	Die Vektoren \vec{v}_0 und \vec{a} sind parallel	72
B)	Die Vektoren \vec{v}_0 und \vec{a} stehen senkrecht aufeinander (waagrechter Wurf)	77
C)	Die Vektoren \vec{v}_0 und \vec{a} sind konstant (Betrag und Richtung) und schließen einen beliebigen Winkel α ein.	82
1.3.3	Zusammenfassung und Übungsaufgaben	86

2 Dynamik, newtonsche Gesetze

2.1	Das Beharrungsprinzip (1. newtonsches Gesetz)	89
2.2	Newtonsche Bewegungsgleichung (2. newtonsches Gesetz)	91
2.3	Das Wechselwirkungsprinzip (3. newtonsches Gesetz)	95
2.4	Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft	97
2.5	Die Reibungskraft (Frikction)	97
2.6	Anwendungen zu den newtonschen Gesetzen	99
2.6.1	Einfache Probleme aus der Statik	100
2.6.2	Die atwoodsche Fallmaschine.	102
2.6.3	Bewegung eines Körpers auf horizontaler Bahn	103
2.6.4	Bewegung eines Körpers auf der schiefen Ebene	104
2.6.5	Übungsaufgaben zu den Gesetzen von Newton	106
2.7	Impuls und Impulserhaltung	109
2.7.1	Der Impuls	109
2.7.2	Zusammenhang zwischen Impuls und Kraft.	109
2.7.3	Impulserhaltungssatz	110
2.7.4	Beispiele zum Impulserhaltungsgesetz.	111
2.8.2	Schiefer Stoß.	113
2.7.6	Übungsaufgaben zum Impulserhaltungssatz.	115

3 Energie und Arbeit

3.1 Verschiedene Formen der Arbeit	116
3.1.1 Beschleunigungsarbeit	118
3.1.2 Hubarbeit	119
3.1.3 Spannarbeit	120
3.1.4 Reibungsarbeit als nicht mechanische Form der Arbeit	120
3.2 Verschiedene Formen mechanischer Energie	121
3.2.1 Kinetische Energie	121
3.2.2 Potenzielle Energie	122
3.2.3 Wärmeenergie	122
3.3 Der Energieerhaltungssatz der Mechanik	123
3.4 Anwendungsbeispiele zum Energieerhaltungssatz der Mechanik	126
3.4.1 Fadenpendel	126
3.4.2 Federpendel	127
3.4.3 Pumpspeicherkraftwerk	129
3.4.4 Ballistisches Pendel	130
3.4.5 Musteraufgabe zu den Erhaltungssätzen	131
3.5 Übungsaufgaben zum Energieerhaltungssatz der Mechanik	133
3.6 Ergänzung: Erweiterung des mechanischen Energieerhaltungssatzes ..	135
3.7 Ergänzung: Leistung, mittlere Leistung und Wirkungsgrad	137
3.7.1 Leistung	137
3.7.2 Wirkungsgrad	138
3.8 Ergänzung: Energie- und Impulserhaltungsgesetz bei Stößen	141
3.8.1 Der zentrale Stoß	141
A) Experimentelle Untersuchung des geraden zentralen Stoßes	141
B) Allgemeine Berechnung der Geschwindigkeiten beim völlig unelastischen Stoß	144
C) Berechnung des Energieverlusts beim völlig unelastischen Stoß	145
D) Allgemeine Berechnung der Geschwindigkeiten beim elastischen Stoß	145
3.8.2 Schiefer elastischer Stoß	148
A) Der Zusammenstoß erfolgt zentral	148
B) Der Zusammenstoß erfolgt „schief“	148

4 Kreisbewegung und Gravitationsgesetz

4.1 Die gleichmäßige Kreisbewegung eines Massenpunktes	150
4.1.1 Grundlagen zur Beschreibung der Kreisbewegung	150
4.1.2 Die Vektoren der Kreisbewegung	152
A) Der Ort als Vektor der Kreisbewegung	152
B) Der Vektor der Bahngeschwindigkeit	153
C) Der Vektor der Beschleunigung	154
D) Zusammenfassung der Vektoren der Kreisbewegung	156
4.1.3 Übungsaufgaben zur gleichmäßigen Kreisbewegung	157
4.1.4 Das Kraftgesetz für die Kreisbewegung	158
4.1.5 Anwendungen zur Zentripetalkraft	163
A) Durchfahren einer nicht überhöhten Kurve	163
B) Kurvenüberhöhung	163
C) Drehfrequenzregler	164
D) Radfahren in der Kurve	164
E) Vertikale Kreisbewegung – Looping	165
4.1.6 Übungsaufgaben zur Zentripetalkraft	168
4.2 Das Gravitationsgesetz	171
4.2.1 Herleitung des Gravitationsgesetzes	171
4.2.3 Anwendungsbeispiele zum Gravitationsgesetz	173
A) Grafische Darstellung der Gravitationskraft	173
B) Berechnung der Masse und der mittleren Dichte der Erde	174
C) Berechnung der Masse der Sonne	175
D) „Gravitationsfreier“ Punkt zwischen zwei Körpern	175
E) Synchronsatellit – geostationäre Bahn	176
4.2.4 Musteraufgabe zur Gravitationskraft	178
4.2.5 Übungsaufgaben zum Gravitationsfeld	180
4.3 Ergänzungen zum Gravitationsgesetz	183
4.3.1 Das geozentrische Weltbild	183
4.3.2 Das heliozentrische Weltbild	184
4.3.3 Die keplerschen Gesetze	186
A) Das erste keplersche Gesetz (1609)	186
B) Das zweite keplersche Gesetz (1609)	186
C) Das dritte keplersche Gesetz (1619)	186
4.3.4 Bestimmung der Gravitationskonstanten G	187

5 Mechanische Schwingungen und Wellen

5.1 Allgemeine Eigenschaften und Kennzeichen von mechanischen Schwingungen	190
5.1.1 Beispiele	190
5.1.2 Kennzeichen von Schwingungen	190
5.1.3 Definition wichtiger Begriffe	190
5.2 Die harmonische Schwingung	192
5.2.1 Die Bewegungsgleichungen einer harmonischen Schwingung	192
5.2.2 Darstellung von harmonischen Schwingungen	196
A) Liniendiagramm	196
B) Zeigerdiagramm	196
5.2.3 Die Bewegungsgleichungen der harmonischen Schwingung bei unterschiedlichen Anfangsbedingungen	196
A) Allgemeiner Fall	196
B) Zum Zeitnullpunkt durchläuft der schwingende Körper seine Ruhelage	197
C) Zum Zeitnullpunkt ist die Elongation maximal, der Körper befindet sich im Umkehrpunkt	197
5.2.4 Das lineare Kraftgesetz für die harmonische Schwingung	198
5.3 Beispiele für harmonische Schwingungen	199
5.3.1 Federpendel	199
A) Das horizontale Federpendel	199
B) Das vertikale Federpendel	200
C) Schaltung von Federn	200
5.3.2 Das Fadenpendel	201
5.3.3 Die Flüssigkeit im U-Rohr	202
5.4 Der Energieerhaltungssatz bei harmonischen Schwingungen	203
5.5 Freie und erzwungene Schwingungen	207
5.6 Übungsaufgaben zu mechanischen Schwingungen	212

5.7 Die mechanische Welle	217
5.7.1 Gekoppelte Pendel	217
5.7.2 Störungen	218
5.7.3 Querwellen und Längswellen (Transversalwellen und Longitudinalwellen)	218
5.7.4 Lineare Wellen (Querwellen bzw. Transversalwellen)	219
5.7.5 Sinusförmige lineare Wellen	220
5.7.6 Ebene Wellen.	222
5.8 Die Wellengleichung	223
5.9 Interferenz und Beugung	226
5.9.1 Interferenz.	226
5.9.2 Die Beugung	229
5.9.3 Interferenz am Doppelspalt	230
5.9.4 Auswertung des Doppelspaltversuchs	231
A) Allgemeine Lösung	231
B) Lösung für den Doppelspaltversuch mit Licht.	232
5.9.5 Beispiele zur Interferenz am Doppelspalt.	234
5.10 Übungsaufgaben zu mechanischen Wellen	236
5.11 Stehende mechanische Wellen als Sonderfall der Interferenz.	238
5.11.1 Stehende Transversalwellen	238
5.11.2 Reflexion einer Seilwelle	240
A) Reflexion am festen Ende.	240
B) Reflexion am offenen Ende	241
5.11.3 Reflexion von Wellen auf endlichen Wellenträgern; Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen.	241
5.11.4 Kundtsches Rohr zur Messung der Schallgeschwindigkeit.	242
5.11.5 Übungsaufgaben zu stehenden Wellen.	243

6 Klassische Felder

6.1 Der allgemeine Feldbegriff.	244
6.1.1 Das Gravitationsfeld	244
6.1.2 Das elektrische Feld.	245
6.1.3 Das magnetische Feld	246

6.2	Darstellung von Feldern; Feldlinienbilder einfacher Felder	247
6.2.1	Feldlinienbilder im Gravitationsfeld	247
6.2.2	Feldlinienbilder im elektrischen Feld	248
	A) Versuch zur Darstellung einfacher elektrostatischer Felder	248
	B) Feldlinienbilder einfacher Ladungsanordnungen	249
	C) Eigenschaften von Feldlinien im elektrischen Feld	250
6.2.3	Feldlinienbilder im magnetischen Feld	252
	A) Beispiele einfacher Felder	252
	B) Ergänzung: Das Magnetfeld der Erde	253
	C) Magnetfelder stromdurchflossener Leiter	254
6.3	Kräfte in klassischen Feldern	256
6.3.1	Die Kraft im Gravitationsfeld – das Gravitationsgesetz in vektorieller Darstellung	256
6.3.2	Die Kraft im elektrischen Feld; coulombsche Kraft	257
	A) Experimentelle Untersuchung mit der Drehwaage	257
	B) Vektorielle Darstellung des coulombschen Gesetzes	261
	C) Größenvergleich zwischen Gravitations- und Coulombkraft	262
	D) Übungsaufgabe zur Coulombkraft	262
6.3.3	Kraft im magnetischen Feld – Kraft auf stromdurchflossene Leiter	262
	A) Die Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	263
	B) Die UVW-Regel der rechten Hand	264
	C) Die Ampere-Definition	264
6.4	Die Feldstärke	265
6.4.1	Ergänzung: Die Feldstärke im Gravitationsfeld	265
	A) Die Gravitationsfeldstärke	265
	B) Das homogene Gravitationsfeld	266
6.4.2	Die elektrische Feldstärke	267
	A) Untersuchung der Kraft auf eine Probeladung im Inneren eines Plattenkondensators	267
	B) Experimentelle Untersuchung der elektrischen Feldstärke im radialsymmetrischen Feld	269
6.4.3	Die magnetische Flussdichte	271
	A) Messung des Betrags der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter	271
	B) Vektorielle Darstellung der Kraft	274
	C) Die magnetische Flussdichte einer lang gestreckten leeren Spule	274

6.5	Verschiebungsarbeit und potenzielle Energie (Lageenergie).	278
6.5.1	Grundlagen	278
6.5.2	Verschiebungsarbeit im homogenen Feld	279
6.5.3	Potenzielle Energie im homogenen elektischen Feld	279
6.5.4	Potenzial und Potenzialdifferenz im homogenen elektrischen Feld	280
	A) Potenzialverlauf im Inneren eines Kondensators	280
	B) Die Potenzialdifferenz zwischen zwei Punkten (Spannung)	281
	C) Die elektrische Feldstärke im homogenen Feld	282
	D) Musteraufgabe zu Potenzial und Spannung im Inneren eines Plattenkondensators	284
6.6	Kondensatoren	286
6.6.1	Die Kapazität	286
6.6.2	Kapazität eines Plattenkondensators; die elektrische Feldkonstante	287
6.6.3	Schaltung von Kondensatoren	291
	A) Reihenschaltung	291
	B) Parallelschaltung	291
6.6.4	Energie im elektrischen Feld	292
	A) Herleitung der Gleichung zur Berechnung der in einem geladenen Kondensator gespeicherten Energie	292
	B) Die elektronische Energie des Plattenkondensators	294
6.6.5	Technische Kondensatoren	294
6.6.6	Die Kapazität einer geladenen Kugel mit Radius R	295
6.6.7	Der Ladevorgang eines Kondensators im Gleichstromkreis	296
6.6.8	Übungsaufgaben zum elektrischen Feld	297

7 Die elektromagnetische Induktion

7.1	Untersuchung der Induktion im geschlossenen Leiterkreis.	299
7.1.1	Gleichförmig bewegter Leiter im homogenen Magnetfeld (1. Fall)	299
7.1.2	Leiterschleife im veränderlichen Magnetfeld einer langen Spule (2. Fall)	303
7.2	Der magnetische Fluss	306
7.2.1	Zusammenfassung der beiden Fälle	307
7.3	Energieerhaltung bei Induktionsvorgängen, lenzsche Regel	308
7.4	Das Induktionsgesetz	309
7.4.1	Anwendungsbeispiele zum Induktionsgesetz	310

7.5	Erzeugung sinusförmiger Induktionsspannung	313
7.5.1	Untersuchung mithilfe des Induktionsgesetzes	313
7.5.2	Untersuchung mithilfe der Induktionsspannung, die an den Enden eines bewegten Leiters im homogenen Magnetfeld entsteht	314
7.5.3	Leistung im Wechselstromkreis	315
7.6	Selbstinduktion	317
7.6.1	Ein- und Ausschaltvorgänge bei Gleichstrom	318
	A) Einschaltvorgang bei Gleichstrom	318
	B) Ausschaltvorgang bei Gleichstrom	318
	C) Periodisches Ein- und Ausschalten	319
	D) Mathematische Beschreibung der Selbstinduktion	320
7.6.2	Die Selbstinduktivität einer lang gestreckten Spule	321
7.7	Energie des magnetischen Feldes	322
7.8	Musteraufgabe	323
7.9	Übungsaufgaben zum magnetischen Feld	326

Ergebnisse der Übungsaufgaben

Seite 25 f.	Übungsaufgaben zu den Grundlagen	330
Seite 36 ff.	Übungsaufgaben zur direkten Proportionalität und zur gleichförmigen Bewegung	331
Seite 45 f.	Übungsaufgaben zur Überlagerung gleichförmiger Bewegungen . .	333
Seite 63	Übungsaufgaben zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung	334
Seite 76 f.	Übungsaufgaben zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit	334
Seite 81	Übungsaufgaben zum waagrechten Wurf	334
Seite 86 ff.	Übungsaufgaben zu zusammengesetzten Bewegungen	336
Seite 103	Übungsaufgaben zur atwoodschen Fallmaschine	338
Seite 106 ff.	Übungsaufgaben zu den Gesetzen von Newton	338
Seite 115	Übungsaufgaben zum Impulserhaltungssatz	339
Seite 133 ff.	Übungsaufgaben zum Energieerhaltungssatz der Mechanik	340
Seite 157	Übungsaufgaben zur gleichmäßigen Kreisbewegung	341
Seite 168 ff.	Übungsaufgaben zur Zentripetalkraft	341
Seite 180 ff.	Übungsaufgaben zum Gravitationsfeld	343
Seite 212 ff.	Übungsaufgaben zu mechanischen Schwingungen	345
Seite 228	Übungsaufgaben zur Interferenz	347
Seite 236 ff.	Übungsaufgaben zu den mechanischen Wellen	347
Seite 243	Übungsaufgaben zu stehenden Wellen	349
Seite 262	Übungsaufgabe zur Coulombkraft	349
Seite 297 f.	Übungsaufgaben zum elektrischen Feld	349
Seite 326 ff.	Übungsaufgaben zum magnetischen Feld	350
Bildquellenverzeichnis		354
Stichwortverzeichnis		355