

Errata zum Lehrbuch „Theoretische Physik“ (1. Auflage)

Matthias Bartelmann, Björn Feuerbacher, Timm Krüger,
Dieter Lüst, Anton Rebhan, Andreas Wipf

15. November 2018

Trotz vielfachen Korrekturlesens haben sich in der ersten Auflage unseres Buches bedauerlicherweise ein paar Fehler – auch in den Grafiken – eingeschlichen. Die folgende Aufstellung enthält die notwendigen Korrekturen, soweit uns bis dato bekannt, mit Seitenangaben zur 1. Auflage.



1 Die Newton'schen Axiome

S. 6, Mathematischer Hintergrund 1.1, Definition Körper

Das Auslassen der Null in der Addition ist nicht korrekt. Richtig muss es heißen: "... sodass \mathbb{K} bezüglich der Addition eine additive abelsche Gruppe ist."

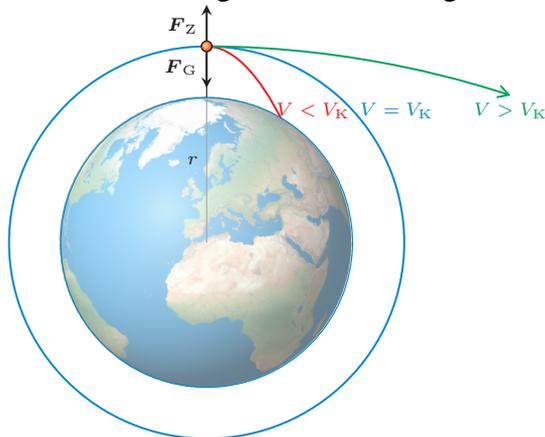
S. 45, Lösung zu Aufgabe 1.6, Gl. (1.259)

Vor der Klammer in der zweiten Zeile muss ein Vorfaktor C stehen.

2 Koordinatentransformationen und beschleunigte Bezugssysteme

S. 72, Abb. 2.13

Die Erde war zu klein geraten. Die korrigierte Abbildung sieht so aus:



S. 82, Lösung zu Aufgabe 2.4

Das Ergebnis der Integration in der ersten Zeile in Gl. (2.162) sollte lauten:

$$GM \left(\frac{1}{r_E} - \frac{1}{r_S} \right) = \frac{1}{2} \omega_E^2 (r_S^2 - r_E^2).$$

Damit wird die zweite Zeile in Gl. (2.162) zu

$$\frac{2GM}{\omega_E^2} = r_E r_S (r_E + r_S).$$

Dies führt auf das Endergebnis

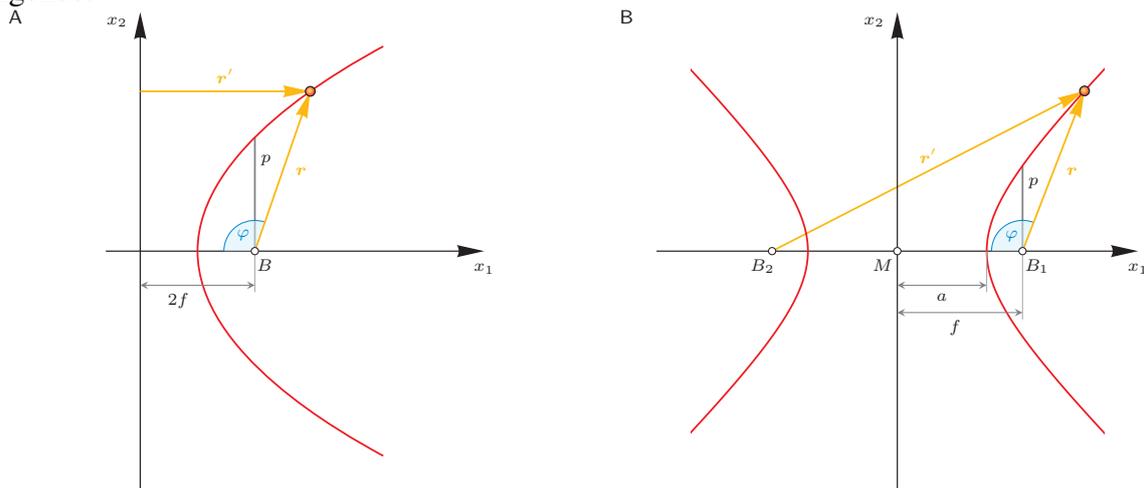
$$r_S = r_E \left(-\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + 2 \left(\frac{r_G}{r_E} \right)^3} \right)$$

anstatt Gl. (2.163). Es ist die positive Lösung zu nehmen, und das numerische Ergebnis lautet $r_S = 23,5r_E = 3,6r_G = 150,000 \text{ km}$.

3 Systeme von Punktmassen

S. 102, Abb. 3.9

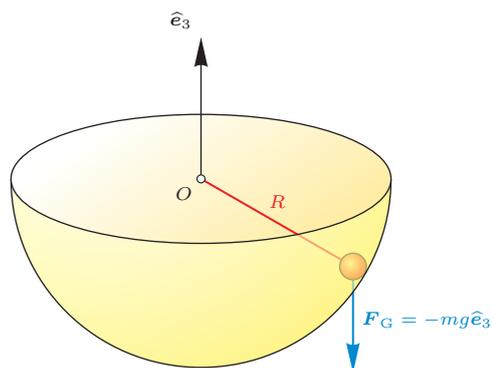
Zeichnung (b) zur Definition der Hyperbel ist nicht korrekt. Die richtige Abbildung ist die folgende:



5 Lagrange-Formalismus und Variationsrechnung

S. 169, Abb. 5.3

In Abb. 5.3 ist das Pendel fehlerhaft dargestellt. Die korrekte Abbildung sieht folgendermaßen aus:



8 Kontinuumsmechanik

S. 277, Gl. (8.34)

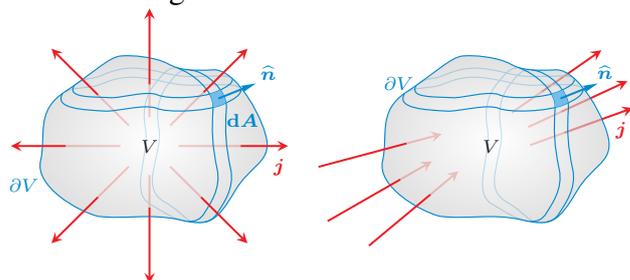
Statt $0 \leq 1 \leq N$ soll es hier $0 \leq i \leq N$ heißen.

S. 283, Gl. (8.71)

Vor dem zweiten Integral fehlt $1/\pi$; das Endergebnis ist korrekt.

S. 299, Abb. 8.21

In Abb. 8.21 ist ein Teil der Oberfläche des Volumens V nicht eingefärbt. Korrekt ist die folgende Abbildung:



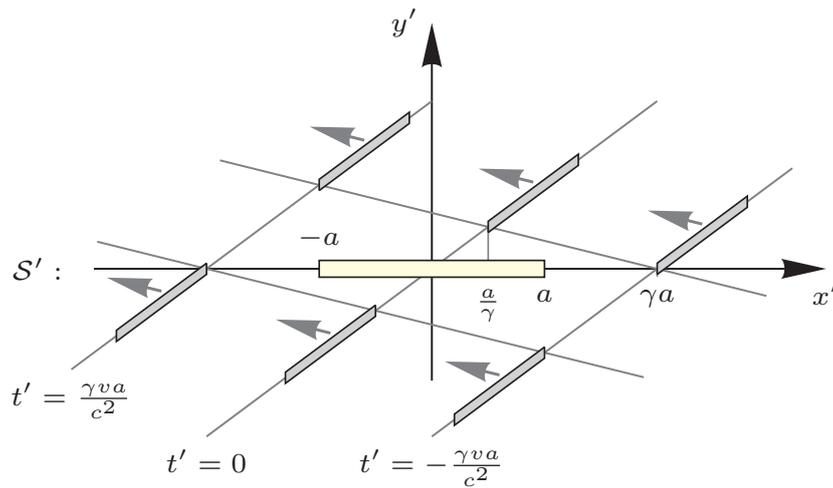
S. 314, Bildunterschrift 8.29

Statt $n_x = 2$ und $n_x = 5$ soll es hier wie in der richtig beschrifteten Abbildung $n_y = 2$ und $n_y = 5$ heißen.

9 Spezielle Relativitätstheorie

S. 351, Abb. 9.27

In der Aufgabe 9.4 werden ein Stab und eine Platte mit vernachlässigbarer Dicke betrachtet. Werden sie wie in Abb. 9.26 und 9.27 mit endlicher Dicke gezeichnet, sollten alle senkrechten Linien aus Abb. 9.26 weiterhin senkrecht sein (die Lorentz-Transformation in x -Richtung transformiert ja senkrechte Linien wieder in senkrechte). Die grau eingefärbten Rechtecke sind daher durch Parallelogramme mit senkrechten Enden zu ersetzen:



10 Relativistische Mechanik

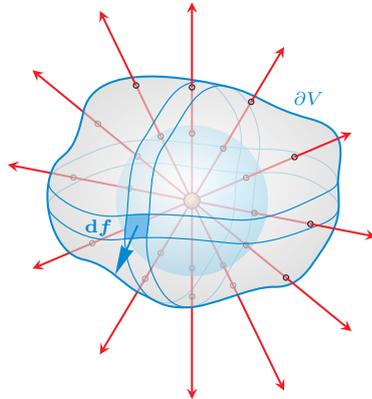
S. 370, Aufgabe 10.2 und S. 374, Lösung 10.2

Im Lösungshinweis und in der Lösung ist infinitesimales $m_2 = |dm|$ durch infinitesimale Änderung $m_1 = m - |dm|$ zu ersetzen. (m_2 , das im Weiteren nicht vorkommt, wäre durch $m_2 = |dm|/\gamma_2 < |dm|$ gegeben.)

11 Die Maxwell-Gleichungen

S. 390, Abb. 11.10

Auch hier ist nur ein Teil der Oberfläche eingefärbt. Die korrekte Abbildung ist:



S. 409, G. (11.158)

Vor w_{em} ist ein negatives Vorzeichen zu setzen.

S. 414, 11.12

Vor T_{ii} ist ein negatives Vorzeichen zu setzen. (Hier ist nämlich T der Maxwell'sche Spannungstensor und nicht der in Kapitel 18 eingeführte Impulstensor $T_{\mu\nu}$, dessen räumliche Komponenten sich von ersteren gerade um ein Vorzeichen unterscheiden – was dort auch erklärt wird).

In Auflage 2 wird zur Auflösung dieser historisch bedingten widersprüchlichen Notation der Maxwell'sche Spannungstensor mit \bar{T} bezeichnet werden.

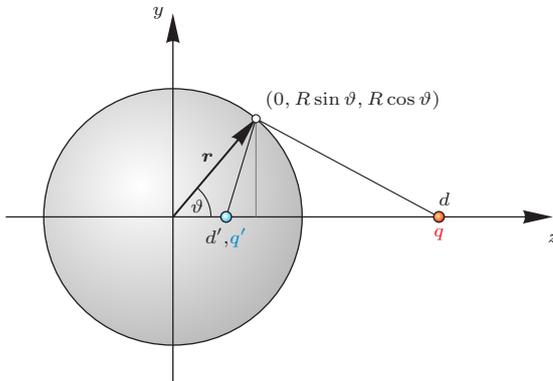
S. 415, Gln. (11.208) und (11.209)

Der Faktor $\frac{q}{8\pi}$ vor $\int_0^\infty \dots$ ist jeweils durch $\frac{q^2}{8\pi}$ zu ersetzen.

12 Elektrostatik

S. 428, Abb. 12.8:

Hier fehlt ein Teil der Füllung der Kugel. So sieht die Abbildung richtig aus:



S. 441, Bildunterschrift zu Abb. 12.15

Statt $z = 0 \dots 2$ soll es heißen: $z/a = 0 \dots 2$

S. 442, Aufgabe 12.7, Zeile 4:

Statt $V = \mathbb{R} \setminus (\sum V_j)$ soll es heißen: $V = \mathbb{R}^3 \setminus (\sum V_j)$

S. 442, Aufgabe 12.7, Zeile vor (12.112):

Ersetze „angegeben“ durch „angeben“

13 Vollständige Funktionensysteme

S. 446, zwei Zeilen über Gleichung (13.2):

Es muss $c = -T/2$ sein statt $c = T/2$.

S. 480, Aufgabe 13.10, unter Gleichung (13.283):

Hier sollte selbstverständlich „Pyramide“ stehen statt „Pyramida“.

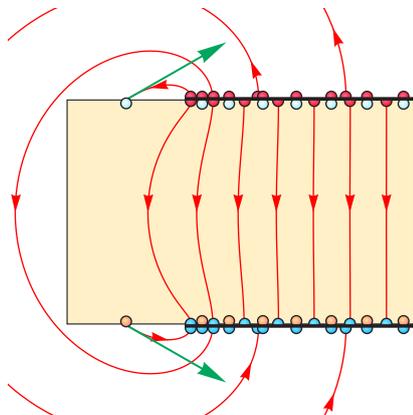
S. 482, Aufgabe 13.13, Gleichung (13.305):

In q_{22} und $q_{2,-2}$ soll es statt Q_{13} jeweils Q_{12} heißen.

14 Elektrische Felder in Materie

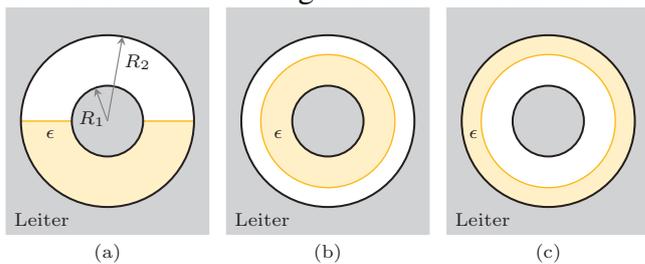
S. 498, Abb. 14.9

Am linken Rand des Dielektrikums ist eine Feldlinie zu viel, sowie ein Pfeilsymbol. Die Abbildung soll so aussehen:



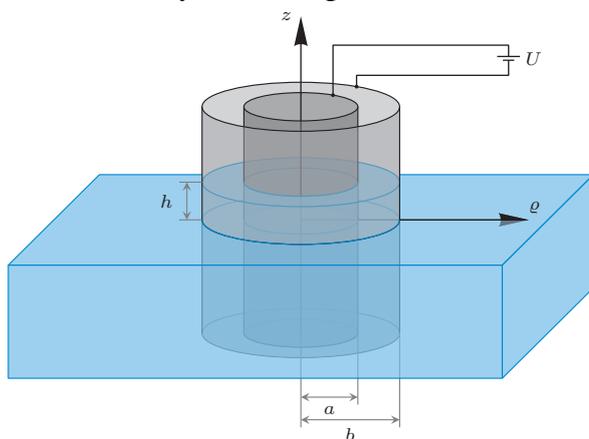
S. 498, Abb. 14.10

Das Innere des linken Kugelkondensators sollte nur zur Hälfte eingefärbt sein:



S. 500, Abb. 14.11

In Abb. 14.11 ging ein Stück des linken Zuleitungsdrahtes der Batterie verloren. Dieser soll bis zum inneren Zylinder fortgesetzt werden:



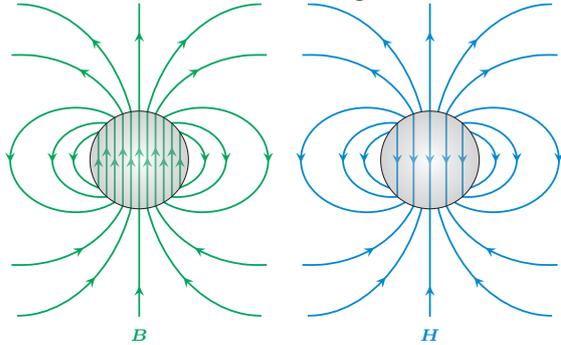
15 Magnetismus und elektrische Ströme

S. 513, Gleichung (15.13)

In der letzten Zeile ist ρ durch ϱ zu ersetzen.

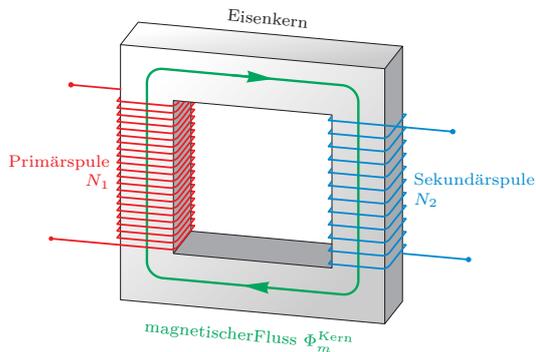
S. 525, Abb. 15.11

Hier fehlt die Hälfte der Füllung der rechten Kugel. Korrekt ist:



S. 537, Abb. 15.23

In Abb. 15.23 wurde das Innere des Transformators irrtümlich grau eingefärbt und eine Linie gelöscht. Die Originalgrafik sieht wie folgt aus:



S. 545 u. S. 549, Lösung von Aufgabe 15.8

In Gleichung (15.224) fehlen negative Vorzeichen vor den letzten beiden Ausdrücken; \mathbf{m} hat eine \mathbf{B} entgegengesetzte Richtung! Dementsprechend muss es auf S. 545 und auf S. 549 nach (15.225) heißen: $T = |\mathbf{m} \cdot \mathbf{B}|$.

S. 550, Lösung von Aufgabe 15.10

Nach Gl. (15.234) soll es heißen: „mit $a = [v_x(0) - v_x^{\text{Drift}}]/\omega_B$ “

Im vorletzten Satz: „Ist $|a| < |v^{\text{Drift}}/\omega_B|$, dann entsteht eine verkürzte Zykloide, die einem Punkt innerhalb des Rades entspricht; ist $|a| > |v^{\text{Drift}}/\omega_B|$ dann liegt ein analog mitgeführter Punkt außerhalb des Abrollradius“

In der Bildunterschrift zu Abb. 15.33 statt „Ist die Anfangsgeschwindigkeit... entsteht“: „Abhängig davon, ob $|a\omega_B|$ kleiner oder größer als $|v^{\text{Drift}}|$ ist, entsteht“

16 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen

S. 556f

In der letzten Zeile vor Gleichung (16.30) sollte $|E_{10}|$ und $|E_{20}|$ stehen statt nur E_{10} und E_{20} , ebenso im letzten Absatz dieser Seite und in der Bildunterschrift zu Abbildung 16.2. In der Bildunterschrift sollte außerdem nur „mit den Halbachsen“ stehen statt „mit großen Halbachsen“.

S. 563

Vor Gleichung (16.79) soll es statt „für Leiter bzw. Nichtleiter“ heißen: „für Nichtleiter bzw. Leiter“.

Zu ergänzen wäre, dass in letzterem Fall k , $|\mathbf{E}|$ und $|\mathbf{H}|$ keine Absolutbeträge sind, sondern komplexe Größen, nämlich $\sqrt{k^2}$, $\sqrt{\mathbf{E}^2}$ und $\sqrt{\mathbf{H}^2}$. Nur bei Nichtleitern und reellem ϵ gelten die Aussagen über die Amplituden ebenfalls für $\sqrt{\mathbf{E} \cdot \mathbf{E}^*}$ und $\sqrt{\mathbf{H} \cdot \mathbf{H}^*}$.

S. 568, Gl. (16.126)

In den letzten beiden Termen ist jeweils ein Faktor c im Zähler zu streichen.

S. 574, Gl. (16.178) und (16.179)

Im jeweils letzten Integral ist $\epsilon_r(\zeta)$ durch $\epsilon_r(\zeta) - 1$ zu ersetzen.

S. 575, Aufgabe 16.1

Hier sollte $|a + b|$ und $|a - b|$ stehen statt nur $a + b$ und $a - b$, in der Aufgabenlösung auf S. 578 im letzten Satz dann natürlich auch.

S. 583, Gl. (16.266)

Die Integration muss über t verlaufen, nicht über ω .

17 Optik

S. 594, Abb. 17.5

In der unteren rechten Hälfte ist der Farbverlauf falsch dargestellt, er sollte symmetrisch zur oberen rechten Hälfte sein.

S. 594, vorletzter Absatz links

Statt „von oben nach unten“ muss hier „von oben und unten zur Mitte hin“ stehen.

S. 595

Nach Gl.(17.69) ist der Satz „Wir hätten sie natürlich auch ohne Kenntnis der Eikonalgleichung ... herleiten können ...“ zu streichen. Die nicht vollständig ausgeführte Herleitung geht nämlich wie folgt:

Zunächst nimmt man auf beiden Seiten der Eikonalgleichung (17.55) den Gradienten,

$$\mathbf{grad} (\mathbf{grad} S)^2 = 2n \mathbf{grad} n. \quad (1)$$

Die linke Seite berechnet man am übersichtlichsten in Komponenten:

$$\begin{aligned} (\mathbf{grad} (\mathbf{grad} S)^2)_i &= \partial_i (\partial_j S)^2 = 2 (\partial_j S) \partial_i \partial_j S \\ &= 2 (n \hat{k}_j \partial_j) (n \hat{k}_i), \end{aligned}$$

wobei die Reihenfolge der partiellen Ableitungen vertauscht und zweimal (17.58) eingesetzt wurde. Damit führt (1) auf

$$(\hat{\mathbf{k}} \cdot \nabla) (n \hat{\mathbf{k}}) = \mathbf{grad} n. \quad (2)$$

Betrachtet man zwei infinitesimal benachbarte Punkte auf einem Lichtstrahl mit Ortsvektoren \mathbf{r} und \mathbf{r}' und schreibt

$$d\mathbf{r} = ds \hat{\mathbf{k}},$$

so folgt für die Ableitung entlang eines Lichtstrahls

$$\hat{\mathbf{k}} \cdot \nabla = \frac{d}{ds}.$$

Somit können wir (2) schreiben als

$$\frac{d}{ds} \left(n(\mathbf{r}) \frac{d\mathbf{r}}{ds} \right) = \mathbf{grad} n(\mathbf{r}). \quad (17.69)$$

S. 598, Gl. (17.93)

Im Zähler des Bruchs vor dem Integral muss ikC stehen statt nur C .

S. 600, Gl. (17.104)

Im Nenner des letzten Bruchs darf nur R_0 stehen statt R_0^2 .

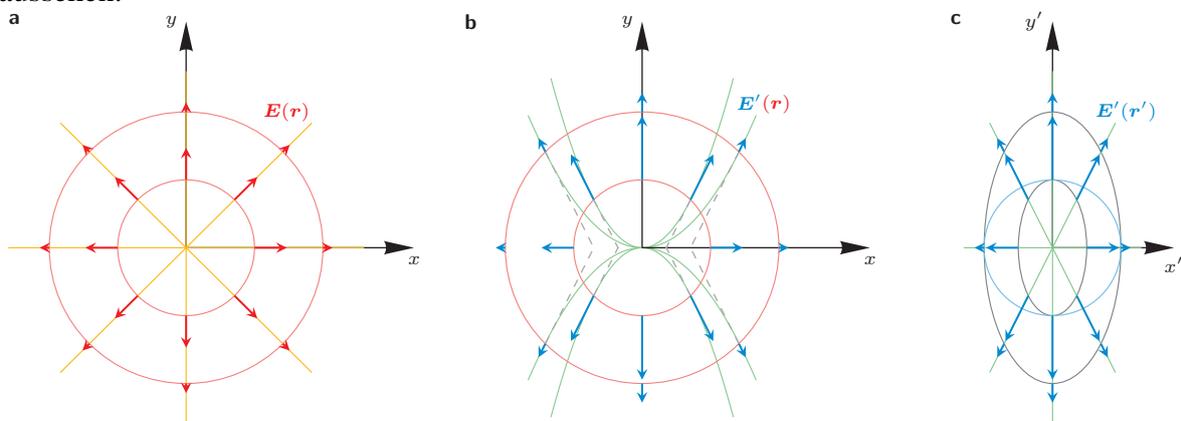
S. 604

3. Zeile im Kasten Fresnel-Zonenlinsen: Statt auf Gl.(17.38) soll auf Gl.(17.126) verwiesen werden.

18 Relativistische Formulierung der Elektrodynamik

S. 623, Abb. 18.2

Im Teilbild a sind alle roten Pfeile um einen Faktor 2 zu lang gezeichnet. So muss es richtig aussehen:



S. 631

Im Vertiefungskasten ist auf der rechten Seite der Gleichung „ $4\pi\mathbf{M} = \dots$ “ der erste Term \mathbf{B}_f durch \mathbf{B}_{mat} zu ersetzen.

19 Abstrahlung

S. 653, Frage 8

Im Wort „Überprüfen“ fehlt das „b“.

S. 656, ab Gl. (19.89)

Hier sollten noch einige Anmerkungen ergänzt werden: Wie in Aufgabe 19.5 gezeigt wird, führt der Ansatz (19.77) dazu, dass die Amplitude q_0 der Gesamtladung verschwindet. Dies muss auch so sein, da sonst die angegebenen Potentiale die Lorenz-Eichbedingung nicht mehr erfüllen (obwohl dies vorausgesetzt wurde) und die daraus abgeleiteten Feldstärken die vierte

Maxwell-Gleichung nicht erfüllen. Eigentlich verschwindet S_q ab (19.101) also identisch; die folgende Diskussion zeigt aber, dass es selbst dann keine Monopolstrahlung geben könnte, wenn $q_0 \neq 0$ erlaubt wäre.

S. 657, Gl. (19.92)

Auf der linken Seite gehören die Indizes von r' und j_0 vertauscht: $\partial'_i(r'_j j_{0i})$.

S. 666, Gl. (19.164)

Im Nenner des zweiten Bruchs muss $(1 - \beta^2)^2$ stehen statt nur $(1 - \beta^2)$.

S. 666, nach Gl. (19.171)

Statt „Ortsvektor \mathbf{r}' enthält“ muss es hier „Ortsvektor \mathbf{r} enthält“ heißen.

S. 677, ab Gl. (19.268)

In (19.268) muss $j_l(\pi)$ stehen statt $j_l(\pi/2)$ (zweimal). (19.270) ist dann

$$j_1(\pi) = \frac{1}{\pi},$$

und (19.271) wird zu

$$q_{10} = \frac{4i \sqrt{3} I_0}{\sqrt{\pi} c k^2}.$$

20 Lagrange- und Hamilton-Formalismus in der Elektrodynamik

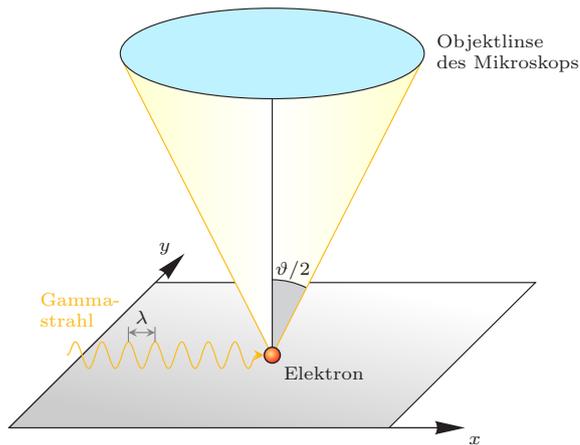
S. 688, Gl. (20.59)

Hier sollte in allen Integralen nur d^3x stehen statt d^4x , in der zweiten Zeile im ersten Integral entsprechend auch kein dt .

22 Wellenmechanik

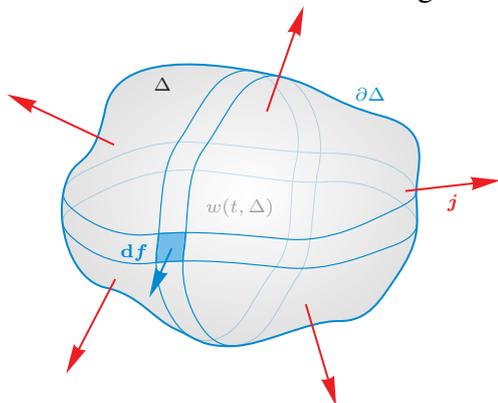
S. 731, Abb. 22.2

In der Abbildung ist die Linse nicht richtig dargestellt. Dies ist die korrekte Abbildung:



S. 746, Abb. 22.6

Hier fehlt ein Teil der Oberflächenfüllung. Korrekt ist:



Im Satz nach Gleichung (22.22) sollte

Man sieht hier, dass die Integrale der nichtnegativen und zeitabhängigen Dichten ... durch

Man sieht hier, dass die Integrale der nichtnegativen Dichten ... ersetzt werden.

Gleichung (22.47): das Argument von ψ_0 unter dem ersten Argument sollte y und nicht x sein.

Gleichung unterhalb (22.58): Nenner $2\sigma_0^2$ im Exponenten sollte $4\sigma_0^2$ sein.

24 Observablen, Zustände und Unbestimmtheit

Gleichung (24.51): Der Faktor $i\hbar$ auf der rechten Seite sollte $2i$ lauten.

27 Eindimensionale Quantensysteme

In Gleichung (26.162) fehlen die Betragsstriche um $\langle \eta | \eta' \rangle$ auf der linken Seite der Gleichung.

28 Zentralkräfte - das Wasserstoffatom

In Gleichung (28.25) steht irrtümlich ein r^2 im ersten Nenner.

Zeile nach Gleichung (28.63): a_n sollte a_s sein.

Gleichung (28.86): Die m -fache Ableitung nach β sollte die s -fache Ableitung nach β sein.

Im ersten Exponenten in Gleichung (28.88), in der Zeile nach (28.88) und eine Zeile darunter: a sollte jeweils a_B sein.

29 Elektromagnetische Felder und der Spin

S. 950, Gl. (29.15)

Diese Gleichung gibt eigentlich keine eindeutige Lösung der Schrödinger-Gleichung an, da der Wert des Wegintegrals im Exponenten vom gewählten Weg abhängen kann, selbst wenn $\text{rot}\mathbf{A} = 0$ ist: Insbesondere beim Aharonov-Bohm-Effekt hat man kein einfach zusammenhängendes Gebiet und damit zwei Klassen von jeweils zueinander äquivalenten Wegen. Die gesamte Wellenfunktion ergibt sich als Superposition der beiden „Lösungen“, die zu jeweils einem dieser beiden Wege gehören. (vgl. den Doppelspalt oder auch den Pfadintegral-Formalismus)

S. 950, Gl. (29.44)

Rechts fehlt ein Faktor V (Volumen des Atoms).

S. 967, letzter Satz der Lösung zu Aufgabe 29.4

Hier sollte selbstverständlich „Mittelpunktes“ stehen statt „Mittelpunktse“.

30 Störungstheorie und Virialsatz

S. 999, Bildunterschrift zu Abb. 30.4

Der zweite angeregte Zustand hat natürlich die Hauptquantenzahl $n = 3$, nicht $n = 2$.

S. 996, Lösung zu Aufgabe 30.4

In Gleichung (30.210) muss der Vorfaktor $-\frac{Ze^2}{a_B}$ sein statt $-4\pi Ze^2$. In Gleichung (30.211) muss dafür rechts $\frac{4Z^3}{n^3} \delta_{\ell 0}$ stehen. Ab Gleichung (30.212) stimmt wieder alles.

Berechnet man die Zahlenwert am Schluss der Aufgabe mit ein paar geltenden Ziffern mehr, so erhält man genauer $1,4 \cdot 10^{-4}$ bzw. $2,3 \cdot 10^{-10}$.

S. 1001, kurz vor Gleichung (30.278)

Gemeint ist hier genauer der $2p_z$ -Zustand (statt $2p$ -Zustand).

31 Mehrteilchensysteme und weitere Näherungsverfahren

S. 1008ff

In Gl. (31.30) und den folgenden steht die Differenz im Nenner genau falsch herum. Außerdem sind die Abschätzungen < 0 vor Gleichung (31.32) falsch, da ja *alle* Zustände berücksichtigt werden müssen, auch die ungebundenen. Dementsprechend ist auch die Abschätzung $< 2 \text{ Ry}$ in (31.32) falsch. In (31.33) muss deshalb \leq stehen statt \geq , und im Nenner muss $\frac{3}{2}$ stehen statt 2. Zieht man dies in der gesamten folgenden Rechnung durch, so erhält man schließlich im Endergebnis (31.42) einen Faktor 8 statt 6.

S. 1015, Gl. (31.80)

Vor dem dritten Summanden muss + stehen statt -.

33 Phänomenologische Begründung der Thermodynamik

S. 1083

Statt „dem Chemiker Joseph Black“ sollte genauer „dem schottischen Chemiker Joseph Black“ stehen.

S. 1095

Im Kasten 33.1 „Mathematischer Hintergrund: Homogene Funktionen“ muss am Ende der linken Spalte statt „indem man die vorangegangene Gleichung“ stehen: „indem man die einleitende Gleichung“.

S. 1097

Im Kasten „Zustandsänderungen eines Luftballons“ sollte statt „verändertes mechanisches Gleichgewicht“ genauer stehen: „verändertes thermisches und mechanisches Gleichgewicht“.

S. 1098

Statt „Fluidum“ sollte „Fluid“ stehen.

S. 1099

Im Kasten „Mischungstemperatur“ muss anstelle von „allein durch das Massenverhältnis“ stehen: „allein durch das Massenverhältnis und die Ausgangstemperaturen“.

S. 1117

In der linken Spalte oben muss δS durch dS ersetzt werden.

S. 1120

In Gleichung (33.126) muss $>$ statt \geq stehen.