

# INHALT

Vorwort	13
<b>MECHANIK</b>	<b>17</b>
TRANSLATION UND ROTATION	17
<b>Gleichförmige geradlinige Bewegung</b>	<b>17</b>
1 Arten der Bewegung	18
2 Gleichförmige Bewegung eines elektrischen Spielzeugfahrzeugs	19
3 Gleichförmige Bewegung einer Spielzeugeisenbahn	20
4 Gleichförmige Bewegung auf der Luftkissenbahn	22
5 Gleichförmige Bewegung einer großen Eisenkugel	25
6 Gleichförmige Bewegung mit dem Bandförderer	27
7 Gleichförmige Bewegung einer Luftblase im Glasrohr mit Wasserfüllung	29
8 Gleichförmige geradlinige Bewegung – direkte Geschwindigkeitsmessung	30
<b>Gleichmäßig beschleunigte Bewegung</b>	<b>32</b>
9 Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung	35
10 Bewegung auf der geneigten Ebene	36
11 Bewegung auf einer geneigten Luftkissenbahn	37
12 Rollende Kugel auf der Laufrinne	37
13 Untersuchung der gleichmäßig beschleunigten Bewegung durch Weg-Zeit-Messungen mit dem Reifen-(Walzen-)apparat	41
14 Untersuchung der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit dem Walzenapparat und dem elektronischen Geschwindigkeitsmesser	43
15 Untersuchung der gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenbahn mit direkter Geschwindigkeitsmessung	46
16 Untersuchung der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit der Atwood'schen Fallmaschine	49
17 Untersuchung der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit Luftkissenbahn und Computer	51
<b>Freier Fall</b>	<b>52</b>
18 Einfluss des Luftwiderstands auf die Fallbewegung	53
19 Fall in Luft und im luftleeren Raum	54
20 Untersuchung des freien Falls mit einer Fallschnur	55
21 Untersuchung des Weg-Zeit-Gesetzes beim freien Fall mit elektronischer Zeitmessung	56
22 Bestimmung der Fallbeschleunigung mit Wassertropfen	57

<b>Überlagerung von Bewegungen</b>	58
23 Zusammensetzung zweier gleichförmiger Bewegungen – Demonstration an der Wandtafel	59
24 Zusammensetzung zweier gleichförmiger Bewegungen – Demonstration mit einer rollenden Kugel	60
25 Zusammensetzung zweier gleichförmiger Bewegungen – Demonstration auf dem Luftkissentisch	62
26 Ungestörte Überlagerung einer gleichförmigen und einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung	63
27 Veranschaulichung von Wurfbahnen mit einem Wurfbahnmodell	63
28 Schräger Wurf mit dem Wasserstrahl	64
29 Schräger Wurf mit dem Wurfgerät	65
<b>Kreis- und Drehbewegungen</b>	66
30 Vergleich von Kreis- und Drehbewegung	67
31 Drehzahlmessung mit einem Digitalzähler	67
32 Winkelgeschwindigkeit und Bahngeschwindigkeit	68
<b>KRAFT, MASSE, ARBEIT, ENERGIE, LEISTUNG</b>	70
<b>Die Kraft</b>	70
33 Die Kraft als Wechselwirkungsgröße	71
34 Wechselwirkung zwischen zwei Schülern	72
35 Wechselwirkung mit zwei Federkraftmessern	72
36 Wechselwirkung – Nachweis durch Rückstoß	73
37 Nachweis der Wechselwirkung mit zwei Magneten	74
38 Wechselwirkung beim Auftrieb	74
39 Die Wirkungen der Kraft	75
40 Elastische Verformung verschiedener Körper	76
41 Elastische Dehnung eines Drahtes	77
42 Plastische Verformung verschiedener Körper	78
43 Plastische Dehnung von Drähten	78
44 Die Federdehnung in Abhängigkeit von der Kraft	79
45 Elastische Dehnung einer Schraubenfeder – Hooke'sches Gesetz	79
46 Dehnung eines Gummifadens	80
47 Kraftmessung	81
48 Die Gewichtskraft	83
49 Verschiebung einer Kraft auf ihrer Wirkungslinie	83
50 Addition von Kräften mit gemeinsamer Wirkungslinie	84
51 Zusammensetzung von Kräften mit verschiedenen Richtungen	85
52 Kräfteparallelogramm	86
53 Zerlegung einer Kraft in zwei parallele Kräfte	87
54 Zerlegung der Kraft an der geneigten Ebene in zwei senkrecht zueinander stehende Kräfte	88
55 Kräftezerlegung bei einer Seilauflängung	89
56 Der Schwerpunkt eines stabförmigen Körpers	90

<b>57</b>	Bestimmung des Schwerpunktes eines sehr flachen Körpers mithilfe der Schwerelinien	91
<b>58</b>	Gleichgewichtslagen hängender Körper	92
<b>59</b>	Stabiles Gleichgewicht verschiedener Figuren	93
<b>Kraft umformende Einrichtungen</b>		<b>94</b>
<b>60</b>	Einfache Hebel	86
<b>61</b>	Das Hebelgesetz am zweiseitigen Hebel	95
<b>62</b>	Das Hebelgesetz am einseitigen Hebel	96
<b>63</b>	Modelle von Waagen	97
<b>64</b>	Gleichgewicht, Kräfte und Wege an der festen Rolle	98
<b>65</b>	Gleichgewicht, Kräfte und Wege an der losen Rolle	99
<b>66</b>	Gleichgewicht, Kräfte und Wege am Flaschenzug	100
<b>67</b>	Vergleich von Rollen und Flaschenzug	102
<b>68</b>	Gleichgewicht an der geneigten Ebene	103
<b>69</b>	Kräfte und Wege an der geneigten Ebene	104
<b>70</b>	Gleichgewicht am Wellrad	105
<b>71</b>	Kräfte und Wege an der Kurbel	105
<b>Die Reibung</b>		<b>106</b>
<b>72</b>	Die Reibungsarten	107
<b>73</b>	Die Abhängigkeit der Gleitreibungskraft von der Gewichtskraft des gleitenden Körpers	108
<b>74</b>	Die Abhängigkeit der Gleitreibungskraft von der Beschaffenheit der Oberfläche	109
<b>75</b>	Die Abhängigkeit der Gleitreibungskraft von der Oberflächengröße des gleitenden Körpers	110
<b>76</b>	Die Bestimmung der Haftreibungszahl an der geneigten Ebene	111
<b>Die Trägheit</b>		<b>112</b>
<b>77</b>	Die Trägheit eines Körpers auf der Luftkissenbahn	112
<b>78</b>	Das Trägheitsgesetz auf der Luftkissenbahn	114
<b>79</b>	Trägheit einer Kugel	115
<b>80</b>	Trägheit eines Klotzes	115
<b>81</b>	Trägheit eines Körpers beim Wegziehen der Unterlage	116
<b>82</b>	Trägheit beim Anheben eines Körpers	116
<b>83</b>	Trägheit eines hängenden Körpers	116
<b>84</b>	Trägheit eines Turmes aus Streichholzschachteln	117
<b>85</b>	Trägheit eines Holzstabes	118
<b>86</b>	Trägheit einer Flüssigkeit	118
<b>87</b>	Trägheit der Luft	118
<b>88</b>	Das Trägheitsgesetz am Federkraftmesser	119
<b>Das Newton'sche Grundgesetz</b>		<b>120</b>
<b>89</b>	Das Newton'sche Grundgesetz – Einsatz des Wagens auf der Schiene	121
<b>90</b>	Das Newton'sche Grundgesetz – Einsatz der Luftkissenbahn mit Weg-Zeit-Messungen	123

91	Das Newton'sche Grundgesetz – Einsatz der Luftkissenbahn mit Streifenblende	125
92	Das Newton'sche Grundgesetz – Einsatz der Luftkissenbahn mit direkter Beschleunigungsmessung	126
<b>Arbeit, Leistung, Energie</b>		128
93	Arbeit an der festen Rolle	129
94	Verschiebungsarbeit	130
95	Arbeit an der losen Rolle	131
96	Arbeit am Flaschenzug	132
97	Arbeit an der geneigten Ebene	133
98	Federspannarbeit	133
99	Leistung beim Heben eines Körpers	134
100	Die Hubarbeit und die potentielle Energie der Lage	135
101	Umwandlung von potentieller Energie der Lage in kinetische Energie an der geneigten Ebene	136
102	Umwandlung von kinetischer Energie einer rollenden Kugel in Verschiebungsarbeit	137
103	Energieumwandlung am Fadenpendel	138
104	Energieumwandlung am horizontalen Federschwinger	138
105	Energieumwandlung auf der Luftkissenbahn	139
<b>SCHWINGUNGEN UND WELLEN</b>		141
<b>Mechanische Schwingungen</b>		141
106	Schwingende Körper	142
107	Amplitude, Auslenkung, Periodendauer und Frequenz einer Schwingung	143
108	Aufzeichnen der Schwingung eines Fadenpendels	145
109	Aufzeichnen der Schwingung einer Stimmgabel	146
110	Harmonische und nichtharmonische Schwingungen	147
111	Abhängigkeit der Periodendauer eines Federschwingers von der Masse des Pendelkörpers	148
112	Abhängigkeit der Periodendauer eines Federschwingers von der Federkonstante	150
113	Abhängigkeit der Periodendauer eines Fadenpendels von der Pendellänge, Unabhängigkeit von der Masse des Pendelkörpers	151
114	Einfluss der Fallbeschleunigung auf die Periodendauer eines Fadenpendels	152
115	Gedämpfte Schwingungen eines Federschwingers	153
116	Eigenschwingungen, erzwungene Schwingungen und Resonanz beim vertikalen Federschwinger	155
117	Eigenschwingungen, erzwungene Schwingungen und Resonanz beim horizontalen Federschwinger	156
118	Resonanz bei Fadenpendeln	157
119	Modell zur Resonanz eines Motors mit seinem Fundament	158
120	Modell eines Schlingertanks	159

<b>Mechanische Wellen</b>	161
121 Ausbreitung einer transversalen Welle in einem Wasserwellenkanal	162
122 Ausbreitung einer transversalen Welle längs eines Schlauches	163
123 Ausbreitung einer transversalen Welle längs einer Kette gekoppelter Fadenpendel	164
124 Ausbreitung einer transversalen Welle längs einer Kette gekoppelter Federschwinger	167
125 Ausbreitung einer transversalen Welle in einer Torsionswellenmaschine	168
126 Wasserwellenkanal – Einführen physikalischer Größen zur Beschreibung von Wellen	170
127 Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Wasserwelle	171
128 Erzeugung von Wellen in einer Glaswanne	172
129 Untersuchung der Ausbreitung von Wellen in der Wellenwanne	174
130 Überlagerung zweier Wellen gleicher Frequenz in einem Y-förmigen Wellenkanal	176
131 Interferenz von Wellen in der Wellenwanne	179
<b>Akustik</b>	180
132 Entstehen von Schall oberhalb einer bestimmten Frequenz eines Schwingers	180
133 Schallquellen	181
134 Nachweis der Schwingungen bei schallaussendenden Körpern	182
135 Akustische Resonanz	184
136 Zusammenhang von Tonhöhe und Frequenz	185
137 Abhängigkeit der Lautstärke von der Amplitude	186
138 Reflexion von Schallwellen	187
139 Interferenz von Schallwellen	187
140 Schalldämmung	189
141 Ultraschall	190
<b>MECHANIK DER FLÜSSIGKEITEN UND GASE</b>	191
<b>Aufbau der Stoffe aus Teilchen</b>	191
142 Teilen von Stoffen	192
143 Ölfleckexperiment – Abschätzung des Moleküldurchmessers	192
144 Volumendefizit beim Mischen von Stoffen	194
145 Diffusion von Gasen	195
146 Diffusion von Kupfersulfatlösung und Wasser	196
147 Modellexperimente zur Diffusion auf dem Luftkissentisch	197
148 Brown'sche Bewegung	198
149 Modellexperiment zur Brown'schen Bewegung	199
150 Modellexperimente zur Anordnung und Bewegung der Teilchen in festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen	200
151 Kohäsion und Adhäsion	201
152 Kapillarität	202
153 Oberflächenspannung	204

<b>Druck in Flüssigkeiten und Gasen</b>	204
154 Druck und Druckkraft	205
155 Druck, Druckkraft und gedrückte Fläche	206
156 Druckkraft, Eindringtiefe und Druck	207
157 Allseitige und gleichmäßige Druckausbreitung in Flüssigkeiten	208
158 Kräfte und Wege bei der Druckübertragung in einer hydraulischen Anlage	208
159 Kompressibilität von Luft	210
160 Boyle-Mariotte'sches Gesetz – Nachweis mit dem Kolbenprober	211
161 Boyle-Mariotte'sches Gesetz – Nachweis mit dem Gerät für das Boyle-Mariotte'sche Gesetz	213
162 Dichte von Luft	214
<b>Schweredruck in Flüssigkeiten</b>	215
163 Untersuchung des Schweredrucks in Flüssigkeiten mit einer Druckdose	216
164 Unabhängigkeit des Bodendrucks von der Gefäßform	217
165 Seitendruck	218
166 Aufdruck	219
167 Schweredruck in verschiedenen Flüssigkeiten	220
168 Verbundene Gefäße	221
169 Modell eines Wasserstandsanzeigers	222
<b>Auftrieb in Flüssigkeiten</b>	223
170 Nachweis des Auftriebs	223
171 Abhängigkeiten der Auftriebskraft	225
172 Archimedisches Gesetz	226
173 Sinken, Schweben und Steigen einer verschlossenen Flasche	228
174 Der cartesianische Taucher	228
175 Dichtebestimmung von Blei mithilfe eines Federkraftmessers	230
<b>Luftdruck und Auftrieb in Luft</b>	231
176 Nachweis des Luftdrucks mit dem Blasensprenger	232
177 Nachweis des Luftdrucks mit den Magdeburger Halbkugeln	232
178 Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe	233
179 Bestimmung des Luftdrucks	234
180 Modell eines Dosenbarometers	235
181 Auftrieb eines Körpers in Luft – Nachweis mit der Auftriebswaage	236
182 Auftrieb eines Körpers in Luft – Nachweis mit einem Luftballon und einer Spraydose	237
183 Auftriebskraft eines mit Wasserstoff gefüllten Ballons	237
184 Modell eines Heißluftballons	238
<b>Strömungen in Flüssigkeiten und Gasen</b>	239
185 Stromlinienverlauf – Untersuchung mit Fadensonden	240
186 Stromlinienverlauf – Untersuchung mit dem Stromfadengerät	240
187 Stromlinienverlauf – Untersuchung mit dem Stromliniengerät	241
188 Stromlinienverlauf – Untersuchung mit Tintenspuren	243
189 Abhängigkeit des Strömungswiderstands von der Form der umströmten Körper	244

<b>190</b>	Aerodynamisches Paradoxon	245
<b>191</b>	Statischer Druck in Luftströmungen	246
<b>192</b>	Statischer Druck in Wasserströmungen	246
<b>193</b>	Auftriebskraft am Tragflächenprofil	247
<b>194</b>	Druckverteilung an einem Tragflächenprofil	248
<b>THERMODYNAMIK</b>		<b>249</b>
TEMPERATUR UND THERMISCHES VERHALTEN VON KÖRPERN		249
<b>Temperatur und Thermometer</b>		<b>249</b>
<b>195</b>	Täuschbarkeit menschlichen Temperaturempfindens	250
<b>196</b>	Thermometermodell mit Wasserfüllung	250
<b>197</b>	Kalibrieren eines Thermometers	251
<b>198</b>	Temperatur und Teilchenbewegung	253
<b>Thermisches Verhalten von Körpern</b>		<b>254</b>
<b>199</b>	Volumenänderung einer Stahlkugel bei Temperaturänderung	256
<b>200</b>	Längenänderung eines Kupferdrahtes bei Temperaturänderung	256
<b>201</b>	Längenänderung eines Gummifadens bei Temperaturänderung	257
<b>202</b>	Längenänderung von Rohren bei Temperaturänderung – Bestimmung des linearen Ausdehnungskoeffizienten	258
<b>203</b>	Kräfte bei der Längenänderung eines Metallstabes – Bolzensprenger	260
<b>204</b>	Verformung eines Bimetallstreifens	261
<b>205</b>	Volumenzunahme von Flüssigkeiten bei Temperaturerhöhung	262
<b>206</b>	Bestimmung des räumlichen Ausdehnungskoeffizienten von Petroleum	263
<b>207</b>	Anomalie des Wassers	264
<b>208</b>	Temperaturschichtung im Wasser	266
<b>209</b>	Volumenzunahme von Luft bei Temperaturerhöhung	267
<b>210</b>	Druckzunahme von Luft bei Temperaturerhöhung	267
<b>211</b>	Zusammenhang von Volumen und Temperatur bei Luft	268
<b>212</b>	Zusammenhang von Druck und Temperatur bei Luft	271
THERMISCHE ENERGIE UND WÄRME		272
<b>Wärmeaufnahmen und -abgabe</b>		<b>272</b>
<b>213</b>	Grundgleichung der Wärmelehre	272
<b>214</b>	Spezifische Wärmekapazität von Flüssigkeiten	275
<b>215</b>	Spezifische Wärmekapazität fester Körper	276
<b>216</b>	Wärmekapazität eines Thermosgefäßes	278
<b>217</b>	Mischungstemperatur zweier Wassermengen	279
<b>Aggregatzustandsänderungen</b>		<b>280</b>
<b>218</b>	Schmelz- und Erstarrungstemperatur	280
<b>219</b>	Temperaturverlauf beim Schmelzen	282
<b>220</b>	Mischung von Wasser und Eis	283

221	Bestimmung der spezifischen Schmelzwärme des Eises	284
222	Volumenänderung von Flüssigkeiten beim Erstarren	285
223	Erwärmen von Wasser bis zum Sieden	286
224	Siedetemperatur verschiedener Flüssigkeiten	286
225	Kondensieren	288
226	Destillieren	289
227	Verdunsten	290
228	Abkühlen durch Verdunsten	292
229	Temperaturverlauf beim Erwärmen von Wasser bis zum Sieden	294
230	Spezifische Verdampfungswärme von Wasser	295
231	Spezifische Kondensationswärme von Wasser	296
232	Sieden unter vermindertem Druck	297
233	Sieden unter erhöhtem Druck	299
<b>Wärmeübertragung</b>		<b>300</b>
234	Wärmeleitung fester Körper	301
235	Unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit verschiedener fester Stoffe	302
236	Wärmeleitfähigkeit des Wassers	303
237	Wärmeleitfähigkeit von Luft	304
238	Wärmeströmung in Wasser	305
239	Wärmeströmung in Luft	306
240	Schornsteinmodell	307
241	Nachweis der Wärmestrahlung	308
242	Absorption der Wärmestrahlung	309
243	Reflexion der Wärmestrahlung	310
244	Absorptionsvermögen schwarzer Körper für Wärmestrahlung	312
245	Bestimmung der Solarkonstanten	313
246	Treibhauseffekt	314
247	Sonnenkollektor	315
248	Wärmedämmung in Modellhäusern	317
249	Thermosflasche	318
<b>Umwandlungen zwischen thermischer und mechanischer Energie – Wärme kraftmaschinen</b>		<b>320</b>
250	Umwandlung von mechanischer in thermische Energie mit dem pneumatischen Feuerzeug	320
251	Umwandlung von mechanischer Energie in thermische Energie durch Schütteln einer Flüssigkeit	321
252	Umwandlung mechanischer Energie in thermische Energie mit der Whiting'schen Röhre	322
253	Umwandlung von thermischer in mechanische Energie – 1. Hauptsatz der Thermodynamik	322
254	Modell einer Dampfturbine	323
255	Modell eines Ottomotors	324
256	Stirlingmotor	325
Register		327