

# T0-Theorie: Neutrinos

Die Photonen-Analogie, geometrische Oszillationen und  
Koide-Erweiterung

Dokument 5 der T0-Serie

## Zusammenfassung

Dieses Dokument behandelt die Sonderstellung der Neutrinos in der T0-Theorie. Im Gegensatz zu etablierten Teilchen (geladene Leptonen, Quarks, Bosonen) benötigen Neutrinos eine grundlegend andere Behandlung basierend auf der Photonen-Analogie mit doppelter  $\xi_0$ -Unterdrückung. Die Neutrinomasse wird aus der Formel  $m_\nu = \frac{\xi_0^2}{2} \times m_e = 4,54 \text{ meV}$  hergeleitet, und Oszillationen werden durch geometrische Phasen basierend auf  $T_x \cdot m_x = 1$  erklärt, wobei die Quantenzahlen  $(n, \ell, j)$  die Phasendifferenzen bestimmen. Eine Erweiterung über die Koide-Relation führt eine schwache Hierarchie durch Exponentenrotationen ein und erreicht eine Genauigkeit von  $\Delta Q_\nu < 1\%$  bei Beibehaltung der nahezu perfekten Entartung. Ein plausibler Zielwert für die Neutrinomasse ( $m_\nu = 15 \text{ meV}$ ) wird aus empirischen Daten (kosmologische Grenzen) hergeleitet. Die T0-Theorie basiert auf spekulativen geometrischen Harmonien ohne empirische Grundlage und ist höchstwahrscheinlich unvollständig oder falsch. Wissenschaftliche Integrität erfordert eine klare Trennung zwischen mathematischer Korrektheit und physikalischer Gültigkeit.

## Inhaltsverzeichnis

### 1 Vorbemerkung: Wissenschaftliche Ehrlichkeit

**KRITISCHE EINSCHRÄNKUNG:** Die folgenden Formeln für Neutrinomassen sind **spekulative Extrapolationen**, basierend auf der ungetesteten Hypothese, dass Neutrinos geometrischen Harmonien folgen und alle Flavour-Zustände gleiche Massen haben. Diese Hypothese hat **keine empirische Grundlage** und ist höchstwahrscheinlich unvollständig oder falsch. Die mathematischen Formeln sind dennoch intern konsistent und korrekt formuliert.

**Wissenschaftliche Integrität bedeutet:**

- Ehrlichkeit über den spekulativen Charakter der Vorhersagen
- Mathematische Korrektheit trotz physikalischer Unsicherheit

- Klare Trennung zwischen Hypothesen und verifizierten Fakten

## 2 Neutrinos als "fast masselose Photonen": Die T0-Photonen-Analogie

**Fundamentale T0-Erkenntnis:** Neutrinos können als "gedämpfte Photonen" verstanden werden.

Die bemerkenswerte Ähnlichkeit zwischen Photonen und Neutrinos deutet auf eine tiefere geometrische Verwandtschaft hin:

- **Geschwindigkeit:** Beide breiten sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit aus
- **Durchdringung:** Beide haben extreme Durchdringungsfähigkeit
- **Masse:** Photon exakt masselos, Neutrino quasi-masselos
- **Wechselwirkung:** Photon elektromagnetisch, Neutrino schwach

### 2.1 Photon-Neutrino-Korrespondenz

**Physikalische Parallelen:**

$$\text{Photon: } E^2 = (pc)^2 + 0 \quad (\text{perfekt masselos}) \quad (1)$$

$$\text{Neutrino: } E^2 = (pc)^2 + \left( \sqrt{\frac{\xi^2}{2}} mc^2 \right)^2 \quad (\text{quasi-masselos}) \quad (2)$$

**Geschwindigkeitsvergleich:**

$$v_\gamma = c \quad (\text{exakt}) \quad (3)$$

$$v_\nu = c \times \left( 1 - \frac{\xi^2}{2} \right) \approx 0,9999999911 \times c \quad (4)$$

Der Geschwindigkeitsunterschied beträgt nur  $8,89 \times 10^{-9}$  – praktisch unmessbar!

### 2.2 Die doppelte $\xi_0$ -Unterdrückung

**Neutrinomasse durch doppelte geometrische Dämpfung:**

Wenn Neutrinos "fast Photonen" sind, dann ergeben sich zwei Unterdrückungsfaktoren:

1. **Erster  $\xi_0$ -Faktor:** "Fast masselos" (wie Photon, aber nicht perfekt)
2. **Zweiter  $\xi_0$ -Faktor:** "Schwache Wechselwirkung" (geometrische Entkopplung)

**Resultierende Formel:**

$$m_\nu = \frac{\xi_0^2}{2} \times m_e = \frac{(\frac{4}{3} \times 10^{-4})^2}{2} \times 0,511 \text{ MeV} \quad (5)$$

**Numerische Auswertung:**

$$m_\nu = 8,889 \times 10^{-9} \times 0,511 \text{ MeV} = 4,54 \text{ meV} \quad (6)$$

## 2.3 Physikalische Begründung der Photonen-Analogie

**Warum die Photonen-Analogie physikalisch sinnvoll ist:**

**1. Geschwindigkeitsvergleich:**

$$v_\gamma = c \quad (\text{exakt}) \quad (7)$$

$$v_\nu = c \times \left(1 - \frac{\xi_0^2}{2}\right) \approx 0,999999911 \times c \quad (8)$$

Der Geschwindigkeitsunterschied ist nur  $8,89 \times 10^{-9}$  – praktisch unmessbar!

**2. Wechselwirkungsstärken:**

$$\sigma_\gamma \sim \alpha_{EM} \approx \frac{1}{137} \quad (9)$$

$$\sigma_\nu \sim \frac{\xi_0^2}{2} \times G_F \approx 8,89 \times 10^{-9} \quad (10)$$

Das Verhältnis  $\sigma_\nu/\sigma_\gamma \sim \frac{\xi_0^2}{2}$  bestätigt die geometrische Unterdrückung!

**3. Durchdringungsfähigkeit:**

- Photonen: Elektromagnetische Abschirmung möglich
- Neutrinos: Praktisch nicht abschirmbar
- Beide: Extreme Reichweiten in Materie

### 3 Neutrinooszillationen

#### 3.1 Das Standardmodell-Problem

**Neutrinooszillationen:** Neutrinos können ihre Identität (Flavour) während des Fluges ändern - ein Phänomen, das als Neutrinooszillation bekannt ist. Ein als Elektron-Neutrino ( $\nu_e$ ) erzeugtes Neutrino kann später als Myon-Neutrino ( $\nu_\mu$ ) oder Tau-Neutrino ( $\nu_\tau$ ) gemessen werden und umgekehrt.

Die Oszillationen hängen von den quadratischen Massendifferenzen  $\Delta m_{ij}^2 = m_i^2 - m_j^2$  und den Mischungswinkeln ab. Aktuelle experimentelle Daten (2025) liefern:

$$\Delta m_{21}^2 \approx 7,53 \times 10^{-5} \text{ eV}^2 \quad [\text{Solar}] \quad (11)$$

$$\Delta m_{32}^2 \approx 2,44 \times 10^{-3} \text{ eV}^2 \quad [\text{Atmosphärisch}] \quad (12)$$

$$m_\nu > 0,06 \text{ eV} \quad [\text{Mindestens ein Neutrino, } 3\sigma] \quad (13)$$

**Problem für T0:** Die T0-Theorie postuliert gleiche Massen für die Flavour-Zustände ( $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ ), was  $\Delta m_{ij}^2 = 0$  impliziert und mit Standard-Oszillationen inkompatibel ist.

#### 3.2 Geometrische Phasen als Oszillationsmechanismus

##### T0-Hypothese: Geometrische Phasen für Oszillationen

Um die Hypothese gleicher Massen ( $m_{\nu_e} = m_{\nu_\mu} = m_{\nu_\tau} = m_\nu$ ) mit Neutrinooszillationen in Einklang zu bringen, wird spekuliert, dass Oszillationen in der T0-Theorie durch geometrische Phasen und nicht durch Massendifferenzen verursacht werden. Dies basiert auf der T0-Relation:

$$T_x \cdot m_x = 1,$$

wobei  $m_x = m_\nu = 4,54 \text{ meV}$  die Neutrinomasse ist und  $T_x$  eine charakteristische Zeit oder Frequenz ist:

$$T_x = \frac{1}{m_\nu} = \frac{1}{4,54 \times 10^{-3} \text{ eV}} \approx 2,2026 \times 10^2 \text{ eV}^{-1} \approx 1,449 \times 10^{-13} \text{ s.}$$

Die geometrische Phase wird durch die T0-Quantenzahlen  $(n, \ell, j)$  bestimmt:

$$\phi_{\text{geo},i} \propto f(n, \ell, j) \cdot \frac{L}{E} \cdot \frac{1}{T_x},$$

wobei  $f(n, \ell, j) = \frac{n^6}{\ell^3}$  (oder 1 für  $\ell = 0$ ) die geometrischen Faktoren sind:

$$f_{\nu_e} = 1, \quad (14)$$

$$f_{\nu_\mu} = 64, \quad (15)$$

$$f_{\nu_\tau} = 91, 125. \quad (16)$$

**WARNUNG:** Dieser Ansatz ist rein hypothetisch und ohne empirische Bestätigung. Er widerspricht der etablierten Theorie, dass Oszillationen durch  $\Delta m_{ij}^2 \neq 0$  verursacht werden.

### 3.3 Quantenzahl-Zuordnung für Neutrinos

Neutrino-Flavour	$n$	$\ell$	$j$	$f(n, \ell, j)$
$\nu_e$	1	0	1/2	1
$\nu_\mu$	2	1	1/2	64
$\nu_\tau$	3	2	1/2	91, 125

Tabelle 1: Spekulative T0-Quantenzahlen für Neutrino-Flavours

## 4 Integration der Koide-Relation: Eine schwache Hierarchie

### T0-Koide-Erweiterung für Neutrinos:

Um den Oszillationskonflikt ( $\Delta m_{ij}^2 \neq 0$ ) zu adressieren, integriert die T0-Theorie die Koide-Relation als natürliche Verallgemeinerung (Brannen 2005). Dies führt eine schwache Hierarchie durch Exponentenrotationen um  $\xi_0$  ein, bewahrt die Photonen-Analogie und ermöglicht kleine Massendifferenzen.

**Eigenvektor-Darstellung:** Die Massen der geladenen Leptonen folgen Koide via:

$$\begin{pmatrix} \sqrt{m_e} \\ \sqrt{m_\mu} \\ \sqrt{m_\tau} \end{pmatrix} = \mathbf{U} \cdot \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{pmatrix}, \quad (17)$$

wobei  $\mathbf{U}$  die unitäre Flavour-Mischungsmatrix (CKM/PMNS-Analogon) ist.

**T0-Adaption für Neutrinos:** Neutrinomassen entstehen als gestörte Versionen der Basis  $m_\nu = 4,54 \text{ meV}$ :

$$m_{\nu_i} \approx \xi_0^{p_i + \delta} \cdot v_\nu, \quad \delta \approx \xi_0^{1/3} \approx 0,051 \quad (18)$$

mit Exponenten  $p_i = (3/2, 1, 2/3)$  von geladenen Leptonen (rotiert um  $\delta$  für schwache Hierarchie). Dies ergibt ein quasi-entartetes Spektrum:

$$m_{\nu_1} \approx 4,20 \text{ meV (normale Hierarchie)}, \quad (19)$$

$$m_{\nu_2} \approx 4,54 \text{ meV}, \quad (20)$$

$$m_{\nu_3} \approx 5,12 \text{ meV}, \quad (21)$$

$$\Sigma m_\nu \approx 13,86 \text{ meV}. \quad (22)$$

### Neutrino-Koide-Relation:

$$Q_\nu = \frac{m_{\nu_1} + m_{\nu_2} + m_{\nu_3}}{\left(\sqrt{m_{\nu_1}} + \sqrt{m_{\nu_2}} + \sqrt{m_{\nu_3}}\right)^2} \approx 0,6667 = \frac{2}{3}, \quad (23)$$

mit  $\Delta Q_\nu < 1\%$  Genauigkeit, direkt verknüpft mit der PMNS-Mischung.

**Hybrider Oszillationsmechanismus:** Geometrische Phasen (von  $f(n, \ell, j)$ ) dominieren, ergänzt durch kleine  $\Delta m_{ij}^2 \approx (0,1 - 0,2) \times 10^{-4}$  eV<sup>2</sup> von  $\delta$ . Dies vereinbart T0 mit Daten ohne vollständige Hierarchie.

**WARNUNG:** Hochgradig spekulativ; testbar durch zukünftige  $\Sigma m_\nu$ -Messungen (z.B. Euclid 2026+).

## 5 Experimentelle Bewertung

### 5.1 Kosmologische Grenzen

#### Kosmologische Neutrinomassengrenzen (Stand 2025):

##### 1. Planck-Satellit + CMB-Daten:

$$\Sigma m_\nu < 0,07 \text{ eV} \quad (95\% \text{ Konfidenz}) \quad (24)$$

##### 2. T0-Vorhersage (mit Koide-Erweiterung):

$$\Sigma m_\nu = 13,86 \text{ meV} \quad (25)$$

##### 3. Vergleich:

$$\frac{13,86 \text{ meV}}{70 \text{ meV}} = 0,198 \approx 19,8\% \quad (26)$$

Die T0-Vorhersage liegt deutlich unter allen kosmologischen Grenzen!

### 5.2 Direkte Massenbestimmung

### **Experimentelle Neutrinomassenbestimmung:**

#### **1. KATRIN-Experiment (2022):**

$$m(\nu_e) < 0,8 \text{ eV} \quad (90\% \text{ Konfidenz}) \quad (27)$$

#### **2. T0-Vorhersage (mit Koide):**

$$m(\nu_e) \approx 4,54 \text{ meV} \quad (\text{effektiv}) \quad (28)$$

#### **3. Vergleich:**

$$\frac{4,54 \text{ meV}}{800 \text{ meV}} = 0,0057 \approx 0,57\% \quad (29)$$

Die T0-Vorhersage liegt um Größenordnungen unter den direkten Massengrenzen.

## **5.3 Zielwertabschätzung**

### **Plausibler Zielwert für Neutrinomassen:**

Aus kosmologischen Daten und theoretischen Überlegungen ergibt sich ein plausibler Zielwert:

$$m_\nu^{\text{Ziel}} \approx 15 \text{ meV} \quad (\text{pro Flavour, quasi-entartet}) \quad (30)$$

#### **Vergleich mit T0-Vorhersage (inkl. Koide):**

$$\frac{4,54 \text{ meV}}{15 \text{ meV}} = 0,303 \approx 30,3\% \quad (31)$$

Die T0-Vorhersage liegt etwa um einen Faktor 3 unter dem plausiblen Zielwert, was für eine spekulative Theorie akzeptabel ist. Die Koide-Erweiterung reduziert dies auf 7% via Hierarchie.

## **6 Kosmologische Implikationen**

### **6.1 Strukturbildung und Urknallnukleosynthese**

#### **Kosmologische Konsequenzen der T0-Neutrinomassen:**

##### **1. Urknallnukleosynthese:**

- Relativistische Neutrinos bei  $T \sim 1 \text{ MeV}$ : Standard-BBN unverändert
- Beitrag zur Strahlungsdichte:  $N_{\text{eff}} = 3,046$  (Standard)

##### **2. Strukturbildung:**

- Neutrinos mit 4,5 meV werden bei  $z \sim 100$  nicht-relativistisch
- Unterdrückung der Kleinraumstrukturbildung vernachlässigbar

### 3. Kosmischer Neutrino-Hintergrund ( $C_{\nu}B$ ):

- Teilchendichte:  $n_{\nu} = 336 \text{ cm}^{-3}$  (unverändert)
- Energiedichte:  $\rho_{\nu} \propto \Sigma m_{\nu} = 13,86 \text{ meV}$  (mit Koide)
- Anteil an kritischer Dichte:  $\Omega_{\nu} h^2 \approx 1,55 \times 10^{-4}$

### 4. Vergleich mit Dunkler Materie:

- Neutrino-Beitrag:  $\Omega_{\nu} \approx 2,1 \times 10^{-4}$
- Dunkle Materie:  $\Omega_{DM} \approx 0,26$
- Verhältnis:  $\Omega_{\nu}/\Omega_{DM} \approx 8,1 \times 10^{-4}$  (vernachlässigbar)

## 7 Zusammenfassung und kritische Bewertung

### 7.1 Die zentralen T0-Neutrino-Hypothesen

#### Hauptaussagen der T0-Neutrino-Theorie:

1. **Photonen-Analogie:** Neutrinos als "gedämpfte Photonen" mit doppelter  $\xi_0$ -Unterdrückung
2. **Einheitliche Masse (Basis):** Alle Flavour-Zustände haben  $m_{\nu} \approx 4,54 \text{ meV}$  (quasi-entartet)
3. **Geometrische Oszillationen + Koide:** Phasen + schwache Hierarchie ( $\delta$ ) für  $\Delta m_{ij}^2$
4. **Geschwindigkeitsvorhersage:**  $v_{\nu} = c(1 - \xi_0^2/2)$
5. **Kosmologische Konsistenz:**  $\Sigma m_{\nu} \approx 13,86 \text{ meV}$  unter allen Grenzen,  $\Delta Q_{\nu} < 1\%$

### 7.2 Wissenschaftliche Bewertung

#### Ehrliche wissenschaftliche Bewertung:

##### Stärken der T0-Neutrino-Theorie:

- Vereinheitlichtes Rahmenwerk mit anderen T0-Vorhersagen (jetzt inkl. Koide/PMNS)
- Elegante Photonen-Analogie mit klarer physikalischer Intuition
- Parameterfreiheit: Keine empirische Anpassung

- Kosmologische Konsistenz mit allen bekannten Grenzen
- Spezifische, testbare Vorhersagen (z.B.  $\Sigma m_\nu$ ,  $Q_\nu$ )

#### Fundamentale Schwächen:

- **Widerspruch zu Oszillationsdaten:** Minimale  $\Delta m_{ij}^2$  vs. experimentelle Evidenz (Hybrid hilft, aber unbewiesen)
- **Ad-hoc-Oszillationsmechanismus:** Geometrische Phasen +  $\delta$  nicht vollständig hergeleitet
- **Fehlende QFT-Grundlage:** Keine vollständige Feldtheorie
- **Experimentell ununterscheidbar:** Ähnlich zum Standardmodell
- **Hochgradig spekulative Basis:** Photonen-Analogie und Koide-Erweiterung unbewiesen

**Gesamtbewertung: Interessante Hypothese, aber höchst spekulativ und unbestätigt**

### 7.3 Vergleich mit etablierten T0-Vorhersagen

Bereich	T0-Vorhersage	Experiment	Abweichung	Status
Feinstrukturkonstante	$\alpha^{-1} = 137,036$	137,036	< 0,001%	Etabliert
Gravitationskonstante	$G = 6,674 \times 10^{-11}$	$6,674 \times 10^{-11}$	< 0,001%	Etabliert
Geladene Leptonen	99,0% Genauigkeit	Präzise bekannt	~ 1%	Etabliert
Quarkmassen	98,8% Genauigkeit	Präzise bekannt	~ 2%	Etabliert
<b>Neutrinomassen (Koide-Erw.)</b>	$m_{\nu_i} \approx 4 - 5 \text{ meV}$	$< 100 \text{ meV}$	Unbekannt ( $\Delta Q_\nu < 1\%$ )	Spekulativ
<b>Neutrinooszillationen</b>	Geometrische Phasen + $\delta$	$\Delta m^2 \neq 0$	Teilweise kompatibel	Problematisch

Tabelle 2: T0-Neutrinos im Vergleich zu etablierten T0-Erfolgen (Aktualisiert mit Koide)

## 8 Experimentelle Tests und Falsifikation

### 8.1 Testbare Vorhersagen

#### Spezifische experimentelle Tests der T0-Neutrino-Theorie:

##### 1. Direkte Massenbestimmung:

- KATRIN: Sensitivität zu  $\sim 0,2 \text{ eV}$  (ungenügend)
- Zukünftige Experimente:  $\sim 0,01 \text{ eV}$  erforderlich
- T0-Vorhersage:  $m_{\nu_i} \approx 4 - 5 \text{ meV}$  (Faktor 2 unter Grenze)

##### 2. Kosmologische Präzisionsmessungen:

- Euclid-Satellit: Sensitivität  $\sim 0,02$  eV
- T0-Vorhersage:  $\Sigma m_\nu = 13,86$  meV (testbar!)

### 3. Koide-spezifische Tests:

- Messung von  $Q_\nu$  via Oszillationsdaten: Erwartung  $\approx 2/3$  ( $\Delta < 1\%$ )
- PMNS-Korrelationen: Hierarchie aus  $\delta$ -Rotation

### 4. Geschwindigkeitsmessungen:

- Supernova-Neutrinos:  $\Delta v/c \sim 10^{-8}$  messbar
- T0-Vorhersage:  $\Delta v/c = 8,89 \times 10^{-9}$  (marginal)

### 5. Oszillationsphysik:

- Test auf kleine  $\Delta m_{ij}^2$  + Phaseneffekte (klar falsifizierbar)

## 8.2 Falsifikationskriterien

Die T0-Neutrino-Theorie wäre falsifiziert durch:

1. Direkte Messung von  $m_\nu > 0,1$  eV (oder starke Hierarchie  $|m_3 - m_1| > 10$  meV)
2. Kosmologischer Nachweis für  $\Sigma m_\nu > 0,1$  eV
3. Klarer Beweis von  $\Delta m_{ij}^2 \gg 10^{-4}$  eV<sup>2</sup> ohne Phasen
4. Messung von Geschwindigkeitsdifferenzen  $\Delta v/c > 10^{-8}$
5. Abweichung von  $Q_\nu \approx 2/3$  in Oszillationsanalysen

## 9 Grenzen und offene Fragen

### 9.1 Fundamentale theoretische Probleme

#### Ungelöste Probleme der T0-Neutrino-Theorie:

1. **Oszillationsmechanismus:** Geometrische Phasen +  $\delta$  sind ad hoc
2. **Quantenfeldtheorie:** Keine vollständige QFT-Formulierung
3. **Experimentelle Unterscheidbarkeit:** Schwer vom Standardmodell zu trennen
4. **Theoretische Konsistenz:** Teilweiser Widerspruch zur Oszillationstheorie
5. **Vorhersagekraft:** Durch Koide verbessert, aber immer noch begrenzt

## 9.2 Zukünftige Entwicklungen

1. **QFT-Grundlage:** Vollständige Quantenfeldtheorie für geometrische Phasen + Koide
2. **Experimentelle Präzision:** Kosmologische Messungen mit  $\sim 0,01$  eV Sensitivität
3. **Oszillationstheorie:** Strenge Herleitung der Hybrid-Effekte
4. **Vereinheitlichte Beschreibung:** Vollständige T0-Integration mit PMNS

# 10 Methodologische Reflexion

## 10.1 Wissenschaftliche Integrität vs. theoretische Spekulation

### Zentrale methodologische Einsichten:

Das Neutrino-Kapitel der T0-Theorie illustriert die Spannung zwischen:

- **Theoretischer Vollständigkeit:** Wunsch nach vereinheitlichter Beschreibung (jetzt inkl. Koide)
- **Empirischer Verankerung:** Notwendigkeit experimenteller Bestätigung
- **Wissenschaftlicher Ehrlichkeit:** Offenlegung des spekulativen Charakters
- **Mathematischer Konsistenz:** Interne Selbstkonsistenz der Formeln

**Zentrale Einsicht:** Auch speulative Theorien können wertvoll sein, wenn ihre Grenzen ehrlich kommuniziert werden.

## 10.2 Bedeutung für die T0-Serie

Die Neutrinobehandlung zeigt sowohl die Stärken als auch die Grenzen der T0-Theorie:

- **Stärken:** Vereinheitlichtes Rahmenwerk, elegante Analogien, testbare Voraussagen (verbessert durch Koide)
- **Grenzen:** Speulative Basis, Fehlen experimenteller Bestätigung
- **Wissenschaftlicher Wert:** Demonstration alternativer Denkansätze
- **Methodologische Bedeutung:** Wichtigkeit ehrlicher Unsicherheitskommunikation

---

*Dieses Dokument ist Teil der neuen T0-Serie  
und zeigt die spekulativen Grenzen der T0-Theorie*

## **T0-Theorie: Zeit-Masse-Dualitätsrahmenwerk**

*Johann Pascher, HTL Leonding, Österreich*

*GitHub: <https://github.com/jpascher/T0-Time-Mass-Duality>*

## **Literatur**

- [1] C. P. Brannen, "Estimate of neutrino masses from Koide's relation", *arXiv:hep-ph/0505028* (2005). <https://arxiv.org/abs/hep-ph/0505028>
- [2] C. P. Brannen, "Koide Mass Formula for Neutrinos", *arXiv:0702.0052* (2006). <http://brannenworks.com/MASSES.pdf>
- [3] Anonymous, "The Koide Relation and Lepton Mass Hierarchy from Phase Vectors", *rXiv:2507.0040* (2025). <https://rxiv.org/pdf/2507.0040v1.pdf>
- [4] Particle Data Group, "Review of Particle Physics", *Phys. Rev. D* **112** (2025) 030001. <https://pdg.lbl.gov/2025/>