EINIGE BEZEICHNUNGEN

Vierdimensionale Bezeichnungen

Vierdimensionale Tensorindizes werden mit griechischen Buchstaben λ, μ, ν, ... bezeichnet und nehmen die Werte 0, 1, 2, 3 an.

Es wird die 4-Metrik mit der Signatur $(+ - - -)$ verwendet. Der metrische Tensor ist $g_{\mu\nu}$ $(g_{00} = 1,\ g_{11} = g_{22} = g_{33} = -1)$.

Die Komponenten eines 4-Vektors werden in folgender Weise angegeben: $a^\mu \equiv (a^0, \boldsymbol{a})$.

Zur Vereinfachung der Schreibweise von Formeln wird der Index der Komponenten von 4-Vektoren häufig weggelassen.[1] Skalarprodukte von 4-Vektoren werden dabei einfach als (ab) oder ab geschrieben: $ab = a_\mu b^\mu = a_0 b_0 - \boldsymbol{ab}$.

Der vierdimensionale Ortsvektor ist $x^\mu = (t, \boldsymbol{r})$, das vierdimensionale Volumenelement ist d^4x.

Der Operator für die Differentiation nach den 4-Koordinaten ist $\partial^\mu = \partial/\partial x^\mu$.

Der antisymmetrische 4-Einheitstensor ist $e^{\pi\mu\nu\varrho}$ mit $e^{0123} = -e_{0123} = +1$.

Die vierdimensionale δ-Funktion ist $\delta^{(4)}(a) = \delta(a_0)\,\delta(\boldsymbol{a})$.

Dreidimensionale Bezeichnungen

Für die dreidimenionalen Tensorindizes werden lateinische Buchstaben verwendet: $i, k, l, \ldots$; sie nehmen die Werte x, y, z an.

Dreidimensionale Vektoren werden als halbfett-kursive Buchstaben gesetzt oder griechische Buchstaben mit Pfeil.

Das dreidimensionale Volumenelement ist d^3x.

Operatoren

Operatoren werden mit Buchstaben mit einem „Dach" bezeichnet.[2]

Die Kommutatoren oder Antikommutatoren zweier Operatoren sind $\{\hat{f}, \hat{g}\}_\pm = \hat{f}\hat{g} \pm \hat{g}\hat{f}$.

---

[1]) Diese Schreibweise ist in der heutigen Literatur weit verbreitet. Dieser Kompromiß zwischen den Vorräten an Buchstaben und den Erfordernissen der Physik erfordert natürlich vom Leser besondere Aufmerksamkeit.

[2]) Zur Vereinfachung der Schreibweise wird aber über den Spinmatrizen das Dach weggelassen. Auch über den Bezeichnungen für die Operatoren in Matrixelementen wird das Dach nicht mitgeschrieben.

Der transponierte Operator ist $\tilde{\tilde{f}}$.

Der adjungierte (hermitesch konjugierte) Operator ist $\hat{f}^+$.

Der Operator für die Ladungskonjugation ist $\hat{C}$.[1])

Der Operator einer räumlichen Spiegelung ist $\hat{P}$.[1])

Der Operator für die Zeitumkehr ist $\hat{T}$.

Für das Symbol des zeitgeordneten Produkts wird der Buchstabe T verwendet.

Matrixelemente

Das Matrixelement des Operators $\hat{F}$ für den Übergang aus dem Anfangszustand i in den Endzustand f ist F_{fi} oder $\langle f|\, F\, |i\rangle$.

Die Bezeichnung $|i\rangle$ wird als abstraktes Symbol für einen Zustand unabhängig von der konkreten Darstellung der zugehörigen Wellenfunktion verwendet, $\langle f|$ ist das Symbol für den Endzustand („konjugiert komplexen" Zustand).[2])

Dementsprechend werden mit $\langle s \mid r\rangle$ die Koeffizienten in der Entwicklung eines Systems von Zuständen mit den Quantenzahlen r nach Zuständen mit den Quantenzahlen s bezeichnet: $|r\rangle = \sum\limits_s |s\rangle \langle s \mid r\rangle$.

Die reduzierten Matrixelemente der sphärischen Tensoren sind $\langle f||\, F\, ||i\rangle$.

Dirac-Gleichung

Die Dirac-Matrizen sind γ^μ mit $(\gamma^0)^2 = 1$, $(\gamma^1)^2 = (\gamma^2)^2 = (\gamma^3)^2 = -1$; ferner treten die Matrizen $\boldsymbol{\alpha} = \gamma^0\boldsymbol{\gamma}$ und $\beta = \gamma^0$ auf. Ausdrücke in Spinor- und in Standarddarstellung sind (21,3), (21,16), (21,20) (S. 72, 74, 75).

$\gamma^5 = -i\gamma^0\gamma^1\gamma^2\gamma^3$, $(\gamma^5)^2 = 1$ (s. (22,18) auf S. 78).

$\sigma^{\mu\nu} = 1/2(\gamma^\mu\gamma^\nu - \gamma^\nu\gamma^\mu)$ (s. (28,2) auf S. 95).

Diracsche Konjugation: $\bar{\psi} = \psi^*\gamma^0$.

Die Pauli-Matrizen $\boldsymbol{\sigma} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$ sind auf S. 62 definiert.

Die Indizes von 4-Spinoren werden mit $\alpha, \beta, \ldots$ und $\dot{\alpha}, \dot{\beta}, \ldots$ bezeichnet und nehmen die Werte 1, 2 und $\dot{1}, \dot{2}$ an.

Die Bispinorindizes $i, k, l, \ldots$ nehmen die Werte 1, 2, 3, 4 an.

Fourier-Entwicklung

Die dreidimensionale Entwicklung ist

$$f(\boldsymbol{r}) = \int f(\boldsymbol{k})\, e^{i\boldsymbol{k}\boldsymbol{r}} \frac{d^3k}{(2\pi)^3}, \qquad f(\boldsymbol{k}) = \int f(\boldsymbol{r})\, e^{-i\boldsymbol{k}\boldsymbol{r}}\, d^3x\,.$$

Entsprechendes gilt für den vierdimensionalen Fall.

[1]) Von den englischen Worten charge (Ladung) bzw. parity (Parität).

[2]) Beziehung nach Dirac.

Maßeinheiten

Wenn nicht besonders darauf hingewiesen wird, werden die relativistischen Einheiten $\hbar = 1$ und $c = 1$ verwendet. In diesen Einheiten ist das Quadrat der Elementarladung $e^2 = 1/137$.

Die atomaren Maßeinheiten sind: $e = 1$, $\hbar = 1$, $m = 1$. In diesen Einheiten ist $c = 137$. Atomare Längen-, Zeit- und Energieeinheit sind $\hbar^2/me^2$, $\hbar^3/me^4$ bzw. $me^4/\hbar^2$ (die Größe Ry $= me^4/2\hbar$ wird als Rydberg bezeichnet).

Die normalen Einheiten werden dem absoluten (GAUSSschen) Maßsystem entnommen.

Konstanten

Lichtgeschwindigkeit $c = 2{,}997\,925 \cdot 10^{10}$ cm/s.
Elementarladung[1]) $e = 4{,}803 \cdot 10^{-10}$ cgs-Einheiten.
Elektronenmasse $m = 9{,}110 \cdot 10^{-28}$ g.
PLANCKsches Wirkungsquantum $\hbar = 1{,}055 \cdot 10^{-27}$ erg · s.
Feinstrukturkonstante $\alpha = e^2/\hbar c$; $1/\alpha = 137{,}04$.
BOHRscher Radius $\hbar^2/me^2 = 5{,}292 \cdot 10^{-9}$ cm.
Klassischer Elektronenradius $r_e = e^2/mc^2 = 2{,}818 \cdot 10^{-13}$ cm.
COMPTON-Wellenlänge eines Elektrons $\hbar/mc = 3{,}862 \cdot 10^{-11}$ cm.
Ruhenergie eines Elektrons $mc^2 = 0{,}5110 \cdot 10^6$ eV.
Atomare Energieeinheit $me^4/\hbar^2 = 4{,}360 \cdot 10^{-11}$ erg $= 27{,}21$ eV.
BOHRsches Magneton $e\hbar/2mc = 9{,}274 \cdot 10^{-17}$ erg/T.
Protonenmasse $m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-24}$ g.
COMPTON-Wellenlänge eines Protons $\hbar/m_pc = 2{,}103 \cdot 10^{-14}$ cm.
Kernmagneton $e\hbar/2m_pc = 5{,}051 \cdot 10^{-20}$ erg/T.
Verhältnis der Müonenmasse zur Elektronenmasse $m_\mu/m = 2{,}068 \cdot 10^2$.

Hinweise auf andere Bände dieses Lehrbuches sind mit Ziffern versehen: I (Mechanik, 1984), II (Feldtheorie, 1984), III (Quantenmechanik, 1984), VIII (Elektrodynamik der Kontinua, 1985).

[1]) In diesem Band enthält die Bezeichnung e für die Ladung eines Teilchens (überall außer in Kapitel XIV) auch das Vorzeichen, so daß für ein Elektron $e = -|e|$ gilt.