

# Inhalt

## Vorwort 3

### 1 Die Arbeitsweise der Physik 4

- 1.1 Wissenschaft und Hypothesen 4
- 1.2 Hypothese, Theorie und Experiment 5
- 1.3 Das Prinzip der Induktion 5
- 1.4 Newton und die Deduktion 6
- 1.5 Relativitätstheorie und freier Fall 7

### 2 Die sieben SI-Einheiten 9

- 2.1 Das Internationale Einheitensystem 9
- 2.2 Größenordnungen in der Physik 10
- 2.3 Längenmessung 12
- 2.4 Zeitmessung 14
- 2.5 Massenmessung 16
- 2.6 Dichte und Dichtemessung 17

### 3 Tooltime 19

- 3.1 Vektor und Skalar 19
- 3.2 Einfache Vektoroperationen 21
- 3.3 Zerlegung von Vektoren 23

### 4 Gedachte Singularität 25

- 4.1 Der Körperschwerpunkt (KSP) 25
- 4.2 Drei Beispiele aus dem Sport 27
- 4.3 Die drei Arten des Gleichgewichts 29
- 4.4 Vergrößerung der Stabilität 30
- 4.5 Auftrieb aus Sicht des KSP 32

### 5 Geradlinige Bewegungen 34

- 5.1 Gleichförmige Bewegung 34
- 5.2 Beschreibung der Geschwindigkeit 36
- 5.3 Geschwindigkeitsdiagramme 38
- 5.4 Gleichmäßig beschleunigte Bewegungen 39
- 5.5 Ungleichmäßig beschleunigte Bewegungen 45
- 5.6 Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit 47

### 6 Zusammengesetzte Bewegungen 50

- 6.1 Das Unabhängigkeitsprinzip 50
- 6.2 Horizontale Würfe 51
- 6.3 Schiefe Würfe 53
- 6.4 Schiefe Würfe im Sport 54

### 7 Newton mal drei 56

- 7.1 Erscheinungsformen der Masse 56
- 7.2 Das Trägheitsgesetz 57
- 7.3 Die Bewegungsgleichung 59
- 7.4 Beispiele für Kräfte 61
- 7.5 Actio est reactio 67

### 8 Arbeit und Energie 69

- 8.1 Definition der Arbeit 69
- 8.2 Hebearbeit und Lageenergie 70
- 8.3 Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie 71
- 8.4 Verformung und Wärmeenergie 73
- 8.5 Die Leistung 74
- 8.6 Energieerhaltungssatz und Entropie 77

- 8.7 Beispiele zum Energieerhaltungssatz 79

- 8.8 Der Energieerhaltungssatz und der Mensch 81

### 9 Von Aristoteles bis Kepler 84

- 9.1 Das geozentrische Weltbild 84
- 9.2 Das heliozentrische Weltbild 85
- 9.3 Die Kepler'schen Gesetze 88
- 9.4 Unser Sonnensystem 91
- 9.5 Das moderne Weltbild 94

### 10 Newtons Gravitationsgesetz 96

- 10.1 Das Gravitationsgesetz 96
- 10.2 Das Gravitationsfeld 100
- 10.3 Satelliten 102
- 10.4 Wie Ebbe und Flut entstehen 105
- 10.5 Grenzen des Gravitationsgesetzes 107

### 11 Grundlagen zur Thermodynamik 109

- 11.1 Thermische Bewegung 109
- 11.2 Temperatur 110
- 11.3 Wärme und spezifische Wärmekapazität 112
- 11.4 1. Hauptsatz der Thermodynamik 114
- 11.5 Entropie und 2. Hauptsatz 115

### 12 Formen der Wärmeübertragung 117

- 12.1 Wärmeleitung 117
- 12.2 Konvektion 119
- 12.3 Wärmestrahlung 120
- 12.4 Wärmehaushalt von Lebewesen 121

### 13 Ausdehnung, Diffusion und Phasenübergänge 123

- 13.1 Ausdehnung durch Erwärmung 123
- 13.2 Diffusion 124
- 13.3 Phasendiagramme 126
- 13.4 Latente Wärme 128
- 13.5 Schmelzen und Erstarren 129
- 13.6 Verdampfen und Kondensieren 130
- 13.7 Sublimieren und Kondensieren 132

### 14 Die Gasgesetze 134

- 14.1 Der Gasdruck 134
- 14.2 Gasgesetze für spezielle Bedingungen 136
- 14.3 Die allgemeine Gasgleichung 139
- 14.4 Adiabatische Zustandsänderung 140

### 15 Kältetechnik und Wärmekraftmaschinen 142

- 15.1 Der Eiskasten 142
- 15.2 Klimaanlage und Wärmepumpe 143
- 15.3 Tieftemperaturphysik 144
- 15.4 Wärmemotoren 145

### Kompetenzcheck 149

### Lösungen zu den Kompetenzchecks 152

### Lösungen zu den Fragen 155

### Register 160

**Kompetenzbereich RG:** 5. Klasse / **G:** 6. Klasse, 1. Semester

**Kompetenzbereich RG:** 5. Klasse

\* „Energie“ im **RG5** im Kompetenzbereich „Thermodynamik“

Größenordnungen

Mechanik 1

Energie \*

Mechanik 1

Thermodynamik

## Vorwort 3

<b>16</b>	<b>Impuls 4</b>	Mechanik* RG 6.1/G 6.1
<b>16.1</b>	Der Impulserhaltungssatz 4	
<b>16.2</b>	Plastische Stöße 5	
<b>16.3</b>	Elastische Stöße 7	
<b>16.4</b>	Der Kraftstoß 9	
<b>17</b>	<b>Rotationen* 11</b>	Mechanik 2 RG 6.1/G 6.1
<b>17.1</b>	Drehwinkel und Drehgeschwindigkeit 11	
<b>17.2</b>	Die Drehmasse 13	
<b>17.3</b>	Das Drehmoment 14	
<b>17.4</b>	Drehimpuls und Drehimpulserhaltungssatz 17	
<b>17.5</b>	Drehenergie 19	
<b>17.6</b>	Kräfte im rotierenden System 20	
<b>17.7</b>	Der Kreisel 23	
<b>18</b>	<b>Grundlagen der Schwingungen 26</b>	Schwingungen RG 6.1/G 6.2
<b>18.1</b>	Das Fadenpendel 26	
<b>18.2</b>	Federpendel, Frequenz und Amplitude 29	
<b>18.3</b>	Die harmonische Schwingung 32	
<b>18.4</b>	Gedämpfte Schwingungen 34	
<b>18.5</b>	Angeregte Schwingung und Resonanz 36	
<b>18.6</b>	Einfache Überlagerung von Schwingungen 39	
<b>18.7</b>	Komplizierte Überlagerung von Schwingungen 41	
<b>19</b>	<b>Wellengrundlagen 1 45</b>	Wellen RG 6.1/G 6.2
<b>19.1</b>	Wie eine Welle entsteht 45	
<b>19.2</b>	Wellenarten und Wellenformen 47	
<b>19.3</b>	Wellenlänge und -geschwindigkeit 50	
<b>19.4</b>	Überlagerung von Wellen 52	
<b>19.5</b>	Stehende Wellen 53	
<b>20</b>	<b>Wellengrundlagen 2 56</b>	
<b>20.1</b>	Die Prinzipien von Huygens und Fermat 56	
<b>20.2</b>	Reflexion, Brechung und Beugung 58	
<b>20.2.1</b>	Reflexion 58	
<b>20.2.2</b>	Brechung 59	
<b>20.2.3</b>	Beugung 61	
<b>20.3</b>	Doppler-Effekt 63	
<b>21</b>	<b>Sprache und Gehör 65</b>	
<b>21.1</b>	Die menschliche Stimme 65	
<b>21.2</b>	Das menschliche Gehör 67	

<b>22</b>	<b>Grundlagen der Elektrizität 1 70</b>	Elektrizitätslehre/Elektrische Energie* RG 6.2/G 6.2
<b>22.1</b>	Ladung und elektrische Kraft 70	
<b>22.1.1</b>	Reibungselektrizität 71	
<b>22.1.2</b>	Die elektrische Elementarladung 72	
<b>22.1.3</b>	Das Coulomb-Gesetz 73	
<b>22.1.4</b>	Influenz und Polarisation 74	
<b>22.2</b>	Die elektrische Spannung 75	
<b>22.3</b>	Batterien als Spannungsquellen 77*	
<b>23</b>	<b>Grundlagen der Elektrizität 2 79</b>	
<b>23.1</b>	Die Stromstärke 79	
<b>23.2</b>	Drehspulgeräte und Elektromotoren 81	
<b>23.3</b>	Voltmeter und Amperemeter 83	
<b>23.4</b>	Widerstand und spezifischer Widerstand 84	
<b>23.5</b>	Serien- und Parallelschaltung 87	
<b>23.6</b>	Stromarbeit und Stromleistung 88*	
<b>24</b>	<b>Mensch und Elektrizität 90</b>	Felder RG 6.2/G 7.1
<b>24.1</b>	Nervenzelle und Reizleitung 90	
<b>24.2</b>	EKG und EEG 91	
<b>24.3</b>	Stromfluss durch den Körper 92	
<b>25</b>	<b>Das elektrische Feld 94</b>	
<b>25.1</b>	Der Feldbegriff 94	
<b>25.2</b>	Elektrische Feldlinienbilder 96	
<b>25.3</b>	Coulomb-Gesetz und elektrische Feldstärke 97	
<b>25.4</b>	Spannung und „elektrischer Höhenunterschied“ 99	
<b>25.5</b>	Faraday-Käfig 101	
<b>25.6</b>	Der Kondensator 102	
<b>26</b>	<b>Elektrische Ströme und Magnetfelder 104</b>	
<b>26.1</b>	Magnetfelder durch Ströme 104	
<b>26.2</b>	Lorentz-Kraft und magnetische Induktion 105	
<b>26.3</b>	Die Spule 107	
<b>26.4</b>	Elektromagnetische Induktion 1 109	
<b>26.5</b>	Elektromagnetische Induktion 2 111	
<b>26.6</b>	Selbstinduktion 112	

## Kompetenzchecks 114

### Lösungen zu den Kompetenzchecks 118

### Lösungen zu den Fragen 122

### Register 128

## Kennzeichnung Kompetenzbereiche:

RG = Realgymnasium, G = Gymnasium

„Klasse.Semester“ z. B. „6.1“ = 6. Klasse, 1. Semester

\* Zuordnung dieser Kompetenzbereiche siehe Kennzeichnung am Seitenende

## Vorwort 3

- 27 Grundlagen der Elektrotechnik 4**
- 27.1** Generator und Elektromotor 4
- 27.2** Die Leistung des Wechselstroms 7
- 27.3** Der Transformator 10
- 27.4** Drehstrom und Strom im Haushalt 12

- 28 Grundlagen der elektromagnetischen Wellen 14**
- 28.1** Entstehung von EM-Wellen 14
- 28.2** Wichtige Eigenschaften von EM-Wellen 16
- 28.3** Der Schwingkreis 18

- 29 Einige Licht-Phänomene 20**
- 29.1** Reflexion 20
- 29.2** Brechung und Totalreflexion 20
- 29.3** Dispersion und Farbmischung 22
- 29.4** Polarisation 24

- 30 Energieübertragung durch elektromagnetische Wellen 26**
- 30.1** Schwarzer Strahler, schwarze Körper 26
- 30.2** Mikrowellen und Radar 28
- 30.3** Infrarot und Ultraviolett 30
- 30.4** Röntgen- und Gammastrahlung 31

- 31 Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen 33**
- 31.1** Eine kurze Geschichte des Funks 33
- 31.2** Formen der Modulation 34
- 31.3** Das Handy 37
- 31.4** Der Elektromog 39

- 32 Klimaänderung und erneuerbare Energie 41**
- 32.1** Die Luftzusammensetzung 41
- 32.2** Der anthropogene Treibhauseffekt 42
- 32.3** Mögliche Entwicklungen des globalen Klimas 44
- 32.4** Energie aus der Sonne 47
- 32.5** Windenergie 50
- 32.6** Bioenergie aus Biomasse 51

Kompetenzbereich Elektrodynamik/  
Energie\* RG 7.1 G 7.1

Kompetenzbereich Elektromagnetische Wellen  
RG 7.1 G 7.1

Strahlungshaushalt der  
Erde RG 7.1 G 7.1

- 33 Welle und Teilchen 53**
- 33.1** Interferenz und Beugung 53
- 33.2** Licht als Welle 54
- 33.3** Licht als Teilchen 57
- 33.4** Materiewellen 59
- 33.5** Quanten, Zufall und Wahrscheinlichkeit 61
- 33.6** Die Heisenberg'sche Unschärferelation 62

- 34 Das moderne Atommodell 66**
- 34.1** Atommodelle vor der Quantenmechanik 66
- 34.2** Das Wasserstoffatom 68
- 34.3** Orbitale des Wasserstoffatoms 70
- 34.4** Elektronenspin und Pauli-Verbot 73
- 34.5** Das Periodensystem 75

- 35 Licht als Träger von Energie 78**
- 35.1** Der Quantensprung 78
- 35.2** Arten von Spekten 80
- 35.3** Metastabilität und stimulierte Emission 82
- 35.4** Der Laser 83
- 35.5** Weitere Anwendungen des Lasers 85

- 36 Fortgeschrittene Quantenmechanik 87**
- 36.1** Schrödingers Katze 87
- 36.2** Der Tunneleffekt 89
- 36.3** Verschränkte Quanten und EPR-Paradoxie 91
- 36.4** Quantenteleportation 93

- 37 Chaotische Systeme 95**
- 37.1** Starkes und schwaches Kausalitätsprinzip 95
- 37.2** Die Geburt der Chaosforschung 97
- 37.3** Turbulenzen 98
- 37.4** Dreikörperproblem und Chaos 99
- 37.5** Mathematik des Chaos 100

- Kompetenzchecks 103**
- Lösungen zu den Kompetenzchecks 106**
- Lösungen zu den Fragen 109**
- Register 113**

Kompetenzbereich  
Quantenphysik RG 7.2 G 7.2

Kompetenzbereich Atomphysik  
RG 7.2 G 7.2

Erweiterung Quanten-  
physik RG 7.2 G 7.2

Kompetenzbereich Theorien-  
entwicklung RG 7.2 G 7.2

**Kennzeichnung Kompetenzbereiche:**  
 RG = Realgymnasium, G = Gymnasium  
 „Klasse.Semester“ z. B. „7.1“ = 7. Klasse, 1. Semester  
 \* Zuordnung dieser Kompetenzbereiche siehe  
 Kennzeichnung auf der Seite unten

# Inhalt

## Vorwort 3

- 38 Weltbilder vor 1905 4**
- 38.1** Die Kopernikanische Wende 4
- 38.2** Das klassische Relativitätsprinzip 6
- 38.3** Die Jagd nach dem Äther 8
- 39 Relativitätsprinzip und Gleichzeitigkeit 10**
- 39.1** Das moderne Relativitätsprinzip 10
- 39.2** Beobachten und sehen 12
- 39.3** Relativität der Gleichzeitigkeit 14
- 40 Zeitdehnung und Raumschrumpfung 16**
- 40.1** Zeitdehnung qualitativ 16
- 40.2** Zeitdehnung quantitativ 17
- 40.3** Das Zwillingsparadoxon 19
- 40.4** Längenkontraktion 20
- 40.5** Verknüpfung relativistischer Effekte 22
- 41 Relativistische Masse und Energie 25**
- 41.1** Massenzunahme 25
- 41.2**  $E = mc^2$  und relativistische Energie 27
- 41.3** Kernfusion und Kernspaltung 29
- 42 Vertiefendes zur SRT 31**
- 42.1** Relativistischer Doppler-Effekt 31
- 42.2** Geschwindigkeitsaddition 32
- 42.3** Die Verknüpfung von Raum und Zeit 33
- 42.4** Relativistische Raketentechnik 34
- 42.5** Lorentz-Transformation 35
- 43 Allgemeine Relativitätstheorie 38**
- 43.1** Das Äquivalenzprinzip 38
- 43.2** Lokale Inertialsysteme 40
- 43.3** Frequenzverschiebung im Gravitationsfeld 42
- 43.4** Zeitveränderung im Gravitationsfeld 43
- 43.5** Längenveränderung und Raumkrümmung 45
- 43.6** Lichtablenkung im Gravitationsfeld 46
- 43.7** Periheldrehung, Gravitationswellen und Thirring-Lense-Effekt 48
- 43.8** Schwarze Löcher und Wurmlöcher 51
- 44 Die Struktur der Atomkerne 54**
- 44.1** Atom und Atomkern 54
- 44.2** Neutronen, Protonen, Isotope 55
- 44.3** Kernkraft und Kernspin 56
- 45 Radioaktivität 59**
- 45.1** Entstehung, Arten und Wirkung der Radioaktivität 59
- 45.2** Biologische Wirkung der Strahlung 62
- 45.3** Zerfallsgesetz und Altersbestimmung 63
- 45.4** Anwendungen der Radioaktivität 65
- 46 Energie aus den Atomkernen 67**
- 46.1** Kernspaltung 67
- 46.2** Kernfusion 70
- 46.3** Kernwaffen 72

Kompetenzbereich Relativitätstheorie  
RG 8.1 G 8.1

Kompetenzbereich Kernphysik  
RG 8.1 G 8.1

- 47 Teilchenphysik und Standardmodell 74**
- 47.1** Spin, Fermionen und Bosonen 74
- 47.2** Die Teilchen des Standardmodells 76
- 47.3** Vereinheitlichung der Kräfte 84
- 47.4** Teilchenzoo und Teilchenbeschleuniger 86

- 48 Vom Leben und Sterben der Sterne 90**
- 48.1** Die Geburt von Sternen 90
- 48.2** Das Leben der Sterne 92
- 48.3** Der Tod der Sterne 95
- 49 Einführung in die Kosmologie 98**
- 49.1** Die Entdeckung des Big Bang 98
- 49.2** Grundlegendes zur Expansion des Universums 101
- 49.3** Was zwischen dem Big Bang und heute geschah 103
- 49.4** Das Standardmodell der Kosmologie 106
- 49.5** Dunkle Materie und Dunkle Energie 108

- 50 Miniaturisierung und Nanotechnologie 111**
- 50.1** Beispiele für Miniaturisierungen 111
- 50.2** Halbleiter und Halbleiterelemente 114
- 50.3** Herstellung und Arbeitsweise eines ICs 117
- 50.4** Nanotechnologie 120
- 51 Bionik 123**
- 51.1** Flugtechnik nach dem Vorbild der Natur 123
- 51.2** Bionische Oberflächen 125
- 51.3** Bionische Materialien und Strukturen 128

- Kompetenzcheck 130**
- Lösungen zu den Kompetenzchecks 133**
- Lösungen zu den Fragen 137**

## Register 144

- \* Themenvorschläge des Autors – Lehrplanforderung:
- **Aktuelle Forschung:** Einblicke in aktuelle physikalische Forschung
  - **Vertiefung und Wiederholung** von Lerninhalten aus vorangegangenen Semestern

Kompetenzbereich Teilchenphysik  
RG 8.1 G 8.1

Kompetenzbereich Aktuelle Forschung\*  
RG 8.2 G 8.2

Kompetenzbereich Vertiefung  
und Wiederholung\*  
RG 8.2 G 8.2