

• Blatt 1:

1. **Mittlere Lebensdauer, Zerfallslänge**

Lebensdauern und Geschwindigkeiten mit γ -Faktoren auf Laborsystem umrechnen, umgerechnete Ergebnisse in Zerfallsgleichung nutzen zur Berechnung der Flugstrecke

Zeit im Laborsystem:

$$\tau_{lab} = \gamma \tau$$

Impuls im Laborsystem:

$$p_{lab} = \gamma m v_{lab} = \beta \gamma m c$$

Geschwindigkeit im Laborsystem:

$$v_{lab} = \frac{p_{lab}}{\gamma m}$$

Mittlere Zerfallslänge im Laborsystem:

$$\langle L \rangle_{lab} = \tau_{lab} v_{lab} = \frac{\tau p}{m}$$

Überlebenswahrscheinlichkeit eines

Teilchens im Laborsystem nach Zeit oder Strecke:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{\tau_{lab}}} = e^{-\frac{x}{\langle L \rangle_{lab}}} = P(x)$$

2. **Relativistische Kinematik, Zerfall** Masse aus Viererimpulsquadrat im CMS

bestimmen, Energie bestimmen durch Boost des Laborsystemviererimpulses in das CMS, β und $\beta \gamma$ aus Impuls und Energie berechnen Relativistische Energie:

$$E = \sqrt{c^2 p^2 + m^2 c^4}$$

Energie-Impulsvektor:

$$\vec{k} = \left(\frac{E/c}{\vec{p}} \right)$$

$$k^2 = const$$

$\sum \vec{p} = 0$ im Schwerpunktsystem

Lorentzboost in x-Richtung:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \gamma & \beta \gamma & 0 & 0 \\ \beta \gamma & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Betagamma:

$$\beta \gamma = \frac{p_{lab}}{m c}$$

$$\gamma = \frac{E_{lab}}{m c^2}$$

Energie bei Teilchenzerfall im Laborsystem nach Zerfallswinkel θ :

$$E_{lab} = \gamma E + \beta \gamma c p \cos(\theta) \approx E(\gamma + \beta \gamma \cos(\theta))$$

(Näherung für hohe Geschwindigkeiten)

3. **Erzeugung von Masse, Schwellenenergie**

Schwellenenergie im Schwerpunktsystem aufstellen, Schwellenenergiequadrat wegen Lorentzinvarianz gleichsetzen mit dem Quadrat der addierten Viererimpulse im Laborsystem (Im CMS kürzen sich die Impulse, die Quadrate sind aber in allen Systemen gleich), nach Impuls im Laborsystem umstellen

$$\frac{E_{CMS}}{c^2} = (\vec{k}_1 + \vec{k}_2)^2 = \left(\frac{cE/c}{p} \right)^2 + \left(\frac{cm c}{0} \right)^2$$

(Nutze Rel. Energie-Impulsgleichung um nach E umzustellen)

• Blatt 2

1. **Symmetrie der Wellenfunktion,**

Energieunterschiede von

Konfigurationen Symmetrische Überlagerung durch Addition der Wellenfunktionsprodukte und Normierung mit $\frac{1}{\sqrt{2}}$, antisymmetrische Wellenfunktion durch Subtraktion und Normierung

Beispiel:
$$\psi_{Sym} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi_1(\vec{r}_1) \psi_2(\vec{r}_2) + \psi_2(\vec{r}_1) \psi_1(\vec{r}_2))$$

$$\psi_{Asym} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi_1(\vec{r}_1) \psi_2(\vec{r}_2) - \psi_2(\vec{r}_1) \psi_1(\vec{r}_2))$$

Sym. · Asym. = Asym.

Asym. · Asym. = Sym.

Gesamtwellenfunktionen müssen antisymmetrisch sein.

TERMSYMBOL HERLEITUNG UND

RÜCKRECHNUNG AUF

ELEKTRONENSHEMA EINFÜGEN

(Slater)Determinanten sind

Antisymmetrisch unter

Zeilenumformungen

2. **Moseleysches Gesetz**

Übergangsfrequenz ν in Abhängigkeit von der Kernladungszahl Z :
$$\nu = k(Z - 1)^2$$

3. **Hundsche Regeln, Elektronenkonfiguration, Grundzustandskonfiguration**

Hundsche Regeln, erstere haben Priorität:

- 1) Volle Schalen leisten keinen Beitrag
- 2) Gesamtspin maximieren, also Spins möglichst parallel nach oben
- 3) Magnetquantenzahlen maximieren, also Schalen (Balken) von links nach rechts erst einmal halb, dann einmal voll auffüllen
- 4) (Nur für Berechnungen, nicht für Elektronenkonfiguration) Schale weniger als halbvoll $\implies J = |L - S|$; mehr als halbvoll $\implies J = L + S$

• Blatt 3

1. **Übergang Heliumatom, mögliche Übergänge, Auswahlregeln, Termsymbole**

S, L, J für alle Zustände feststellen, und dann die Differenzen für die möglichen Übergänge bilden, und nach Auswahlregeln entscheiden, wie stark die Übergänge verboten sind

Auswahlregeln:

$$\Delta L = \pm 1; \quad \Delta S = 0; \quad \Delta m = 0, \pm 1;$$

$$\Delta J = 0, \pm 1 \text{ (Aber } J = 0 \rightarrow J = 0 \text{ ist verboten)}$$

2. **Termsymbole verschiedener Elektronenkonfigurationen und**

Übergänge Für Übergänge verwende üblich LS-Kopplung, beachte aber dass die Gesamtwellenfunktion negativ sein muss,

besonders bei Übergängen in der gleichen Schale. Bei jj-Kopplung kopple zunächst s und l zu j nach dem analogen Schema, um dann alle Möglichen Kombinationen der j aufzuschreiben, und die jeweils möglichen Ranges an J analog zum LS-J zu berechnen.

LS-Kopplung zweier Elektronen:

$$S = 0, 1 \text{ (Außer } ns^2, \text{ dann } S = 0)$$

$$L = |l_1 - l_2| \dots |l_1 + l_2| \text{ (In Einerschritten)}$$

$$J = |L - S| \dots |L + S| \text{ (Für jede Mögliche}$$

Kombination von L und S)

LS-Termsymbol:

$$2S+1 L_J \text{ (} L \leftarrow s, p, d, f, g \dots \text{ geschrieben)}$$

jj-Kopplung:

$$j_n = |l_n - s_n| \dots |l_n + s_n|$$

$$J =$$

jj-Zustandssymbol:

$$(j_1, j_2)_J$$

3. **Spin-Bahn-Kopplung**

Für mögliche Kopplungen gehe analog zu vorheriger Aufgabe vor, LS-Kopplung von l und s der beiden höchsten Elektronen. Für die Energiedifferenzen berechne den Eigenwert des LS-Skalarproduktes durch Binomische Formel auf J^2 , setze dann die LS-Werte des Triplets ein und berechne die verschiedenen J -Eigenwerte, die Energiedifferenzen entsprechen den J -Eigenwertdifferenzen multipliziert mit einer Konstanten. Die Konstante ist aus einem Graphen abzulesen

Eigenwerte Drehimpulsoperatoren:

$$J^2 |j\rangle = j(j+1) |j\rangle$$

$$\hat{L}^2 |l\rangle = l(l+1) |l\rangle$$

$$\hat{S}^2 |s\rangle = s(s+1) |s\rangle$$

$$\hat{L} \cdot \hat{S} |ls\rangle = \frac{1}{2} (j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)) |ls\rangle$$

$$\text{Gesamtdrehimpulsoperatorquadrat:}$$

$$J^2 = (\hat{L} + \hat{S})^2 = \hat{L}^2 + \hat{S}^2 + 2\hat{L} \cdot \hat{S}$$

• Blatt 4

1. **Wirkungsquerschnitt und freie Weglänge**

Mittlere freie Weglänge eines Partikels mit Wirkungsquerschnitt σ durch Medium der Teilchendichte n :

$$\langle L \rangle = \frac{1}{n\sigma}$$

Teilchendichte aus Dichte ρ und

Atommasse m_A :

$$n = \frac{\rho}{m_A}$$

Wahrscheinlichkeit für Wechselwirkung

innerhalb der Weglänge x :

$$P = 1 - e^{-\frac{x}{\langle L \rangle}}$$

2. **Luminosität, Erzeugungsrate, Gesamtenergie in Beschleuniger**

Luminosität ($[\frac{1}{m^2 \cdot s}]$) aus

Teilchenbunchgrößen N_1, N_2 ,

Umlauffrequenz f , Bunchanzahl pro Strahl

n und Strahlquerschnittsfläche A :

$$L = \frac{N_1 N_2 f n}{A}$$

Erzeugungsrate für Teilchen mit Wirkungsquerschnitt σ :

$$R = \sigma L$$

3. **Zerfall, Energien, Fermis goldene Regel**

Um die Energien bei einem Back-to-Back Zerfall zu bestimmen, stelle die Energiesumme der Produkte auf, und setze sie der Ruheenergie des zerfallenden Teilchens gleich. Um pc zu bestimmen, nutze dann die relativistische Energie-Impulsbeziehung. Um die Verhältnisse zu bestimmen, dividiere die Zerfallswahrscheinlichkeiten aus Fermis Goldener Regel, es kürzt sich alles bis auf pc heraus, wegen der gleichen Energien aufgrund der Entstehung aus der gleichen Teilchenart, sowie der Gleichheit der Matrixelemente.

Fermis goldene Regel

(Zerfallswahrscheinlichkeiten pro Zeit):

$$w_{\alpha\beta} = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle \beta | H | \alpha \rangle| \rho(E)$$

Zustandsdichte Einteilchenphasenraum:

$$\rho_1(E) = \frac{V E p c}{2\pi^2 (\hbar c)^3}$$

Zustandsdichte Zweiteilchenphasenraum:

$$\rho_2(E) = \frac{V}{(2\pi\hbar)^3} \frac{E_1 E_2 p_1 c}{E_1 + E_2} \int d\Omega$$

• Blatt 5

1. **Massenbestimmung, Teilchenidentifikation** Impulsstellen (pc) der Minima des spezifischen Energieverlusts im Impuls-Energieverlust-Diagramm auslesen, und über Impulsnäherung durch Dreisatz Masse errechnen

Näherung der Geschwindigkeiten am Energieverlustminimum:

$$\frac{pc}{m c^2} = \beta \gamma \approx 3 \dots 3,5$$

Errechnung der Masse aus pc :

$$m c^2 = \frac{pc}{\beta \gamma} \approx \frac{pc}{3,5}$$

2. **Kreisbahnen, Flugzeitzähler, quasi Massenspektrometrie** Berechne aus Lorentz- und Zentrifugalkraftgleichsetzung den Krümmungsradius, betrachte dann um wie viel der Kreisbogen mit einer Sehne der Länge L bei diesem Krümmungsradius von der Sehnenlänge abweicht.

Kreisbogen aus Radius r und Winkel α :

$$b = \alpha r$$

Kreissehne aus Radius r und Winkel α :

$$s = 2 \tan(\alpha/2) r$$

Zentrifugalkraft:

$$F_{ZF} = \frac{\gamma m v^2}{r} \text{ (relativistisch)}$$

$$F_{ZF} = m \omega^2 r = \frac{m v^2}{r}$$

Lorentzkraft bei senkrechtem B-Feld:

$$F_L = q v B$$

Kreisbahnradius in senkrechtem B-Feld:

$$r = \frac{m v}{q B} = \frac{p}{q B} \approx \frac{p}{q B}$$

Geschwindigkeit aus relativistischem Impuls:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{m}{p}\right)^2 + 1}} \quad (?????)$$

Flugzeitnäherung bei kleinen Krümmungsradien:

$$t \approx \frac{L}{v} = \frac{L}{\beta c} = \frac{L}{c} \sqrt{1 + \frac{mc^4}{pc^2}}$$

3.

• Blatt 6

1. Zerfall, (Ursprungs-) Masse, Resonanzen, Zerfallsbreite,

Lebensdauer Um die Masse zu bestimmen die Viererimpulsquadrate im CMS vorher und nachher gleichsetzen, die Summe der beiden Einzelimpulse binomisch ausführen, und Gesamtenergie als Impulsbeitrag ohne Ruhemasse nähern, dann nach m umformen. Um aus der Resonanz auszulesen, die Halbwertsbreite \equiv Zerfallsbreite des Peaks bestimmen (ohne Untergrund), diese über Dreisatz in die Lebensdauer umrechnen. Die Masse entspricht der Stelle des Peaks durch c^2 . Ursprungsrueenergie eines im Winkel θ in die zwei gleichartigen relativistischen Produkte α zerfallenen Teilchens: $E_0^2 \approx 2E_\alpha^2 (1 - \cos(\theta))$ Lebensdauer aus Zerfalls-/Halbwertsbreite

$$\Gamma: \tau = \frac{\hbar}{\Gamma}$$

Breit-Wigner-Verteilung:

$$P(E) = N_{ges} \frac{\Gamma}{2\pi} \frac{1}{(E - E_R)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$$

Maximalwert in der

Breit-Wigner-Verteilung:

$$N_{max} = N_{ges} \frac{2}{\pi\Gamma}$$

Gesamtzahl in der Breit-Wigner-Verteilung: Wirkungsquerschnitt eines Teilchens mit Erzeugungsrate R bei Luminosität L :

$$\sigma = \frac{R}{L}$$

2. Streuquerschnitt, Rutherford-Streuung,

Raumwinkel Raumwinkel aus Detektorfläche und -entfernung berechnen, Wirkungsquerschnitt bei verschiedenen Winkeln errechnen, und mit Feuerrate/Strahlintensität und Detektionswahrscheinlichkeit multiplizieren. Für die minimale kinetische Energie für direkte Kollision die potentielle Coulomb-Energie der beiden Kerne bei Berührung errechnen, berechne die dazu nötigen Kernradien mit der Näherungsformel - Bei diesen Energien muss aber für richtige Berechnung der Formfaktor berücksichtigt werden. Raumwinkel den die Fläche A im Abstand r zum Zentrum ausfüllt:

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

Rutherford'scher Streuquerschnitt von Teilchen der Ladung q_1 und Anfangsenergie E_0 an ruhenden Teilchen der Ladung q_2 :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}^{Ruth} = \frac{(q_1 q_2)^2}{16\pi\epsilon_0 E_0^2} \frac{1}{\sin^4(\frac{\theta}{2})}$$

Näherungsformel für Kernradius bei Nukleonenzahl A :

$$r = 1,2 f m \cdot A^{\frac{1}{3}}$$

3. Formfaktor, Ladungsverteilung,

Fouriertransformation,

Wirkungsquerschnitt mit Formfaktor Das

Verhältnis der Wirkungsquerschnitt aus Rutherford-/Punkt- und ausgedehnter Ladung entspricht dem Betragsquadrat des Formfaktors, da sich der ausgedehnter Wirkungsquerschnitt gerade aus der Multiplikation des Rutherford-/Punktquerschnittes mit diesem Faktor ergibt. Die Ladungsverteilung entspricht der Fouriertransformierten des Formfaktors. Die Standardabweichung wird durch die Fouriertransformation in ihren Kehrwert gewandelt. Wirkungsquerschnitt einer punktförmigen Ladungsverteilung bei Impuls q :

$$\frac{d\sigma}{dq^2}^{Ruth} = \frac{(2mq_1 q_2)^2}{q^4}$$

Wirkungsquerschnitt einer ausgedehnten Ladungsverteilung mit Formfaktor $F(|\vec{q}|^2)$:

$$\frac{d\sigma}{dq^2}^{Ausgd} = \frac{d\sigma}{dq^2}^{Ruth} \left| F(|\vec{q}|^2) \right|^2$$

Ladungsverteilung aus Formfaktor:

$$\rho(r) = \text{Fourier}(F(|\vec{q}|^2); r) =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty F(|\vec{q}|^2) e^{-i\vec{q}\vec{r}} dr^3$$

Radialsymmetrische Ladungsverteilung aus Formfaktor:

$$\rho(r) = \int_0^\infty F(|\vec{q}|^2) \frac{\sin(\frac{qr}{\hbar})}{qr} r^2 dr$$

Zusammenhang der Standardabweichung einer Gaußkurve und ihrer Fouriertransformierten:

$$\sigma_r = \frac{1}{\sigma_q}$$

• Blatt 7

1. Fouriertransformation, Formfaktor •

Sinus Reihendarstellung:

$$\sin(x) = \sum_{n=0}^\infty (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!} = \frac{x^1}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots$$

Cosinus Reihendarstellung:

$$\cos(x) = \sum_{n=0}^\infty (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!} = \frac{x^0}{0!} - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots$$

2. Elastische Streuung, Impulsübertrag Um

die Gleichungen herzuleiten nutze Vierervektoren und vernachlässige die Elektronenmasse. Für die Berechnungen setze ein, beziehungsweise stelle die

Gleichungen für die Impulsquadrate nach den gesuchten Größen um, und lese die Parameter und Stellen der Peaks in der Graphik ab, beziehungsweise nutze die gegebenen Werte.

Impulsübertrag bei vernachlässigbarer Ruheenergie des mit E einfallenden und im Winkel θ mit E' gestreuten Teilchens:

$$q^2 \approx -2 \frac{EE'}{c^2} (1 - \cos(\theta))$$

Inelastische Elektron-Proton-Streuung: Elektronseite (relativistisch):

$$q^2 = -4 \frac{EE'}{c^2} \sin^2(\frac{\theta}{2})$$

Protonenseite:

$$q^2 = W^2 c^2 - M^2 c^2 - 2M(E - E')$$
 (Für elastisch: $W^2 = M^2$)

Inelastizitätsquotient:

$$x = \frac{q^2}{2M(E - E')}$$

Massen von Resonanzen/Angeregten Zuständen:

$$W^2 c^2 = q^2 + M^2 c^2 + 2M(E - E')$$

3. Impulsanteile, Partonenmodell

Um den Impulsanteil x zu berechnen, schreibe den Viererimpuls der beiden kollidierenden Partonen über den Impulsanteil, dann setze die Summe der Impulse der Partonen gleich der Ruheenergie der Produkte und stelle nach x um. Um die dominanten Prozesse bei x angeben zu können, betrachte ein Diagramm der Impulsverteilungs-/Partonendichtefunktion an der Stelle x , und lese mit Acht auf die Skalierung der Gluonen- und Seequarkkurven die höchsten Beiträge ab. Partonenviererimpuls aus Impulsanteil x und Schwerpunktsenergie \sqrt{s} :

$$k_{parton} = x \left(\frac{\sqrt{s}/c}{\vec{p}} \right)$$

• Blatt 8

1. Elektromagnetische-Wechselwirkung,

Elektromagnetische Kopplung,

Quarkflavor- und Spinerhaltung

Die EM-Wechselwirkung fordert Erhaltung der meisten Größen außer I_3 , so sind verschiedene Zerfälle über Photonen verboten. Wichtig können sein die Erhaltung der Quarkflavors, der Photonenspin von 1 muss auch berücksichtigt werden, es darf zu keiner Zeit Spin dazukommen, auch nicht in einem virtuellen Photon. Um die Dominanzverhältnisse zu betrachten, errechne die Verhältnisse der Matrixelemente, es kürzt sich alles bis auf die Summe der Ladungsquadrate und der Faktor der Anzahl der gewünschten Farbladungen. Photonenspin: +1

Charm und Top haben positive Flavorzahlen, Strange und Bottom negative. Ihre Antiteilchen haben genau entgegengesetzte Flavorzahlen.

Vertexfaktoren im Feynman-Diagram: Faktor = $\sqrt{\text{Kopplungskonstante}}$ (z. B. $\sqrt{\alpha}$ für EM-WW; Auch Ladungsfaktor Z auf jedem Vertex ($= 1$ für alle Ganzzahlig geladenen), sowie abschließende Multiplikation der Wahrscheinlichkeit mit Anzahl möglicher Farbkombinationen) Wirkungsquerschnitt eines Zerfalls: $\sigma \propto |M|^2 \propto |\text{Produkt aller Vertexfaktoren}|^2$ Dominanzverhältnis zweier Feynmandiagramme:

$$R = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{|M_1|^2}{|M_2|^2}$$

2. Rydbergenergie, Bohrradius,

Confinement, gebundene

Quarkzustände Um die Rydbergenergie und Bohrradius zu berechnen nutze die üblichen Formeln, aber ermittle neuen Wert für α durch Koeffizientenvergleich der beiden Potentialterme und nutze die reduzierte Masse des Charmonium. Um die elektromagnetische Bindungsenergie zu bestimmen, berechne das Coulombpotential. Um den Radius gleicher Stärke des EM- und des Confinementterms zu finden, setze die beiden Terme gleich und forme nach r um. Der Potentialverlauf wird für kleine r vom EM-Term dominiert, für größere r vom Confinement-Term.

Feinstrukturkonstante:

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c}$$

Rydbergpotential im Wasserstoffatom:

$$V = \frac{\alpha}{r} \hbar c \text{ Rydbergenergie des Grundzustandes im Wasserstoffatom:}$$

$$E_R = E_0 = \frac{1}{2} \alpha^2 \mu c^2$$

Reduzierte Masse:

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

Bohrradius:

$$r_B = \frac{\hbar c}{\alpha \mu c^2} = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar}{\mu e^2}$$

Coulombpotential:

$$V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

3. **Multipletts, Isospinmultipletts** Um die Teilchen des Oktetts mit negativer Spin-Parität zu bestimmen, siehe "Liste der Mesonen" auf Wikipedia, Punktspiegelung um das Zentrum überführt immer zum Antiteilchen. Schlage die gesuchten Quantenzahlen der geforderten Zustände ebenso in dieser Tabelle nach. Berechne die "Massenschwerpunkte" der Multipletts als Mittelwert der Massen ihrer Bestandteile.

• Blatt 9

1.

2.

3.

• Blatt 10

1. **CPT-Vorzeichenänderungen** Um die Vorzeichenänderungen zu bestimmen, führe die einzelnen Größen auf die Grundgrößen zurück, von denen die entsprechende Vorzeichenänderung bekannt ist, z. B. C: q ; P: \vec{r} , \vec{p} ; T: \vec{p} , und multipliziere alle einzelnen Vorzeichenänderungen.

2. **Wu-Experiment, P-Verletzung** Um die Temperatur abzuschätzen, stelle die gegebene Relation per Dreisatz nach ihr um. Die Paritätstransformation überführt die Vektoren wie in der ersten Teilaufgabe dargestellt: Magnetfeld und Spinausrichtung invariant, Impuls des emittierten Elektrons invertiert. Um die Anisotropie zu quantifizieren Bestimme die Amplituden im Polardiagramm auf verschiedenen Polarwinkeln, und berechne die relative Abweichung voneinander.

Temperaturbedingung für Cobaltpolarisation:

$$T \ll \frac{g\mu_N B}{k_B}$$

Relative Abweichung zweier Amplituden:

$$\epsilon = \frac{N_1 - N_2}{N_1}$$

3. **Händigkeit, CPT-Transformation und CPT-Invarianz, Schwacher Zerfall** Notiere die Zerfallsprodukte in Back-to-Back-Emission, transformiere jeweils die Vektoren entsprechend bei der Paritätstransformation, für die Ladungstransformation ändere auch aufgrund der einhergehenden Leptonenzahltransformation zu Antiteilchen. Nur linkshändige (Spin und Impuls entgegengerichtet) Neutrinos und rechtshändige (gleichgerichtet) Antineutrinos sind natürlich vorkommend. Aus der CPT-Symmetrie lässt sich Gleichheit der Massen und Lebensdauern von Teilchen und Antiteilchen folgern.

C-Transformation:

Keht Ladung, Leptonenzahl, Baryonenzahl, Farbladung, I3, E-Feld, B-Feld, M-Dipolmoment und E-Dipolmoment

P-Transformation:

Keht Koordinate, Impuls, Händigkeit, E-Feld und E-Dipolmoment

Natürliche Neutrinos:

Neutrinos linkshändig (Spin und Impuls gegengerichtet)

Antineutrinos rechtshändige (Spin und Impuls gleichgerichtet)

• Blatt 11

1.

2. **Kernschalenmodell** Um die Kernschalenbesetzung aufzuschreiben, siehe die entsprechende Graphik für die Energieniveaus, und fülle von oben nach unten mit den Nukleonen auf, jede Schale fasst dabei so viele Neutronen und so viele Protonen, wie ihre Nummer in Klammern ist (Also in die erste Schale 2 Neutronen UND zwei Protonen). Der Spin ergibt sich aus der letzten besetzten Schale, steht in der Graphik daneben, und die Parität aus $(-1)^l$ wobei l aus dem Buchstaben (s,p,d,f...) der Schale ablesbar ist.

3.

• Blatt 12

1.

2.

3.

Sonstige Formeln:

Faustformel Coulombpotential zwischen zwei Teilchen:

$$V_{CB} = \frac{1,44 \text{ MeV} \cdot f_m \cdot (Z_1 Z_2)}{d} \quad (\text{Abstand kann aus Abstandsfaustformel direkt in } f_m \text{ gegeben werden, kürzt sich dann gegen das } f_m \text{ im Zähler heraus})$$

Geometrischer Wirkungsquerschnitt aus Radien der Kollisionspartner:

$$\sigma_{geo} = \pi(R_1 + R_2)^2$$

Gene-ration	Name	Symbol	Ladung	Flavour-Quantenzahlen	Ma (M)
1	Down	d	$-\frac{1}{3} e$	$I_z = -\frac{1}{2}$	4,6
	Up	u	$+\frac{2}{3} e$	$I_z = +\frac{1}{2}$	2,1
2	Strange	s	$-\frac{1}{3} e$	$S = -1$	9,
	Charm	c	$+\frac{2}{3} e$	$C = +1$	127
3	Bottom	b	$-\frac{1}{3} e$	$B' = -1$	418
	Top	t	$+\frac{2}{3} e$	$T = +1$	17276

Erhaltungsgröße	Starke WW	Elektromagnetische WW	Schw WW
Energie	Ja	Ja	Ja
Gesamtdrehimpuls	Ja	Ja	Ja
Ladung	Ja	Ja	Ja
Baryonenzahl	Ja	Ja	Ja
Leptonenzahl	Ja	Ja	Ja
Isospin	Ja	Nein	Nein
Dritte Komponente des Isospins	Ja	Ja	Nein
Strangeness, Charm, Topness, Bottomness	Ja	Ja	Nein
Parität	Ja	Ja	Nein
CP	Ja	Ja	Nein
CPT	Ja	Ja	Ja

