

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Eine Erläuterung für den Leser	1
1.2	Die Entstehung der vorliegenden Vorlesungsreihe	4
1.3	Eine Warnung an den Leser	5
1.4	Was ist theoretische Physik?	6
1.5	Der Einfluß unserer Umgebung	8
1.6	Inhalt der Vorlesungsreihe	10
1.7	Entschuldigungen und Worte der Ermutigung	11

Fallstudie 1. Die Ursprünge des Newtonschen Gravitationsgesetzes

2	Tycho Brahe, Kepler und Newton	
	– die Ursprünge des Newtonschen Gravitationsgesetzes	15
2.1	Einführung	15
2.2	Tycho Brahe und das Observatorium auf der Insel Hveen	16
2.3	Keplers Gesetze der Planetenbewegung	19
2.4	Newton und das Gravitationsgesetz	24
2.5	Nachbetrachtung	26
	<i>Anhang zu Kapitel 2</i>	
	Bemerkungen über Kegelschnitte und Zentralbahnen	27

Fallstudie 2. Die Maxwellschen Gleichungen

3	Die Entstehung der Maxwellschen Gleichungen und ihre experimentelle Bestätigung	37
3.1	Elektromagnetismus vor der Zeit Maxwells	37
3.2	Wie Maxwell das vollständige Gleichungssystem für das elektromagnetische Feld herleitete	40
3.3	Weitere Entwicklung und Hertzsche Versuche	50
3.4	Nachbetrachtung	52
	<i>Anhang zu Kapitel 3</i>	
	Wiederholende Anmerkungen zu Vektorfeldern	53
4	Wie man die Geschichte des Elektromagnetismus umschreiben könnte	61

4.1	Einführung	61
4.2	Die Maxwell'schen Gleichungen als ein System von Vektorgleichungen	62
4.3	Der Gaußsche Satz im Elektromagnetismus	63
4.4	Zeitunabhängige Felder als konservative Kraftfelder	64
4.5	Randbedingungen im Elektromagnetismus	65
4.6	Das Ampèresche Gesetz	68
4.7	Das Faradaysche Gesetz	69
4.8	Bestandsaufnahme	69
4.9	Herleitung des Coulombschen Gesetzes	70
4.10	Herleitung des Biot-Savartschen Gesetzes	73
4.11	Interpretation der Maxwell'schen Gleichungen in Gegenwart materieller Medien	74
4.12	Die Energiedichte elektromagnetischer Felder	77
4.13	Schlußbemerkungen	81

Fallstudie 3. Mechanik und Dynamik

5	Zugänge zur Mechanik und Dynamik	85
5.1	Einführung	85
5.2	Die Newtonschen Bewegungsgesetze	86
5.3	Prinzip der kleinsten Wirkung	89
5.4	Die Euler-Lagrange-Gleichung	93
5.5	Kleine Schwingungen und Normalschwingungen	96
5.6	Erhaltungssätze und Symmetrie	101
5.7	Hamiltonsche kanonische Gleichungen und Poisson-Klammern – wie Dirac ihre Anwendung in der Quantenmechanik entdeckte	105
5.8	Eine Warnung	108
	<i>Anhang zu Kapitel 5</i>	
	Die Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen	109

Fallstudie 4. Thermodynamik und statistische Mechanik

6	Einfache Thermodynamik	119
6.1	Der einzigartige Status der Thermodynamik	119
6.2	Die Entstehung des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik	120
6.3	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	123
6.4	Die Entstehung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik	134
6.5	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	136
6.6	Entropie	146
6.7	Das Gesetz von der Zunahme der Entropie	148
6.8	Die differentielle Form des kombinierten ersten und zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik	152

Anhang zu Kapitel 6

Maxwellsche Beziehungen und Jacobische Determinante ... 153

7 Die kinetische Gastheorie und die Entstehung der statistischen Mechanik	158
7.1 Einführung	158
7.2 Die kinetische Gastheorie	159
7.3 Die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung	163
7.4 Die statistische Natur des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik	169
7.5 Entropie und Wahrscheinlichkeit	171
7.6 Schlußbemerkungen	176

Fallstudie 5. Die Ursprünge des Quantenbegriffs

8 Theorie der Hohlraumstrahlung bis 1895	179
8.1 Physik und theoretische Physik im Jahre 1890	179
8.2 Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz	180
8.3 Das Wiensche Verschiebungsgesetz und das Strahlungsspektrum des schwarzen Körpers	189
9 1895–1900: Planck und das Spektrum der schwarzen Strahlung	194
9.1 Plancks frühe Laufbahn	194
9.2 Beziehung zwischen der mittleren Energie eines Oszillators und seiner Strahlung im thermischen Gleichgewicht	197
9.3 Das Gleichgewichtsspektrum der Strahlung eines Oszillators der Energie E	202
9.4 Wie Planck zum Spektrum der schwarzen Strahlung gelangte	206
9.5 Rayleighs Herleitung der Rayleigh-Jeansschen Strahlungsformel	213
9.6 Vergleich der Gesetze für die Strahlung des schwarzen Körpers mit dem Experiment	219
10 Plancks Theorie der Strahlung des schwarzen Körpers	221
10.1 Einführung	221
10.2 Boltzmanns Vorgehen in der statistischen Mechanik	221
10.3 Plancks Analyse	225
10.4 Warum Planck die richtige Lösung fand	230
11 Einstein und die Quantisierung des Lichts	233
11.1 Einstein im Jahre 1905	233
11.2 ‘Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichts betreffenden heuristischen Gesichtspunkt’	234
11.3 Die Quantentheorie der Festkörper	241
11.4 Weiteres zu den spezifischen Wärmen der Gase	245

11.5	Ein Wort zur Vorsicht	248
12	Schluß der Geschichte – eine weitere klassische Arbeit von Einstein	249
12.1	Die Situation im Jahre 1912	249
12.2	Schwankungen von Teilchen und Wellen	250
12.3	Schwankungen in der Strahlung des schwarzen Körpers	255
12.4	Schluß der Geschichte	257
12.5	Nachbetrachtung	260
<i>Anhang zu Kapitel 12</i>		
	Thermisches Rauschen und Nachweis schwacher Signale bei vorhandenem Rauschen	262

Fallstudie 6. Spezielle Relativitätstheorie

13	Spezielle Relativitätstheorie – Eine Studie zur Invarianz	271
13.1	Einführung	271
13.2	Geometrie und die Lorentz-Transformation	272
13.3	Dreiervektoren und Vierervektoren	275
13.4	Relativistische Dynamik – die Vierervektoren des Impulses und der Kraft	280
13.5	Der Viererwellenvektor	285
13.6	Nachbetrachtung	286

Fallstudie 7. Allgemeine Relativitätstheorie und Kosmologie

14	Einführung in die allgemeine Relativitätstheorie	289
14.1	Einführung	289
14.2	Grundmerkmale der Gravitationstheorie	289
14.3	Nichtlinearität, Raumkrümmung und Zeitdilatation	293
14.4	Isotrope krummlinige Räume	299
14.5	Der Weg zur allgemeinen Relativitätstheorie	303
14.6	Die Schwarzschildsche Metrik	305
14.7	Bahnen um eine zentrale Punktmasse	307
14.8	Lichtstrahlen in der Schwarzschild'schen Raum-Zeit	314
14.9	Teilchen und Lichtstrahlen in der Nähe schwarzer Löcher	316
<i>Anhang zu Kapitel 14</i>		
	Isotrope gekrümmte Räume	321
15	Kosmologie	324
15.1	Kosmologie und Physik	324
15.2	Grundlegende Beobachtungen	326
15.3	Die Robertson-Walker-Metrik	329
15.4	Beobachtungen in der Kosmologie	333
15.5	Methoden zur Bestimmung der Funktion $R(t)$	339

15.6 Das heiße Urknallmodell des Universums	343
15.7 Nachbetrachtung	357
<i>Anhang zu Kapitel 15</i>	
Ursprung der Robertson-Walker-Metrik	
im Falle eines leeren Universums	358
16 Epilog	362
<i>Literaturverzeichnis und weiterführende Lektüre</i> 364	
<i>Namen- und Sachverzeichnis</i> 369	