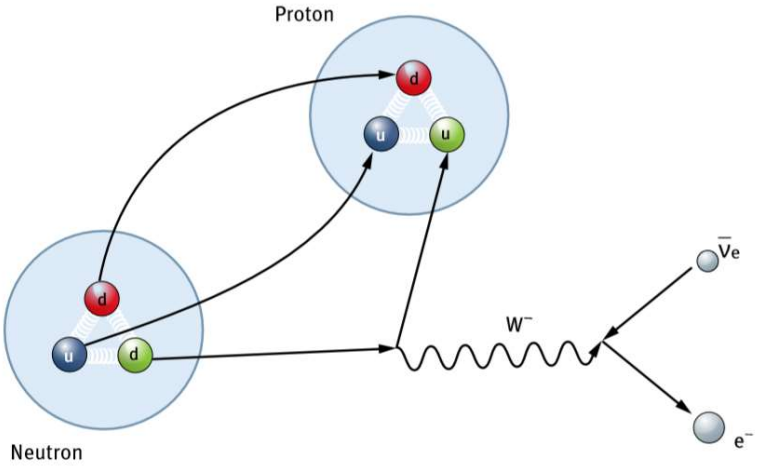
Über die innere Struktur des Neutrons.



Zerfall eines Neutrons [1)]

Dem Wort Gottes gewidmet.

Tagesevangelium vom 27.09.2019 nach Lukas 9,18-22

In jener Zeit, als Jesus in der Einsamkeit betete und die Jünger bei ihm waren, fragte er sie: Für wen halten mich die Leute?

Sie antworteten: Einige für Johannes den Täufer, andere für Elija; wieder andere sagen: Einer der alten Propheten ist auferstanden.

Da sagte er zu ihnen: Ihr aber, für wen haltet ihr mich?

Petrus antwortete: Für den Messias Gottes.

Doch er verbot ihnen streng, es jemand weiterzusagen.

Und er fügte hinzu:
Der Menschensohn muss vieles erleiden und von den Ältesten, den Hohenpriestern und den Schriftgelehrten verworfen werden; er wird getötet werden, aber am dritten Tag wird er auferstehen.

Inhaltsverzeichnis

Begriffsbestimmungen 5

1 Neutron-Masse 6

2 Elektron-Magnetmoment 7

Ursache des negativen Vorzeichens der 2. Ordnung der QED-Formel 8

3 Proton-Magnetmoment - Nachbetrachtung 13

4 Proton-Magnetmoment – Fortsetzung 14

5 Gyromagnetischer Faktor des Neutrons 17

6 Neutron-Magnetmoment 20

7 Gyromagnetisches Verhältnis des Neutrons 26

8 Reduzierte Compton-Wellenlänge des Neutrons 26

9 Myon-Magnetmoment 27

10 Myon-Gyromagnetischer-Faktor und Myon-Masse 28

11 Pion-Masse 28

12 Deuterium-Magnetmoment 29

13 Zerfall des freien Neutrons 30

14 Ursache für Zerfall des Neutrons 32

14.1 Neutron-Bestand 32

14.2 Neutron-Zerfall 32

14.3 Kräftegleichgewicht zwischen Fliehkraft und elektrischer Anziehungskraft 32

14.4 Pendelbewegung des Elektrons im Neutron 32

14.5 Magnetflussdichte im Neutron 33

14.6 Radius der Elektron-Massekugel 34

14.7 Masse des Elektrons im Neutron 34

14.8 Ausdehnung des Elektrons im Neutron 35

14.9 Austrittsenergie des Anti-Elektron-Neutrinos 35

14.10 Austrittsenergie des Elektrons 35

14.11 Verhalten des Elektrons beim Austritt aus dem Neutron 36

15 Literaturverzeichnis 37

Ergebnistabelle 38

Inhalt

Diese Ausarbeitung erfolgt auf der Grundlage der seit 1970 bekannten Philbert'schen Elementareinheiten [2)]. Mit der hier praktizierten Denkweise der Existenzphysik soll Einblick in den Elementarbereich genommen werden. Als dritter Zweig der Physik ist sie komplementär zur Quantenphysik und zur Relativitätsphysik.

Die Betrachtung nimmt Bezug auf aktuelle Messwerte. Je genauer diese sind, umso schärfer kann der Blick sein. Bei der Beurteilung der Ergebnisse wird dem Prinzip der Einfachheit gefolgt und das Kriterium Anschaulichkeit einbezogen. Die Betrachtung setzt auf dem Grundterm auf ($Ebene\,1$). Dieser Term repräsentiert das physikalische Phänomen fast allein. Die verbliebene geringe Differenz zum Messwert soll mit dem Abstieg in die darunter liegenden Ebenen im Rahmen der Messunsicherheit eliminiert werden. Der Abstieg erfolgt, wenn zum Einstellen des Messwerts in der $Ebene\,1$ ein Zusatz-Term in der Größe von $1\pm\cong\alpha$ benötigt wird (α ist die Sommerfeldkonstante). Es gilt also $\frac{Grundterm}{(1\pm\cong\alpha)}\rightarrow Messwert$.

Der Term $1\pm\cong\alpha$ ist also der tieferen $Ebene\,2$ zugeordnet (Abstufung). Für diesen Term wird eine Struktur gesucht. Durch diese α-Abstufung hat die untere Ebene eine viel geringere Mächtigkeit als die Ebene darüber. Obwohl letztere viel mächtiger ist, so wird sie doch von der darunter liegenden - wenn auch nur sehr schwach - beeinflusst.

Es wird also $\boxed{Messwert=\underbrace{Grundterm}_{Ebene\,1}\Big/\left(1\pm\frac{\frac{Zähler}{Nenner}\,der\ Struktur\ Ebene\ 2}{1\pm\frac{Zähler}{Nenner}\,der\ Struktur\ Ebene\ 3}\right)}$ angesetzt.

Aus physikalischer Sicht können die Strukturen der $Ebene\,2$ bzw. $Ebene\,3$ als Mitbewegung aufgefasst werden. In obigem Beispiel beinhaltet der Term der $Ebene\,1$ die Struktur des Grundterms. Diesem unterliegt mit dem Term der $Ebene\,2$ die Haupt-Mitbewegung, die vom Term der $Ebene\,3$ als Neben-Mitbewegung unterlagert ist.

Ein ermutigendes Beispiel für den Erfolg dieses „Verschachtelungs-Ansatzes" ist die Betrachtung zum Elektron-Magnetmoment (s. Abschnitt 2).

Diefflen, 27.09.2019
Martin Bock

Begriffsbestimmungen

$u(..)$		Ungenauigkeit
$\varphi,\ \lambda,\ \tau,\ m_{es}$		sind Philberth'sche [2)] Elementareinheiten
n		Hauptquantenzahl
$l < n$		Nebenquantenzahl
$j = l \pm \frac{1}{2}$		Drehimpulsquantenzahl
$Z = 1$		Ladungszahl für H-Atom
e	$u(e) = 0$	Elementarladung
h	$u(h) = 0$	Planck-Wirkung
c	$u(c) = 0$	Lichtgeschwindigkeit
$\varphi = \frac{1}{2}\pi^2 - 4$	$u(\varphi) = 0$	Feldkonstante
ε_0	$u(\varepsilon_0) = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$	elektrische Feldkonstante
α	$-u(\alpha) = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$	Sommerfeldkonstante
m_p	$u(m_p) = \pm 4{,}5 \cdot 10^{-10}$	Masse Proton
$m_{es} = \frac{m_p}{1 + \frac{2}{9}\frac{\varphi\alpha}{4\pi}} \cdot \frac{\varphi\alpha}{4\pi} = m_e \cdot \frac{\mu_B}{ec\lambda}\varphi\alpha$	$u(m_{es}) = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$	statische Elektronmasse
$\lambda = \frac{h}{c} \cdot \frac{1}{m_{es}} \cdot \frac{\varphi\alpha}{4\pi}$	$-u(\lambda) = \pm 4{,}5 \cdot 10^{-10}$	Elementarlänge
$\tau = \lambda / c$	$-u(\tau) = \pm 4{,}5 \cdot 10^{-10}$	Elementardauer
$\hbar_{es} = m_{es} \cdot c \cdot \frac{\lambda}{2\pi}$	$-u(h_{es}) = \pm 1{,}5 \cdot 10^{-10}$	reduzierte Elektronwirkung
$m_{\nu e} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2 \cdot m_{es}$	$u(m_{\nu e}) = 0$	Masse Elektron-Neutrino
$m_{\nu\mu} = \left(\frac{2}{3}\right)^3 \cdot m_{es}$	$u(m_{\nu\mu}) = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$	Masse Myon-Neutrino
$m_{DQ} = \frac{4\pi}{\varphi} \cdot \frac{2}{3} \cdot m_{es}$	$u(m_{DQ}) = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$	Masse Downquark
$m_{DQ} \cdot c \cdot \lambda \cdot c = \frac{1}{3}\frac{e^2}{\varepsilon_0}$	$u(m_{DQ}) = \pm 3{,}0 \cdot 10^{-10}$	Träger der Drittelladung
$\frac{2\pi \cdot r_p}{4} \cdot \frac{1}{c} = 1\tau$ mit r_p	$-u(r_p) = \pm 4{,}5 \cdot 10^{-10}$	Radius Proton
$\frac{1}{R_\infty} = \lambda \cdot \frac{8\pi}{\varphi\alpha^3} \cdot \left[\frac{1 - \varphi\alpha/2}{1 - 2/3 \cdot \alpha^2}\right]$	$-u(R_\infty) = \pm 5{,}0 \cdot 10^{-13}$	Rydberg-Konstante

1 Neutron-Masse

(1) $$\boxed{m_N = m_p + m_e - m_{ve} + \underbrace{\Delta m}_{rd.\,3/2\cdot m_{es}} = 1{,}674.927.498.04\cdot 10^{-27}\cdot kg \pm 5{,}7\cdot 10^{-10}}.$$

Hierbei ist $m_p = \overbrace{\underbrace{m_{ps}}_{\substack{sogen.\\ "Elementar-\\ masse"}}}^{ist\ Codata\ nicht\ bekannt} \cdot \left(1 + \underbrace{\frac{2}{9}\cdot\frac{\varphi\alpha}{4\pi}}_{zu\ m_{pm}}\right)$ mit $m_{pm} = \frac{2}{9} m_{es}$, s. hierzu Kapitel 3, Seite 16, Formel (6) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten [3]. Zunächst sollen die hier verwendeten Strukturelemente kurz erläutert werden:

Es gilt $m_e = \left(m_{es} + \frac{m_{es}}{\underbrace{z-1}_{=m_{em}}}\right)\cdot\left(1 - \frac{2}{3}\alpha^2\right)$, wobei $m_{es} = m_{ps}\cdot\frac{\varphi\alpha}{4\pi}$, s. auch Kap. 4, S. 18, Formel (11) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstante [3], sowie

$\overbrace{m_{ve}}^{\substack{Elektron-\\ Neutrino}} = \frac{1}{3}\cdot\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2\cdot m_{es}$. Es ist φ die sogenannte „Feldkonstante“. Diese ermittelt sich über $\overbrace{\varphi}^{ist\ Codata\ nicht\ bekannt} = \sum_{1}^{z=\infty}\left(n + \frac{1}{2}\right)^{-2} = \frac{1}{2}\pi^2 - 4 = 0{,}934.802.200.545$. Die physikalische Bedeutung von φ ist in Kap. 3, S. 16 , Formel (7) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten [3] erläutert. Es ist $z = 2/\varphi\alpha$ der Raumschalenzähler.

Um die Masse des Neutrons einzustellen muss lt. Formel (1) die Summe der Einzelmassen um Δm erhöht werden. Offenbar ist es gerade das Energie-Äquivalent $\Delta m\cdot c^2$, das den inneren Zusammenhalt der Einzelmassen im Neutron verursacht und nach dessen Zerfall als Impuls den Zerfallsprodukten mitgegeben wird. Es ist nun interessant Δm näher zu betrachten. Es kann Δm folgende physikalische Struktur zugeordnet werden:

(2) $$\boxed{\frac{\Delta m}{\frac{3}{2}m_{es}} = \overbrace{\left[\underbrace{1 + \overbrace{\frac{2\pi r_L\cdot c\cdot m_{ve}}{\frac{2}{3}\lambda\cdot\frac{2}{3}c\cdot\frac{2}{3}m_{es}}}^{Wirkungsverhältnis}}_{Haupt-Mitbewegung}\cdot\underbrace{\left(1 + \frac{2/3\cdot m_{es}}{m_{ps}}\right)}_{\substack{Neben-Mitbewegung\\ als\ Massenverhältnis}}\right]}^{=M}}$$

mit $r_L = \lambda\cdot\frac{2}{\varphi\alpha}$ als Ladungsradius des Elektrons und mit $\lambda = \frac{h}{m_{ps}\cdot c}$, wobei λ die sogenannte „Elementarlänge“ ist. Bzgl. λ s. Kap. 6, (13) und a_0 (Bohr'scher Radius) s. S. 21 der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten [3]. Demnach ist z. B. $\lambda_{Compton} = \lambda\cdot\frac{2}{\varphi\alpha}\cdot\frac{m_{es}}{m_e}$ und es ist $\boxed{m_{es}\cdot r_L = \hbar/c}$. In Formel (2) ist zu sehen, dass die komplette rechte Gleichungsseite einen Mitbewegungseffekt M darstellt. Diese Mitbewegung bezieht sich auf $2/3\cdot\Delta m$, so dass $\boxed{2/3\cdot\Delta m/M = 1m_{es}}$, d. h. es bezieht sich M auf $2/3\cdot\Delta m = 2/3\cdot\left[m_N - \left(m_p + m_e - m_{ve}\right)\right]$ also auf die Bestandteile des Neutrons und zwar so, dass genau $1m_{es}$ resultiert.

Dies ist kein Zufall, sondern ein Beleg für die Korrektheit der Betrachtung. Die Mitbewegung besteht aus zwei Komponenten, der Haupt-Mitbewegung $1+\frac{2\pi r_L \cdot c \cdot m_{ve}}{\frac{2}{3}\lambda \cdot \frac{2}{3}c \cdot \frac{2}{3}m_{es}}$ als einem Wirkungsverhältnis und der diesem unterlagerten Neben-Mitbewegung $1+\frac{2/3 \cdot m_{es}}{m_{ps}}$. Letztere zeigt an, dass im Nenner anstelle $2/3 \cdot m_{es}$ der Neben-Mitbewegungsterm $\frac{2/3 \cdot m_{es} \cdot m_{ps}}{2/3 \cdot m_{es} + m_{ps}}$ anzusetzen ist. Die zusätzliche Erweiterung mit c führt dann zum Wirkungsverhältnis. Bemerkenswert ist das Auftreten der $(2/3)$-Faktoren. Dieser Ausdruck spiegelt die physikalische Realität. Einsetzen von (3) in (2) führt bei m_N zu einer Abweichung von $-6{,}8 \cdot 10^{-11}$ vom $\pm 5{,}7 \cdot 10^{-10}$ genauen Codata-Messwert [4)]. Damit ist (3) hinreichend genau. Ohne Neben-Mitbewegung ergibt sich $+7{,}2 \cdot 10^{-9}$, was bis Mai 2019 noch zulässig war. Die in Formel (2) aufgeführte Struktur kann mit den zugehörigen Substitutionen auch in andere Strukturen überführt werden, z. B. in

$\frac{2/3 \cdot \Delta m}{m_{es}} = 1 + \frac{2\pi r_L \cdot c \cdot m_{ve}}{\lambda \cdot c \cdot m_{\nu\mu}} \cdot \left[1 + \frac{m_{\nu\mu}}{(2/3)^2 \cdot m_{ps}}\right]$ mit $m_{\nu\mu} = (2/3)^3 \cdot m_{es}$ als Masse des Myon-Neutrinos, s. Kap. 22 S. 66 der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten [3)].

2 Elektron-Magnetmoment

Da sich die Genauigkeit des Messwertes für das gyromagnetische Verhältnis auf $\pm 1{,}73 \cdot 10^{-13}$ verbessert hat, besteht das Erfordernis, die bisherige Ausarbeitung [2)], zu überarbeiten (s. S. 53). Die Überarbeitung wird in diesem Kapitel präsentiert.

Bekanntlich [4)] ist $\mu_e = \frac{1}{2} g_e \cdot \mu_B \cdot [J/T]$, mit Bohr-Magneton $\mu_B = \frac{1}{2} e \cdot \frac{\hbar}{m_e}$ und mit

(3) $\boxed{\frac{1}{2} g_e = 1 + \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{1}{M_{g_e}}}$, allerdings hier mit $M_{g_e} = \underbrace{1 + \frac{2}{9}\varphi\alpha}_{Mitbewegung}$. Es erreicht diese einfache Strukturformel mit $-3{,}02 \cdot 10^{-10}$ eine enorme Präzision, die bereits im Bereich der analytischen QED-Berechnung liegt (s. u.). Daher ist es zweifellos gerechtfertigt, diesen Ansatz der „Verschachtelung“ nicht nur für die weitere Annäherung an den g_e-Messwert zugrunde zu legen, sondern, abweichend von den Additionstermen der QED (s. u.), als ein grundlegendes physikalisches Prinzip generell anzunehmen.

Es stellen die Schwinger-Korrektur $\frac{2}{\varphi} \cdot \frac{h_{es}}{1/2 \cdot \hbar}$ und die Mitbewegung $\left(1 + \frac{2}{9} \cdot \frac{h_{es}}{1/2 \cdot \hbar}\right)$ jeweils Wirkungsverhältnisse dar. Daher ist anzunehmen, dass dies auch für die Terme der Feinkorrektur gilt, welche nur noch die „winzig kleine“ Annäherung an den Messwert von 10^{-10} auf 10^{-13} leisten soll. Es sind nun viele Strukturen und damit verbunden auch andere Anordnungen der Feinkorrektur-Klammer denkbar, um den $\pm 1{,}73 \cdot 10^{-13}$ genauen Messwert einzustellen. Dem Gedanken der Einfachheit folgend ist hier diejenige Anordnung angegeben, die zur einfachsten möglichen Struktur führt:

(3a) $$\boxed{\frac{1}{2}g_e-1=\underbrace{\frac{\alpha}{2\pi}}_{\substack{Schwinger-\\Korrektur}}\cdot\frac{1}{\left(1+\frac{2}{9}\varphi\alpha\right)}\cdot\left[1+\overbrace{\underbrace{\left(\frac{2}{3}\alpha\right)^3\cdot\pi\cdot\varphi^2\cdot\left(1+\frac{5}{2}\alpha\right)}_{Feinkorrektur}}^{\frac{2}{9}\varphi\alpha\cdot 4\alpha^2\cdot\frac{\pi\varphi}{3}}\right]\rightarrow g_e=\underbrace{2{,}002.319.304.362.83}_{Messwert\,=\,2{,}002.319.304.362.56(35)}}$$

Diese Struktur ist zwar noch „ungeordnet“, erlaubt aber schon einen Vergleich mit dem Ergebnis der QED, das die mathematische Form hat

$$\frac{1}{2}g_e=1+\underbrace{C_2}_{=1/2}\cdot\frac{\alpha}{\pi}+C_4\cdot\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2+C_6\cdot\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^3+C_8\cdot\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^4+C_{10}\cdot\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^5+\ldots-4{,}74\cdot10^{-12}\cdot$$

Diese Form resultiert aus der mathematischen Systematik der Störungstheorie, die aufgrund der Entwicklung nach Potenzen der Feinstrukturkonstante (analog zur Lamb-Verschiebung) zu sehr vielen Integralen führt. Um die Genauigkeit in der theoretischen Berechnung zu erreichen wie in der experimentellen Bestimmung, müssen die Terme bis zur 5. Ordnung berechnet werden. Mit steigender Ordnung steigen aber auch die Anzahl und Komplexität der auszuwertenden Integrale. So sind allein für die 5. Ordnung 12.672 Feynman-Diagramme und daraus resultierend Millionen numerischer Berechnungen durchzuführen. Aktuell liegen nur bis einschließlich der 3. Ordnung analytische Ergebnisse vor. Das heißt, die analytische QED-Berechnung ist (noch) mit einer relativen Abweichung von $+5{,}02\cdot10^{-11}$ zum experimentellen Messwert behaftet.

Wegen des Mitbewegungsterms $M_{g_e}=1+2/9\cdot\varphi\alpha$ unterscheidet sich Formel (3a) schon in der 2. Ordnung und damit grundlegend von der Ergebnisform der QED.

Ursache des negativen Vorzeichens der 2. Ordnung der QED-Formel

Formel (3a) lässt sich umformen in die mathematische Struktur der QED-Formel.

$$\frac{1}{2}g_e-1-\frac{\alpha}{2\pi}=\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{1}{1+2/9\cdot\varphi\alpha}\cdot\left[1+\left(\frac{2}{3}\alpha\right)^3\cdot\pi\cdot\varphi^2\cdot\left(1+\frac{5}{2}\alpha\right)\right]-\frac{\alpha}{2\pi}$$

$$\frac{1}{2}g_e-1-\frac{\alpha}{2\pi}=\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\left\{\frac{[1+\ldots]}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}-\frac{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}\right\}\text{ bzw. }\frac{1}{2}g_e-1-\frac{\alpha}{2\pi}=\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{-\frac{2}{9}\varphi\alpha}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}+\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{[\ldots]}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}$$

also $$\boxed{\frac{1}{2}g_e-1=\underbrace{\underbrace{\frac{\alpha}{2\pi}}_{1.\,Ordnung}+\underbrace{\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2\cdot\frac{\overset{!}{-2/9\cdot\varphi\cdot\pi/2}}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}}_{2.\,Ordnung}}_{=\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}}+\underbrace{\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}\cdot\left[\frac{8}{27}\alpha^3\cdot\pi\cdot\varphi^2\cdot\left(1+\frac{5}{2}\alpha\right)\right]}_{höhere\,Ordnungen}}.$$

Zwar ist dieser Ausdruck im Sinne der Existenzphysik bloß numerologisch, jedoch ist hier das negative Vorzeichen der 2. Ordnung der QED-Formel erklärt. Wie hier zu sehen, resultiert der Vorzeichenwechsel aus dem zum Term der 2. Ordnung $\alpha/2\pi$ gehörenden Term $1/\left(1+2/9\cdot\varphi\alpha\right)$. Ausmultiplizieren ergibt folgende mathematische Struktur

$$\frac{1}{2}g_e-1=\frac{\alpha}{2\pi}+\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2\cdot\frac{\overset{!}{-\frac{2}{9}\varphi\cdot\pi/2}}{1+2/9\cdot\varphi\alpha}+\left[\frac{\alpha}{2\pi}+\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2\cdot\frac{\overset{!}{-\frac{2}{9}\varphi\cdot\pi/2}}{1+2/9\cdot\varphi\alpha}\right]\cdot\left[\frac{8}{27}\alpha^3\cdot\pi\cdot\varphi^2\cdot\left(1+\frac{5}{2}\alpha\right)\right]$$

$$\frac{1}{2}g_e-1=\underbrace{\frac{\alpha}{2\pi}}_{1.Ordnung}+\underbrace{\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2\cdot\frac{\overset{!}{-}\frac{2}{9}\varphi\cdot\pi/2}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}}_{2.\,Ordnung}+\underbrace{\left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^3\cdot 0}_{3.\,Ordnung=0}+\underbrace{\frac{\alpha^4}{\pi^4}\cdot\frac{4}{27}\cdot\pi^4\cdot\varphi^2}_{4.\,Ordnung}+$$

$$+\underbrace{\frac{\alpha^5}{\pi^5}\cdot\left(\frac{4}{27}\cdot 4\pi^5\cdot\varphi^2\cdot\frac{5}{2}+\frac{\overset{!}{-}\frac{2}{9}\varphi\cdot\pi/2}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}\cdot\frac{8}{27}\cdot\pi^4\cdot\varphi^2\right)}_{5.\,Ordnung}+\underbrace{\frac{\alpha^6}{\pi^6}\cdot\frac{\overset{!}{-}\frac{2}{9}\varphi\cdot\pi/2}{1+\frac{2}{9}\varphi\alpha}\cdot\frac{8}{27}\cdot\pi^5\cdot\varphi^2\cdot\frac{5}{2}}_{6.\,Ordnung}$$

Die in Formel (3a) dargestellte Struktur ist vorzuziehen.

Die physikalisch motivierte Umordnung der Terme führt auf

$$\frac{1}{2}g_e-1=\frac{2}{\varphi}\cdot\frac{\varphi\alpha}{4\pi}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{9}\frac{\varphi\alpha}{4\pi/4\pi}}\cdot\left[1+\frac{4}{3}\cdot\frac{\frac{4\pi}{\varphi}\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{3}\cdot\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2}{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{4\pi}{\varphi\alpha}}\cdot\left(1+\frac{5}{2}\alpha\right)\right].$$

Im Bild der Existenzphysik sind diese Art Terme allerdings erst der Ausgangspunkt zur Bestimmung der dahinterstehenden physikalischen Strukturen. Aufgrund der Umordnung und der bekannten Begriffsbestimmung ist die Übertragung zwar sehr leicht. Problematisch ist aber, dass hier so getan wird, als sei g_e ein eigenständiger physikalischer Effekt.

$$\frac{1}{2}g_e-1=\frac{2}{\varphi}\cdot\frac{m_{es}}{m_{ps}}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{9}\frac{m_{es}}{m_{ps}/4\pi}}\cdot\left[1+\frac{4}{3}\cdot\frac{\frac{m_{DQ}}{m_{es}}\cdot\frac{m_{ve}}{\cancel{m_{es}}}}{\frac{1}{2}\cdot\frac{m_{ps}}{2\pi}\cdot\frac{1}{\cancel{m_{es}}}}+\frac{4}{3}\cdot\frac{\frac{m_{DQ}}{m_{es}}\cdot\frac{m_{ve}}{\cancel{m_{es}}}}{\frac{2}{5}\cdot\frac{1}{\alpha}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{m_{ps}}{2\pi}\cdot\frac{1}{\cancel{m_{es}}}}\right]$$

Es tritt die Masse des Downquarks und Elektron-Neutrinos sowie der statischen Elektron- und Protonmasse auf. In der nächsten Zeile wird der Term $5/2\cdot\alpha$ einbezogen.

$$\frac{1}{2}g_e-1=\frac{2}{\varphi}\cdot\frac{m_{es}}{m_{ps}}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{9}\frac{m_{es}}{m_{ps}/4\pi}}\cdot\left[1+\frac{4}{3}\cdot\frac{m_{DQ}}{m_{es}}\cdot\frac{m_{ve}}{\frac{1}{2}\cdot\frac{m_{ps}}{2\pi}}+\frac{4}{3}\cdot\frac{m_{DQ}}{\frac{2}{5}\cdot\underbrace{\frac{1}{2}\cdot\frac{m_{ps}}{2\pi\cdot\cancel{m_{es}}}\cdot\varphi}_{=1/\alpha}\cdot\cancel{m_{es}}}\cdot\frac{m_{ve}}{\frac{1}{2}\cdot\frac{m_{ps}}{2\pi}}\right]$$

Erweitern der Massenterme mit $c\cdot\lambda$ führt auf Wirkungsverhältnisse, Ausklammern auf

(3b) $$\frac{1}{2}g_e-1=\frac{2}{\varphi}\cdot\frac{h_{es}}{h}\cdot\frac{1}{1+\frac{2}{9}\frac{h_{es}}{\hbar/2}}\cdot\left[1+\frac{\overbrace{h_{\nu\mu}}^{Myon-Neutrino}}{2/9\cdot h_{es}}\cdot\frac{\overbrace{h_{DQ}}^{Downquark}}{h_{es}}\cdot\frac{\overbrace{h_{\nu e}}^{Elektron-Neutrino}}{\hbar/2}\cdot\left(1+\frac{5}{2}\cdot\frac{h_{es}}{\hbar/2}\cdot\frac{1}{\varphi}\right)\right].$$

Da $\frac{h_{es}}{\hbar/2}\cdot\frac{1}{\varphi}=\frac{3}{2}\frac{h_{DQ}}{h}$ was zu $\frac{4\pi}{\varphi}\cdot\frac{2}{3}\cdot m_{es}=m_{DQ}$ führt, kann auch in der runden Klammer auf die Masse des Downquarks Bezug genommen werden. Es ist dann

(4) $$\boxed{\frac{1}{2}g_e = 1+\frac{2}{\varphi}\cdot\frac{h_{es}}{h}\cdot\frac{1}{1+\frac{2/9\cdot h_{es}}{\hbar/2}}\cdot\left[1+\frac{h_{\nu\mu}}{2/9\cdot h_{es}}\cdot\frac{h_{DQ}}{h_{es}}\cdot\frac{1\cdot h_{\nu e}}{\hbar/2}\cdot\left(1+\frac{5}{2}\cdot\frac{h_{DQ}}{2/3\cdot h}\right)\right]}$$

Formel (4) zeigt die physikalischen Ursachen. Die Struktur liefert einen Wert, der nur um $+1{,}34\cdot 10^{-13}$ vom $\pm 1{,}73\cdot 10^{-13}$ genauen Messwert abweicht.

Sensitivität: Die folgenden vier Beispiele zeigen, dass die vorhandenen nur noch äußerst engen Spielräume die in Formel (3a) und (4) dargestellte Struktur noch ein wenig verändern können.

<u>Beispiel 1:</u> Würde anstelle der Feinkorrektur in Formel (3a) z. B. der aus numerischer Sicht zulässige Term $\underbrace{\left[1+\frac{5}{6}\alpha^3\cdot(1-\varphi\alpha)\right]}_{Feinkorrektur}$ angesetzt, so wäre $1-\varphi\alpha = 1-\frac{h_{es}}{\hbar/2}$ mit Auftreten einer Positron-Masse. Da $\frac{5}{6}\alpha^3 = \frac{4}{3}\cdot\frac{h_{DQ}}{h_{es}}\cdot\frac{h_{\nu e}}{\hbar/2}\cdot\left\{\frac{3}{4}\cdot\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{15}{\varphi^2}\right\}$, ist hier der Term $15/\varphi^2$ nicht zuzuordnen, womit diese Struktur nicht anzusetzen ist. Wird anstelle $15/\varphi^2 = 17{,}165$ der Term $\frac{4}{3}\cdot 2\pi\cdot 2\cdot\frac{(1+5/2\cdot\alpha)}{(1-\varphi\alpha)} = 17{,}178$ angesetzt, ergibt sich wieder Formel (4).

<u>Beispiel 2:</u> $$\frac{\mu_e}{\mu_B} = \frac{1}{2}g_e = 1+\underbrace{\frac{2}{\varphi}\cdot\frac{h_{es}}{h}}_{=\frac{\alpha}{2\pi}}\cdot\underbrace{\frac{1}{1+\frac{2/9\cdot h_{es}}{\hbar/2}}}_{=1/(1+2/9\cdot\varphi\alpha)}\cdot\left[1+\underbrace{\frac{h_{\nu\mu}}{h_{es}}\cdot\frac{h_{DQ}}{\hbar/2}\cdot\frac{(2/\varphi)^2\cdot h_{\nu e}}{h_{es}}}_{=\left(\frac{2}{3}\alpha\right)^3\cdot 4\pi\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{3}}\cdot\left(1+x\cdot\frac{5}{2}\cdot\underbrace{\frac{h_{DQ}}{2/3\cdot h}}_{=\alpha}\right)\right]$$

Es kommt aber nur dem Elektron-Magnetmoment also dem Term $\mu_e = 1/2\cdot g_e\cdot\mu_B$ physikalische Bedeutung zu. Wie der Term $1/2\cdot g_e$ zeigt, wird μ_e im Beispiel 2 bei $x=0$ aus drei Anteilen gebildet. Hier ist anstelle $1\cdot h_{\nu e}$ aus Formel (4) der Term $(2/\varphi)^2\cdot h_{\nu e}$ angesetzt, was auch beim Proton-Magnet-Moment der Fall ist, s. Formel (5) und ist Faktor $2/9$ in der eckigen Klammer entfallen. Dann sind im Rahmen der Messgenauigkeit <u>alle</u> $1/90 < x < 1/15$ zulässig. Mit $x=0$ weicht das Ergebnis um $-2{,}47\cdot 10^{-13}$ vom $\pm 1{,}73\cdot 10^{-13}$ genauen Messwert ab.

<u>Beispiel 3:</u> Wird anstelle des Faktors $8/9$ aus Beispiel 2 der etwas kleinere Term $\varphi^2 = 0{,}873.855$ angesetzt, so ist zusätzlich der Term $(1+5/2\cdot\alpha)$ erforderlich und es ergibt sich wieder Formel (3a).

<u>Beispiel 4:</u> Wird anstelle $\pi\cdot 8/9$ aus Beispiel 2 oder anstelle $\pi\cdot\varphi^2$ aus Formel (3a) der etwas größeren Term $3\cdot\varphi$ angesetzt, so ist als zusätzlicher Term $(1-\alpha/2)$ erforderlich.

<u>Fazit:</u> Da sich die Masse des Down-Quarks oder des Myon-Neutrinos im Elektron <u>nicht</u> befindet, ist die in (4) dargestellte physikalische Interpretation nur eine Zwischenlösung und kein End-Resultat, da g_e kein selbständiger physikalischer Effekt ist.

Einbezug des Bohr-Magnetons

Im vorherigen Abschnitt wurde versucht, für den gyromagnetischen Faktor g_e eine eigene physikalische Bedeutung abzuleiten. Es wurde festgestellt, dass diese nicht existiert. Das bedeutet, dass in Formel (3a) das Bohr-Magneton μ_B einbezogen werden muss.

Ausgehend von $\mu_e = \mu_B \cdot \frac{1}{2} g_e$ mit $\frac{1}{2} g_e = 1 + \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{1}{1+2/9\cdot\varphi\alpha}$ wird also hier auf

(4a) $$\boxed{\mu_e = \mu_B \cdot \left\{1 + \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{1}{1+2/9\cdot\varphi\alpha}\right\}}$$ Bezug genommen. μ_e *ist negativ, weil die Elementarladung* e *des Elektrons negativ ist. Das Minuszeichen fehlt hier, wird am Schluss aber nachgetragen.*

Erst der Einbezug des Bohr-Magnetons wie in Formel (4a) lässt es zu, eine „**Abschichtung**“ der einzelnen physikalischen Ebenen durchzuführen. Es fehlt nur noch eine Korrektur, welche die „winzig kleine“ Annäherung an den $\pm 1,7\cdot 10^{-13}$ genauen g_e-Wert von 10^{-10} auf 10^{-13} leistet. Es sind nun viele Strukturen und damit verbunden auch andere Anordnungen der n. g. eckigen Klammer denkbar, um den g_e-Wert genau einzustellen. Dem Gedanken der Einfachheit folgend ist in Formel (4b) diejenige Anordnung angegeben, die zur <u>einfachsten möglichen Struktur</u> führt. Es ist

(4b) $$\boxed{\mu_e = \mu_B + \mu_B \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{\left[\overbrace{1 + \frac{1}{3}\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \left\{\frac{4}{3} \cdot \left(1 + \frac{5}{2}\alpha\right)\right\}}^{vgl.\ mit\ Formel\ (3a)}\right]}{1+2/9\cdot\varphi\alpha} \right\} = \underbrace{-9,284.764.7049}_{Codata\ =\ -9.284\,764\,7043(28)} \cdot 10^{-24} \cdot J/T \pm 3,0\cdot 10^{-10}}$$

Um mit $+1,34\cdot 10^{-13}$ innerhalb der mit $\pm 1,7\cdot 10^{-13}$ enormen Präzision von g_e zu bleiben, ist es geboten, mit $\{4/3\cdot(1+5/2\alpha)\}$ zu rechnen, **siehe Formel (3a)**. Es ergibt sich dann $\mu_e = -9,284.764.7050\cdot 10^{-24}\cdot J/T$. Die Rechnung mit $(1+5/2\alpha)$ ist hier nicht ausgeführt.

Das Bohr-Magneton $\mu_B = e\cdot 1/2\cdot\hbar/m_e = \Delta\mu_{e1}$ ist der 1. Ebene zugehörig, so dass die „Abschichtung“ dieser Ebene ausgeführt und die 2. Ebene betrachtet werden kann. Es gilt

(4c) $$\boxed{\mu_e - \overbrace{\mu_B}^{=\Delta\mu_{e1}} = \Delta\mu_{e2} = e\cdot\frac{1/2\cdot\hbar}{m_e}\cdot\frac{\alpha}{2\pi}\cdot\{...\}}.$$

Als erstes wird die Schwinger-Korrektur $\alpha/2\pi$ aufgelöst. Das führt auf

$\Delta\mu_{e2} = e\cdot\frac{\overbrace{mc\lambda}^{=h}}{2\pi\cdot m_e}\cdot\frac{1}{\varphi}\cdot\frac{\varphi\alpha}{4\pi}\cdot\{...\}$ bzw. $\Delta\mu_{e2} = e\cdot\frac{1}{\varphi}\cdot\frac{\overbrace{m_{es}c\lambda}^{=h_{es}}}{2\pi\cdot m_e}\cdot\{...\}$ mit m_{es} als statischer Elektronmasse. Hierbei ist $m_{es}c\lambda = h_{es}$ die Wirkung h_{es} der statischen Elektronmasse m_{es}.

(4d) $$\boxed{\Delta\mu_{e2} = e\cdot\frac{h_{es}}{\varphi\cdot 2\pi\cdot m_e}\cdot\{...\}}.$$

Formel (4d) beinhaltet nur Größen, die für das Elektron charakteristisch sind. Erst das Auflösen der Schwinger-Korrektur führt auf die in (4d) dargestellte physikalische Struktur der zweiten Ebene des Elektron-Magnetmoments mit h_{es} als besonderem Kennzeichen.

Als zweites wird der Term $1+\frac{2}{9}\varphi\alpha$ mit $1+\frac{2}{9}\frac{h_{es}}{\hbar/2}$ in Formel (4) aufgenommen:

$$\Delta\mu_{e2}=e\cdot\frac{h_{es}}{\varphi\cdot 2\pi\cdot m_e}\cdot\left[\frac{1}{1+\frac{2}{9}\frac{h_{es}}{\hbar/2}}\right]\cdot[1+..] \text{ bzw. } \Delta\mu_{e2}=e\cdot\frac{2/9\cdot h_{es}}{\varphi\cdot 2\pi\cdot 2/9\cdot m_e}\cdot\left[\frac{\hbar/2}{2/9\cdot h_{es}+\hbar/2}\right]\cdot[1+..] \text{ also}$$

(4e) $$\boxed{\Delta\mu_{e2}=e\cdot\frac{h_{red}}{\varphi\cdot 2\pi\cdot 2/9\cdot m_e}} \text{ mit } \boxed{h_{red}=\frac{2/9\cdot h_{es}\cdot\hbar/2}{2/9\cdot h_{es}+\hbar/2}}$$

Damit ist die 2. Ebene $\Delta\mu_{e2}$ bestimmt. Es tritt die reduzierte Wirkung h_{red} auf. Die 2. Ebene ist nur durch die Abschichtung der 1. Ebene zu erkennen. Formel (5) beinhaltet nur Größen, die für das Elektron charakteristisch sind.

Formel (4e) ist die Ausgangsbasis zur Bestimmung der dritten Ebene. Dazu wird der Term aus Formel (4b) bzw. (3a) in den eckigen Klammern in Formel (4e) aufgenommen.

Es ist $\mu_e-\overbrace{\mu_B}^{=\Delta\mu_{e1}}-\Delta\mu_{e2}=\Delta\mu_{e3}=e\cdot\frac{h_{red}}{\varphi\cdot\cancel{2}\cancel{\pi}\cdot\cancel{2}/9\cdot m_e}\cdot\left[\frac{1}{3}\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2\cdot\frac{\cancel{2}}{3}\cdot\cancel{2}\cancel{\pi}\cdot 2\cdot\alpha\cdot\left\{\frac{4}{3}\right\}\right]$. Es ergibt sich mit

$\boxed{\alpha=\frac{4\pi}{\varphi}\cdot\frac{m_{es}}{m}}$ nun $\Delta\mu_{e3}=\frac{e\cdot h_{red}}{\varphi\cdot 3/9\cdot m_e}\cdot\frac{m_{ve}}{\cancel{m_{es}}}\cdot 2\cdot\frac{4\pi}{\varphi}\cdot\frac{\cancel{m_{es}}}{m}\cdot\left\{\frac{4}{3}\right\}$ bzw. $\Delta\mu_{e3}=\frac{e\cdot h_{red}}{1/3\cdot m_e}\cdot\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2\cdot\frac{\overbrace{m_{ve}c\lambda}^{=h_{ve}}}{\cancel{m_{es}}}\cdot 2\pi\cdot\frac{\cancel{m_{es}}}{mc\lambda}\cdot\left\{\frac{4}{3}\right\}$

(4f) $$\boxed{\Delta\mu_{e3}=e\cdot\frac{h_{red}}{1/3\cdot m_e}\cdot\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2\cdot\frac{h_{ve}}{\hbar}\cdot\left\{\frac{4}{3}\right\}}$$. Wegen g_e ist anstelle $\{4/3\}$ mit $\{4/3\cdot(1+5/2\cdot\alpha)\}$ zu rechnen, **s. Formel (3a)**, was hier nicht ausgeführt ist. Die weitere Verbesserung der Genauigkeit des Messwerts für das Elektron-Magnetmoment μ_e oder den g_e-Wert wird sich nur im Term $(1+5/2\cdot\alpha)$ abbilden.

Damit ist die 3. Ebene $\Delta\mu_{e3}$ bestimmt. Es tritt in dieser Ebene zusätzlich das Wirkungsverhältnis $h_{ve}/\hbar$ auf mit der Elektron-Neutrino-Wirkung $h_{ve}=m_{ve}\cdot c\cdot\lambda$. Somit setzt sich das Elektron-Magnetmoment μ_e aus drei Anteilen wie folgt zusammen:

(4h) $$\boxed{\mu_e=-e\cdot\left[\underbrace{\underbrace{\overbrace{\frac{1/2\cdot\hbar}{m_e}}^{=\Delta\mu_{e1}}}_{\substack{1.\ Ebene\\ 99{,}884.169\cdot\%}}+\underbrace{\overbrace{\frac{h_{red}}{\varphi\cdot 2\pi\cdot 2/9\cdot m_e}}^{=\Delta\mu_{e2}}}_{\substack{2.\ Ebene\\ 0{,}115.831\cdot\%}}}_{=-9{,}284.764.701\cdot 10^{-24}\cdot J/T}+\underbrace{\overbrace{\frac{h_{red}}{1/3\cdot m_e}\cdot\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2\cdot\frac{h_{ve}}{\hbar}\cdot\left\{\frac{4}{3}\right\}}^{=\Delta\mu_{e3}}}_{\substack{3.\ Ebene\\ =0{,}000.000.027\cdot\%}}\right]} \text{ mit } \boxed{h_{red}=\frac{2/9\cdot h_{es}\cdot 1/2\cdot\hbar}{2/9\cdot h_{es}+1/2\cdot\hbar}}$$

Codata bis 19.05.2020 = −9.284 764 620(57)

Hier ist das Minuszeichen der negativen Elementarladung des Elektrons aufgeführt.

Formel (4h) beinhaltet nur Größen, die für das Elektron charakteristisch sind und zeigt drei physikalische Ursachen des Elektron-Magnetmoments. Die 1. Ebene ist das Bohr-Magneton selbst, die 2. Ebene ist gekennzeichnet durch die reduzierte Wirkung h_{red} und die 3. Ebene durch das zusätzliche $h_{ve}/\hbar$-Wirkungsverhältnis.

3 Proton-Magnetmoment - Nachbetrachtung

Die Ermittlung einer Strukturformel für das Proton-Magnetmoment wurde bereits in der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten vorgenommen [3)], s. S. 51 und 52. Dort wird eine Struktur präsentiert, die sich auf $N = 2\pi \cdot \frac{2}{\varphi} \cdot \frac{4}{9} \cdot -m_{ve}$ bezieht also auf den Anti-Neutrino-Teil der Elektronruhemasse (s. S. 25). Es wurde also auf den aus der Ermittlung der Rydberg-Konstanten gewonnenen Bausteinen aufgesetzt. Es bezieht sich μ_P auf den Grundterm $2/9 \cdot e \underbrace{c\lambda}_{=h/m_{ps}}$. Zur Herleitung des Grundterms wird auf S. 16 der v. g. Ausarbeitung [3)] verwiesen. Dieser Term unterliegt der Mitbewegung M_p gemäß $\boxed{\frac{\mu_p}{M_p} = \frac{2}{9} ec\lambda}$ mit

$M_p = 1 + \frac{\frac{1}{4}\frac{N}{m_{es}} \cdot \left(1-\alpha^2\right)}{M/\left(1+\pi\alpha\right)} = 1 + \frac{\left[\frac{\varphi}{2} \cdot 2\pi \cdot \frac{4}{3}\right] \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{-m_{ve}}{m_{es}}}{M/\left(1+\pi\alpha\right)}$, (s. S. 51), die sich als zweifach verschachtelt herausstellt. Aus physikalischer Sicht kann es aber nicht sein, dass die Multiplikation des Grundterms $\frac{2}{9} ec\lambda$ mit dem für μ_p geltenden Mitbewegungseffekt M_p das Proton-Magnetmoment μ_p ergibt. Daher ist diese Struktur als numerologisch anzusehen. Der aus physikalischer Sicht richtige Bezug ist $\boxed{\mu_p = \frac{\frac{2}{9} ec\lambda}{M_p}}$. Hier unterliegt der Grundterm $2/9 \cdot ec\lambda$ selbst einem eigenen auf ihn selbst bezogenen Mitbewegungseffekt, so dass in der Folge hieraus μ_p resultiert. Die in der Ausarbeitung zu Rydberg-Konstanten genannte Struktur $\boxed{\mu_p = \frac{2}{9} ec\lambda \cdot M_p}$ kann aber aufgrund dessen, dass $|N| << 1$ ist, ohne Genauigkeitseinbußen in die richtige Bezugnahme überführt werden. Dazu wird der Kehrwert von M_p gebildet und in der Strukturformel für M_P das Vorzeichen nach der Zahl Eins gewechselt. Es ist also dann $M_p = 1 + \frac{\frac{1}{4}\frac{-N}{m_{es}} \cdot \left(1-\alpha^2\right)}{M/\left(1+\pi\alpha\right)}$. Der Vorzeichenwechsel erfolgt hier durch den Ansatz von $-N$ anstelle $+N$. Da aber $N = 2\pi \cdot \frac{2}{\varphi} \cdot \frac{4}{9} \cdot -m_{ve}$ ist, bedeutet dieser Vorzeichenwechsel aus physikalischer Sicht, dass kein Anti-Elektron-Neutrino auftritt, sondern ein Elektron-Neutrino. Es beträgt die relative Abweichung weiterhin $+4{,}3 \cdot 10^{-9}$ vom seinerzeitigen $\pm 6{,}9 \cdot 10^{-9}$ genauen Codata-Wert [4)].

Mit diesem Wissen wird nun versucht, nicht Bezug auf v. g. M_P zu nehmen, sondern auf einen einfacheren physikalischen Baustein, in dem im Folgenden anstelle des v. g. Terms $\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{-m_{ve}}{m_{es}} \cdot \left[\frac{\varphi}{2} \cdot 2\pi \cdot \frac{4}{3}\right]$ der Term $\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{+m_{ve}}{m_{es}} \cdot [\ 1\ ]$ angesetzt wird.

4 Proton-Magnetmoment – Fortsetzung

Wie bisher wird M_{μ_p} als <u>selbständige</u> Größe bestimmt, d. h. es wird angenommen, dass das Proton allein aus sich selbst diesen physikalischen Effekt hervorbringt. Da das Proton in seinem Kern kein Elektron enthält, besteht <u>kein</u> Bezug zum **Nuclear Magneton** μ_N.

Es wird daher die Struktur $\boxed{\dfrac{\mu_p}{\underbrace{2/9\cdot ec\lambda}_{Grundterm}}=\dfrac{1}{M_{\mu_P}}}$ zugrunde gelegt mit $\boxed{M_{\mu_p}=1+\dfrac{A}{1+B}}$.

In Folge des Ansatzes mit dem im Vergleich zur bisherigen Vorgehensweise einfacheren physikalischen Baustein $\boxed{A=\left(\dfrac{1}{3}\alpha\right)^2}=\dfrac{1/3\cdot(2/\varphi)^2\cdot\overset{!}{+m_{ve}}}{m_{es}}$ als <u>positives</u> Massenverhältnis (die Zuordnung der Faktoren $1/3\cdot(2/\varphi)^2$ in den Grundterm ist nicht möglich) ergibt sich zum Einstellen des Messwerts der Term $\boxed{B=\underbrace{2/9\cdot\varphi\alpha}_{\substack{wie\ bei\ M_{ge}\\ s.\ Formel\ (3a)}}\cdot\underbrace{8}_{\substack{Besonderheit\\ für\ M_{\mu_p}}}}=\dfrac{1}{2}\alpha\cdot\left[\dfrac{32}{9}\cdot\varphi\right]=\dfrac{2\lambda}{(3/4)^2 r_L}$,

also ein Radiusverhältnis. Der Bezug auf Abstandsverhältnisse anstelle auf Massenverhältnisse ist wegen des Faktors $32/9$ aus dem Term B nahegelegt, wohl wissend, dass Mitbewegung durch Massenverhältnisse bekannt sind. Ausmultiplizieren ergibt:

(5)
$$\boxed{\mu_p=\underbrace{\frac{\frac{2}{9}e\,\underbrace{c\lambda}_{=h/m_{ps}}}{\underbrace{1+\underbrace{\frac{\overbrace{+m_{ve}}^{Elektron-Neutrino}\cdot\frac{1}{3}\cdot\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2\cdot c\cdot 2\lambda}{m_{es}\cdot c\cdot 2\lambda}}_{Wirkungsverhältnis}}_{Haupt-Mitbewegung}\cdot\underbrace{\left[\frac{\left(\frac{3}{4}\right)^2 r_L}{2\lambda+\left(\frac{3}{4}\right)^2 r_L}\right]}_{\substack{Neben-Mitbewegung\\ als\ Abstandsverhältnis}}}_{M_{\mu_P}}}\underbrace{+6{,}2\cdot 10^{-11}}_{zul.\ \pm 4{,}2\cdot 10^{-10}}}.$$

Formel (6) zeigt, dass der Haupt-Mitbewegungseffekt $1+A$ von <u>einem</u> Neben-Mitbewegungseffekt als zweiten Mitbewegungseffekt $1+B$ unterlagert ist (verschachtelte Mitbewegung). Dieser Ausdruck spiegelt physikalische Realität. Es ist nämlich aus physikalischer Sicht korrekt, dass die Division des Grundterms $2/9\cdot ec\lambda$ mit dem Mitbewegungseffekt M_{μ_p} das Proton-Magnetmoment μ_p ergibt.

Die Erweiterung der beiden Massenterme jeweils mit $c\cdot 2\lambda$ erweitert das Massenverhältnis zu einem Wirkungsverhältnis, was nicht zu beanstanden ist. Es ist sodann auch nicht zu beanstanden, dass die durch das Elektron-Neutrino gegebene Wirkung Bezug auf den Abstand 2λ nimmt. Dieser Bezug ist sogar durchaus als Beleg für einen physikalischen Hintergrund anzusehen, denn diesen Abstand nehmen zwei Elementarladungen ein, wenn $\dfrac{1/2\cdot m_{es}\cdot 1/\varphi\cdot c^2}{(1\lambda)}=\dfrac{e\cdot e}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{1}{(2\lambda)^2}$ gilt, s. Artikel „Elektron-Magnetfeldmasse“ [5)].

Diese Gleichung sagt aus, dass die Rotation der kinetischen Energie der statischen Elektronmasse auf Radius 1λ eine Fliehkraft erzeugt, die adäquat ist zur elektrischen Abstoßungskraft zwischen zwei Elementarladungen, die sich im Abstand 2λ befinden.

Dieser Zusammenhang erklärt das Auftreten des Abstands 2λ. Wie zu sehen, ist jedoch bei der Wirkungserzeugung des Elektron-Neutrinos anstelle 2λ der Neben-Mitbewegungsterm $2\lambda \cdot \underbrace{\frac{1}{1+\frac{2\lambda}{(3/4)^2 r_L}}}_{1+0{,}012.127.256}$ anzusetzen. Die relative Abweichung liegt innerhalb der bis Mai 2019 geltenden Unsicherheit von $\pm 6{,}9 \cdot 10^{-9}$ und auch innerhalb der in Folge der ab Mai 2019 „willkürlich" geänderten SI-Einheiten neuen Unsicherheit $\pm 4{,}2 \cdot 10^{-10}$. <u>Ohne</u> den Neben-Mitbewegungsterm $B = 0$ beträgt die relative Abweichung vom Codata-Wert [4)] $-7{,}1 \cdot 10^{-8}$. Die Struktur überzeugt durch Einfachheit und durch das hochpräzise Ergebnis. Der Haupt-Mitbewegungseffekt $1 + A$ ist sehr klein. Er hat einen Anteil am Ergebnis von $0{,}000.585$ ‰. Der Neben-Mitbewegungseffekt $1 + B$ ist enorm klein. Er hat einen Anteil am Ergebnis von nur noch $0{,}000.071$ ‰.

Obwohl aus physikalischer struktureller Sicht akzeptabel, so ist doch der Bezug auf das Elektron-Neutrino fraglich, da im Proton kein solches Teilchen existiert.

<u>Sensitivität:</u>

Es wird wie zuvor weiterhin Bezug auf das positive Massenverhältnis $A = \left(\frac{1}{3}\alpha\right)^2$ genommen, jedoch nun $\boxed{\mu_p = \frac{\frac{2}{9} ec\lambda}{1+\frac{A}{1+A \cdot C/(1+D)}} \underbrace{+6{,}2 \cdot 10^{-11}}_{zul.\ \pm 4{,}2 \cdot 10^{-10}}}$ angesetzt.

Auch hier tritt der Haupt-Mitbewegungseffekt $1 + A$ auf, ist jedoch nun von <u>zwei</u> Neben-Mitbewegungseffekten $1 + A \cdot C$ und $1 + D$ unterlagert. Es kann $C = \frac{9}{8} \cdot \frac{4\pi}{\phi\alpha} = \frac{1/4 \cdot m_{ps}}{2/9 \cdot m_{es}}$ angesetzt werden, wobei noch ein zweiter Neben-Mitbewegungsterm $1 + D$ zu definieren ist. Demnach ist $\boxed{\mu_p = \frac{2/9 \cdot ec\lambda}{M_{\mu_P}}}$, wobei $\boxed{M_{\mu_p} = 1 + \frac{A}{1+\frac{A \cdot C}{\underbrace{1+D}_{B}}}}$ ist. Wie zu sehen ist D bereits gegeben, denn es gilt $1 + D = A \cdot C / B$. Ausmultiplizieren ergibt $1 + D = \left(\frac{3}{8}\right)^2 \cdot \frac{2\pi}{\varphi^2} \cong \frac{3}{2}\alpha$. Damit ist $1 + D$ im Term $A \cdot C / B$ enthalten und kann entfallen.

Formel (6) verdient mit Blick auf die Einfachheit den Vorzug. Die relative Abweichung liegt innerhalb der ab Mai 2019 geltenden neuen Unsicherheit. <u>Ohne</u> den zweiten Neben-Mitbewegungsterm also bei $D = 0$ beträgt die relative Abweichung vom Codata-Wert [4)] $+8{,}4 \cdot 10^{-10}$ und liegt damit innerhalb der bis Mai 2019 geltenden Unsicherheit von $\pm 6{,}9 \cdot 10^{-9}$ und in Folge der ab Mai 2019 „willkürlich" geänderten SI-Einheiten noch knapp außerhalb der neuen Unsicherheit. Bei $C = 0$ beträgt die relative Unsicherheit wie oben $-7{,}1 \cdot 10^{-8}$ bei $B = 0$.

Bezug auf Quarkmassen

Der Bezug auf $A=\left(\frac{1}{3}\alpha\right)^2$ lässt sich nicht vermeiden. Da sich im Proton kein Elektron-Neutrino befindet muss die bisherige physikalische Interpretation dieses Terms geändert werden. Anstelle $B=\frac{2}{9}\cdot\varphi\alpha\cdot 8$ kann auch $B=\frac{5}{3}\alpha$ angesetzt werden. Dies führt zu einer Abweichung von $+2{,}64\cdot 10^{-10}$ vom $\pm 4{,}2\cdot 10^{-10}$ genauen Messwert für μ_p, was zulässig ist. Im Proton befinden sich zwei UP-Quarks und ein Down-Quark sowie zugleich die Protonmasse selbst. Folglich können A und B nur diese drei Massen enthalten.

Es ist $\frac{1}{9}\alpha^2=\frac{1}{9}\cdot\left(\frac{m_{DQ}\cdot c\cdot\lambda}{\frac{2}{3}\underbrace{m_{ps}\cdot c\cdot\lambda}_{=h}}\right)^2=\frac{1}{4}\cdot\frac{m_{DQ}\cdot m_{DQ}}{m_{ps}\cdot m_{ps}}$ also $\frac{1}{9}\alpha^2=\frac{1}{4}\cdot\frac{m_{DQ}\cdot 2m_{UP-Q}}{m_{ps}\cdot m_{ps}}$ und

es ist $\frac{5}{3}\alpha=\frac{5}{3}\cdot\frac{m_{DQ}\cdot c\cdot\lambda}{\frac{2}{3}\underbrace{m_{ps}\cdot c\cdot\lambda}_{=h}}$ also $\frac{5}{3}\alpha=\frac{m_{DQ}}{\frac{2}{5}m_{ps}}$. Einsetzen führt zu folgendem Term für μ_p

$$\mu_p=\frac{2}{9}ec\lambda\cdot\frac{1}{M_{\mu_p}}\quad\text{mit}\quad M_{\mu_p}=1+\frac{\frac{1}{4}\cdot\frac{m_{DQ}\cdot 2m_{UP-Q}}{m_{ps}\cdot m_{ps}}}{1+\frac{m_{DQ}}{\frac{2}{5}m_{ps}}}=1+\frac{\frac{1}{\cancel{4}}\cdot\frac{m_{DQ}\cdot\cancel{2}m_{UP-Q}}{m_{ps}\cdot\cancel{m_{ps}}}\cdot\frac{\cancel{2}}{5}\cancel{m_{ps}}}{\frac{2}{5}m_{ps}+m_{DQ}}\quad\text{bzw.}$$

$$M_{\mu_p}=1+\frac{\frac{1}{5}\cdot m_{UP-Q}}{m_{ps}}\cdot\frac{m_{DQ}}{\frac{2}{5}m_{ps}+m_{DQ}}\quad\text{also}\quad M_{\mu_p}=1+\frac{\frac{1}{5}\cdot m_{UP-Q}}{m_{ps}}\cdot\frac{1}{1+\frac{\frac{3}{5}m_{ps}}{m_{DQ}+m_{UP-Q}}}=1{,}000.005.845$$

Somit ergibt sich das Proton-Magnetmoment zu

(5a) $$\boxed{\mu_p=\frac{2}{9}ec\lambda\cdot\frac{1}{1+\frac{\frac{1}{5}m_{UP-Q}}{m_{ps}}\cdot\frac{1}{1+\frac{\frac{3}{5}m_{ps}}{m_{DQ}+m_{UP-Q}}}}}\quad\text{mit}\quad\boxed{M_{\mu_p}=1+\frac{\frac{1}{3}\alpha\cdot\frac{1}{5}}{1+\frac{1}{\frac{1}{3}\alpha}\cdot\frac{1}{5}}}=1{,}000.005.845$$

Bezüglich $m_{UP-Q}=\frac{1}{2}m_{DQ}$, λ, m_{ps} sowie Beteiligungsfaktor $\frac{1}{5}$ bzw. $\frac{3}{5}$ s. Seite 22/23.

Entsprechend diesen Erläuterungen ist Formel (5a) der Formel (5) vorzuziehen. Die physikalische Bedeutung folgt dem Gedanken der Einfachheit. Da das Proton in seinem Innern kein Elektron enthält, besteht beim Proton-Magnetmoment μ_p <u>kein</u> Bezug zum **nuclear magneton** $\mu_N=\frac{1}{2}e\cdot\frac{\hbar}{2m_P}$.

5 Gyromagnetischer Faktor des Neutrons

1. Grundterm ist modifiziert

Es wird g_n zu dem gyromagnetischen Faktor des Elektrons $\frac{1}{2}g_e = 1 + \frac{\alpha}{2\pi}\cdot\frac{1}{1+2/9\cdot\varphi\alpha}$ als dem Grundterm ins Verhältnis gesetzt und untersucht, ob auch für die Mitbewegung M_{g_n} ein physikalischer Effekt beschrieben werden kann. Dazu wird angesetzt:

(5a) $$\boxed{\frac{1}{2}g_n = -\frac{\overbrace{g_e}^{Grundterm}\cdot\overbrace{\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2}^{\text{minimiert die Mitbewegung}}}{M_{g_N}}\underbrace{-1{,}0\cdot 10^{-7}}_{zul.\,\pm 2{,}4\cdot 10^{-7}}}$$ mit $$\boxed{M_{g_n} = 1 + \frac{\frac{\varphi\alpha}{2}\cdot\frac{4}{9}\cdot 2}{1+\frac{\varphi\alpha}{2}\cdot\frac{2}{3}\pi}}$$

Hier ist vorsichtshalber zusätzlich der Term $(1/3\cdot\varphi/2\cdot 2\pi)^2$ eingeführt und zwar so, dass dieser den Ergebnisbeitrag der Mitbewegungen minimiert.

<u>Beweis:</u>
Es liefert jeweils den Messwert von g_N der Term:
$2/9\cdot ec\lambda\cdot(1/3\cdot 1/2\cdot 2\pi)^2\cdot(1-\alpha\cdot 12{,}074)$ bzw. $\boxed{2/9\cdot ec\lambda\cdot(1/3\cdot\varphi/2\cdot 2\pi)^2\cdot(1+\alpha\cdot 5{,}964)}$ bzw. $2/9\cdot ec\lambda\cdot(2/3\cdot\varphi/2\cdot 2\pi)^2\cdot(1-\alpha\cdot 101{,}286)$. Demnach erfüllt nur der Ansatz $(1/3\cdot\varphi/2\cdot 2\pi)^2$ das geforderte Minimum.

Die relative Abweichung liegt mit $-1{,}0\cdot 10^{-7}$ innerhalb der Codata-Unsicherheit [4)] von $\pm 2{,}4\cdot 10^{-7}$. Ausmultiplizieren ergibt folgende Struktur

(6) $$\boxed{M_{g_n} = \underbrace{1+\frac{\left(\frac{2}{3}\lambda\right)^2}{\lambda\cdot\frac{1}{2}r_L}}_{\substack{Haupt-Mitbewegung\\ als\ Flächenverhältnis}}\cdot\underbrace{\left[\frac{\frac{2}{3}r_p\cdot\frac{1}{2}r_L}{\left(\frac{2}{3}\lambda\right)^2+\frac{2}{3}r_p\cdot\frac{1}{2}r_L}\right]}_{\substack{Neben-Mitbewegung\\ als\ Flächenverhältnis}}}$$

<u>Beweis</u>: Es ist $\frac{2\cdot(2/3\cdot\lambda)^2}{\lambda\cdot r_L} = 2\cdot\frac{4}{9}\lambda^2\cdot\frac{1}{\lambda}\cdot\frac{1}{\lambda}\cdot\frac{\varphi\alpha}{2} = \frac{\varphi\alpha}{2}\cdot\frac{4}{9}\cdot 2$ und es ist $\frac{\varphi\alpha}{2}\cdot\frac{2}{3}\cdot\pi = \frac{\lambda}{\frac{2r_L}{\pi}}\cdot\frac{2}{3}\cdot 2$

bzw. $$\frac{\varphi\alpha}{2}\cdot\frac{2}{3}\cdot\pi = \frac{\lambda}{\underbrace{\frac{2\lambda}{\pi}}_{\substack{Radius\\ Proton}}\cdot\underbrace{\frac{2}{\varphi\alpha}}_{=r_L/\lambda}}\cdot\frac{2}{3}\cdot 2 = \frac{\lambda^2}{r_P\cdot r_L}\cdot\frac{2}{3}\cdot\underbrace{\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{2}}_{Erweiterung}\cdot 2 = \frac{(2/3\cdot\lambda)^2}{\frac{2}{3}r_P\cdot\frac{1}{2}r_L}$$ **qed**.

Bemerkenswert ist das Auftreten von sich multiplizierenden Abstandsverhältnissen, was unproblematisch als Flächenverhältnis aufzufassen ist. Der Flächen-Term $(2/3\cdot\lambda)^2$ der Haupt-Mitbewegung unterliegt einer Neben-Mitbewegung. Die Struktur ist wohl bloß numerologisch.

2. Grundterm ist nicht modifiziert

Es ist offen, ob bei der Bestimmung des Neutron-Magnetmoments μ_n der modifizierte Grundterm - wie im vorherigen Abschnitt vorsichtshalber praktiziert - oder ob ein nicht modifizierter Grundterm, wie z. B. bei der Bestimmung von μ_p, in Bezug zu nehmen ist.

Es wird also hier angesetzt: $\boxed{\frac{1}{2} g_n = \frac{\overbrace{g_e}^{Grundterm} \cdot \overbrace{\left(\frac{1}{3} \cdot \frac{\varphi}{2} \cdot 2\pi\right)^{\overset{!}{0}}}^{\substack{=1 \\ wie\ bei\ \mu_e\ und\ bei\ \mu_P}}}{M_{g_n}} \underbrace{-2{,}3 \cdot 10^{-7}}_{zul.\ \pm 2{,}4 \cdot 10^{-7}}}$.

Da der Term $(1/3 \cdot \varphi / 2 \cdot 2\pi)^2$ entfällt ergibt sich $M_{g_n} = 1 + \frac{\frac{\varphi\alpha}{2} \cdot \frac{4}{9} \cdot 2 \cdot \overbrace{\left[\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 \cdot \frac{3}{2}\right]}^{15{,}449}}{1 + \frac{\varphi\alpha}{2} \cdot \frac{2}{3}\pi \cdot \underbrace{\left[\frac{3}{4\pi} \cdot \frac{2}{\varphi}\right]}_{0{,}511}}$.

Der Term im Zähler der eckigen Klammern zeigt an, dass der Ergebnisbeitrag der Mitbewegung deutlich geworden größer ist. Ausmultiplizieren führt auf

$$M_{g_n} = 1 + \underbrace{\frac{\left(\frac{2}{3}\lambda\right)^2}{\lambda \cdot \frac{1}{2} r_L} \cdot \left[\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 \cdot \frac{3}{2}\right]}_{\substack{neue\ Haupt-Mitbewegung \\ als\ Flächenverhältnis}} \cdot \left[\underbrace{1 + \frac{\left(\frac{2}{3}\lambda\right)^2}{\frac{2}{3} r_p \cdot \frac{1}{2} r_L} \cdot \left[\frac{3}{4\pi} \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{\varphi}{2}\right]}_{\substack{neue\ Neben-Mitbewegung \\ als\ Flächenverhältnis}}\right]^{-1}.$$

(Exponent der eckigen Klammer ist hier auf -1 gesetzt wegen der dadurch platzsparenden Schreibweise)

Es wurde hier zunächst der Bezug auf Flächenverhältnisse beibehalten, auch um die Terme in den eckigen Klammern eindeutig zuordnen zu können.

(7) Es ergibt sich $\boxed{M_{g_n} = 1 + \underbrace{\frac{\left(\frac{2}{\varphi}\lambda\right)^2}{\frac{2}{3}\lambda \cdot \frac{1}{2} r_L}}_{\substack{neue\ Haupt-Mitbewegung \\ als\ Flächenverhältnis}} \cdot \left[\underbrace{1 + \frac{\left(\frac{2}{\varphi}\lambda\right)^2}{\frac{2}{\varphi}\lambda \cdot 2 r_L}}_{\substack{neue\ Neben-Mitbewegung \\ als\ Flächenverhältnis}}\right]^{-1}}$.

(Exponent der eckigen Klammer ist hier auf -1 gesetzt wegen der dadurch platzsparenden Schreibweise)

Bemerkenswert ist, dass sich aufgrund des Ansatzes ohne Modifikation des Grundterms die Struktur in Formel (8) im Vergleich zu Formel (7) nur wenig verändert hat. Wird jedoch der Term $2/\varphi \cdot \lambda$ sowohl in der Haupt-Mitbewegung als auch in der Neben-Mitbewegung herausgekürzt, verschwindet das Flächenverhältnis und führt auf

$M_{g_n} = 1 + \frac{\left(\frac{2}{\varphi}\lambda\right)}{\frac{1}{3} \cdot \frac{\varphi}{2} r_L} \cdot \left[\frac{(2r_L)}{\left(\frac{2}{\varphi}\lambda\right) + (2r_L)}\right]$. Zwar lässt sich die Formel weiter vereinfachen, jedoch

ist in der dann sich ergebenden Kurzform

(7a) $\boxed{M_{g_n} = 1 + 3 \cdot \alpha \cdot 2/\varphi \cdot 1/(1+\alpha/2)}$ die physikalische Struktur verborgen. Auch das Herauskürzen von $2 \cdot 2/\varphi$ führt nicht weiter, wie $M_{g_n} = 1 + \frac{\left(\frac{1}{2}\lambda\right)}{\left[\frac{\varphi}{4}\right] \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{\varphi}{2} r_L} \cdot \left[\frac{\left(\frac{\varphi}{2} r_L\right)}{\left(\frac{1}{2}\lambda\right) + \left(\frac{\varphi}{2} r_L\right)}\right]$ zeigt, weil dann die Zuordnung des Terms $[\varphi/4]$ ungeklärt ist. Auch diese Struktur ist wohl bloß numerologisch.

3. Grundterm ist nicht modifiziert - Fortsetzung -

Für $1 + \frac{\varphi\alpha}{2} \cdot 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{3}{2} = 1 + \frac{4\pi}{\varphi} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot 3 = 1 + \frac{\varphi\alpha}{4\pi} \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot \left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{3}{2}$ kann z. B. angesetzt werden $1 + \frac{4\pi/\varphi \cdot m_{es}}{\varphi/2 \cdot 1/3 \cdot m_{ps}}$ und für $1 + \frac{\varphi\alpha}{2} \cdot \frac{2}{3}\pi \cdot \frac{3}{4\pi} \cdot \frac{2}{\varphi} = 1 + \frac{\varphi\alpha}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\varphi} = 1 + \frac{1}{2}\alpha$ kann $1 + \frac{1/\varphi \cdot \lambda}{r_L}$ angesetzt werden. Somit ergibt sich $M_{g_n} = 1 + \frac{4\pi/\varphi \cdot m_{es}}{\frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{3} m_{ps}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1/\varphi \cdot \lambda}{r_L}}$ bzw. nach Herauskürzen von $\frac{2}{\varphi}$ der Term $M_{g_n} = 1 + \overbrace{\frac{\frac{4\pi}{\varphi} m_{es} \cdot c \cdot \frac{1}{2}\lambda}{\frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{3} m_{ps} \cdot c \cdot \frac{1}{2}\lambda}}^{=1+3\cdot\alpha\cdot 2/\phi} \cdot \overbrace{\left[\frac{\frac{\varphi}{2} r_L}{\frac{1}{2}\lambda + \frac{\varphi}{2} r_L}\right]}^{=1/(1+1/2\cdot\alpha)}$. Um die Mitbewegung zu erkennen, ist die Erweiterung $1/2 \cdot \lambda$ erforderlich. Die Erweiterung mit c führt dann zum Wirkungsverhältnis. Anstelle des Terms in der eckigen Klammer gilt adäquat $1 + \alpha/2 = 1 + 2\pi/\varphi \cdot m_{es} \cdot 1/m_{ps}$ also eine Neben-Mitbewegung als Massenverhältnis. Es ist

(8) $$\boxed{M_{g_n} = \underbrace{1 + \overbrace{\overbrace{\frac{2\lambda \cdot c \cdot \frac{2\pi}{\varphi} m_{es}}{\frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{3} h}}^{=\alpha h}}^{=1+3\cdot\alpha\cdot 2/\varphi}}_{\substack{\text{Haupt-Mitbewegung} \\ \text{als Wirkungsverhältnis}}} \cdot \underbrace{\overbrace{\left[\frac{m_{ps}}{\frac{2\pi}{\varphi} m_{es} + m_{ps}}\right]}^{=1/(1+1/2\cdot\alpha)}}_{\substack{\text{Neben-Mitbewegung} \\ \text{als Massenverhältnis}}}}.$$

Es unterliegt M_{g_n} - ebenso wie Δm bzw. μ_p - einem Wirkungsverhältnis.

Die Haupt-Mitbewegung kann auch $1 + \overbrace{h_{es}}^{\substack{\text{Elektronwirkung} \\ h_{es} = \lambda \cdot c \cdot m_{es}}} / \left[(\varphi/2)^2 \cdot 1/3 \cdot \hbar\right]$ lauten, wobei dann die statische Masse m_{es} der Elektronwirkung h_{es} der Neben-Mitbewegung $1 + \frac{1}{2}\alpha = 1 + \frac{h_{es}}{\varphi\hbar}$ unterliegt. Damit liegen aus physikalischer Sicht akzeptable Strukturen vor.

6 Neutron-Magnetmoment

Mit dem zu μ_p bzw. g_n analogen Ansatz für μ_n gemäß $\boxed{\dfrac{\mu_n}{2/9\cdot ec\lambda}=\dfrac{\overbrace{(2/3\cdot\pi/3)}^{\text{minimiert die Mitbewegung}}}{M_{\mu_n}}}$ lässt sich M_{μ_n} aus M_{g_n} ableiten. Mit diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass im Neutron physikalische Effekte vorliegen, die μ_n hervorbringen. Es erscheint dieser Ansatz ohnehin wie natürlich, da das Neutron als selbständiges Teilchen behandelt wird. Hier ist zusätzlich der Term $(2/3\cdot\pi/3)$ eingeführt und zwar wieder so, dass dieser den Ergebnisbeitrag der Mitbewegungen minimiert.

<u>Beweis:</u> Es liefert jeweils den Messwert von μ_n der Term:
$2/9\cdot ec\lambda\cdot(1/3\cdot\pi/3)^2\cdot(1-\alpha\cdot 67{,}202)$ bzw. $2/9\cdot ec\lambda\cdot(\varphi\cdot 2/3\cdot\pi/3)^2\cdot(1+\alpha\cdot 6{,}474)$
$2/9\cdot ec\lambda\cdot(2/3\cdot\pi/3)^2\cdot(1+\alpha\cdot 2{,}632)$ bzw. $2/9\cdot ec\lambda\cdot(1/\varphi\cdot 2/3\cdot\pi/3)^2\cdot(1+\alpha\cdot 12{,}373)$
$2/9\cdot ec\lambda\cdot(3/3\cdot\pi/3)^2\cdot(1+\alpha\cdot 72{,}466)$. Wie zu sehen erfüllt nur der Ansatz mit $(1\cdot 2/3\cdot\pi/3)^2$ das geforderte Minimum, **qed**.

Für g_n gilt bekanntlich [4)]

(9) $\boxed{\dfrac{1}{2}g_n=\mu_n\cdot\dfrac{2m_P}{e\hbar}}$. Gleichsetzen mit $g_n=g_e\cdot\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2\cdot\dfrac{2}{M_{g_n}}$ aus (5a) führt zur Gleichung $2\cdot\mu_n\cdot\dfrac{2m_P}{e\hbar}=g_e\cdot\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2\cdot\dfrac{2}{M_{g_n}}$ also auf

$\mu_n=\dfrac{e\hbar}{2m_P}\cdot g_e\cdot\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2\cdot\dfrac{1}{M_{g_n}}$ und Gleichsetzen mit dem v. g. <u>Ansatz</u> für μ_n ergibt $\dfrac{e\hbar}{2m_p}\cdot g_e\cdot\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2\cdot\dfrac{1}{M_{g_n}}=\dfrac{(2/3\cdot\pi/3)\cdot 2/9\cdot ec\lambda}{M_{\mu_n}}$, was zeigt, dass zwischen M_{μ_n} und M_{g_n} der Zusammenhang $\dfrac{1}{M_{g_n}}=\dfrac{2/9\cdot ec\lambda}{\dfrac{e\hbar}{2m_p}\cdot g_e}\cdot\dfrac{1}{M_{\mu_n}}\cdot\dfrac{(2/3\cdot\pi/3)}{\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2}$ besteht bzw.

(10) $\boxed{\dfrac{\overbrace{g_e}^{\text{Grundterm für } g_N}}{\underbrace{M_{g_n}}_{\text{aus Formel (7)}}}=\underbrace{\dfrac{\overbrace{2/9\cdot ec\lambda}^{\text{Grundterm für } \mu_N}}{M_{\mu_n}}}_{=\mu_n}\cdot\dfrac{2m_p}{e\hbar}\cdot\overbrace{\left[\dfrac{(2/3\cdot\pi/3)}{\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\varphi}{2}\cdot 2\pi\right)^2}\right]}^{[\ ]\text{ kann entfallen}}\overset{!}{\to}0}$. Da für M_{g_n} in Formel (9) bereits eine Struktur ermittelt wurde, ist es naheliegend diese als durch $M_{\mu_n}=\underbrace{M_{g_n}}_{\text{aus Formel (6)}}\cdot\dfrac{2/9\cdot ec\lambda}{g_e}\cdot\dfrac{2m_P}{e\hbar}$ gegeben anzusehen, womit über M_{g_n} auch die Mitbewegung M_{μ_n} deren Struktur beinhaltet. Damit kommt der Bestimmung von M_{gn} eine zentrale

Bedeutung zu, denn zur Bestimmung von M_{μ_n} ist der Grundterm $2/9 \cdot ec\lambda$ mit $2m_P / e\hbar$ und M_{g_n} / g_e zu modifizieren. Das führt zu

(11) $$\boxed{M_{\mu_n} = \left[\frac{2}{9} \cdot 2\pi \cdot \left(1 + \frac{2}{9} \cdot \frac{\varphi\alpha}{4\pi}\right)\right] \cdot \frac{\overbrace{M_{g_N}}^{aus\ Formel(7)}}{g_e / 2}}.$$

Aus diesem Grunde wurde die Struktur von M_{g_n} intensiv untersucht. Wird nun dem Gedanken der Einfachheit folgend zur Bestimmung von M_{g_n} Bezug auf Formel (8) oder Formel (9) genommen, dann entfällt in (10) der Term im Nenner der eckigen Klammer. Dem gleichen Gedanken folgend kann dann auch der Term in Zähler der eckigen Klammer entfallen, denn es bestehen dagegen keine Einwände, da dieser Eingriff keinen Einfluss auf die Struktur der Mitbewegung M_{g_n} hat. Aufgrund der v. g. Gegebenheiten bestimmt sich das Neutron-Magnetmoment über

(12) $$\boxed{\frac{\overbrace{\frac{2}{9} ec\lambda}^{Grundterm}}{\underbrace{M_{\mu_n}}_{aus\ Formel\ (10)}} = \mu_n = e \cdot \frac{\hbar}{2m_p} \cdot \frac{\overbrace{g_e}^{aus\ Formel\ (1)}}{\underbrace{M_{g_n}}_{aus\ Formel\ (7)}} \underbrace{-2{,}3 \cdot 10^{-7}}_{zul.\ \pm 2{,}4 \cdot 10^{-7}}}\ \text{bzw.}\ \boxed{\mu_n = ec \cdot \underbrace{\lambda_{c,p}}_{\substack{Compton-\\ Wellenlänge\\ des\ Protons\\ s.\ Formel\ (13)}} \cdot \frac{\frac{1}{2} g_e}{M_{g_n}}},$$

weil $c \cdot \underbrace{\lambda_{c,p}}_{\substack{Compton-Wellenlänge\\ des\ Protons,\ s.\ Formel\ (14)}} = \frac{\hbar}{m_p}$. Die Struktur in (12) bietet aus physikalischer Sicht keinen Anlass zur Kritik außer, dass die physikalische Bedeutung von M_{g_n} kompliziert ist. Es besteht daher Anlass für μ_n einen ganz anderen Bezug zu wählen, was im nächsten Abschnitt erfolgt. Zwar fügt sich hier M_{g_n} zwanglos ein, jedoch ist festzuhalten, dass nur den Termen $1/M_{\mu_p}$ und $1/M_{\mu_n}$ unabhängig voneinander physikalische Realität zukommt, während der Term $1/M_{g_n}$ sich aus $1/M_{\mu_n}$ rückwärts berechnen lässt.

Es beinhaltet M_{μ_n} zwar die gleichen Strukturen A, B wie M_{μ_p} (vgl. Formel (7), jedoch mit anderer Gewichtung, die dann zu unterschiedlichen Phänomenen führt, insbesondere

im Zähler; es ist $$M_{\mu_n} = \overbrace{\frac{2}{9} \cdot 2\pi \cdot \left(1 + \frac{2}{9} \cdot \frac{\varphi\alpha}{4\pi}\right) \cdot \frac{1}{\frac{1}{2} g_e}}^{aus\ Formel\ (11)} \cdot \left[1 + \frac{\overbrace{\overbrace{A}^{A = \left(\frac{1}{3}\alpha\right)^2\ aus\ Formel\ (7)}}^{} \cdot \overbrace{\left\{\frac{2}{\varphi} \cdot \frac{27}{\alpha}\right\}}^{Gewichtung}}{\underbrace{1 + \underbrace{B}_{aus\ Formel\ (7)} \cdot \left\{\frac{1}{\varphi} \cdot \frac{9}{32}\right\}}_{= \frac{1}{2}\alpha}}\right].$$

Für den Term im Nenner der eckigen Klammer gilt $\frac{1}{2}\alpha = \frac{h_{DQ}}{4/3 \cdot h}$ und für den Zählerterm

$$\left\{\frac{2}{\varphi} \cdot \frac{27}{\alpha}\right\} \cdot \underbrace{\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{h_{ve}}{h_{es}} \cdot \frac{1}{3}}_{= A\ aus\ M_{\mu_p}} = \left\{\frac{2/3 \cdot \hbar}{h_{es}} \cdot \frac{81}{2}\right\} \cdot \underbrace{\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{h_{ve}}{h_{es}} \cdot \frac{1}{3}}_{aus\ M_{\mu_p}} = \underbrace{\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 \cdot \frac{h_{es}}{1/3 \cdot \hbar}}_{zu\ M_{\mu_n}}$$ also wieder Formel (8),

was dort nur etwas anders notiert ist, um die beiden Mitbewegungseffekte zu zeigen.

Dagegen ist der Term $\frac{\mu_p - \mu_n}{2/9 \cdot ec\lambda} = \frac{1}{M_{\mu_p}} - \frac{1}{M_{\mu_n}}$ nur eine bloße Rechengröße, weil diese Differenzbildung selbst keine eigenmächtige physikalische Realität hat. Dies gilt auch für $\frac{1}{M_\Delta} = \frac{1}{M_{\mu_p}} - \frac{1}{M_{\mu_n}}$ sowie dann auch für $\frac{1}{M_{\mu_n}} + \frac{1}{M_\Delta} = \frac{1}{M_{\mu_p}}$ bzw. für $M_{\mu_p} = \frac{M_\Delta \cdot M_{\mu_n}}{M_\Delta + M_{\mu_n}}$, was auch nicht mehr ist als eine numerologische „Spielerei".

Neutron-Magnetmoment μ_n mit Bezug auf das Nuclear Magneton μ_N

In den v. g. Abschnitten wurde Bezug auf den gyromagnetischen Faktor des Neutrons g_n und auf das gyromagnetische Verhältnis g_e des Elektrons genommen. Um den Messwert von μ_n einzustellen resultierte $M_{g_n} = 1 + 3 \cdot \alpha \cdot 2/\varphi \cdot 1/(1 + \alpha/2)$, s. Formel (7a).

In diesem Abschnitt wird der Literaturquelle **[1]**, S. 185, folgend, Bezug auf das Nuclear Magneton μ_N genommen. Bekanntlich **4)** ist $\mu_N = \frac{1}{2} e \cdot \frac{\hbar}{2m_P}$.

[1] S. 185: „*The nuclear magnetic moments are all of the order of the proton magneton eh/2m$_p$c, while they should be of the order of the Bohr magneton eh/2m$_e$c if electrons existed in the nucleus.*"

Da das Neutron im Kern Elektronen enthält, ist der Bezug von μ_n auf μ_N korrekt.

Das Neutron-Magnetmoment ergibt sich also hier über $\mu_n = \mu_N \cdot M_{g_n}$, wobei

$$M_{g_n} = \frac{2m_P}{m_n} \cdot \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \underbrace{\left[1 + \frac{\alpha \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2\pi}{3}}{1 + \alpha \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2\pi}{3}} \right]}_{=1{,}003.047.393}$$

, was $M_{g_n} = 3{,}826.084.868.4(10)$ ergibt und innerhalb des zulässigen Wertebereichs von g_n liegt. Damit hat sich M_{g_n} ganz verändert. Es gilt hier die Identität $\boxed{M_{g_n} \equiv -g_n}$. Einsetzen führt zu

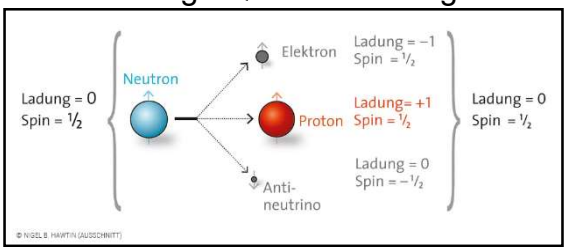
(12a) $$\boxed{\mu_n = -e \cdot \frac{\overbrace{3/2}^{\substack{Spinfaktor \\ Neutron}}\ \hbar}{m_n} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \underbrace{\left[\frac{1 + 2A}{1 + 1A} \right]}_{=1{,}003.047.393} = \overbrace{\underbrace{-9{,}662.363.6}_{Codata:\ -9{,}662.365.1(23)} \cdot 10^{-27}}^{\pm 5{,}7 \cdot 10^{-10}} \cdot J/T}$$ mit $\boxed{A = \alpha \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2\pi}{3}}$

Wie in (12a) zu sehen, bezieht sich nunmehr das Neutron-Magnetmoment μ_n auf die Neutronmasse m_n und es tritt ein Spin-Faktor $3/2$ auf.

Erläuterungen zum Spin-Faktor $3/2$

[1], S. 91: „*The neutron spin might, from experimental evidence, be just as well* $3/2$ *as* $1/2$. *However, simplicity is a strong argument in favor of the value* $1/2$ *which we shall, therefore, assume throughout this article.*“

[2] nennt $1/2$. Die dortige Quelle Nr. 6 begründet die Lehrmeinung mit:



[1], S. 90: „*The total spin of a nucleus is the resultant of all the angular momenta of the orbital motions of all particles inside the nucleus, and of all the spins of the nuclear particles.*“

Entgegen [1] ist in [2] nicht berücksichtigt, dass das Neutron während seiner Lebensdauer schwerer ist als die Summe der Zerfallsmassen.

Die zusätzlichen Massen betragen rd. $\frac{3}{2}m_e$ und haben insgesamt Spin $+1$.

Erläuterungen zum Term $\frac{1+2A}{1+A}$

Dieser Term ist durch die Quark-Ebene verursacht. Besonderes Kennzeichen ist die Symmetrie. Zu den hier verwendeten Begriffen m, λ, r_p siehe Anlage.

Einsetzen der Sommerfeldformel $\alpha = \frac{e^2}{2hc\varepsilon_0}$ in A führt auf $A = \frac{e^2}{2hc\varepsilon_0} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{\pi}{3}$ also auf $A = \frac{\frac{1}{3}e^2}{2\hbar c\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{5} \boxed{\overset{!}{=} \frac{m_{DQ}}{m} \cdot \frac{1}{5} \cdot \pi}$, womit Ein-Drittelladung auftritt.

Demnach beinhaltet der Term A ein Elementarteilchen, das Träger der Ein-Drittelladung ist, wie das Down-Quark. Gleichsetzen ergibt $\boxed{m_{DQ} \cdot c^2 \cdot \lambda = \frac{1}{3}\frac{e^2}{\varepsilon_0}}$.

Term A im Zähler beinhaltet die beiden Massen des Down-Quarks $2 \cdot m_{DQ}$, Term A im Nenner folglich die Masse des UP-Quarks m_{UP-Q}. Mit $\boxed{m_{UP-Q} = \frac{1}{2}m_{DQ}}$ ergibt sich $\left[\frac{1+2A}{1+A}\right] = \frac{1+2\pi \cdot \frac{m_{DQ}}{m} \cdot \frac{1}{5}}{1+2\pi \cdot \frac{m_{UP-Q}}{m} \cdot \frac{1}{5}}$, womit die physikalische Ursache geklärt ist. m_{UP-Q} ist Träger der Zwei-Drittelladung. Es ist $\boxed{m_{UP-Q} \cdot c^2 \cdot 2\pi \cdot r_p = \frac{2}{3}\frac{e^2}{\varepsilon_0}}$.

Ursache des elektrostatischen Beteiligungsfaktors $1/5$

[1] S. 96: „*Therefore the total energy of the Coulomb interaction is actually equal to the number of pairs of protons in the nucleus, i. e., ½ Z(Z-1), times the potential energy of a single proton pair. The latter is in the average (6/5)e²/R with R the radius of the nucleus.*“

Die maximale elektrostatische Energie E eines Proton-Paars ist also $E \cdot r_p = 6/5 \cdot 1e^2$. Analog dazu ist die maximale elektrostatische Energie eines Down-Quark-Paars $E \cdot r_{DQ} = \frac{6}{5} \cdot \frac{1}{3} e^2$, was im Zähler den Faktor $2/5$ als <u>elektrostatischen</u> Beteiligungsfaktor erklärt und ist die eines einzelnen UP-Quarks $E \cdot r_{UP-Q} = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{3} e^2$, was im Nenner ebenfalls den Faktor $2/5$ erklärt. Demnach ist im zeitlichen Mittel permanent jeweils die Hälfte der maximalen Energie existent.

Sensitivität der Quarkmassen m_{DQ} **und** m_{UP-Q}

Bezogen auf die hier genannten Quarkmassen liegt die untere Messwertgrenze beim Downquark bei rd. $m_{DQ} \cdot 1$ und die obere Grenze bei rd. $m_{DQ} \cdot 9/8$ und liegt die untere Grenze beim UP-Quark bei rd. $m_{UP-Q} \cdot 3/4$ und die obere Grenze bei rd. $m_{UP-Q} \cdot 4/3$, s. **[2]**, Quelle Nr. 2, S. 40.

Damit das durch den Term $\frac{1+2A}{1+A}$ vorgegebene Verhältnis mit $A = \alpha \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2\pi}{3}$ gewahrt bleibt, dürften sich m_{DQ} und m_{UP-Q} nur mit gleicher Quote und nur in gleicher Richtung verändern (z. B. beide Massen würden um maximal $9/8$ größer. Beachte, es gilt die engere Grenze für die Masse des Downquarks). Nur dann bliebe auch der Beteiligungsfaktor der Quarkmassen am Neutron-Magnetmoment jeweils gleich (z. B. hier $8/9 \cdot 1/5$). Allerdings ist eine Änderung des elektrostatischen Beteiligungsfaktors aufgrund Änderung der Quarkmassen unzulässig. Folglich sind die hier zugrundeliegenden Strukturformeln für die Quark-Massen für m_{DQ} und m_{UP-Q} korrekt. Die berechneten Werte liegen innerhalb der Messgenauigkeit.

Sensitivität des Terms $\frac{1+2A}{1+A}$

Der Term hat die einfachste mögliche Struktur. Würde stattdessen $\frac{1+1A}{1+x \cdot A}$ angenommen, so müsste $x = \frac{A}{1+2A}$ angesetzt werden oder würde stattdessen $\frac{1+y \cdot A}{1+2 \cdot A}$ angenommen, so müsste $y = \frac{3+4A}{1+A}$ angesetzt werden.

Entsprechend diesen Erläuterungen ist Formel (12a) der Formel (12) vorzuziehen. Die physikalische Bedeutung folgt dem Gedanken der Einfachheit.

Erläuterungen zum Neutron-Magnetmoment μ_n:

Identisch gleich mit (12a) ist

$$\boxed{\mu_n = -e \cdot c \cdot \underbrace{\frac{r_P}{2\pi}}_{\substack{\text{harter Stoßradius der} \\ \text{Proton-Massekugel}}} \cdot \underbrace{\frac{3}{2}}_{\text{Spinfaktor}} \cdot \frac{m_P}{m_n} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{2}{9}\frac{\varphi\alpha}{4\pi}\right)} \cdot \underbrace{\left[\frac{1+2A}{1+A}\right]}_{=1{,}003.047.393}}$$ mit $\boxed{\underbrace{\varphi}_{\substack{\text{Feld-} \\ \text{konstante}}} = \frac{1}{2}\pi^2 - 4}$ und Protonradius r_P Damit ist $\frac{2}{\pi}$ in (8a) eliminiert und stattdessen r_P eingeführt.

Gleichsetzen mit (8a) führt für r_P auf die Bestimmungsformel

$$\boxed{r_P = \frac{4}{c} \cdot \frac{\hbar}{m_p} \cdot \left(1+\frac{2}{9}\frac{\varphi\alpha}{4\pi}\right) = \underbrace{8{,}413.371}_{\substack{\text{Codata: } 8{,}414(19) \\ \text{Paul Scherrer: } 8{,}4087(39)}} \cdot 10^{-16} \cdot m \pm 4{,}5 \cdot 10^{-10}}$$

Damit liegt das Ergebnis innerhalb der angegebenen Messgenauigkeit und ist eine elementare Masse m_{ps} der Größe von $\boxed{m_{ps} = m_p \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{2}{9}\frac{\varphi\alpha}{4\pi}\right)}}$ anwesend.

Wird für die Lichtgeschwindigkeit c die Definition $1c = \frac{1\lambda}{1\tau}$ eingeführt (also eine „Elementarlänge“ 1λ pro einer „Elementardauer“ 1τ), so kann man schreiben

$$\boxed{r_P = \frac{4\tau}{2\pi} \cdot \underbrace{c}_{\text{Erweiterung}} \cdot \underbrace{\left[\frac{h}{\lambda \cdot m_{ps} \cdot \underbrace{c}_{\text{Erweiterung}}}\right]}_{\overset{!}{=}1}}$$. Diese Formel liefert den gleichen Zahlenwert wie oben,

wenn der Inhalt der eckigen Klammer gleich „Eins“ ist, wenn also $\boxed{\lambda = \frac{h}{m_{ps} \cdot c}}$ ist und in der Folge $\boxed{1\tau = 1\lambda / c}$.

In diesem Bilde der Begriffe „Elementarmasse m_{ps}“, „Elementarlänge λ“ und „Elementardauer τ“ erklärt sich die physikalische Bedeutung des Protonradius r_P mit dem Term:

$$\boxed{\frac{2\pi}{4} r_P \cdot \frac{1}{c} = 1\tau}$$

Diese letzte Formel liefert für r_P den gleichen Zahlenwert wie oben und zeigt an, dass zum Umlaufen des Viertelumfangs des Protons mit c-Geschwindigkeit eine Elementardauer 1τ benötigt wird. Es ist zu erwarten, dass die zukünftige Entwicklung des Messwertes des Protonradius diese physikalische Interpretation bestätigen wird.

7 Gyromagnetisches Verhältnis des Neutrons

Bekanntlich [4)] gilt die Definitionsgleichung $\gamma_N = \frac{2 \cdot |\mu_N|}{\hbar}$ bzw. ausmultipliziert

$\gamma_N = \frac{ec\lambda}{4\pi} \cdot \frac{m_{ps}}{m_P} \cdot \frac{g_e}{M_{g_N}} \cdot 2 \cdot \frac{2\pi}{m_{ps} \cdot c \cdot \lambda}$ also

(13) $$\boxed{\gamma_N = \frac{e}{m_P} \cdot \frac{g_e}{M_{g_N}}}.$$

Diese Struktur mit M_{g_N} aus Formel (7) bzw. (7a) stellt eine Neuerung dar.

8 Reduzierte Compton-Wellenlänge des Neutrons

Bekanntlich [4)] gilt für reduzierte Compton-Wellenlängen $\lambda_{c,x} = \frac{\hbar}{m_x \cdot c}$. Hierbei ist m_x die Masse des betrachteten Elementarteilchens. So gilt z. B. für das Elektron

$\lambda_{c,e} = \frac{m_{ps} \cdot c \cdot \lambda}{m_e \cdot c} \cdot \frac{1}{2\pi} = \frac{m_{es} \cdot c \cdot \lambda}{m_e \cdot c} \cdot \frac{4\pi}{\varphi\alpha} \cdot \frac{1}{2\pi}$ also $\boxed{\lambda_{c,e} = \lambda \cdot \frac{2}{\varphi\alpha} \cdot \frac{m_{es}}{m_e}}$, s. Formel (12).

Folglich gilt für beliebige Massen m_x

(14) $$\boxed{\lambda_{c,x} = \lambda \cdot \underbrace{\frac{2}{\varphi\alpha}}_{=r_L} \cdot \frac{m_{es}}{m_x}}.$$

Auch diese Struktur stellt eine Neuerung dar. Beispielsweise ergibt sich für $x = N$ die reduzierte Compton-Wellenlänge des Neutrons, für $x = P$ die des Protons und für $x = e$ die des Elektrons. Formel (14) ist ein Beleg für die durch λ sowie φ und m_{es} gegebene Transparenz. Die Struktur spiegelt die physikalische Realität.

Bemerkenswert ist, dass der Radius des Wasserstoffatoms $a_0 = \frac{\lambda_{c,e}}{\alpha}$ beträgt und wie in der Ausarbeitung „Das Molekül-Modell des Wasserstoff-Molekül-Ions“ beschrieben [6)] (s. S. 19), gilt für den Abstand der beiden Protonen im Zustand der Minimalenergie $x_0 = \lambda \cdot \left(\frac{2}{\varphi\alpha}\right)^2$, was auch ein Beleg ist für Korrektheit der Strukturelemente λ und φ.

9 Myon-Magnetmoment

Wie bisher wird auch M_{μ_μ} als <u>selbständige</u> Größe bestimmt, d. h. es wird angenommen, dass auch das Myon allein aus sich selbst diesen physikalischen Effekt hervorbringt.

Es wird wie bisher die Struktur $\boxed{\mu_\mu = -\frac{\overbrace{2/9\cdot ec\lambda}^{Grundterm}}{M_{\mu_\mu}}}$ zugrunde gelegt, wobei hier

$\boxed{M_{\mu_\mu} = \frac{5}{16}\cdot\frac{1}{\frac{1}{2}g_e}\cdot\frac{1+\frac{8}{3}\cdot\alpha}{1+\frac{2}{3}\cdot\frac{8}{3}\cdot\alpha}\underbrace{+1{,}18\cdot 10^{-8}}_{zu.\,\pm 2{,}2\cdot 10^{-8}}}$ ist. Ausmultiplizieren ergibt $M_{\mu_\mu} = \frac{\pi}{10} - 7{,}15\cdot 10^{-5}$.

Die numerische Differenz von M_{μ_μ} zu $\pi/10$ beträgt $\pi - 7{,}15\cdot 10^{-5}$, wobei die relative Abweichung zu π im Vergleich zur zulässigen Abweichung $\pm 2{,}2\cdot 10^{-8}$ für μ_μ unzulässig ist. Sie bietet also keinen Anlass eine Art „Normierung“ zu vermuten. Da π eine irrationale Zahl ist, die sich nicht vollständig angeben lässt, müsste die Darstellung der Struktur unendlich lang sein.

Aufgrund der bekannten Begriffsbestimmung ist die Übertragung in eine physikalische Struktur sehr leicht.

Es ist $\frac{8}{3}\cdot\alpha = 4\cdot\frac{\varphi\alpha}{4\pi}\cdot\frac{4\pi}{\varphi}\cdot\frac{2}{3} = 4\cdot\frac{\cancel{m_{es}}}{m_{ps}}\cdot\frac{m_{DQ}}{\cancel{m_{es}}}$ also $\frac{8}{3}\cdot\alpha = \frac{m_{DQ}\cdot c\cdot\lambda}{\frac{1}{4}m_{ps}\cdot c\cdot\lambda} = \frac{h_{DQ}}{\frac{1}{4}h}$ und $\frac{2}{3}\cdot\frac{8}{3}\cdot\alpha = \frac{h_{DQ}}{\frac{3}{8}h}$.

Damit ergibt sich folgendes Ergebnis $\mu_\mu = \underbrace{-4{,}490.448.352.96}_{Messwert\,=-4{,}490.448.30\,(10)}\cdot 10^{-26}\cdot J/T$. Die Rechengenauigkeit ist $-u(\mu_\mu) = \pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$. Einsetzen ergibt

$\mu_\mu = -2/9\cdot ec\lambda\cdot\frac{16}{5}\cdot\frac{1}{2}g_e\cdot\frac{1+\frac{h_{DQ}}{3/8\cdot h}}{1+\frac{h_{DQ}}{1/4\cdot h}}$ bzw. $\boxed{\mu_\mu = -2/9\cdot ec\lambda\cdot g_e\cdot\frac{16}{15}\cdot\underbrace{\frac{\frac{3}{8}h+h_{DQ}}{\frac{2}{8}h+h_{DQ}}}_{1{,}490.455.921}}$, womit ein Wirkungsverhältnis auftritt. Auch diese Struktur überzeugt durch Einfachheit und Präzision.

Es können diese Strukturen weiter konkretisiert werden.

10 Myon-Gyromagnetischer-Faktor und Myon-Masse

Es ist $\underbrace{\frac{g_\mu}{2\cdot m_\mu} = 2\cdot\frac{|\mu_\mu|}{e\hbar}}_{bekannte\ Codata-Formel}$ mit $\boxed{m_\mu = m_{es}\cdot\left[\left(2+\frac{\pi}{4}\right)+\frac{1}{9}\frac{m_{ps}}{m_{es}}+2\cdot\frac{m_{DQ}}{m_{es}}\cdot\frac{-m_{ve}}{m_{es}}\right] = \underbrace{1{,}883.531.624.5\cdot 10^{-28}}_{Codata\ =1{,}883.531.627.0\,(42)}}$

bzw. mit $\boxed{m_{es} = m_e\cdot\frac{1-\frac{\varphi\alpha}{2}}{1-\frac{2}{3}\alpha^2}}$. Damit beinhaltet der Masseterm m_μ drei Masse-Anteile [7)].

Mit diesen Zusammenhängen berechnet sich $g_\mu = \underbrace{-2{,}002.331.864}_{Codata\ =2{,}002.331.864\,(13)}\ \pm 3{,}0\cdot 10^{-10}$.

11 Pion-Masse

Es ist $m_\pi = \frac{\varphi}{2\pi}\cdot m_{ps}\cdot\frac{1}{\underbrace{1+\frac{m_{DQ}}{m_{es}}\cdot\frac{3}{2}\cdot\frac{m_{ve}}{m_{es}}}_{=1/1{,}000.052.129}} = \underbrace{139{,}570.50}_{Messwert\ =139{,}570.61\,(24)}\cdot MeV$ (s. auch [8)]),

also $M_\pi = 1+\frac{4\pi}{\varphi}\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{2}\cdot\frac{1}{3}\cdot\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2$ bzw. $\boxed{M_\pi = 1+\frac{\pi}{3}\cdot\varphi\alpha^2}$.

Wie zu sehen dominiert der Hauptterm $\frac{\varphi}{2\pi}\cdot m_{ps}$.

Dieser Term zeigt an, dass das Pion ein Teilchen ist, das nicht „offen“ ist, wie z. B. das Proton, sondern eine in sich geschlossene Existenzweise hat. Die einfachste Form einer geschlossenen Linie ist der Kreis. Mit Elementarlänge λ als Radius beträgt der Umfang $2\pi\cdot\lambda$. Diesen mit der Invarianz-Geschwindigkeit c einmal voll umlaufen, erfordert die Zeit $t_\pi = 2\pi\cdot\tau$. Ein Teilchen mit dieser in sich geschlossener Existenz hat eine um 2π kleinere Masse als das Proton. Im geschlossenen System ist kein in größere Entfernung auslaufendes Feld gegeben. Der ganze geschlossene Kreisumfang $2\pi\cdot\lambda$ ist somit durch die schwächere Nahstruktur des Feldes gegeben.

Daher ist das Teilchen um φ leichter. Die Modifizierung des Pion-Terms mit φ hat einen Schalenaspekt mit c– Umläufen: der letzten Elementardauer der Weltzeit zugehörig auf $\left(1+\frac{1}{2}\lambda\right)$-Radius; der vorletzten Elementardauer zugehörig auf $\left(2+\frac{1}{2}\lambda\right)$-Radius; der n. -letzten Elementardauer zugehörig auf $\left(n+\frac{1}{2}\lambda\right)$-Radius. Die Aufsummierung über die Umläufe aller Zeit ergibt den Faktor φ ([2)] s. S. 223).

12 Deuterium-Magnetmoment

Wie bisher wird auch μ_d als <u>selbständige</u> Größe bestimmt, d. h. es wird angenommen, dass das Deuterium allein aus sich selbst diesen physikalischen Effekt hervorbringt.

Es wird wie bisher die Struktur $\boxed{\mu_d = 2/9 \cdot ec\lambda / M_{\mu_d}}$ zugrunde gelegt jedoch hier mit $\boxed{M_{\mu d} = 1 + A \cdot \left[1 + B/\left(1+C\right)\right]}$. Der Haupt-Mitbewegungseffekt $1+A$ ist durch den Neben-Mitbewegungseffekten $1+B$ verstärkt der mit $1+C$ einfach abgestuft ist. Die Mitbewegungsterme sind leicht zu identifizieren, da die Terme vor den eckigen Klammern bereits bekannt sind (s. v. g. Begriffsbestimmungen). Es ist

$$A = \underbrace{1 + \frac{\varphi\alpha}{2}}_{aus\ (4)} \cdot \left[2 \cdot 4\pi\right],\ B = \underbrace{1 + 3 \cdot \alpha \cdot \frac{2}{\varphi}}_{aus\ (7)} \cdot \left[\frac{\varphi\alpha}{2} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4\pi\right] \text{ und } C = \underbrace{1 + \frac{\alpha}{2}}_{aus\ (7)} \cdot \left[\frac{2}{3}\right]^3.$$

$$\boxed{\mu_d = \frac{1}{3} \cdot \frac{\frac{2}{9} ec\lambda}{M_{\mu d}} = \overbrace{4{,}330.735.100}^{\substack{Messwert = \\ 4{,}330.735.94(11)}} \cdot 10^{-27} \cdot \frac{J}{T}}$$

. Das Ergebnis liegt innerhalb der Messgenauigkeit. Es tritt nur ein Drittel des Grundterms auf. Einsetzen führt auf

$$M_{\mu d} = 1 + \frac{2\lambda}{r_L} \cdot \left[4\pi\right] \cdot \left\{ \underbrace{1 + \frac{\overbrace{2\lambda \cdot c \cdot \frac{2\pi}{\varphi} m_{es}}^{=\alpha h}}{\overbrace{\frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{3} h}^{=1+3\cdot\alpha\cdot 2/\varphi}}}_{\substack{Haupt-Mitbewegung \\ als\ Wirkungsverhältnis}} \cdot \underbrace{\overbrace{\left[\frac{m_{ps}}{\frac{2\pi}{\varphi} m_{es} \cdot \left[\frac{2}{3}\right]^3 + m_{ps}}\right]}^{=1/\left(1+1/2\cdot\alpha\cdot\left[2/3\right]^3\right)}}_{\substack{Neben-Mitbewegung \\ als\ Massenverhältnis}} \cdot \left[\frac{\varphi\alpha}{2} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4\pi\right] \right\}$$

Die weitere Zuordnung ergibt

$$\boxed{M_{\mu_d} = 1 + \frac{2\pi \cdot 2\lambda}{\frac{1}{2} r_L} \cdot \left\{ 1 + \frac{2 \cdot \overbrace{\lambda \cdot \frac{\varphi\alpha}{2}}^{=r_e} \cdot c \cdot \frac{2\pi}{\varphi} \cdot \overbrace{m_{es} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3}^{Myon-Neutrino}}{\frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{2} \hbar} \cdot \frac{m_{ps}}{\frac{2\pi}{\varphi} \cdot \underbrace{m_{es} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3}_{Myon-Neutrino} + m_{ps}} \right\}}$$

Es können diese Strukturen durch Ausmultiplizieren leicht weiter konkretisiert werden.

Wie zu sehen, unterliegt der Term $2\pi/\varphi \cdot m_{es} \cdot (2/3)^3$ einer Mitbewegung, wobei mit $m_{\nu\mu} = (2/3)^3 \cdot m_{es}$ die Masse des Myon-Neutrinos beteiligt ist und mit $\lambda \cdot \varphi\alpha / 2 = r_e$ der Radius der Massekugel des Elektrons. Es tritt ein Wirkungsverhältnis auf, wobei die Myon-Masse $m_{\nu\mu}$ einer Mitbewegung unterliegt. Wie die Struktur zeigt, läuft das Myon-Neutrino auf dem doppelten Radius der Elektron-Massekugel $2r_e = 2\lambda \cdot \varphi\alpha / 2$ mit c-Geschwindigkeit. Die dabei erzeugte Wirkung ist <u>nicht</u> in sich geschlossen, sondern macht sich im Effekt des Magnet-Moments bemerkbar. Es ist also ein in größere Entfernungen auslaufendes Feld gegeben. Der ganze geschlossene Kreisumfang ist somit durch die stärkere Fernstruktur des Feldes bestimmt und damit um $1/\varphi$ vergrößert $2\pi \cdot m_{\nu\mu} / \varphi$.

Die angegebenen Strukturen sind physikalisch und nicht bloß numerologisch.

13 Zerfall des freien Neutrons

Man kann man nicht vorhersagen, zu welchem Zeitpunkt der Zerfall bei einem bestimmten Neutron passiert, denn der Betazerfall ist ein Quantenphänomen und läuft rein zufällig ab. Es kann nur angegeben werden, wie lange es im Durchschnitt dauert. Diese mittlere Lebensdauer wird gemessen, indem der Zerfall einer großen Zahl von Teilchen beobachtet wird. Lt. Standardmodell gilt $T_N = 2\pi^3 \cdot \frac{\hbar^7}{m_e^{\,5} \cdot c^4} \cdot \frac{1}{f^R} \cdot \frac{1}{g_v^{\,2} + 3 g_A^{\,2}}$ mit $g_v = 1{,}4197(41) \cdot 10^{-62} \cdot Jm^3$ und $g_A = -1{,}7910(25) \cdot 10^{-62} \cdot Jm^3$ also mit $\left(g_v^{\,2} + 3 \cdot g_A^{\,2}\right) = \left(3{,}4093...3{,}4172 \cdot 10^{-62}\right)^2 \cdot Jm^3$ wobei g_v der sogen. Polarvektor der Kopplungskonstanten der schwachen Wechselwirkung ist und g_A der sogen. Axial-Vektor. Mit $f^R = 1{,}71471(15)$ errechnet sich mit dieser Formel $\boxed{T_N = 889{,}6 \pm 2{,}3 \cdot s}$ (s. Phys. Bl. 47, Nr. 7 im Jahr 1991 [9]). Um diese Struktur in philberth'sche Elementareinheiten [2] zu übertragen, wird die Dimensionen Jm^3 betrachtet. Es ist $Jm^3 = \underbrace{kg \cdot m^2 / s^2}_{Energie} \cdot \underbrace{m^3}_{Volumen}$ also Energie E multipliziert mit Volumen V. Es ist also $T_N = 2\pi^3 \cdot \frac{\hbar^7}{m_e^{\,5} \cdot c^4} \cdot \frac{1}{f^R} \cdot \frac{1}{(V \cdot E)^2}$. Mit V als Kugelvolumen ergibt sich

$$T_N = 2\pi^3 \cdot \frac{\hbar^5}{m_e^{\,5} \cdot c^4} \cdot \frac{h^2}{f^R} \cdot \frac{1}{(2\pi \cdot V \cdot E)^2} \text{ also } T_N = \frac{(2\pi)^3}{4} \cdot \left(\frac{\hbar}{m_e \cdot c}\right)^5 \cdot \frac{c}{f^R} \cdot \left(\frac{h}{\frac{4\pi}{3} \cdot V}\right)^2 \cdot \frac{1}{(3/2 \cdot E)^2}.$$

Hier wurde mit c erweitert, um die gleiche Dimension wie m_e und $\hbar$ zu erhalten sowie mit $3/2$, um den Volumenbeiwert $4\pi/3$ zu erhalten. In enger Anlehnung an diese Theorie-Struktur können nun die Terme für V und E eingesetzt werden. Es liegt nahe für $V = r_L^{\,3}$ und für $\frac{3}{2} E = \frac{3}{2} m_{es} \cdot c^2 \cong \Delta m \cdot c^2$ anzusetzen. Es erscheint dann mit $\left[1h / \left(4\pi / 3 \cdot r_L^{\,3}\right)\right]^2$ das Quadrat einer Wirkungsdichte bezogen auf den Raum innerhalb des Ladungsradius r_L und mit $\left(\Delta m \cdot c^2\right)^2$ das Quadrat der Massenenergie der Deltamasse Δm aus Formel (2) also

$$T_N = \underbrace{\frac{2\pi}{4}}_{Vorfakor} \cdot \left(\frac{\hbar}{m_e \cdot c}\right)^5 \cdot \underbrace{\frac{1}{f^R}}_{1{,}71471} \cdot c \cdot h^2 \cdot \underbrace{\frac{1}{\left(\frac{4\pi}{3} \cdot r_L^{\,3}\right)^2} \cdot \frac{1}{\left[\left(\Delta m \cdot c^2\right)^2 \cdot \frac{4}{(2\pi)^3} \cdot \frac{9}{4} \cdot \underbrace{x}_{3{,}438.780^{-23}}\right]}}_{=\left(g_v^{\,2} + 3 \cdot g_A^{\,2}\right)}.$$

Nachdem V und E definiert sind, muss der Faktor $x = (2\pi)^2 \cdot (4/9)^2 \cdot |\tau| - 3{,}2 \cdot 10^{-4}$ eingeführt werden, um $\left(g_v^{\,2} + 3 \cdot g_A^{\,2}\right)$ im Rahmen der Theorie-Ungenauigkeit einzustellen. Zuletzt muss noch der Vorfaktor $2\pi/4$ eingeführt werden, um den Theoriewert $T_N = 889{,}6 \pm 2{,}3 \cdot s$ mit $T_N = 889{,}9 \cdot s$ einzustellen. Somit ergibt sich für die eckige Klammer der Term $\left[\left(\Delta m \cdot c^2\right)^2 \cdot \frac{4}{(2\pi)^3} \cdot \frac{9}{4} \cdot (2\pi)^2 \cdot \left(\frac{4}{9}\right)^2 \cdot |\tau|\right]$ bzw. $\left[\left(\frac{2}{3} \Delta m \cdot c^2\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot |\tau|}{\pi}\right]$ also

(15) $$T_N = \frac{2\pi}{4}\cdot\left(\frac{\hbar}{m_e\cdot c}\right)^5\cdot\underbrace{\frac{1}{f^R}}_{=1,71476}\cdot c\cdot h^2\cdot\underbrace{\frac{1}{\left(\frac{4\pi}{3}\cdot r_L^{\,3}\right)^2}\cdot\frac{1}{\left[\left(\frac{2}{3}\Delta m\cdot c^2\right)\cdot\left(\frac{2\cdot|\tau|}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^2}}_{=\left(g_V^{\,2}+3\cdot g_A^{\,2}\right)} = 889,9\cdot s$$

Sensitivität: Wird anstelle der Gesamt-Elektronmasse m_e die statische Masse m_{es} angesetzt, so führt das auf $T_N = 905,0\cdot s$. Wird anstelle Δm mit $3/2\cdot m_{es}$ gerechnet, so erhält man $T_N = 933,3\cdot s$. Wird beides angesetzt, so ergibt sich $T_N = 949,2\cdot s$. Alle diese Resultate stimmen nicht mit dem Messwert überein. Für f^R kann der Term $f^R = 3/2\cdot 1/\varphi^2\cdot\left[1+9/8\cdot 2\pi/\alpha\right] = 1,71476\underbrace{-3,0\cdot 10^{-5}}_{zul.\ \pm 8,75\cdot 10^{-5}}$ angegeben werden.

Nun ist aber dieser aus dem Jahr 1991 stammende Wert zwischenzeitlich überholt. Wikipedia [10)] nennt als Neutron-Zerfallszeit den Wert $T_N = 880,2\pm 1,2\cdot s$.

Um diesen Wert mit Formel (16) innerhalb der Messungenauigkeit einzustellen, müsste im <u>Nenner</u> zusätzlich der Term $(1+4/3\cdot\alpha)$ angesetzt werden. Es ist dieser Term aber wohl bloß numerologisch. Jedoch liefert die folgende Formel innerhalb der Theoriegenauigkeit den aktuellen Wert:

(16) $$T_N = \overbrace{\left(\frac{\hbar}{m_{es}\cdot c}\right)^5}^{(2\pi\cdot r_L)^5}\cdot c\cdot\left(\frac{h}{\frac{4\pi}{3}r_L^{\,3}}\right)^2\cdot\frac{1}{\left[\left(\underbrace{\frac{3}{2}m_{es}}_{\Delta m^*}\cdot c^2\right)\cdot\left(\frac{1\cdot|\tau|}{3}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^2} = \underbrace{879,6}_{zul.\ 880,2\pm 1,2}\cdot s$$

Hier tritt nun anstelle der Gesamt-Elektronmasse m_e die statische Masse m_{es} des Elektrons auf und in der eckigen Klammer Δm^* gleich Δm <u>ohne</u> den Mitbewegungsterm, s. Formel (2). Zudem ist f^R als mathematische Größe hier <u>ohne</u> Bedeutung. Besonders interessant ist, ebenso wie in Formel (16), die Stückelung der Energie, hier des Terms $\boxed{\Delta m^*\cdot c^2 = 3/2\cdot m_{es}\cdot c^2}$ mit $(1/3\cdot|\tau|)^{\frac{1}{2}}$ bzw. mit $(1/3\cdot 4,4082805437\cdot 10^{-24})^{\frac{1}{2}}$ in $1/1,212.199.178\cdot 10^{12}$ Portionen also in enorm kleine Energie-Quanten. Formel (17) lässt sich umformen zu $\boxed{T_N = \frac{1}{\varphi}\cdot\frac{1}{2}\frac{\hbar}{\lambda\tau}\cdot\underbrace{\frac{1}{\left[\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{\varphi}\cdot\frac{\Delta m^*\cdot c^2}{\lambda}\right]}}_{=r_L/\lambda}\cdot\frac{\tau}{\frac{1}{3}|\tau|}}$, so dass der Term in der eckigen Klammer der elektrischen Anziehungskraft zweier Elementarladungen $1e\cdot 1e/4\pi\varepsilon_0$ im Abstand $a^2 = (2\lambda)^2$ entspricht und weiterhin Δm^* enthält. Anscheinend herrscht im Innern des freien Neutrons ein permanenter Bedarf an Energie um den Zusammenhalt zu bewerkstelligen. Diese Energie wird von $\Delta m^*\cdot c^2$ entnommen bis $\Delta m^* = 0$. In diesem Moment startet der Zerfall des Neutrons mit der Emission eines Anti-Elektron-Neutrinos.

14 Ursache für Zerfall des Neutrons

14.1 Neutron-Bestand

Das Proton des Neutrons befindet sich in der Mitte des Neutron-Innenraums. Das Proton rotiert um sich selbst. Seine positive Elementarladung ist nicht gleichmäßig über die Kugeloberfläche der Proton-Massenkugel verteilt ist, sondern belegt nur eine Halbschale. Das im Neutron befindliche Elektron umläuft (analog zum Wasserstoffatom) das Proton. Die Fliehkraft der Elektronmasse und die zwischen Elektron und Proton herrschende elektrische Anziehungskraft stehen im Kräftegleichgewicht. Aufgrund des periodisch wechselnden Abstands der beiden Elementarladungen vollführt das Elektron bei seinem Umlauf eine zum Proton hin ausgerichtete Pendelbewegung. Dadurch ist die Oberfläche des Neutrons wie wellenförmig. Im Vergleich zum Elektron des Wasserstoffatoms ist das Elektron des Neutrons etwas größer (wie ein freies Elektron). Es ist aber etwas leichter, wodurch es sich in einem <u>labilen</u> Zustand befindet.

14.2 Neutron-Zerfall

Der Übergang des Elektrons in einen stabilen Zustand erfolgt spontan. Dies ist der Beginn des Neutron-Zerfalls. Es wird in diesem Moment innerhalb einer Elementardauer 1τ aus dem Elektron eine negative Masse in der Größe des Anti-Elektron-Neutrinos abgesondert (emittiert). Dadurch nimmt die verbliebene Masse des Elektrons zu. Die Fliehkraft des Elektrons übersteigt die elektrische Anziehungskraft. Die Umlaufbahn beginnt sich unaufhaltsam wie auf einer Spiralbahn zu weiten und die Bindung geht nach milliardstel Mal millionstel Sekunden verloren. Die Pendelbewegung des Elektrons wird kleiner. Die Größe des Elektrons bleibt erhalten. Schließlich ist das Elektron mit einem Teil seiner Bahnenergie ungebunden (frei) unterwegs. Es ist emittiert, das Neutron zerfallen.

14.3 Kräftegleichgewicht zwischen Fliehkraft und elektrischer Anziehungskraft

(17) $$\boxed{\underbrace{\frac{\frac{1}{2} m_{es} \cdot \frac{1}{\varphi} \cdot \overbrace{v_B}^{=c}}{1\lambda \cdot f^2}}_{Fliehkraft} = \underbrace{\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{(2\lambda)^2 \cdot f^2}}_{elektrische\ Anziehungskraft}}$$

Faktor f ist eingeführt um die Gleichung auf beliebige Abstände a anzuwenden.

14.4 Pendelbewegung des Elektrons im Neutron

Es befindet sich die Elementarladung auf der unteren Kugelhälfte der Proton-Massekugel mit Radius $r_P = 2\lambda / \pi$ ebenso wie auf der oberen Kugelhälfte der Elektron-Massekugel mit Radius r_e. Aufgrund der Rotation des Protons und Elektrons (Umlauf um sich selbst, Spin), befindet diese Ladung sich eine Viertel-Zyklus-Dauer später auf der linken Kugelhälfte, hat also radial den Weg $2\pi \cdot r_p / 4 + 2\pi \cdot r_e / 4$ und axial den Weg $r_P + r_e$ zurückgelegt, wieder eine Viertel-Zyklus-Dauer später auf der unteren und nochmal eine Elementardauer (1τ) später auf der rechten Kugelhälfte (bei Drehung im Uhrzeigersinn, sonst umgekehrt). Der Elektronspin ist umgekehrt zum Proton-Spin. Die Elektronmassekugel befindet sich im Mittelpunktabstand $r_L = z \cdot \lambda$ mit $z = 2 / \varphi\alpha$ vom Proton. Aus dessen Sicht erscheint die Elementarladung des Elektrons wie eine Punktladung. Aufgrund der wechselnden Stellung der Elementarladung des Protons zur Elementarladung des Elektrons

ist axial der Weg $a = r_L \pm (r_P + r_e)$ wirksam. Es vollführt die Elementarladung des Elektrons während des c-Umlaufs auf r_L genau eine solche Pendelbewegung aus. Zu Beginn des ersten Quadranten befindet sie sich in der axialen Stellung $a = r_L - (r_P + r_e)$, zu Beginn des zweiten Quadranten ist $a = r_L \pm 0$, zu Beginn des dritten Quadranten ist $a = r_L + (r_P + r_e)$ und zu Beginn des vierten Quadranten ist wieder $a = r_L \pm 0$. Dann beginnt der Zyklus erneut. Im Moment des Starts ist die Laufgeschwindigkeit null und beschleunigt auf Maximalwert. Während der nächsten Quadranten wird sie wieder auf null abgebremst. Im Mittel ist sie in jedem der vier Quadranten hälftig wirksam. Pro einer Umlaufdauer $T = 2\pi \cdot r_L / c$ erzeugt die Elektronmasse in Summe die Pendel-Wirkung Δh

(18)
$$\boxed{\Delta h = \overbrace{2\pi \cdot z}^{\text{Aufsummierung während eines } c\text{–Umlaufs auf } r_L} \cdot \overbrace{4}^{\text{Aufsummierung während eines Zyklus}} \cdot m_{es} \cdot \overbrace{\frac{1}{2}}^{\text{Mittelwert der Rotations–Geschwindigkeit}} \cdot \left[\overbrace{\frac{c}{z}}^{\text{Rotations–Geschwindigkeit des Protons}} \cdot \underbrace{x \cdot \frac{2\pi \cdot \overbrace{r_p}^{\text{Radius der Proton–Massekugel}}}{4}}_{= x \cdot \lambda} \overbrace{+}^{\text{gebundene Ausrichtung}} \underbrace{\overbrace{\frac{c}{z} \cdot \frac{1}{\pi}}^{\text{Rotations–Geschwindigkeit des Elektrons}}}_{\text{Beweis s.u.}} \cdot x^2 \cdot \frac{2\pi \cdot \overbrace{r_e}^{\text{Radius der Elektron–Massekugel}}}{4} \right]}.$$

Faktor x ist in Formel (20) erläutert.

Aufgrund der gebundenen Ausrichtung der beiden Elementarladungen beträgt der pro einer Viertel-Zyklus-Dauer zurückgelegte Weg auch beim Elektron ein Viertel des Elektron-Umfangs. Es ist daher die Rotation-Geschwindigkeit der Elementarladung des Elektrons um das $1/\pi \cdot 1/z$-fache langsamer als die des Protons.

14.5 Magnetflussdichte im Neutron

Durch die Pendelbewegung des Elektrons wird genau die Magnetflussdichte erzeugt, wie sie auch im Innenraum des Ladungsradius also im Innern des Neutrons vorherrscht. Nun kann der Magnetfluss $\Delta h / e$ aber nicht in den Innenraum des Ladungsradius eindringen, da dort die gleiche Flussdichte B bereits vorherrscht. Folglich wird eine an den Ladungsradius angrenzende äußere leere kugelförmige Raumschale mit Magnetfluss beaufschlagt. Damit diese äußere Raumschale sich nicht von der inneren unterscheidet, muss die Magnetflussdichte B gleichbleiben. Somit gilt

(19)
$$\boxed{B = \underbrace{\frac{h}{e} \cdot \frac{1}{4\pi \cdot r_L^2 / 2}}_{\text{innen}} \overset{!}{=} \underbrace{\frac{h + \Delta h}{e} \cdot \frac{1}{4\pi \cdot (r_L + x \cdot \lambda)^2 / 2}}_{\text{außen}}}.$$

Mit $z = 2 / \varphi\alpha$ und $r_L = z \cdot \lambda$ ergibt sich $1 + \Delta h / h = (1 + x / z)^2$. Es ist an dieser Stelle offengehalten, wie dick die äußere Kugelschale ist. Um dies abzubilden wurde der Faktor x eingeführt. Demnach ist der Ladungsradius r_L des Neutrons um $\Delta r = x \cdot \lambda$ vergrößert. Somit ergibt sich $1 + \Delta h / h = 1 + 2x / z + (x / z)^2$ bzw. $\Delta h = h / z^2 \cdot (2xz + x^2)$ bzw. $\Delta h = h_{es} \cdot 2\pi \cdot \cancel{z} / z^{\cancel{2}} \cdot (2xz + x^2)$ also $\boxed{\Delta h = \varphi\alpha h_{es} \cdot 2\pi \cdot (2xz + x^2) / 2}$. Das gleiche Resultat ergibt sich im Bild des Magnetflusses [5)] mit $\Delta\Phi = (h + \Delta h) / e = \underbrace{\varphi\alpha h_{es} / e \cdot 2\pi}_{\Phi_0} \cdot (x \cdot 1 + z)^2 / 2$, mit Φ_0 als Elementar-Magnetflussquantum, das sich im „Entstehungsraum“ zu $\Phi_0 \cdot 1/2 \cdot z^2 = h / e$ aufsummiert, so dass $\cancel{h} + \Delta h = 2 \cdot 2\pi \cdot h_{es} / z \cdot (\cancel{z}^{\cancel{2}} + 2xz + x^2) / 2$ gilt, was für $x = 1$ wieder zu Formel (19) führt und die um das $1/\pi \cdot \varphi\alpha / 2$-fache langsamere Rotations-Geschwindigkeit der Elementarladung des Elektrons bestätigt (**qed**.).

14.6 Radius der Elektron-Massekugel

Der Term $\Delta h = 2\cdot 2\pi\cdot m_{es}\cdot c\cdot\lambda\cdot x + 1\cdot 2\pi\cdot m_{es}\cdot c\cdot\overbrace{\lambda\cdot\varphi\alpha/2}^{=r_e}\cdot x^2$ ergibt sich aus der Magnetfluss(Flächen)dichte B und ist die infolge der Pendelbewegung der Elementarladung erzeugt Wirkung der statischen Elektronmasse. Der Term setzt sich aus zwei Anteilen zusammen. Der zweite Anteil kommt zustande, da auch die negative Elementarladung des Elektrons nicht gleichmäßig über die Kugeloberfläche der Elektron-Massenkugel verteilt ist, sondern nur eine Halbschale belegt, so dass $a = r_L \pm (r_P + r_e)$ gilt. Es resultiert also $\Delta h_{_r_e}$ aus der Aufsummierung über einen Umlauf $2\pi r_e$ mit c-Geschwindigkeit. Nun lässt sich die Größe r_e bestimmen. Der Radius der Elektron-Massenkugel ergibt sich zu

(20) $\boxed{r_e = \lambda\cdot(\varphi\alpha/2)}$.

Sensitivität: Es wäre vielleicht denkbar diesen Term als Mitbewegungseffekt zweier Massen aufzufassen, z. B. ergibt $(1+x\cdot\varphi\alpha/2)^2 = 1+2x/z+(x/z)^2 \cong 1+2x/z = 1+x\cdot 4\pi\cdot m_{es}/m_{ps}$, was bedeutet, dass die Schwerpunktbewegung ebenfalls einen positiven Wirkungsbeitrag leisten würde. Dies widerspricht jedoch der im Wasserstoffatom getroffenen gegenteiligen Feststellung, womit diese Interpretation ausscheidet. Zudem müsste der wichtige Term $(x/z)^2$ vernachlässigt werden, was auch nicht zulässig ist.

14.7 Masse des Elektrons im Neutron

Es verteilt sich also die Elektronmasse auf ein größeres Volumen $\Delta r = x\cdot\lambda$. Die Masse des Elektrons im Wasserstoffatom berechnet sich über $m_{e\ im\ H-Atom} = m_{es}\cdot[1+1/(z-1)]\cdot(1-2/3\cdot\alpha^2)$. Dem entsprechend berechnet sich die Masse des Elektrons im Neutron über $m_{e\,im\,Neutron} = m_{es}\cdot\left(1+\frac{1}{z-1+x}\right)\cdot\left(1-\frac{2}{3}\cdot\alpha^2\right)$. Dies führt auf $\frac{m_{e\,im\,Neutron}}{m_{e\,im\,H-Atom}} = \left(\frac{z+x}{z-1+x}\right)\cdot\frac{z-1}{z}$ also auf $\frac{m_{e\,im\,Neutron}}{m_{e\,im\,H-Atom}} = \frac{z^2+z\cdot(x-1)}{z^2+z\cdot(x-1)} - \frac{x}{z^2+z\cdot(x-1)}$ bzw. auf $\frac{m_{e\,im\,Neutron}}{m_{e\,im\,H-Atom}} = 1 \overset{!}{-} \frac{x}{z^2+z\cdot(x-1)}$. Die Masse des Elektrons ist geringer als die des Elektrons im Wasserstoffatom und zwar um $\Delta m_e = m_{es}\cdot\frac{z}{z-1}\cdot\left(-\frac{x}{z^2+z\cdot(x-1)}\right)\cdot\left(1-\frac{2}{3}\alpha^2\right)$ bzw.

$\Delta m_e \cong -m_{es}\cdot\frac{1}{z-1}\cdot\left(\frac{x}{z+x-1}\right)$ bzw. $\Delta m_e \cong 3\cdot\underbrace{\frac{1}{3}\cdot -m_{es}\cdot\frac{1}{z^2}}_{=-m_{ve}}\cdot\frac{1}{z-1}\cdot\left(\frac{z^2\cdot x}{z+x-1}\right)$ also

$\Delta m_e \cong 3\cdot -m_{ve}\cdot\frac{x}{1-1/z+(z-1)/z^2\cdot(x-1)}$. Für $x=1$ ist $\Delta m_e \cong 3\cdot -m_{ve}$.

Diese etwas zu kleine Masse des Elektrons im Neutron ist die Ursache für dessen labiles Verhalten. Der Faktor 3 entspricht dem Term $4\pi/\varphi_{Z=z_e}\cdot 2/9 = 2{,}998$. Das ist die Hälfte des Anti-Elektron-Neutrino-Anteils an der Elektronmasse des <u>freien</u> Elektrons (s. Formel (19) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten [3)] und s. nächsten Abschnitt).

14.8 Ausdehnung des Elektrons im Neutron

Bis hierhin ist mit Faktor x offengehalten, wie dick $x \cdot \lambda$ die über den Ladungsradius r_L des Elektrons hinausgehende äußere Kugelschale ist. Sowohl die Magnetflussdichte als auch die leichter gewordene Elektronmasse sind nicht Ursache für die Volumenzunahme. Hierzu wird auf Kapitel 8, s. S. 25, Gl. (19) der Ausarbeitung zur Rydberg-Konstanten [3)] verwiesen. Demnach bestimmt das freie Elektron aufgrund seiner Eigenmächtigkeit aus sich selbst seine eigene Ausdehnung. Mit sehr guter Näherung kann zum Abbilden dieser Eigenschaft folgende Iterationsrechnung angesetzt werden (s. auch dort):

Es ist: $\boxed{\varphi_e = \varphi_{z=1bis294} + \overbrace{\Delta\varphi_{z=295} \cdot y}^{lineare\ Näherung} = \frac{2}{294+x} \cdot \frac{1}{\alpha}}$ wobei sich über $\boxed{\varphi_z = \sum_1^z \left(n + \frac{1}{2}\right)^{-2}}$ für $\varphi_{z=1bis294} = 0{,}931.412.373.282$ und für $\Delta\varphi_{z=294\,bis\,295} = 1{,}145.209.731 \cdot 10^{-5}$ ergibt. Die Gleichung ist erfüllt bei $y = 0{,}253.278.829$, was zu $\boxed{z_e = 294{,}253.278.829}$ und zu $\boxed{\varphi_{z=z_e} = 0{,}931.415.273.856}$ führt. Dabei ist z_e die Anzahl der λ–dicken Kugelschalen, die den Innenraum des freien Elektrons bilden (s. Kapitel 8, 4. Punkt der Erläuterung zu Formel (19) auf S. 25) [3)]. Aus diesem Grund beträgt der Ladungsradius r_{L_frei} des freien Elektrons $r_{L_frei} = r_L \cdot \frac{\varphi_{z=\infty}}{\varphi_{z=z_e}}$ ist also um $\Delta r = r_{L_frei} - r_L = \lambda \cdot \frac{2}{\alpha} \cdot \left(\frac{1}{\varphi_{z=z_e}} - \frac{1}{\varphi_{z=\infty}}\right) = 1{,}066.123.168 \cdot \lambda$ größer.

Daher ist für das Elektron im Neutron $\boxed{x = 1}$ anzusetzen, was bedeutet, dass dieses sich wie ein freies Elektron verhält, bei dem für die Feldkonstante φ der Term $\varphi = \varphi_{z=z_e}$ gilt, während im Wasserstoffatom $\varphi = \varphi_{z=\infty}$ ist.

14.9 Austrittsenergie des Anti-Elektron-Neutrinos

Diese berechnet sich mit

(21) $$\boxed{E = \frac{(3-x) \cdot m_{ve} \cdot (c - v_B)^2}{e}}.$$

Bei $v_B = 0$ gilt:

Für $x = 3$ ist $E = 0$, d. h. der Austritt aus dem Neutron erfolgt ruhend. Für $x = 2$ ist $E = 1{,}98 \cdot eV$ und für $x = 1$ ist $E = 3{,}95 \cdot eV$. In der Bandbreite zwischen $E = 0$ und $E = 3{,}95 \cdot eV$ ist aber - mit Blick darauf, dass der Radius der Elektron-Massekugel mit $x = 1$ einen bestimmten Wert hat $E = 3{,}95 \cdot eV$.

14.10 Austrittsenergie des Elektrons

Zur Berechnung der Austrittsenergie wird auf die linke Gleichungsseite in Formel (17) $F = \frac{\frac{1}{2} m_{es} \cdot \frac{1}{\varphi} \cdot v_B}{1\lambda \cdot f^2}$ Bezug genommen. Es beträgt $F \cdot \frac{2}{3} \cdot \lambda \cdot \underbrace{f^2}_{=1} \cdot v_B = \underbrace{\frac{2}{3}}_{!} \cdot \frac{1}{2} m_{es} \cdot \frac{1}{\varphi} \cdot v_B{}^2 = E_{Bahn}$.

(22) $$\boxed{E_{Austritt} = \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \frac{1}{2} m_{es} \cdot \frac{1}{\varphi} \cdot v_B{}^2 = \underbrace{18{,}4}_{18{,}6\ beim\ Tritium} \cdot keV}$$, bei $v_B = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{2\pi} \cdot c = \frac{c}{\pi}$, s. Formel (18).

Demnach wird $2/3$ der Bahnenergie als Austrittsenergie dem Elektron mitgegeben.

14.11 Verhalten des Elektrons beim Austritt aus dem Neutron

Zwar wäre das Kräftegleichgewicht auch nach dem Austritt des Anti-Elektron-Neutrinos gegeben, wenn $\frac{\frac{1}{2}\left(m_{es}+\Delta m\right)\cdot\frac{1}{\varphi}\cdot v_B}{\lambda+\Delta r}=\frac{\frac{1}{2}m_{es}\cdot\frac{1}{\varphi}\cdot v_B}{\lambda}$ gelten würde, also $\frac{\left(m_{es}+\Delta m\right)}{\lambda+\Delta r}=\frac{m_{es}}{\lambda}$ bzw. $1+\frac{\Delta m}{m_{es}}=1+\frac{\Delta r}{\lambda}$ also $\frac{1m_{ve}}{m_{es}}=\frac{\Delta r}{\lambda}$ und hieraus

(23) $$\boxed{\Delta r=\frac{1}{3}\cdot\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2\cdot c\cdot 1\tau}.$$

Da das Kräftegleichgewicht aber nicht mehr besteht, geht dadurch die Bindung praktisch sofort verloren. Es entfernt sich das Elektron in der ersten Elementardauer nach dem Moment des Zerfalls um den Abstand $\Delta r_{1\tau}$. Nach einer Laufzeit von $T=\frac{r_L}{c}=\tau\cdot\frac{2}{\varphi\alpha}$ kommt diese Information beim Proton an. In der Zwischenzeit hat sich das Elektron auf $\Delta r=\frac{1}{3}\cdot\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2\cdot c\cdot\underbrace{\tau\cdot\left(\frac{2}{\varphi\alpha}\right)}_{=1T}$ bereits auf $\Delta r_{1T}=\frac{1}{3}\cdot\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)\cdot\lambda=\frac{1}{3}\cdot r_e$ vom Proton entfernt. Aufgrund der weiter gewordenen Umlaufbahn ist die Ankunft des Elektrons später am Ausgangspunkt bzw. ist die Strecke $2\pi r_L$ früher durchlaufen. Bezogen auf diesen früheren Zeitpunkt hat sich die elektrische Anziehungskraft um $\left(\frac{r_L}{r_L+\Delta r}\right)^2=1/\left(1+\frac{\Delta r}{r_L}\right)^2$ abgeschwächt. Bezogen auf die jeweils früheren Zeitpunkte entfernt sich das Elektron auf einer Spiralbahn bei jedem Umlauf N um $\Delta r_N=N\cdot\Delta r\cdot\left(1+\frac{\Delta r_{N-1}}{r_L}\right)^2$ vom Proton. Nach milliardstel Mal millionstel Sekunden besteht die Bindung nicht mehr.

15 Literaturverzeichnis

1) Quelle: https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/news/2013/neue-messung-der-neutronenlebensdauer/

2) Das All. Physik des Kosmos. ISBN 3-7171-0821-2, Christiana Verlag 1994
Der Dreieine. ISBN 3-717-0183-8, Christiana Verlag, 1976

3) Ausarbeitung zur Rydbergkonstanten
http://www.physik-theologie.de/uploads/tx_sbdownloader/2018_02_18-Rydbergkonstante_des_Wasserstoffatoms.pdf.

4) Codata/ Nist https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html

5) file:///C:/Users/Martin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/GTZQR41A/Elektron_Magnetfeldmasse.pdf

6) file:///C:/Users/Martin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/6ASP79KQ/Molekuel_Modell.pdf

7) file:///C:/Users/Martin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/HO20LWGG/Das_Myon.pdf

8) file:///C:/Users/Martin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/HBELJ6MQ/Das_Pion.pdf

9) https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/phbl.19910470706).

10) https://de.wikipedia.org/wiki/Neutron#cite_note-PDG2018-2)

[1] *Bethe, H. A.; Bacher, R. F. (1936). "Nuclear Physics A. Stationary states of nuclei" (PDF).*
[2] *https://de.wikipedia.org/wiki/Neutron*

Ergebnistabelle

$$\mu_B = \frac{1}{2} e \cdot \frac{\hbar}{m_e}$$ Bohr-Magneton

$$\mu_e = \mu_B \cdot \frac{1}{2} g_e$$ Elektron-Magnetmoment

mit $$\frac{1}{2} g_e = 1 + \frac{\alpha / 2\pi}{1 + \frac{2}{9}\varphi\alpha} \cdot \left[1 + \frac{1}{3}\left(\frac{\varphi\alpha}{2}\right)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \underbrace{\left\{ \frac{4}{3} \cdot \overbrace{\underbrace{\left(1 + \frac{5}{2}\alpha\right)}_{4.\,Ebene}}^{=1{,}018.243\ in\ (4f)\ nicht\ berücksichtigt} \right\}}_{=1{,}357.658} \right] \underbrace{+1{,}34}_{zul.\,\pm 1{,}7} \cdot 10^{-13}$$ g-Faktor Elektron

Die weitere Verbesserung der Genauigkeit des g_e-Werts wird sich nur im Term $(1 + 5/2 \cdot \alpha)$ der geschweiften Klammer abbilden und bleibt abzuwarten.

$$\mu_n = -\mu_B \cdot \frac{m_e}{2m_p} \cdot \frac{1}{M_{g_n}}$$ Neutron-Magnetmoment

$$g_n = 2 \cdot \mu_n \cdot \frac{2m_p}{e \cdot \hbar}$$ also $$M_{g_N} = -g_n$$ Neutron g-Faktor

mit $$M_{g_n} = \frac{2m_p}{m_n} \cdot \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \underbrace{\left[1 + \frac{\alpha \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2\pi}{3}}{1 + \alpha \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2\pi}{3}} \right]}_{=1{,}003.047.393} = -g_N$$ Neutron g-Faktor

$$\gamma_n = 2 \cdot \frac{|\mu_n|}{\hbar}$$ gyromagnetisches Verhältnis Neutron

$$\mu_p = \frac{2}{9} ec\lambda \cdot \frac{1}{M_{\mu_P}}$$ mit $$M_{\mu_p} = 1 + \frac{\frac{1}{3} \cdot \alpha \cdot \frac{1}{5}}{1 + \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{\alpha}}$$ Proton-Magnetmoment

$$\mu_\mu = -\frac{2/9 \cdot ec\lambda}{M_\mu}$$ mit $$M_\mu = \frac{5}{16} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2} g_e} \cdot \frac{1 + \frac{3}{3} \cdot \frac{8}{3}\alpha}{1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{8}{3}\alpha}$$ Myon-Magnetmoment

$$\mu_d = \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{9} ec\lambda \cdot \frac{1}{M_{\mu_d}}$$ mit $$M_{\mu_d} = 1 + \varphi\alpha \cdot 4\pi \cdot \left(1 + \frac{\alpha^2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3 \cdot 4\pi}{1 + \frac{1}{2}\alpha \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3} \right)$$ Deuterium-Magnetmoment