

und (10a) anzuwenden. Das Ergebnis dieser Rechnungen zeigt Abb. 2, in die auch die Originalwerte eingetragen sind. In Abb. 2 ist erkenntlich, daß die Meßwerte für die häufigeren Isotope 110—116 recht gut auf den Geraden liegen, während dies bei den seltenen Isotopen 106 und 108 wegen der Meßungenauigkeit nicht der Fall ist.

Zur Berechnung des Masseneffektes μ wurde folgende, für kleine Anreicherung gültige Formel benutzt:

$$f_0 \mu = \frac{\frac{m}{m_0} - 1}{\sum_i i T_0 \left(\frac{i m}{m_0} - 1 \right)^2} \quad (13)$$

Dabei ist m das Atomgewicht der gesamten angereicherten Substanz (also das Mittel der Proben 1 bis 4) und f_0 die Vervielfachung für diese angereicherte Substanz. Es ist

$$f_0 = \frac{L}{F N_{Cl}} \quad (14)$$

wo L die transportierte wirksame Ladungsmenge ($L = 90\,000$ Coulomb), $F = 96\,500$ Coulomb und N_{Cl} der Chlorgehalt der Proben 1 bis 4 in Mol ist ($N_{Cl} = 0,0452$). Es ergab sich

$$\mu = -0,067.$$

Ebenso wie bei den von uns früher gemessenen μ -Werten ist auch hier anzunehmen, daß der wirkliche μ -Wert größer, aber bestimmt nicht kleiner ist als der gemessene, weil die Verluste von angereichertem Material, z. B. durch Konvektion während des Versuchs, den gemessenen μ -Wert stets herabmindern.

Probe Nr.	$f_{n_0} \mu$	f_{n_0}
1	-4,48	67
2	-2,54	38
3	-1,58	24
4	-0,85	13
5	+0,06	-0,9

Tab. 3. Die der Abb. 2 zugrunde liegenden Größen $f_{n_0} \mu$ und die Vervielfachungen f_{n_0} .

In Tab. 3 sind die aus den Versuchsergebnissen berechneten $f_{n_0} \mu$ - und f_{n_0} -Werte eingetragen. Bei Probe 5 scheint sich die Anreicherung der schweren Isotope im Anodenraum bemerkbar zu machen, jedoch nur innerhalb der Fehlergrenze. Mit Hilfe von Gl. (4) und Tab. 3 kann man alle hier aufgetretenen Trennfaktoren berechnen, z. B. den größten vorgekommenen Trennfaktor $^{106}_{116} Q_{10} = 1,5$ oder den Trennfaktor $^{190}_{10} Q_{10} = 1,046$ für 1% Massenunterschied in Probe 1.

Zur Veranschaulichung der relativistischen Zeitdilatation

VON KURT HANS VON KLITZING¹

(Z. Naturforschg. 3a, 176—179 [1948]; eingegangen am 21. Oktober 1946)

Es wird am Beispiel des Hohlraumresonators gezeigt, daß die relativistische Zeitdilatation ähnlich wie die schon früher aus elektrodynamischen Gründen gefolgerte Lorentz-Kontraktion anschaulich gedeutet werden kann. Der transversale Doppler-Effekt wird behandelt. Es wird darauf hingewiesen, daß die dargelegten Veranschaulichungen lediglich den Charakter einer Hilfsvorstellung haben können.

Das Bestreben, die relativistischen Effekte dadurch dem anschaulichen Verständnis näher zu bringen, daß man ihr Zustandekommen klassisch zu erklären versucht, führt bekanntlich bei der sogen. Lorentz-Kontraktion verhältnismäßig leicht zum Ziele.

Wie aus einer zuerst im Jahre 1889 von O. Heaviside durchgeführten Rechnung hervorgeht, erfahren die Äquipotentialflächen des elektrischen Feldes aus elektrodynamischen Gründen bei einer gleichförmigen Translationsbewegung eine Ver-

kürzung in der Bewegungsrichtung im Maßstab $1:\sqrt{1-v^2/c^2}$, wobei unter v die Translationsgeschwindigkeit, unter c die Lichtgeschwindigkeit verstanden wird. Im Rahmen der neueren Vorstellungen vom elektrischen Aufbau der Materie bereitet es keine Schwierigkeiten, das gleiche Gesetz auch für die Atome und damit für alle Körper als gültig anzunehmen. Man erhält so eine anschauliche Erklärung für das Ergebnis des Michelson-Versuchs sowie für die Tatsache, daß die genannte

¹ Ratzeburg (Lbg.), Möllnerstr. 27.



zeigt, sondern es tritt Aberration ein. Die Wellenfläche, die tatsächlich ihren unendlich fernen Ausgangspunkt im Mittelpunkt abbildet, habe in dem Augenblick, in dem sie den Punkt A erreicht, die Lage AD. In dem Augenblick, in dem der Punkt B von der Wellenfläche erreicht wird, hat er die Lage B'. Wenn die Welle den Brennpunkt des Spiegels erreicht, hat dieser die Lage C'.

Das Licht braucht die Zeit t , um von A nach C' zu kommen:

$$AC'' = ct; \quad CC'' = vt,$$

ferner

$$DB' + B'C'' = ct.$$

Es sei weiterhin

$$BB' = vt_1, \quad DB' = ct_1,$$

$$B'C'' = ct_2, \quad t_1 + t_2 = t.$$

Dann gilt

$$\sin \alpha = \frac{DB'}{AB'} = \frac{ct - ct_2}{ct + ct_2} = \frac{t - t_2}{t + t_2}. \quad (3)$$

Nun ist

$$AC'' = \frac{AB}{2} + CC'',$$

und da $AB = ct + ct_2$, so ist auch

$$AC'' = \frac{c}{2}(t + t_2) + vt = ct;$$

also

$$t + t_2 = \frac{2ct}{c + v} \quad \text{und} \quad t_2 = t \frac{c - v}{c + v}. \quad (4)$$

Man erhält nun durch Einsetzen in (3)

$$\sin \alpha = v/c. \quad (5)$$

Um diesen Winkel ist die Richtung des einfallenden Lichts gegen die Normale zur Bewegungsrichtung geneigt. Es muß also infolge Aberration ein Doppler-Effekt eintreten, wenn eine ruhende Lichtquelle vom bewegten System aus transversal zur Bewegungsrichtung beobachtet wird.

Ist der Abstand zweier aufeinanderfolgender Wellenflächen $\lambda = c\tau$, so erscheint diese Größe dem bewegten Beobachter gedehnt zu $\lambda' = c\tau'$, da sein Beobachtungsinstrument während der Zeit τ' von P nach P' um das Stück $v\tau'$ weitergewandert ist. Wie sich aus Abb. 3 ergibt, ist

$$\frac{c\tau' - c\tau}{v\tau'} = \sin \alpha,$$

und man erhält mit Rücksicht auf (5)

$$\tau/\tau' = 1 - v^2/c^2 \quad (6)$$

oder

$$\nu' = \nu(1 - v^2/c^2). \quad (7)$$

Die Frequenz wird vom bewegten Beobachter mit der Frequenz einer mitbewegten Uhr verglichen.

Da diese um den Faktor $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ zu langsam geht, findet er an Stelle von ν' den Wert

$$\nu'' = \nu \sqrt{1 - v^2/c^2}, \quad (8)$$

also in der Tat die relativistische Formel. Der bewegte Beobachter hat daher den gleichen Eindruck, den der ruhende Beobachter hat, nämlich daß die Uhr des relativ zum eigenen Standort bewegten Systems langsamer geht.

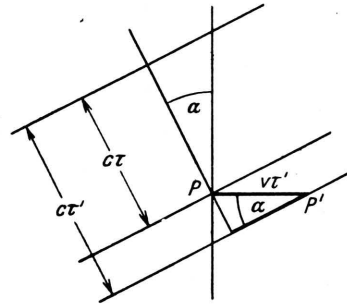


Abb. 3.

3.

Die vorangegangenen Betrachtungen sollten zeigen, daß es möglich ist, auch der relativistischen Zeitdilatation genau wie der Lorentz-Kontraktion eine anschauliche Deutung zu geben. Dabei sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich wirklich nur um eine Veranschaulichung handelt, der eine Realität im *physikalischen* Sinne nicht zukommt. Wir sind genötigt, den Geltungsbereich der Physik streng auf diejenigen Gebiete zu begrenzen, die der Messung zugänglich sind. Die physikalische Messung jedoch wird eine Entscheidung darüber, welches System „in Wahrheit“ das ruhende und welches das bewegte ist, niemals zulassen. Insofern also hat auch die Vorstellung von der Form einer Wellenfläche in einem bestimmten Augenblick, wie sie oben verwendet wurde, lediglich den Charakter einer Hilfsvorstellung, der keine physikalische Realität entspricht.