

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung	Seite 1
----------------------	------------

Kapitel I.

Das Newtonsche Anziehungsgesetz.

1) Die von der Erde auf den Mond ausgeübte Anziehung	6
2) Das Gesetz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung	7
3) Mond und Erde umkreisen den gemeinschaftlichen Schwerpunkt.	8
4) Formulierung des Newtonschen Gesetzes.	9
5) Eins der Keplerschen Gesetze.	10
6) Massenverhältnisse der Weltkörper	11
7) Fallbeschleunigung auf den Weltkörpern.	12
8) Dichtigkeit der Erde und anderer Weltkörper	13
9) Die Größe der Gravitationskonstante	13
10) Bemerkungen über die Bedeutung des Newtonschen Gesetzes	13

Kapitel II.

Die Gravitationskurve $y = \frac{1}{x^2}$ und der Potentialbegriff.

11) Erste Konstruktion der Kurve $y = \frac{1}{x^2}$	15
12) Eine Eigenschaft der Gravitationskurve	16
13) Zweite Konstruktion der Gravitationskurve.	17
14) Die Diagrammfläche der Gravitation	18
15) Einfachste Konstruktion des Inhalts der Diagrammflächen.	20
16) Tangentenkonstruktion für die Gravitationskurve	21
17) Mechanische Bedeutung der Diagrammfläche	22
18) Der Potentialbegriff	24
19) Graphische Darstellung des Potentials durch die gleichseitige Hyperbel	25
20) Diagramme für verschiedene Massen	26
21) Arbeit bei beliebigen Wegen im Raume.	28
22) Erhaltung der Energie oder Arbeit	30
23) Ein kosmisches Beispiel	31

Kapitel III.

Anziehung der homogenen Kugelschale, der Vollkugel und Hohlkugel.

	Seite
24) Vorbemerkung	33
25) Anziehung der homogenen Kugelschale auf einen äußeren Massenpunkt	33
26) Gesamtergebnis	36
27) Anziehung der homogenen Kugelschale auf einen im Innern liegenden Massenpunkt	36
28) Folgerungen für das Innere der homogenen konzentrischen Kugel . . .	37
29) Gegenseitige Anziehung zweier Kugeln	38
30) Berechnung der Hebungsarbeit vom Erdcentrum bis ins Unendliche.	38
31) Berechnung der für eine bestimmte Schufshöhe nötigen Abschufgeschwindigkeit	39
32) Fall eines Körpers in den Schacht der homogenen Erde	40
33) Einige andere Schachtprobleme	42
34) Abplattung der Erde.	43
35) Statische Theorie der Ebbe und Flut und das Störungsgesetz	44
36) Berechnung der Mondmasse aus der Fluterscheinung	45
37) Bemerkungen über das Störungsgesetz.	46
38) Präzession der Äquinoktien.	46
39) Nutation der Erdachse.	48
40) Verlangsamung der Erddrehung	48
41) Potential der Kugelschale für alle Raumpunkte in graphischer Darstellung	49
42) Potential der Vollkugel für alle Raumpunkte	50
43) Potential der konzentrischen Hohlkugel für alle Raumpunkte	52
44) Selbstpotential der homogenen Vollkugel	54
45) Summe der Potentialwerte aller Massenpunkte einer Vollkugel	54
46) Anwendung des Selbstpotentials auf kosmische Verhältnisse.	55
47) Anziehung innerhalb der Erdkugel bei regelmäÙig zunehmender Dichte	60
48) Druck im Innern des mit Wasser gefüllten Erdschachtes	62
49) Druck im Innern der Erdkugel bei gleicher und veränderlicher Dichte .	62
50) Das Potential der Kugel bei regelmäÙig zunehmender Dichte für alle Raumpunkte	64

Kapitel IV.

Die einfachsten Kraftröhren und Niveauflächen; Zelleneinteilung des Raumes und physikalische Anwendungen.

51) Anziehung des Mittelpunktes auf eine homogene Massenbelegung der Kugelschalen	65
52) Einteilung der Kugeloberfläche in gleiche Felder.	66
53) Kraftfluß, Kraftröhren, Geschwindigkeitspotential.	67
54) Das Ohmsche Gesetz	70
55) Stationäre Wärmeströmung.	72
56) Zelleneinteilung des Raumes	72
57) Anzahl der Kraftlinien für verschiedene Ladungen	73
58) Körperlicher Winkel des Kreisbogens	74

	Seite
59) Andeutungen über die Kraftlinien	75
60) Centriscbe Influenz eines Konduktors auf eine homogene konzentrische Hohlkugel, die zur Erde abgeleitet ist	77
61) Vorläufige Bemerkung über die excentrische Lage des Konduktors . . .	79
62) Alleinige Ladung des Leiters von Kugel- oder Hohlkugelform	80
63) Centriscbe Influenz auf die isolierte Hohlkugel	81
64) Fall der Ableitung der inneren Kugel	81
65) Potentielle Energie für den Fall konzentrischer Kugelschalen, von denen die eine abgeleitet ist	82
66) Begriff der Kapazität	83
67) Einfluß benachbarter Leiter auf die Kapazität	84
68) Die Dielektrizitätskonstante eines isolierenden Mittels	84
69) Dichtigkeit der Ladungen auf einem System verbundener Kugeln	85
70) Batterie Leydener Flaschen bei Parallelschaltung	86
71) Batterie Leydener Flaschen bei Säulenschaltung	87
72) Eine zweite Betrachtungsweise.	93
73) Potential des geladenen kugelförmigen Kondensators in graphischer Darstellung	93
74) Fall zweier unbegrenzter paralleler Ebenen	95
75) Kohlrauschs Kondensator	96
76) Schutzringeletrometer von W. Thomson	98
77) Thomsons Quadranteneletrometer	99

Kapitel V.

Die Mehrpunktprobleme.

78) Vorbemerkung	102
79) Hilfssatz aus der Mechanik, algebraische Addition der Arbeiten be- treffend	103
80) Niveauflächen für das Problem zweier gleich stark an- ziehender Punkte	105
81) Konstruktion dieser Niveauflächen	106
82) Bemerkungen.	108
83) Erhaltung der Energie im Felde des Zweipunktproblems	109
84) Gesetz der Abstände zwischen je zwei Niveaulinien	110
85) Eine mechanische Veranschaulichung.	111
86) Tangentenkonstruktion für die Kurve $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = c$	112
87) Die Linien gleicher Intensität und gleicher Kraftrichtung für das Zwei- punktproblem	113
88) Konstruktion und Gleichung der Kraftlinien für das symmetrische Zwei- punktproblem	114
89) Mechanische Hilfsaufgabe über das Drehungspotential	117
90) Addition zweier Drehungspotentiale	118
91) Richtung der Normalen und Tangenten der Kraftlinien für das Zwei- punktproblem	119
92) Asymptoten der Kraftlinien	120
93) Der Fall gleicher Mengen ungleichartiger Elektrizitäten.	121
94) Das Problem zweier anziehender Massen von ungleicher Größe	122

	Seite
95) Die Asymptoten dieses Problems	124
96) Bemerkungen	125
97) Der Fall ungleicher Mengen ungleichartiger Elektrizitäten	126
98) Folgerungen für allgemeinere Probleme	130
99) Allgemeines Mehrpunktproblem	131
100) Anordnung auf gerader Linie	132
101) Anordnung in der Ebene	133
102) Vom Problem der drei Körper und seiner Verallgemeinerung	133
103) Beispiel mit Kreisen bzw. Kugeln	136
104) Geladener Konduktor im homogenen Felde	138

Kapitel VI.

Die Spannungssätze von Laplace und Poisson und ihre physikalischen Folgerungen.

105) Begriff der Spannung eines Zellenraumes	140
106) Einwirkung äußerer Punkte auf eine geschlossene Fläche (Satz von Laplace).	142
107) Symmetrisches Zweipunktproblem	143
108) Allgemeinere Folgerungen	144
109) Unendliche Kugel als Niveaufläche	145
110) Gesetz der Zelleninhalte	145
111) Cylindrische Probleme	146
112) Das zweidimensionale Einpunktproblem	147
113) Zweidimensionale Mehrpunktprobleme	148
114) Problem der unbegrenzten homogenen Ebene	149
115) Die logarithmische Abbildung	150
116) Stationäre Strömungen einer inkompressiblen Flüssigkeit	152
117) Der Kugelsatz von Gaußs	154
118) Physikalische Deutungen des Gaußschen Kugelsatzes	156
119) Das entsprechende Fouriersche Wärmeproblem	156
120) Zweidimensionale Probleme entsprechender Art.	158
121) Bemerkung	159
122) Der Spannungssatz von Poisson	160
123) Zusammenhang zwischen Dichte und Spannung	162
124) Anwendung auf Belegungen von Niveauflächen	162
125) Influenz auf den Niveauflächen des symmetrischen Zweipunktproblems	164
126) Modifizierte Beispiele	167
127) Allgemeinere Zweipunktprobleme und damit verbundene Induktionsprobleme	168
128) Bemerkung über Mehrpunktprobleme	171
129) Bemerkungen zur Theorie der Kraftlinien und der elek- trischen Verschiebung	172

Kapitel VII.

**Die Methode der elektrischen Bilder, der Symmetrie und der
Inversion im Raume.**

	Seite
130) Vorbemerkungen über die Inversion	183
131) Inversionsbeziehungen am Kreise und an der Kugel	184
132) Anwendung auf das Zweipunktproblem	185
133) Influenz eines geladenen Konduktors auf die abgeleitete Kugel	188
134) Identität dieses Influenzproblems mit dem Zweipunktproblem	189
135) Folgerungen für die Gravitation	190
136) Centrobarischer Charakter der Belegung	191
137) Sonderfall der Ebene.	192
138) Influenz zweier Punkte auf die abgeleitete Kugel.	194
139) Elektrische Bilder	195
140) Inversionsbeziehungen bei elektrischen Bildern	195
141) Abbildung gleichwertiger Niveauflächen durch Inversion	198
142) Mehrfache Spiegelung bei parallelen Ebenen.	201
143) Mehrfache Spiegelung bei Berührungskugeln	203
144) Übungsbeispiel für sich schneidende Ebenen	204
145) Übungsaufgabe für zwei konzentrische Kreise	206

Kapitel VIII.

Centrobarische Flächenbelegungen und Körper.

146) Rückblick auf frühere Resultate	211
147) Unterschied zwischen Flächen- und Körperbelegungen	212
148) Centrobarische Weltkörper	212
149) Sätze über centrobarische Körper	214
150) Das Centralellipsoid centrobarischer Körper ist stets eine Kugel.	215

Kapitel IX.

**Selbständiger Übergang zu den zweidimensionalen Problemen
und zum logarithmischen Potential.**

151) Allgemeine Vorbemerkungen	217
152) Anziehung des homogenen Kreisbogens	218
153) Anziehung der homogenen Geraden	218
154) Niveauflächen und Kraftlinien der endlichen und homogenen Geraden	219
155) Arbeitsdiagramm für die unbegrenzte Gerade	220
156) Anziehung der unbegrenzten Ebene	220
157) Planpotential.	221
158) Stationäre Strömung eines geradlinigen Flusses von konstantem Querschnitt	222
159) Druckhöhe in Wasserleitungsröhren von konstantem Querschnitt.	223
160) Ausdehnung der Analogien auf die Radialströmung in ebenen Platten	225
161) Konstruktion der Potentialkurven für radiale Strömung	227
162) Das Vertauschungsproblem der Radialströmung	230

Kapitel X.

Die zweidimensionalen Mehrpunkt- und Linearprobleme.

	Seite
163) Symmetrisches Zweipunktproblem für gleiche Ladungen	232
164) Einteilung der Ebene in kleine Quadrate durch Radien und Kreise	233
165) Konstruktion für die Normale der Lemniskate; die Resultante des Problems	235
166) Linien gleicher Stromstärke und Stromrichtung für das Problem.	236
167) Die Diagrammfläche des Problems	236
168) Das elektrische Strömungsproblem	237
169) Dasselbe Problem für entgegengesetzte Ladungen	237
170) Konstruktion der Resultante für das Problem	239
171) Zweipunktproblem für ungleiche positive Mengen.	241
172) Zweipunktproblem für ungleichartige Mengen	242
173) Dreipunktproblem für positive Mengen.	242
174) Dreipunktproblem für ungleichartige Mengen.	243
175) Das n -Punktproblem für gleichartige Elektrizitäten.	243
176) Das n -Punktproblem für ungleichartige Elektrizitäten	244
177) Einige Beispiele	245
178) Allgemeine Konstruktionsmethode der Kraft- und Niveau- linien	246
179) Methode der konformen Abbildung	246
180) Die Abbildung $Z = z^3$	247
181) Rückblick auf die logarithmische Abbildung	249
182) Ein Beispiel von praktischer Bedeutung	250
183) Deutungen der Figur	251
184) Eine Modifikation des Beispiels	252
185) Bemerkungen	253
186) Newtonsches Potential gewisser Kurven	254
187) Die allgemeine isogonale Transformation	255
188) Inversionsbeziehungen und elektrische Bilder.	256
189) Abbildung des homogen belegten Cylinders	258
190) Unterschied zwischen den drei- und zweidimensionalen Problemen	258
191) Ein wichtiges Mehrpunktproblem	258
192) Deutungen der Figur	261
193) Konstruktion der Kurven des Problems	264
194) Übergang zu den elliptischen Koordinaten	265
195) Deutungen der Figur	267
196) Tabelle der gegenseitigen Beziehungen	268
197) Bemerkungen	269
198) Abbildung $Z = \cos z$	270
199) Diagonalprobleme und graphische Addition von Problemen	271
200) Übergang von den Mehrpunktproblemen durch das Ver- tauschungsproblem zu den Fourierschen Wärmeproblemen	273
201) Das Dreipunktproblem der Wärmeströmung	274
202) Das zugehörige Vertauschungsproblem.	275
203) Andere Fouriersche Probleme	277
204) Bemerkungen über Periodizität	277
205) Grenzlinien für den elementaren Ausbau der Ingenieur-Mathematik	278
206) Die Abbildung $Z = z + e^z$ und die entsprechenden Strömungen.	279
207) Hydrodynamische Deutung	284

	Seite
208) Elektrostatische Deutungen für zwei Halbebenen als Kondensatoren	286
209) Anwendung auf den Thomsonschen Schutzring	286
210) Die Cylinder der logarithmischen und anderer Linien als Kondensator- platten	287
211) Beispiel zur Theorie der freien Ausflusstrahlen von Helm- holtz und Kirchhoff	287
212) Deutung des Problems im Helmholtzschen Sinne	291
213) Andere Beispiele freier Ausflusstrahlen	292
214) Übertragungen der Isothermenscharen auf krumme Oberflächen	293

Kapitel XI.

Physikalisches über galvanische Ströme und ihr Potential.

215) Spannungsreihe der Leiter erster Klasse	296
216) Deutung der Versuche von Volta	297
217) Leiter zweiter Klasse	299
218) Vergleichung von Ketten mit derselben Flüssigkeit	302
219) Verbindung gleichartiger Ketten hintereinander; Säulenschaltung	302
220) Verbindung gleichartiger Ketten nebeneinander; Parallelschaltung	303
221) Vergleich beider Schaltungsarten	303
222) Vergleich der möglichen Kombinationen	305
223) Der Maximaleffekt	305
224) Berechnung der günstigsten Kombination	306
225) Graphische Darstellung der Strömung in einer Kette	307
226) Verallgemeinertes Ohmsches Gesetz	308
227) Stromverzweigung	310
228) Kirchhoffsche Sätze über Stromverzweigung	311
229) Brücke von Wheatstone	311
230) Thomsonsche Doppelbrücke	314
231) Messung der elektromotorischen Kraft	316
232) Das Joulesche Gesetz und der Stromeffect	317
233) Nutzbarer Teil des Stromeffects	318
234) Temperatur des Schließungsbogens	319
235) Erhaltung der Energie der Kette	321

Kapitel XII.

Magnetismus.

236) Grundbegriffe	322
237) Schwingungszahl der Magnetnadel im homogenen Felde des Erd- magnetismus	324
238) Das Newton-Coulombsche Gesetz	325
239) Kraftlinien und Niveauflächen	326
240) Schwingungen der Nadel im magnetischen Felde	328
241) Berechnung der Feldstärke für einen Magnetstab	328
242) Bestimmung der Ablenkung der Magnetnadel durch einen Magnetstab für axiale Lage	329

	Seite
243) Dasselbe für äquatoriale Lage	330
244) Dasselbe für beliebige Lage	330
245) Magnetische Doppelschale oder Blatt.	333
246) Para- und Diamagnetismus	337

Kapitel XIII.

Elektromagnetische und elektrodynamische Wirkungen galvanischer Ströme.

247) Ablenkung der Magnetnadel durch Ströme.	341
248) Kraftlinien und Niveauflächen langer geradliniger Ströme.	341
249) Die ablenkende Kraft und ihr Potential	342
250) Das magnetische Feld eines Stromes	343
251) Vergleich des Stromes mit einem magnetischen Blatte	344
252) Allgemeine Folgerungen	345
253) Parallele Drähte mit gleich gerichteten gleich starken Strömen	345
254) Parallele Drähte mit entgegengesetzten Strömen von gleicher Stärke	346
255) Andere Beispiele	347
256) Übergang zu geschlossenen Stromkreisen	348
257) Nichtebene Stromkreise	350
258) Das Potential und die anziehende Kraft eines Kreisstromes zu berechnen	350
259) Erläuterungen zum Biot-Savartschen Gesetze	352
260) Ersatz des Kreisstromes durch einen unendlich kleinen Magnet	353
261) Kraftlinien des Kreisstromes	354
262) Die elektromagnetische Mafseinheit	355
263) Sinusboussole	356
264) Tangentenboussole	357
265) Elektromagnetische Wirkung einer Spule	357
266) Potentielle Energie geschlossener Ströme im magnetischen Felde	358
267) Potential zweier Stromkreise aufeinander	359
268) Induktionsströme.	360
269) Selbstinduktion und Extraströme	361
270) Erklärung der Induktionswirkungen nach Faraday	363
271) Berechnung der elektromotorischen Kraft des Induktionsstroms aus der Änderung der Kraftlinienzahl.	363
272) Neuere Vorstellungen über das elektromagnetische Feld	365
273) Elektrische Funken und Hertz'sche Schwingungen	372
274) Hilfsbetrachtung aus der Mechanik	377
275) Zeitdauer der Hertz'schen Schwingungen.	378
276) Bemerkungen	380
277) Die elektrische Strahlung im Äther	382

Kapitel XIV.

Hydrodynamische Analogien.

	Seite
a) Allgemeines.	
278) Allgemeine Bemerkungen.	384
b) Wirbelbewegungen.	
279) Analogien zwischen einem Wirbelfaden und einem elektrischen Strome	386
280) Zwei und mehrere Elementarfäden	389
281) Ein vereinzelter kreisförmiger Wirbelring	392
282) Zwei parallele gleichartige Wirbelringe	393
283) Zwei ungleichartige Wirbelringe	394
284) Schlußbemerkung über Wirbelfäden.	394
c) Forchheimersche Theorie der Grundwasserbewegung in der Umgebung von Brunnen und Sickerschlitzten.	
285) Die Grundhypothese	396
286) Die Parallelströmung.	396
287) Radialströmung	400
288) Bemerkung über den Fall unendlicher Tiefe	404
289) Folgerungen.	404
290) Beispiele	405
291) Schlußwort	407

Kapitel XV. Anhang A.

**Zusätze zur Lehre von der Gravitation und der Elektrostatik,
Flächen zweiten Grades betreffend.**

1) Übergang von der Kugel zum Ellipsoid	409
2) Anziehung der ähnlich begrenzten Ellipsoidschale im Innern	409
3) Geometrische Folgerung	410
4) Physikalische Folgerungen	411

Kapitel XVI. Anhang B.

Von den Einheiten und Dimensionen.

A. Die wichtigsten Einheiten der Mechanik.	419
a) Die Grundeinheiten: Zeit, Länge, Masse	419
b) Die abgeleiteten Einheiten	421
B. Die Einheiten des Magnetismus und ihre Dimensionen	425
C. Die Einheiten der Elektrostatik	427
D. Elektrostatische Einheiten für galvanische Ströme	428
E. Elektromagnetische Einheiten für galvanische Ströme	434