

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	III
D) Wärmelehre	1
Einleitung: Das Wesen der Wärme	1
XV. Ausdehnung der Körper durch die Wärme	5
1. Ausdehnung fester Körper	5
2. Temperatur: Quecksilberthermometer	6
Thermometer für besondere Zwecke	9
3. Ausdehnung von Festkörpern und Flüssigkeiten	10
Die räumliche Ausdehnung	12
Ausdehnung von Flüssigkeiten	13
Abweichendes Verhalten des Wassers	13
4. Ausdehnung der Gase	14
Absolute Temperatur	16
5. Die Regel von A v o g a d r o ; Äquivalentgewicht	17
Atomgewicht, Molekulargewicht, Wertigkeit	18
Die Gasmoleküle	20
Molvolumen	21
6. Die Zustandsgleichung idealer Gase	21
Ideale Gase	22
7. Gasthermometer	23
XVI. Wärmemenge	24
1. Einheit der Wärmemenge	24
2. Spezifische Wärme	25
Wasserwert	26
3. Richmannsche Mischungsregel	26
4. Bestimmung der spezifischen Wärmen	27
5. Spezifische Wärmen von Gasen	28
6. Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich spezifischer Wärmen	30
Regel von Dulong-Petit	30
Bedeutung der großen spezifischen Wärme des Wassers	31
7. Schmelzwärme	31
8. Verdampfungswärme	33
9. Umwandlungswärme	35
XVII. Der erste Hauptsatz	36
1. Wärme und Arbeit	36
2. Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents durch Robert Mayer	37
3. Die Versuche von Joule und Hirn	38

	Seite
4. Der erste Hauptsatz oder der Satz von der Erhaltung der Energie	40
Das Perpetuum mobile	41
5. Anwendungen des ersten Hauptsatzes	42
Die spezifischen Wärmen von Gasen	44
6. Die innere Energie der Gase	45
Der Joule-Thomson-Effekt	46
7. Das Poissonsche Gesetz	47
8. Bestimmung von c_p/c_v	50
1. Methode von Clément-Desormes	50
2. Aus der Schallgeschwindigkeit	51
9. Arbeitsleistung bei der Zustandsänderung eines idealen Gases	53
Isotherme Zustandsänderung	55
Adiabatische Zustandsänderung	56
10. Der Carnotsche Kreisprozeß	57
XVIII. Die Veränderung der Formarten	61
1. Schmelzen	61
Unterkühlung	62
Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren	62
Das Bunsensche Eiskalorimeter	63
Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck	64
2. Lösen; Kältemischungen	65
Gefrierpunktserniedrigung	65
Kryohydrat; Eutektikum	66
3. Der osmotische Druck	67
Diffusion von Gasen und Flüssigkeiten	68
Die van't Hoff'schen Gesetze	71
4. Verdampfen	72
Siedeverzug	73
Abhängigkeit des Siedepunktes vom Druck	73
Siedepunktserhöhung bei Lösungen	75
5. Verdunsten; Spannkraft von Dämpfen	75
Messung der Dampfspannung	78
Sieden	78
Dampfdruck fester Stoffe	79
6. Die Phasenregel	80
7. Daltons Gesetz	81
8. Bestimmung des Molekulargewichts aus der Dampfdichte	82
9. Feuchtigkeit	83
Messung der Feuchtigkeit	85
10. Verflüssigung der Gase	87
Die Isothermen des Kohlendioxyds	89
11. Die van der Waalssche Zustandsgleichung	90
12. Erzeugung tiefer Temperaturen	92
XIX. Der zweite Hauptsatz; Ausgleichsvorgänge	97
1. Kinetische Gastheorie	97
Geschwindigkeitsverteilung	99
Bestimmung der Loschmidtschen Zahl	99
2. Natürliches Temperaturmaß; Molwärmen	102
Molwärmen idealer Gase	103

	Seite
3. Die Transportgleichung	106
Die innere Reibung der Gase	108
Wärmeleitung der Gase	111
Diffusion; Ficksches Gesetz	113
4. Umkehrbare und nichtumkehrbare Vorgänge	114
5. Nichtumkehrbarkeit und Wahrscheinlichkeit	117
6. Der zweite Hauptsatz	123
Reduzierte Wärmemenge	124
Wirkungsgrad von Kreisprozessen	124
Die Entropie	126
Entropie und Wahrscheinlichkeit	129
Gültigkeitsgrenzen des zweiten Hauptsatzes	130
7. Anwendungen des zweiten Hauptsatzes	130
1. Verbindung beider Hauptsätze	130
2. Entropie eines idealen Gases	131
3. Gleichung von Clausius-Clapeyron	131
4. Die Pictet-Troutonsche Regel	133
5. Thermodynamische Temperaturskala	134
8. Der Nernstsche Wärmesatz	135
1. Wärmetönungen	135
2. Enthalpie, freie Energie	137
Die Berthelotsche Regel	139
3. Der Nernstsche Wärmesatz	140
9. Fortpflanzung der Wärme	144
Der Leidenfrotsche Versuch	148
Wärmestrahlung	149
10. Abkühlungsgesetz	150
XX. Wärmekraftmaschinen	151
1. Dampfspeicher	151
2. Die Kolbendampfmaschinen	153
Expansion	157
Verbundmaschine	158
Arbeitsdiagramm der Dampfmaschine	159
Wirkungsgrad der Dampfmaschine	160
3. Dampfturbinen	162
4. Verbrennungskraftmaschinen	165
5. Kältemaschinen	168
E) Elektrizität und Magnetismus	170
Einleitung	170
Fehlen eines elektrischen Sinnesorgans	170
Das Elektrizitätsatom (Elektron)	171
XXI. Das elektrostatische Feld	172
1. Das Wesen des elektrischen Zustandes; Reibungs- elektrizität	172
Zwei Arten der Elektrisierung	174
Leiter und Isolatoren	175
Elektroskope	177
2. Das Coulombsche Gesetz	178
3. Die elektrische Feldstärke	179

	Seite
4. Potential und Spannung	182
Niveaulächen und Feldlinien	184
Die Spannung	186
Einheit der Spannung	188
Spannungsmesser	188
Spannungsmesser mit Hilfsfeld	189
5. Influenz	191
Die Erregung	192
Der Gaußsche Satz	193
Absolutes und praktisches Maßsystem	194
Der Elektrophor	196
6. Sitz der Ladung auf Leitern	197
Spitzenwirkung	198
Saugwirkung von Spitzen	199
Influenzmaschine	199
7. Kapazität	200
Kondensatoren	201
Kapazität eines Plattenkondensators	201
Der Kugelkondensator	202
Anordnung von Kapazitäten	204
8. Das Elementarquantum e	205
9. Die Energie des elektrischen Feldes	206
Energiedichte	207
10. Die Dielektrizitätskonstante	209
Dielektrische Polarisierung	211
Elektrete ,	213
Die Materialgleichung	213
Das Ohmsche Gesetz für den Verschiebungsfluß	214
Brechungsgesetz der Kraftlinien	215
11. Pyro- und Piezoelektrizität	219
12. Elektrische Maßsysteme	219
 XXII. Magnetostatik	 220
1. Natürliche und künstliche Magnete; das magnetische Grundgesetz	220
2. Das magnetische Feld	223
Molekularmagnete	226
3. Magnetische Influenz (Induktion)	227
Magnetisieren	227
Magnetische Schirmwirkung	229
4. Das Coulombsche Gesetz für Magnetpole; magnetisches Moment	230
Einheit der magnetischen Feldstärke	230
Das magnetische Moment	231
5. Bestimmung der Feldstärke und des magnetischen Moments nach Gauß	233
Die Hauptlagen	234
6. Para-, Dia- und Ferromagnetismus	235
Die ferromagnetischen Stoffe	236
Hysteresis	238
Die magnetischen Kraftlinien	240
7. Das magnetische Feld der Erde	241
Die Deklination	241

	Seite
Die Inklination	243
Die Horizontalintensität des Erdmagnetismus	243
Der Kraftlinienverlauf im Außenraum der Erde	244
Störungen des erdmagnetischen Zustandes	244
XXIII. Allgemeine Eigenschaften des elektrischen Stromes	245
1. Voltasche Berührungsspannung	245
Die Galvanispannung	247
Leiter erster und zweiter Klasse	247
Der Voltasche Grundversuch	248
2. Der elektrische Strom und seine Wirkungen	250
Magnetische Wirkungen des Stromes	253
Wärmewirkungen des Stromes	253
Chemische Wirkungen des Stromes	253
3. Stromquellen (galvanische Elemente)	254
1. Das Volta-Element	254
2. Das Daniell-Element	254
3. Das Leclanché-Element	254
4. Das Kadmiumnormalelement	255
5. Schaltung von Elementen	256
XXIV. Die magnetischen Wirkungen des Stromes	256
1. Kraftfelder von Strömen	256
2. Das Biot-Savartsche Gesetz; Einheit der Stromstärke	258
3. Konvektionsströme	261
4. Die Felder von Spulen; Elementarmagnetströme	262
Molekularmagnete	265
Versuch von Einstein-de Haas	266
5. Zusammenhang zwischen Stromstärke und magnetischer Feldstärke	266
Die magnetische Spannung	271
Das Durchflutungsgesetz	272
Zusammenhang zwischen $l \oint$ und $l \text{ Aw/cm}$	272
Das Feld im Innern eines Leiters	274
6. Bewegung eines Stromleiters im magnetischen Feld	275
7. Elektromagnete	279
1. Der Wagnersche Hammer	279
2. Der Telegraph	280
3. Elektrische Uhren	281
8. Strommeßgeräte	282
1. Die Galvanometer	282
2. Die Weicheisengeräte	284
3. Dynamometer	284
4. Saitengalvanometer	285
5. Ballistisches Galvanometer	286
9. Die Webersche Zahl	286
10. Der Röntgenstrom	288
XXV. Spannung und Strom	289
1. Das Ohmsche Gesetz	289
2. Der Widerstand	291
Einheit des Widerstandes	292
Widerstände für Schalt- und Meßzwecke	293

	Seite
3. Das Ohmsche Gesetz für einen geschlossenen Stromkreis	293
Schaltung von Stromquellen	295
4. Die Kirchhoffschen Regeln der Stromverzweigung	295
Anordnung von Widerständen	297
Messung von Widerständen in der Brückenschaltung	298
Wheatstonesche Brücke	299
5. Anwendungen des Ohmschen Gesetzes	301
1. Spannungsmesser	301
2. Erweiterung des Bereiches von Strommessern	302
3. Kompensationsmethode von Poggendorff	302
4. Potentiometerschaltung	303
5. Widerstandsmessung durch Vertauschung	304
6. Das Leitvermögen	304
1. Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	304
2. Widerstandsthermometer	305
3. Supraleitung	305
4. Das Wiedemann-Franz'sche Gesetz	307
7. Die metallische Leitung	308
1. Die Ladungsträger im Leiter erster Klasse	308
2. Wanderungsgeschwindigkeit der Elektronen	309
3. Hall-Spannung und ähnliche Erscheinungen	311
 XXVI. Wärmewirkungen des Stromes	 312
1. Das Joulesche Gesetz	312
2. Anwendung der Stromwärme	314
1. Glühlampen	314
2. Elektrische Öfen	314
3. Sicherungen	315
4. Hitzdrahtgeräte	315
3. Thermospannungen	316
Thermoelektrische Temperaturmessung	318
Thermoelektrische Umkehrung	319
Peltier-Effekt	319
Thomson-Effekt	320
 XXVII. Chemische Wirkungen des Stromes	 320
1. Die Grunderscheinungen bei der Elektrolyse	320
2. Das erste elektrolytische Gesetz Faradays	323
Coulombmeter; Messung der Stromstärke	324
Allgemeines über elektrische Grundeinheiten	325
3. Das zweite elektrolytische Gesetz Faradays	326
4. Zusammenfassung beider Gesetze Faradays	328
Die Elementarladung e	329
Spezifische Ladung	329
5. Wanderung der Ionen	330
Die Dissoziation der Elektrolyte	331
6. Das Leitvermögen der Elektrolyte	335
1. Das Äquivalentleitvermögen	335
2. Die Überführungszahlen	337
3. Gesetz der unabhängigen Ionenwanderung	339
4. Die Wasserhüllen der Ionen	342
5. Geschmolzene und feste Elektrolyte	342

	Seite
7. Ionengleichgewichte	343
1. Starke und schwache Elektrolyte	343
2. Das Massenwirkungsgesetz	345
3. Das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz	346
8. Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	347
1. Der Lösungsdruck der Metalle	347
Die elektrolytische Spannungsreihe	349
Stromerzeugung in den galvanischen Elementen	350
2. Anwendung der Hauptsätze der Thermodynamik	351
3. Polarisationsstrom	352
Sammler	353
4. Konzentrationsketten	355
5. Der Wasserstoffexponent	357
9. Erscheinungen an Grenzflächen	359
1. Kataphorese	359
2. Elektroosmose	359
3. Strömungsspannung	360
4. Oberflächenspannung und Doppelschichten	360
5. Schwerelement	361
10. Anwendungen der Elektrolyse	362
1. Wasserzersetzung	362
2. Herstellung von Ätzkali (Ätznatron)	362
3. Herstellung reiner Metalle	362
4. Darstellung von Aluminium	362
5. Galvanotechnik	363
 XXVIII. Elektrizitätsleitung im Vakuum	 363
1. Die Entladung im Vakuum	363
1. Selbständige Entladung im Vakuum	363
2. Unselbständige Entladung im Vakuum	364
Die Richardsonsche Gleichung	364
3. Die lichtelektrische Wirkung	366
2. Die Bahnen freier Elektronen im Vakuum unter dem Einfluß elektrischer und magnetischer Felder	367
1. Elektronen im elektrischen Längsfeld	367
2. Elektronen im magnetischen Querfeld	368
3. Elektronen im elektrischen Querfeld	370
4. Elektronen im magnetischen Längsfeld	371
5. Masse und Geschwindigkeit des Elektrons	372
Voltgeschwindigkeit	372
3. Eigenschaften der Kathodenstrahlen	373
1. Mechanische Wirkung	373
2. Fluoreszenzerregung	373
3. Geradlinige Fortpflanzung	373
4. Emission normal zur Kathodenoberfläche	375
5. Wärmewirkungen	375
6. Nachweis der negativen Ladung	375
7. Sekundärstrahlung	376
8. Lenard-Strahlen	376
9. Lenards Massenabsorptionsgesetz	376
10. Röntgenstrahlen	378

	Seite
4. Anwendungen der Vakuumentladungsröhren	379
1. Lichtelektrische (Photo-) Zellen	379
2. Gleichrichter	379
3. Die Braunsche Röhre	380
Wehnelt-Kathode	383
Fernsehen	383
Entladungszeit eines Kondensators	384
4. Elektronenoptik	385
Elektrische Linsen	385
Das Elektronenmikroskop	387
Das Feldelektronenmikroskop	389
5. Röntgenröhren	390
6. Elektronenröhren	391
Der Sättigungsstrom	392
Das Gitter	394
Steilheit und Verstärkerwirkung	396
Der innere Widerstand der Röhre	397
Der Durchgriff	397
Barkhausens Röhrenformel	398
XXIX. Elektrizitätsleitung in Gasen	398
1. Die unselbständige Entladung	398
Der Sättigungsstrom	400
Die Beweglichkeit der Gasionen	401
Die Wiedervereinigung der Ionen	402
Die Ionenleitung in Gasen	402
Diffusion der Ionen	403
2. Die selbständige Entladung in Gasen unter geringem Druck	403
Der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung	403
Die Form der Entladung bei allmählich sinkendem Druck	405
Die Hittorfsche Umwegröhre	409
Das Plasma	409
Kathodenstrahlung in gasgefüllten Röhren	410
Gasentladungsröhren mit Glühkathoden	410
Fadenstrahlen	410
3. Die Kanalstrahlen	410
Eigenschaften der Kanalstrahlen	411
Ablenkung in elektrischen Feldern	411
Magnetische Felder	412
Die Parabelmethode	412
Der Dopplereffekt bei Kanalstrahlen	414
Lebensdauer angeregter Atome	414
Anodenstrahlen	415
4. Selbständige Gasentladungen bei höheren Drücken	415
1. Spitzenentladung	415
2. Sprüh- (Korona-) Entladung	415
3. Funkenentladung	417
4. Der Lichtbogen	418
5. Die Kennlinien der Gasentladungen	419

	Seite
5. Anwendungen der Gasentladungen	420
A) Glimmentladungsröhren	420
a) Glimmlampen	420
b) Glimmlichtgleichrichter	422
c) Leuchtröhren	422
B) Anwendungen der Bogenentladung	422
a) Der Bogen als Lichtquelle	422
b) Erzeugung hoher Temperaturen	424
c) Erzeugung ultravioletter Strahlen	424
d) Quecksilberdampf-Gleichrichter	425
 XXX. Elektromagnetische Induktion	 425
1. Das Grundgesetz der elektromagnetischen Induktion	425
1. Die Entstehung der Induktionsströme	425
2. Der Induktionsvorgang	427
3. Magneto- und Elektroinduktion	427
4. Der Erdinduktor	432
2. Die Lenzsche Regel	433
Wirbelströme	434
Aragos Scheibe	435
3. Faradays allgemeines Induktionsgesetz	436
Allgemeine Fassung des Induktionsgesetzes	439
Induktion in einer Schlinge	442
Die elektrische Randspannung	443
4. Die magnetische Leitfähigkeit und das Ohmsche Gesetz für den Magnetismus	445
Das Ohmsche Gesetz für den Magnetismus	446
Der magnetische Kreis	447
5. Selbstinduktion	448
Drosselspulen	449
Bifilare Wicklung	450
6. Die wechselseitige Induktion	450
Kopplung	452
7. Mechanische Kräfte zwischen Magnetfeld und Strom- leiter	453
Motoren und Generatoren	454
Zug und Druck der Kraftlinien	454
8. Die Energie des magnetischen Feldes	456
Energiedichte des magnetischen Feldes	457
Die Hysteresisschleife	458
9. Schaltvorgänge bei Gleichstrom	459
Die zeitliche Abhängigkeit der Stromstärke	459
10. Magnetfelder im stoffgefüllten Raum	461
1. Diamagnetische Stoffe	461
2. Paramagnetische Stoffe	463
Quinckes Steighöhenmethode	464
3. Ferromagnetische Stoffe	465
 XXXI. Wechselstrom	 467
1. Grundeigenschaften des Wechselstromes	467
2. Mittel- und Effektivwerte	469
Effektivwerte	470
Die Leistung des Wechselstromes	472

	Seite
3. Vektordarstellung von Wechselspannungen und Wechselströmen	474
4. Selbstinduktion im Wechselstromkreis	476
Wechselstromkreis mit Ohmschem Widerstand und Selbstinduktion	478
5. Kapazität im Wechselstromkreis	481
Wechselstromkreis mit Ohmschem Widerstand und Kapazität	483
6. Das allgemeine Ohmsche Gesetz für einen Wechselstromkreis	486
7. Der elektromagnetische Schwingungskreis	489
Nebenschaltung von Wechselstromwiderständen	489
Elektromagnetische Schwingungen	491
Drosselspulen	492
8. Messung von Wechselstromwiderständen in der Brücken-anordnung	497
9. Meßgeräte für Wechselstrom	498
10. Drehstrom	500
1. Mehrphasenströme	500
2. Dreiphasenstrom	502
Dreieck- und Sternschaltung	503
3. Das magnetische Drehfeld	506
 XXXII. Die elektrischen Maschinen	 509
1. Transformatoren	509
Aufbau des Transformators	510
Die Vorgänge beim Leerlauf des Transformators	511
Der belastete Transformator	512
Der Spartransformator	515
Die Wirksamkeit des Transformators	515
Elektrische Energieübertragung	515
Der Funkeninduktor	516
2. Das Telephon	519
Lautsprecher	520
3. Der grundsätzliche Aufbau der elektrischen Maschinen	521
Die Unipolarmaschine	522
4. Die Gleichstromerzeuger	525
Hauptschlußmaschinen	527
Nebenschlußmaschinen	528
Verbundmaschinen	528
Der Ringanker	530
Der Trommelanker	531
Wendepole	534
5. Die Gleichstrommotoren	534
Das auf den Anker ausgeübte Drehmoment	535
6. Die Wechselstromerzeuger	539
Die Drehstromerzeuger	541
7. Die Wechselstrommotoren	541
Synchronmotoren	541
8. Asynchron- (Induktions-) Motoren	543
Das magnetische Drehfeld	543

	Seite
Der asynchrone Drehstrommotor	546
Schlupf	547
Anlaufen von Drehstrommotoren	548
Reihenschlußmotoren für Wechselstrom	549
Einankerumformer	550
XXXIII. Elektrische Schwingungen	550
1. Der elektrische Schwingungskreis	550
1. Die Pendelung der Energien bei der elektrischen Schwingung	550
2. Mechanische und elektrische Schwingungen	552
3. Anregung von Schwingungskreisen	554
Der Versuch von Lodge	554
Spannungsresonanz	555
Stromresonanz	556
4. Gekoppelte Schwingungskreise	557
Stoßerregung	559
5. Überlagerung von Schwingungen; Schwebungen	559
Modulierte Schwingungen	560
2. Erzeugung elektrischer Schwingungen	563
1. Funkenerregung	563
Tönende Funken	564
2. Nachteile ungedämpfter Schwingungen für die Nachrichtenübermittlung	565
3. Kippschwingungen. — Glimmlichtschwingungen	566
Lichtbogenschwingungen	568
4. Schwingungserzeugung mit Elektronenröhren	569
Der rückgekoppelte Röhrengenerator	572
Die Selbsterregungsformel	574
Röhrengeneratoren mit fallenden Kennlinien	576
5. Laufzeitschwingungen	576
Elektronentanzschwingungen nach der Bremsfeldmethode	576
Das Magnetron	578
Geschwindigkeitsgesteuerte Laufzeitröhren	580
Quarzgesteuerte Schwingungskreise	581
Die Quarzuhren	586
7. Gittermodulation	586
8. Der Massenstrahler	586
3. Nachweis elektrischer Schwingungen	588
1. Frequenzmesser	588
2. Der Detektor	589
3. Das Audion	591
4. Überlagerungsempfang	595
4. Eigenschaften und Wirkungen der Hochfrequenzströme	596
1. Induktionswirkungen	596
2. Der Tesla-Transformator	597
Die Einwirkungen des Stromes auf das lebende Gewebe	598
3. Der Scheinwiderstand bei hochfrequenten Wechselströmen	599
4. Geschlossene elektrische Feldlinien	601
5. Hautwirkung	601

	Seite
XXXIV. Elektrische Wellen	602
1. Elektromagnetische Wellen an Drähten	602
1. Die Lechersche Anordnung	602
2. Wanderwellen	605
3. Bestimmung der Dielektrizitätskonstante nach Drude	610
2. Die Maxwellschen Gleichungen	611
1. Der Verschiebungsstrom	611
2. Verschiebungs- und Polarisationsstrom	614
3. Die erste Maxwellsche Gleichung	615
4. Die zweite Maxwellsche Gleichung	615
5. Zur Schreibweise der Maxwellschen Gleichungen	615
3. Die Versuche von Heinrich Hertz	618
1. Geschlossener und offener Schwingungskreis	618
2. Der Sender	619
3. Der Empfänger	621
4. Reflexion und Brechung Hertzscher Wellen	622
5. Polarisation und Interferenz Hertzscher Wellen	625
4. Die elektromagnetischen Wellen im Raum	629
1. Die Ausbreitung der elektrischen Wellen	629
2. Die Entwicklung der Funkentelegraphie	630
3. Verkürzungskondensatoren und Verlängerungsspulen	633
4. Die Ausstrahlung der Antenne	635
5. Der Strahlungsvektor	636
5. Die elektromagnetische Lichttheorie	638
1. Das elektromagnetische Spektrum	638
2. Die Webersche Zahl und die Vorstellungen Faradays und Maxwells	640
3. Vergleich zwischen elektrischen und Lichtwellen	640
Stehende Lichtwellen	641
Durchsichtigkeit und Leitvermögen	642
Dielektrizitätskonstante und Brechzahl	643
Reflexionsvermögen und Leitfähigkeit	644
Namenverzeichnis	646
Sachverzeichnis	649