

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>Erstes Kapitel. Punktmechanik . . . . .</b>	<b>3</b>
§ 1. Die NEWTONschen Axiome . . . . .	3
§ 2. Raum, Zeit und Bezugssystem . . . . .	8
§ 3. Geradlinige Bewegung eines Massenpunktes . . . . .	15
<b>Beispiele:</b> 1. Freier Fall in Erdnähe . . . . .	17
2. Freier Fall aus großer Entfernung . . . . .	18
3. Freier Fall mit Luftwiderstand . . . . .	20
4. Harmonische Schwingungen . . . . .	21
5. Eindimensionaler Zusammenstoß zweier Massenpunkte . . . . .	23
§ 4. Veränderliche Massen . . . . .	26
§ 5. Kinematik und Statik in Ebene und Raum beim einzelnen Massenpunkt	29
1. Ebene Kinematik . . . . .	30
2. Der Begriff des Momentes in der ebenen Statik und Kinematik . . . . .	32
3. Kinematik im Raum . . . . .	33
4. Statik im Raum. Kraftmoment um einen Punkt und um eine Achse . . . . .	33
§ 6. Dynamik (Kinetik) des frei beweglichen Massenpunktes. KEPLER-Problem.	34
Begriff der potentiellen Energie . . . . .	34
1. Ruhende Sonne . . . . .	34
2. Mitbewegung der Sonne . . . . .	39
3. Wann kann man bei einem Kraftfeld von einer potentiellen Energie sprechen ? . . . . .	40
<b>Zweites Kapitel. Mechanik der Systeme, Prinzip der virtuellen Arbeit und D'ALEMBERTSches Prinzip . . . . .</b>	<b>41</b>
§ 7. Freiheitsgrade und ihre Beschränkung durch Führungen. Virtuelle Verrückungen eines mechanischen Systems, holonome und nichtholochrome Bedingungen	41
§ 8. Das Prinzip der virtuellen Arbeit . . . . .	44
§ 9. Beispiele zum Prinzip der virtuellen Arbeit . . . . .	47
1. Der Hebel . . . . .	47
2. Umkehrung des Hebels: Radfahrer, Brücke . . . . .	48
3. Der Flaschenzug . . . . .	49
4. Der Kurbelmechanismus . . . . .	50
5. Das Moment einer Kraft um eine Achse und die Arbeit einer virtuellen Drehung . . . . .	51
§ 10. Das d'ALEMBERTSche Prinzip. Einführung der Trägheitswiderstände . . . . .	51
§ 11. Einfachste Beispiele zum d'ALEMBERTSchen Prinzip . . . . .	54
1. Drehung eines starren Körpers um eine fest gelagerte Achse . . . . .	54
2. Koppelung von Rotations- und Translationsbewegung . . . . .	55
3. Abrollen einer Kugel auf der schießen Ebene . . . . .	56
4. Führung einer Masse auf vorgeschriebener Bahn . . . . .	57

§ 12. LAGRANGESche Gleichungen erster Art . . . . .	58
§ 13. Impuls- und Drehimpulssatz (Schwerpunkts- und Flächensatz). . . . .	61
1. Impulssatz . . . . .	61
2. Drehimpulssatz . . . . .	62
3. Beweis nach der Koordinatenmethode . . . . .	64
4. Beispiele . . . . .	65
5. Massenausgleich bei Schiffsmaschinen . . . . .	67
6. Lehrsatz, betreffend die Zahl der in einem abgeschlossenen System allgemein ausführbaren Integrationen . . . . .	69
§ 14. Über die Reibungsgesetze . . . . .	71
1. Reibung der Ruhe . . . . .	72
2. Reibung der Bewegung . . . . .	74
<b>Drittes Kapitel. Schwingungsprobleme . . . . .</b>	<b>76</b>
§ 15. Das mathematische Pendel . . . . .	76
§ 16. Das physikalische Pendel. . . . .	80
Nachtrag: Ein Satz über das Trägheitsmoment . . . . .	81
§ 17. Das Zykloidenpendel . . . . .	82
§ 18. Das sphärische Pendel . . . . .	85
§ 19. Verschiedene Schwingungstypen. Freie und erzwungene, gedämpfte und ungedämpfte Schwingungen . . . . .	88
§ 20. Sympathische Pendel . . . . .	93
§ 21. Doppelpendel . . . . .	98
<b>Viertes Kapitel. Der starre Körper . . . . .</b>	<b>103</b>
§ 22. Kinematik des starren Körpers . . . . .	103
§ 23. Statik des starren Körpers . . . . .	109
1. Die Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	109
2. Das Äquivalenzproblem, die Reduktion des Kraftsystems . . . . .	110
3. Wechsel des Bezugspunktes . . . . .	111
4. Vergleich von Kinematik und Statik . . . . .	111
Anhang über Kraftschrauben und Bewegungsschrauben . . . . .	112
§ 24. Impuls und Impulsmoment des starren Körpers. Ihr Zusammenhang mit Translations- und Rotationsgeschwindigkeit . . . . .	113
§ 25. Dynamik des starren Körpers. Übersicht über seine Bewegungsformen . .	116
1. Der kräftefreie Kugelkreisel . . . . .	118
2. Der kräftefreie symmetrische Kreisel . . . . .	118
3. Der kräftefreie unsymmetrische Kreisel . . . . .	119
4. Der schwere symmetrische Kreisel . . . . .	120
5. Der schwere Kreisel mit dreiachsigem Trägheitsellipsoid . . . . .	121
§ 26. Die EULERSchen Gleichungen. Quantitative Behandlung des kräftefreien Kreisels. . . . .	122
1. Die EULERSchen Differentialgleichungen der Rotation . . . . .	122
2. Die reguläre Präzession des kräftefreien symmetrischen Kreisels und die EULERSche Theorie der Polschwankungen . . . . .	125
3. Die Bewegung des dreiachsigem Kreisels. Untersuchung seiner permanenten Rotationen auf ihre Stabilität . . . . .	129
§ 27. Demonstrationsversuche zur Kreiseltheorie und technische Anwendungen derselben . . . . .	132
a) Der Schiffskreisel und Verwandtes . . . . .	135
b) Der Kreiselkompaß . . . . .	136
c) Kreiselwirkung bei Eisenbahnrädern und beim Fahrrad . . . . .	138

Anhang: Die Mechanik des Billardspiels . . . . .	139
1. Hohe und tiefe Stoße . . . . .	139
2. Nachläufer und Zurückzieher . . . . .	140
3. Bahnen mit Effet bei horizontaler Stoßrichtung . . . . .	141
4. Parabolische Bahn bei Stoßen mit vertikaler Komponente . . . . .	142
<b>Fünftes Kapitel. Relativbewegung . . . . .</b>	<b>142</b>
§ 28. Eine spezielle Ableitung der CORIOLISSCHEN Kraft . . . . .	142
§ 29. Die allgemeinen Differentialgleichungen der Relativbewegung . . . . .	145
§ 30. Der freie Fall auf der rotierenden Erde, die Eigenart der gyroskopischen Terme . . . . .	147
§ 31. Das FOUCAULTSCHE Pendel . . . . .	150
§ 32. Der LAGRANGESCHE Spezialfall des Dreikörperproblems . . . . .	153
<b>Sechstes Kapitel. Die Integralprinzipien der Mechanik und die allgemeinen LAGRANGESCHEN Gleichungen . . . . .</b>	<b>159</b>
§ 33. Das HAMILTONSCHE Prinzip der kleinsten Wirkung (Aktion) . . . . .	159
§ 34. Die allgemeinen LAGRANGESCHEN Gleichungen . . . . .	163
§ 35. Beispiele zu den allgemeinen LAGRANGESCHEN Gleichungen	169
1. Das Zykloidenpendel . . . . .	169
2. Das sphärische Pendel . . . . .	170
3. Das Doppelpendel . . . . .	171
4. Der schwere symmetrische Kreisel . . . . .	172
§ 36. Andere Ableitung der LAGRANGESCHEN Gleichungen . . . . .	177
§ 37. Das Prinzip der kleinsten Wirkung (Aktion) von MAUPERTUIS . . . . .	180
<b>Siebentes Kapitel. Die Differentialprinzipien der Mechanik . . . . .</b>	<b>185</b>
§ 38. Das GAUSSSCHE Prinzip des kleinsten Zwanges . . . . .	185
§ 39. Das HERTZSCHE Prinzip der geradesten Bahn . . . . .	187
§ 40. Exkurs über geodätische Linien . . . . .	189
<b>Achtes Kapitel. Die HAMILTONSCHE Theorie . . . . .</b>	<b>191</b>
§ 41. Die HAMILTONSCHEN kanonischen Differentialgleichungen	191
a) Ableitung der HAMILTONSCHEN aus den LAGRANGESCHEN Gleichungen . . . . .	192
b) Ableitung der HAMILTONSCHEN Gleichungen aus dem HAMILTONSCHEN Prinzip . . . . .	193
§ 42. Die ROUTHSCHEN Gleichungen und die zyklischen Systeme . . . . .	197
§ 43. Die Differentialgleichungen für nichtholonom Geschwindigkeitsparameter . . . . .	200
§ 44. Die HAMILTONSCHE partielle Differentialgleichung	202
a) Konservatives System . . . . .	203
b) Nichtkonservatives System . . . . .	205
§ 45. Der JACOBISCHE Satz über die Integration der HAMILTONSCHEN partiellen Differentialgleichung . . . . .	206
§ 46. Das KEPLER-Problem in klassischer und quantentheoretischer Behandlung	208
<b>Übungsaufgaben</b>	
<b>Zu Kapitel I . . . . .</b>	<b>213</b>
I. 1. I. 2. I. 3. Elastischer Stoß . . . . .	213
I. 4. Unelastischer Stoß zwischen einem Elektron und einem Atom . . . . .	213
I. 5. Rakete . . . . .	214
I. 6. Fallender Wassertropfen in gesättigter Atmosphäre . . . . .	214
I. 7. Fallende Kette . . . . .	214
I. 8. Fallendes Seil . . . . .	214
I. 9. Beschleunigung des Mondes durch die Erdanziehung . . . . .	214

I. 10. Das Kraftmoment als Vektorgröße . . . . .	214
I. 11. Der Hodograph der Planetenbewegung . . . . .	215
I. 12. Parallel einfallende Elektronenbahnen im Felde eines Ions und ihre Enveloppe . . . . .	215
I. 13. Ellipsenbahn unter dem Einfluß einer der Entfernung direkt proportionalen Zentralkraft . . . . .	215
I. 14. Atomzertrümmerung des Lithiums . . . . .	215
I. 15. Zentraler Stoß zwischen Neutronen und Atomkernen, Wirkung des Paraffinblockes . . . . .	216
I. 16. Die KEPLERSche Gleichung . . . . .	216
<b>Zu Kapitel II . . . . .</b>	<b>217</b>
II. 1. Nichtholome Bedingungen beim rollenden Rad . . . . .	217
II. 2. Angenäherte Schwinggradberechnung einer doppeltwirkenden einzyldrigen Kolbendampfmaschine . . . . .	218
II. 3. Zentrifugalkraft bei vergrößerter Erdrotation . . . . .	218
II. 4. POGGENDORFFScher Versuch mit der Waage . . . . .	219
II. 5. Beschleunigt bewegte schiefe Ebene . . . . .	219
II. 6. Zentrifugalmomente bei der gleichförmigen Rotation eines unsymmetrischen Körpers um eine Achse . . . . .	219
II. 7. Theorie des Jo-Jo-Spielzeugs . . . . .	219
II. 8. Abspringen eines Massenpunktes bei der Bewegung auf der Kugeloberfläche	219
<b>Zu Kapitel III . . . . .</b>	<b>220</b>
III. 1. Das sphärische Pendel bei kleinem Ausschlag . . . . .	220
III. 2. Lage des Resonanzmaximums bei der erzwungenen gedämpften Schwingung . . . . .	220
III. 3. Einschaltvorgang beim Galvanometer . . . . .	220
III. 4. Das Pendel bei zwangweiser Bewegung seines Aufhängepunktes . . . . .	220
III. 5. Eine leicht herstellbare Realisierung von sympathischen Pendeln . . . . .	221
III. 6. Der Schwingstilger . . . . .	222
<b>Zu Kapitel IV . . . . .</b>	<b>222</b>
IV. 1. Trägheitsmomente einer ebenen Massenverteilung . . . . .	222
IV. 2. Cartesische Komponenten der Winkelgeschwindigkeit aus der zeitlichen Änderung $\dot{\theta}, \dot{\psi}, \dot{\phi}$ der EULERSchen Winkel . . . . .	222
IV. 3. Die Rotation des Kreisels um seine Hauptachsen . . . . .	222
IV. 4. Hohe und tiefe Stöße beim Billard. Nachläufer und Zurückzieher . . . . .	223
IV. 5. Parabolische Bewegung des Billardbales . . . . .	223
<b>Zu Kapitel V . . . . .</b>	<b>223</b>
V. 1. Relativbewegung in der Ebene . . . . .	223
V. 2. Bewegung eines Massenpunktes auf einer rotierenden Geraden . . . . .	223
V. 3. Der Schlitten als einfaches Beispiel eines nichtholonom System . . . . .	223
<b>Zu Kapitel VI . . . . .</b>	<b>224</b>
VI. 1. Beispiel zum HAMILTONSchen Prinzip . . . . .	224
VI. 2. Nochmals die Relativbewegung in der Ebene und die rotierende Geradeführung . . . . .	224
VI. 3. Nochmals der freie Fall auf der rotierenden Erde und das FOUCAUITSche Pendel . . . . .	225
VI. 4. Rollpendelung eines Zylinders auf ebener Unterlage . . . . .	226
VI. 5. Augleichtaggetriebe des Automobils . . . . .	226
<b>Anleitung zur Lösung der Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>228</b>
<b>Namen- und Sachregister . . . . .</b>	<b>250</b>