

Die physikalische Bedeutung der Feinstrukturkonstanten

Abstract

Die Feinstrukturkonstante ist eine der wichtigsten Naturkonstanten der Physik. Ihre physikalische Bedeutung gilt als Rätsel. Das soll in dieser Arbeit aufgeklärt und ihr eigentlicher Sinn in der Physik abgeleitet und nachgewiesen werden. Als neues Ergebnis wird belegt, dass das Periodensystem der chemischen Elemente nach oben hin begrenzt ist.

Einleitung

Seit ihrer Entdeckung 1916 durch Arnold Sommerfeld hat die Feinstrukturkonstante immer größere Bedeutung in der Physik erlangt. Gleichzeitig wuchs das Interesse daran, was ihre eigentliche physikalische Bedeutung ist, denn sie ist nur eine Irrationalzahl, die allerdings durch eine Formel ausgedrückt werden kann, welche aus anderen Naturkonstanten besteht wie Elementarladung, reduziertes Plancksches Wirkungsquantum, Lichtgeschwindigkeit, der Permittivität und der Ludolfschen Zahl π . Dass sie sich eigenständig sehr genau messen lässt, wie alle anderen, sie beschreibenden Konstanten auch, verschaffte ihr ihren mythischen Ruf und bis jetzt gibt es keine plausible Erklärung für ihre Existenz.

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass man ihre Bedeutung schon 1906 hätte erkennen können, als Max Planck alle physikalisch bedeutenden Größen auf 5 Naturkonstanten zurückführte, die Gravitationskonstante, die Lichtgeschwindigkeit, das reduzierte Plancksche Wirkungsquantum, die Boltzmannkonstante und die elektrische Permittivität des Vakuums.

Hierbei wird das Mysterium Feinstrukturkonstante zu einer einfachen, physikalisch klar zu deutenden Verhältniszahl, ist also ihrem Charakter nach genau so etwas wie die Kreiszahl π .

Was ist die Feinstrukturkonstante?

Satz 1: Die Gravitationskraft zwischen zwei Planck-Massen (F_{GP}) ist genau so groß wie die elektrostatische Kraft zwischen zwei Planckladungen (F_{QP}).

Beweis:

Planck-Masse: $m_P = (\hbar c / 2\pi G)^{1/2}$ und Planck-Ladung $Q_P = (4\pi\epsilon_0 \hbar c / 2\pi)^{1/2}$

$$F_{GP} = G m_P^2 / r^2 \qquad F_{QP} = Q_P^2 / 4\pi \epsilon_0 r^2$$

$$F_{GP} = F_{QP} = \hbar c / 2\pi r^2 \quad \text{q.e.d.}$$

Satz 2: Multipliziert man die elektrostatische Kraft zwischen zwei Planckladungen (F_{QP}) mit der Feinstrukturkonstanten (α), so erhält man die Coulombkraft zwischen zwei Elementarladungen (F_C).

Beweis:

$$\alpha = 2\pi e^2 / 4\pi \epsilon_0 \hbar c \qquad F_C = e^2 / 4\pi \epsilon_0 r^2$$

$$F_C = \alpha F_{QP} = (2\pi e^2 / 4\pi \epsilon_0 \hbar c) (\hbar c / 2\pi r^2) = e^2 / 4\pi \epsilon_0 r^2 \quad \text{q.e.d.}$$

Aus diesen beiden Sätzen folgt, dass die Feinstrukturkonstante sich als Verhältnis zwischen

der Coulombkraft zweier Elementarladungen und der elektrostatischen Kraft zweier Planckladungen (F_{QP}) darstellen lässt oder auch als das Verhältnis zwischen den Quadraten der elektrischen Elementarladung und der Planck-Ladung.

Der eigentliche Sinn ergibt sich allerdings erst, wenn geklärt wird, was der Ausdruck

$$F_{GP} = F_{QP} = \mathbf{h c} / 2\pi r^2$$

bedeutet. Es scheint eine um den Kehrwert der Feinstrukturkonstanten stärkere Kraft als die Coulombkraft mit dem gleichen Abstandsverhalten zu sein. Man kann sich ihrem Verständnis durch den folgend beschriebenen Weg nähern.

Es sei eine Kraft gesucht, die ein lichtschnelles Quant stabil auf einer Kreisbahn halten kann. Das Quant setzt dieser Kraft eine gleich große Zentrifugalkraft durch die seiner Energie innewohnende Trägheit entgegen. Diese Zentrifugalkraft (F_Z) kann beschrieben werden als

$$F_Z = (\mathbf{h v} / c^2) (c^2 / r) \quad \text{und mit } v = c / \lambda \text{ ergibt das } F_Z = \mathbf{h c} / \lambda r$$

Da es sich bei einem lichtschnellen Quant um eine Welle handelt und der Kreisumlauf stationär erfolgen soll, muss der Kreisumfang der Bahn einer Wellenlänge entsprechen. Ganzzahlige Verkürzung der Wellenlänge, was auch einem stationären Umlauf entspräche, würde zur Vervielfachung der Umlaufenergie führen und ist hier nicht von Bedeutung. Die Wellenlänge dieses Quantes ist also $\lambda = 2\pi r$. Eingesetzt ergibt sich für die Zentrifugalkraft eines solchen lichtschnell umlaufenden Quants die Beziehung

$$F_Z = \mathbf{h c} / 2\pi r^2$$

Das entspricht genau dem oben genannten Betrag. Damit repräsentiert der Wert „ F_Z “ eine Kraftgrenze durch die endliche Geschwindigkeit c .

Aus diesen Überlegungen ergibt sich der physikalische Sinn der Feinstrukturkonstanten als Verhältnis der Coulombkraft zweier Elementarladungen zu einer elementar höchst möglichen durch die Lichtgeschwindigkeit begrenzten Kraftgrenze.

Konsequenz aus der Existenz der Feinstrukturkonstante

Über die bisher in der Physik wirkenden Einflüsse der Feinstrukturkonstanten hinaus gibt es eine noch nicht erkannte, wesentliche Wirkung, die auf das Periodensystem der chemischen Elemente Einfluss nimmt: durch die Feinstrukturkonstante wird das Periodensystem nach oben hin begrenzt.

Beim 137. chemischen Element müsste die Umlaufgeschwindigkeit der inneren Elektronen ca. 99,97 % der Lichtgeschwindigkeit betragen und ihre Masse um fast das 41-fache zunehmen, weil 137 positive Ladungen auf eine negative Elementarladung beinahe die Kraft wie oben beschrieben ausüben. Ein solcher Zustand, wenn er überhaupt existieren kann, wäre äußerst instabil. Das Element 138 kann theoretisch nicht existieren.

Damit darf man behaupten, dass das Periodensystem der chemischen Elemente aus maximal 136 Elementen besteht und die Elemente bis dahin zunehmend instabiler werden.