

Zusammenfassung Physik der Materie

Prof. Wesch WS 07/08

Silvio Fuchs

1. Februar 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Strahlungsgesetze	4
1.1	Hohlraumstrahler	4
1.1.1	durch klassische Statistik:	4
1.1.2	quantenmechanischer Energieansatz:	4
2	elementare Quantenphysik	5
2.1	Photoneneigenschaften:	5
2.2	Materiewellen - Wellenpakete	5
2.3	stationäre Schrödingergleichung	5
3	Atommodelle	6
3.1	Empirische Serienformel von Balmer:	6
3.2	Bohrsches Atommodell	6
4	Die Quantenzahlen und Energiezustände von Elektronen	6
4.1	Bahndrehimpuls des Elektrons	6
4.2	Elektronenspin	6
4.3	Energie der WW des Dipolmoments des Elektrons und äusserem Magnetfeld	7
4.4	Gesamtenergie eines Zustandes	7
4.5	Schalenbezeichnung und Übergänge	7
4.6	Pauli-Prinzip	7
4.7	Arten von Übergängen der Elektronen	8
4.7.1	spontane Emission	8
4.7.2	stimulierte Emission	8
4.7.3	induzierte Absorbtion	8
4.8	Lebensdauer von Zuständen	8
4.9	Linienbreite von Spektraldichten	8
5	Röntgenstrahlung	9
5.1	Absorbtion	9
5.2	Absorbtionsmechanismen	9
5.2.1	Photoeffekt	9
5.2.2	Comptoneffekt	9
5.2.3	Mosleysches Gesetz	9
5.3	Braggsche Reflexion	9
6	Kernphysik	10
6.1	Nomenklatur	10
6.2	Eigenschaften stabiler Kerne	10
6.3	Kernmassen, Kernbausteine, Bindungsenergie	10
6.3.1	Bindungsenergie	10
6.3.2	Energien im Kern nach dem Tröpfchenmodell	11
6.3.3	Zusammenfassung	12

6.3.4	Bäte Weizäckerformel	12
6.3.5	Kernumwandlungen	12
6.4	Zerfall instabiler Kerne	12
6.4.1	Zerfallsarten	12
6.4.2	Nuklidkarten	12
6.4.3	Zerfallsgesetz	12
6.4.4	Zerfallsbreite eines instabilen Zustandes	12
6.4.5	radioaktive Zerfallsreihen	12
6.5	Datierungsverfahren	13
6.5.1	Geologie	13
6.5.2	Archäologie	13
6.6	α -Terfall	13
6.7	Kernspaltung	13

1 Strahlungsgesetze

Ein schwarzer Körper absorbiert Strahlung Absorptionsvermögen $A = 1$. Im thermischen Gleichgewicht gilt Emissionleistung = Absorptionsleistung

$$\frac{dW_A}{dt} = A_\nu \xi_\nu dF d\Omega d\nu = \epsilon_\nu dF d\Omega d\nu = \frac{dW_E}{dt}$$

$$\frac{\epsilon_\nu}{A_\nu} = \xi_\nu(\nu, T) \dots \text{Kirchhoffsches Strahlungsgesetz} \quad (1)$$

Für alle Körper ist bei gegebener Temperatur $\frac{\epsilon_\nu}{A_\nu}$ konst. und gleich der spektralen Strahlungsdichte eines schwarzen Körpers gleicher Temperatur. $A_\nu = 1 \quad \epsilon_\nu = \xi_\nu(\nu, T)$

$$\frac{dW}{dt} = \epsilon \cos \theta dF d\Omega \dots \text{Lambertsches Gesetz} \quad (2)$$

$$\frac{dW}{dt} = \sigma \cdot (T^4 - T_{Umgab}^4) \quad \sigma = 5,66 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \dots \text{Stefan Boltzmannsgesetz} \quad (3)$$

Lage des Maximums der Emission:

$$\lambda_{max} \cdot T = const. = 2,9 \cdot 10^{-3} mK \dots \text{Wiensches Verschiebungsgesetz} \quad (4)$$

1.1 Hohlraumstrahler

Zahl der Moden pro m^3 im Intervall $\nu \dots \nu + d\nu$: $n(\nu)d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu = \frac{dn}{V}$
 spektrale Energiedichte $\xi_\nu(\nu, T) = n(\nu) \bar{E}_\nu(T) d\nu \dots \bar{E}_\nu(T)$ mittlere Energie pro Eigenschwingung.

1.1.1 durch klassische Statistik:

$$d\eta = \xi(\nu, T) d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu k_B T \dots \text{Raylight Jeans Strahlungsgesetz} \quad (5)$$

Achtung: Ultraviolett katastrophe!!

1.1.2 quantenmechanischer Energieansatz:

$$E_\nu = h\nu n \quad h = 6,6260755 \cdot 10^{-34} J_s$$

$$d\eta = \xi(\nu, T) d\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{d\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \dots \text{Planksche Strahlungsformel} \quad (6)$$

in Halbraum abgestrahlte Leistung:

$$dP_{HR} = F \cdot 2\pi \frac{h\nu^3}{c^2} d\nu \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \quad (7)$$

2 elementare Quantenphysik

2.1 Photoneneigenschaften:

$$E_{ph} = h\nu = \hbar\omega; \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} \quad (8)$$

$$p_{ph} = mc = \frac{\hbar\omega}{c} = \hbar k; \quad \omega = ck; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (9)$$

$$m_{ph} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{\hbar\omega}{c^2} \quad (10)$$

$$m_0 = 0 \dots \text{Ruhemasse folgt aus: } E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4 \quad (11)$$

$$\vec{s} = \pm\hbar \left| \vec{k} \right|; \quad |s| = \hbar \dots \text{Drehimpuls Photonenspin} \quad (12)$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{1}{2}\hbar \dots \text{Heisenbergsche Unschärferelation} \quad (13)$$

2.2 Materiewellen - Wellenpakete

Herleitung siehe Übung Gärtner!

$$\Psi(x, t) = \int dk A(k) e^{i(kx - \omega t)} \dots \text{Wellenpaket} \quad (14)$$

$$v_{ph} = \frac{\omega}{k} \dots \text{Phasengeschwindigkeit} \quad (15)$$

$$v_{gr} = \frac{d\omega}{dk} \dots \text{Gruppengeschwindigkeit} \quad (16)$$

$$\beta = \frac{d^2\omega}{dk^2} > 0 \dots \text{breitlaufen} \quad (17)$$

2.3 stationäre Schrödingergleichung

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + E_{pot} \Psi = E_{ges} \Psi \dots \text{Zeitfreie Schrödingergleichung} \quad (18)$$

$$w(x, t) dx \sim |\Psi(x, t)|^2 dx \dots \text{Wahrscheinlichkeit das Teilchen an } x \dots x+dx \quad (19)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(x, t)|^2 dx = 1 \quad \text{Normierung}$$

Die Lösung der Schrödingergleichung in Kugelkoordinaten und Coulombpotential ergibt diskrete Quantenzahlen die die Lösung Ψ charakterisieren.

r: $n = 1, 2, 3 \dots$ Hauptquantenzahl

Θ : $l = 0, 1, 2, \dots, n - 1 \dots$ Bahndrehimpulsquantenzahl

Φ : $m_l = -l, -l + 1, \dots, +l \dots$ magnetische Quantenzahl

3 Atomm Modelle

3.1 Empirische Serienformel von Balmer:

$$\bar{\nu}_k = \frac{1}{k} = R_H \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \quad (20)$$

3.2 Bohrsches Atommodell

stehende Welle auf Umfang der Elektronbahn führt zum Nichtabstrahlen (Bohrsches Postulat). $2\pi r = n\lambda$

$$r = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi \mu Z e^2} = \frac{n^2}{Z} a_0 \text{ mit } a_0 \approx 0,5 \text{ \AA} = 5,2917 \cdot 10^{-11} \text{ m } \mu = \frac{m_e m_k}{(m_e + m_k)} \approx m_e \quad (21)$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \frac{Z e^2}{4\pi \epsilon_0 r} = -\frac{1}{2} E_{pot} \quad (22)$$

$$E_n = -R_y^* \cdot \frac{Z^2}{n^2} \text{ mit } R_y^* = R_y h c = \frac{\mu e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} (= E_0) \quad (23)$$

$$|L| = \mu v r = n \hbar \dots \text{Drehimpuls} \quad (24)$$

$$h\nu = R_y^* Z^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2} \right) \dots \text{Serienformel aus dem Bohrschen Modell} \quad (25)$$

Bohrsche Serienformel stimmt nicht mehr für grössere Z!

4 Die Quantenzahlen und Energiezustände von Elektronen

4.1 Bahndrehimpuls des Elektrons

Bezug von Drehimpulsquantenzahl mit dem Drehimpuls:

$$|\vec{l}| = \sqrt{l(l+1)} \hbar \quad (26)$$

Die magnetische Quantenzahl m_l ist Komponente von \vec{l} in einer bestimmten Richtung. Die z-Komponente des Bahndrehimpulses ergibt sich zu:

$$l_z = m_l \hbar \quad (27)$$

4.2 Elektronenspin

Die Feinstrukturzerlegung durch den Stern Gerlachversuch zeigte eine noch feinere Unterteilung der Energie der Elektronen. Ein Eigendrehimpuls (Spin) der Elektronen wurde zur Erklärung eingeführt.

$$|\vec{s}| = \sqrt{s(s+1)} \hbar \dots \text{Eigendrehimpuls des Elektrons (Spin)} \quad (28)$$

$$s_z = m_s \hbar, m_s = \pm \frac{1}{2}, \Delta m_s = \pm 1, s = \frac{1}{2}, |\vec{s}| = \frac{1}{2} \sqrt{3} \hbar \quad (29)$$

4.3 Energie der WW des Dipolmoments des Elektrons und äusserem Magnetfeld

$$E = -\vec{\mu}\vec{B} \quad \text{mit} \quad \vec{\mu} = \frac{e}{2m_e}\vec{l} + \frac{e}{m_e}\vec{s} \quad (30)$$

4.4 Gesamtenergie eines Zustandes

Mit dem magnetischen Moment einer rotierenden Ladung $\vec{\mu} = \frac{e}{2m_e}\vec{l}$ ergibt sich für das Wasserstoffatom:

$$|\vec{\mu}| = \frac{e}{2m} |\vec{l}| = \frac{e}{2m} \sqrt{l(l+1)}\hbar = \sqrt{l(l+1)}\mu_b, \quad \mu_b = \frac{e\hbar}{2m} \text{ bohrsches Magneton} \quad (31)$$

Analoge Rechnung für den Elektronenspin
Gesamtenergie:

$$E_{n,l,s} = E_n + \frac{\mu_0 Z e^2}{8\pi m^2 r^3} (\vec{s}\vec{l}) \quad (32)$$

Mit dem Gesamtdrehimpuls $\vec{j} = \vec{l} + \vec{s}$ mit $|\vec{j}| = \sqrt{j(j+1)}\hbar$ ergibt sich die Gesamtenergie zu:

$$E_{n,l,s} = E_n + \frac{a}{2} [j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)] \quad \text{mit} \quad a = \frac{\mu_0 Z e^2 \hbar^2}{8\pi m^2 r^3} \quad (33)$$

a nennt man auch Spin-Bahn-Kopplungskonstante. j kann Werte von $|l - \frac{1}{2}|$ bis $l + \frac{1}{2}$ annehmen.

4.5 Schalenbezeichnung und Übergänge

s,p,d,f entsprechen $l = 0, 1, 2, 3$. Übergänge sind nur möglich mit $\Delta m_l = 0, \pm 1$ und $\Delta l = \pm 1$.

Zerlegung mit l, n, m_l kennzeichnen Orbitale.

Die Zahl der zu n gehörenden Zustände:

$$\sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = n^2 \quad \text{mit Spin} \quad \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2 \quad (34)$$

4.6 Pauli-Prinzip

- nur ein Elektron gleichzeitig auf einem Zustand n, l, m_l, m_s
- Atomzustand mit räumlichen Quantenzahlen $(n, l, m - L)$ höchstens 2 Elektronen die sich durch $m_s = \frac{1}{2}$ oder $m_s = -\frac{1}{2}$ unterscheiden müssen
- Maximale Zahl an Elektronen $2n^2$ (siehe oben)

4.7 Arten von Übergängen der Elektronen

4.7.1 spontane Emission

Ein Atom fällt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von Energie 1 auf Energie 2 ab.

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right) = -A_{21}N_2 \quad (35)$$

4.7.2 stimulierte Emission

Aus einem angeregten Zustand (1. Elektron) werden durch Einstrahlung und dem Übergang in niedrigeres Energieniveau 2 Elektronen gleicher Phase frei. (Laserprinzip)

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right) = -B_{21}N_2 \quad (36)$$

4.7.3 induzierte Absorption

Anregung aus dem Grundzustand durch Einstrahlung.

$$\left(\frac{dN_1}{dt}\right) = -B_{12}N_1 \quad (37)$$

$$\tau = \frac{1}{A_{21}} \text{ ...Lebensdauer}$$

$B_{21} = \sigma_{21}F$ F ...Photonenfluss der Welle σ_{21} ...Querschnitte für stimulierte Emission

$B_{21} = B_{12}$; $\sigma_{21} = \sigma_{12}$ ohne Entartung

$g_2 B_{21} = g_1 B_{12}$; $g_2 \sigma_{21} = g_1 \sigma_{12}$ bei Entartung.

4.8 Lebensdauer von Zuständen

$$dN_i = -A_{ij}N_i dt$$

$$N_i(t) = N_{i0} e^{-A_i t} \quad A_i = \sum_j A_{ij} \text{ mittlere Lebensdauer: } \tau_i = \frac{1}{A_i} = \frac{1}{\sum_j A_{ij}} \quad (38)$$

4.9 Linienbreite von Spektraldichten

$\Delta E \Delta t \approx \hbar$ $\Delta t \cong \tau_i$ damit ergibt sich die natürliche Linienbreite zu:

$$\Delta\omega = \frac{1}{\tau_i} \quad (39)$$

Doppelverbreiterung infolge thermischer Strahlung:

$$\Delta\omega_0 = \left(\frac{\omega_{ix}}{c}\right) \sqrt{\frac{1}{m}(8k_B T \ln 2)} \quad (40)$$

5 Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlung ist Strahlung im Bereich von $\lambda = 0,001nm...1nm$. $E = 14eV...100keV$
Arten von Röntgenstrahlung sind zum Beispiel:

- Bremsstrahlung: $h\nu \leq h\nu_g \leq eU$, $\lambda \geq \lambda_g = \frac{hc}{eU}$ (kontinuierlich)
- Charakteristische Strahlung: Übergänge von Elektronen in der Atomhülle. (siehe oben)

5.1 Absorbtion

$$I = I_0 e^{-\alpha d} \quad \alpha \dots \text{Absorbtionskonstante} \quad (41)$$

5.2 Absorbtionsmechanismen

5.2.1 Photoeffekt

Bei Bestrahlung eines Metalls können Elektronen herausgelöst werden und auf diskrete Energien beschleunigt werden. Zum Herauslösen bedarf es die Austrittsarbeit zu leisten!

$$h\nu = \frac{m}{2}v^2 + W_a \quad W_a \dots (\text{positive}) \text{ Austrittsarbeit} \quad (42)$$

5.2.2 Comptoneffekt

Wellenlängenänderung bei Streuung von Photonen an Elektronen unter dem Winkel θ .

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0c} \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (43)$$

- Paarbildung
- ...

5.2.3 Mosleysches Gesetz

$$\nu_{ik} = R_y (Z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (44)$$

5.3 Braggsche Reflexion

Bei der Reflexion an einem atomaren gitter gilt $\theta =$ Einfallswinkel:

$$2d \sin \theta = m\lambda \quad \dots d = \text{Abstand zwischen den Netzebenen} \quad (45)$$

6 Kernphysik

6.1 Nomenklatur

$${}^A_Z X_n \begin{cases} A \dots \text{Nukleonenzahl} \\ Z \dots \text{Protonenzahl} \\ N \dots \text{Neutronenzahl} \end{cases} \quad (46)$$

6.2 Eigenschaften stabiler Kerne

Durch Streuexperimente von Rutherford wurde der Kerndurchmesser in die Grössenordnung von $r_o = (1,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-15} m$. Der Kern hat keinen scharfen Rand. Daher kann eine Dichteverteilung angegeben werden. Messbare Vergleichsgrösse ist der Mottsche Wirkungsquerschnitt:

$$\left(\frac{s\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)^R \cos^2 \frac{\theta}{2} \quad (47)$$

Vergleich mit experimentellen Daten zeigte: $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{exp} < \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott}$. Dies ist bedingt durch die räumliche Ausdehnung der Kerne beschrieben durch den Formfaktor $\vec{F}(\vec{q})$

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{exp} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} |\vec{F}(\vec{q})|^2 \quad (48)$$

Die Ladungsverteilung in schweren Kernen entspricht angenähert der Fermiverteilung!

$$\rho(\vec{r}) = \frac{\rho_0}{1 + e^{\frac{r-R_{1/2}}{\rho}}} \dots R_{1/2} \text{ - } \rho \text{ auf H\u00e4lfte gesunken} \quad (49)$$

6.3 Kernmassen, Kernbausteine, Bindungsenergie

Die internationale atomare Masseneinheit:

$$m_u = \frac{1}{12} m({}^{12}C) \dots \text{Masse des neutralen C-Atoms} \quad (50)$$

Einheitszeichen $m_u = 1u = 1,66056 \cdot 10^{-24} g$

Arten von Nukliden (bestimmtes Z, N, A) = $\begin{cases} \text{Isotope: Z fest} \\ \text{Isobare: A fest} \\ \text{Isoton: N fest} \end{cases}$

$A < Z + N \rightarrow$ Massendefekt: Bindungsenergie wird bei Kernbindung frei

6.3.1 Bindungsenergie

$$E_B(Z, N) = \Delta mc^2 = [Z m_H + N m_n - m(Z, N)] c^2 \quad (51)$$

m_H - Masse des neutralen H-Atoms ; m_n - Neutronenmasse

F\u00fcr $A > 30$: $\frac{E_B}{A} \approx const.$ $\rightarrow E_B \sim A$. Ansatz f\u00fcr theoretische Betrachtung im Tr\u00f6pfchenmodell: Zweik\u00f6rperkr\u00e4fte mit S\u00e4ttigungscharakter.

6.3.2 Energien im Kern nach dem Tröpfchenmodell

1. **Kondensationsenergie** $E_B^{(1)}$ entspricht der Volumenenergie
 $E_B^{(1)} \sim \text{Volumen} \equiv \text{Zahl der geladenen Teilchen}$

$$E_B^{(1)} = a_v A \quad a_v \dots \text{Volumenenergieproportionalitätskonstante} \quad (52)$$

2. **Oberflächenenergie** $E_B^{(2)}$ sorgt für Vergrößerung der Bindungsenergie

$$4\pi R^2 = 4\pi r_0^2 A^{2/3}$$

$$E_B^{(2)} = -a_s A^{2/3} \quad (53)$$

3. **Coulombenergie** $E_B^{(3)}$
 potentielle Energie einer homogen geladenen Kugel

$$U = \frac{3}{5} \frac{Z^2 e^2}{4\pi\epsilon_0 R} \rightarrow E_B^{(3)} = -a_c Z^2 A^{-1/3} \quad (54)$$

4. **Asymmetrieenergie** $E_B^{(4)}$
 schwere Kerne \rightarrow Neutronenüberschuss \rightarrow verhindert Bindungsenergie gegenüber symmetrischen Kernen.

$$E_B^{(4)} = -a_A \frac{\left(Z - \frac{A}{2}\right)^2}{A} \quad (55)$$

5. **Paarungsenergie** $E_B^{(5)}$
 empirische Korrektur: geparte Nukleonen der selben Sorte mit besonders hoher E_B

- sowohl Z als auch N gerade- hohe E_B : gg-Kerne
- Z und N ungerade- niedrige E_B : uu-Kerne

$$E_B^{(5)} = \begin{cases} +\delta & gg \\ 0 & ug, gu \\ -\delta & uu \end{cases} \rightarrow \delta \approx a_p A^{-1/2} \quad (56)$$

6.3.3 Zusammenfassung

6.3.4 Bäte Weizäckerformel

$$m(Z, A) = Zm_H + (A-Z)m_n - a_v A + a_s A^{2/3} + a_c Z^2 A^{-1/3} + a_A \left(Z - \frac{A}{2}\right)^2 A^{-1} - \left(\pm \frac{\delta}{c^2}\right) \quad (57)$$

aus dieser Massenformel lässt sich der Betazerfall schlussfolgern!

6.3.5 Kernumwandlungen

$$n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}_e$$

$$p \rightarrow n + \beta^+ + \nu_e$$

Stabilität von Kernen besonders hoch bei magischen Zahlen ($Z = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$).

6.4 Zerfall instabiler Kerne

6.4.1 Zerfallsarten

- Emission von α -Teilchen
- β Umwandlung
- Kernspaltung
- Emission elektromagnetischer Strahlung

6.4.2 Nuklidkarten

- wichtigste Eigenschaften der Kerne
- Karlsruher Nuklidkarte

6.4.3 Zerfallsgesetz

$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ λ ...Zerfallskonstante $[A] = 1Bq$ Bequerel $\equiv 1$ Zerfall/s

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (58)$$

6.4.4 Zerfallsbreite eines instabilen Zustandes

$$\Gamma = \Delta E = \hbar \lambda \quad (59)$$

6.4.5 radioaktive Zerfallsreihen

Die Muttersubstanz zerfällt in mehreren Schritten bis zum endgültigen stabilen Zustand (meist Blei-Isotope).

6.5 Datierungsverfahren

6.5.1 Geologie

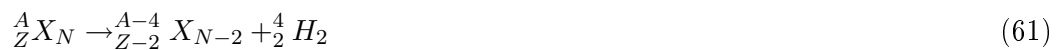
Durch bekannte radioaktive Zerfallsreihen (mit bekannten Halbwertszeiten) lässt sich über Isotopenbestimmung das Alter von Materialien bestimmen. Zur Zeit $t = 0$ existierte nur die Muttersubstanz und ist dann schritt für schritt zerfallen.

$$\frac{N_2(t)}{N_1(t)} = e^{-\lambda_1 t} - 1 \text{ mit } N_2(t) = N_1(0) - N_1(t) \quad (60)$$

6.5.2 Archäologie

^{14}C Methode nach Libby: Durch kosmische Strahlung $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ Halbwertszeit ^{14}C $t_{1/2} \approx 5730 \text{a}$ $^{14}\text{C} \xrightarrow{\beta\text{-Zerfall}} ^{14}\text{N}$. Aus der spezifischen Aktivität lässt sich die Zeit des letzten Aufnehmens von ^{14}C in einen lebenden Organismus bestimmen.

6.6 α -Terfall



Prinzipiell Möglich wenn $m_\alpha + m_{\text{Restkern}} < m_{\text{Kern}}$

Zerfallswahrscheinlichkeit: λ_0 ...Wahrscheinlichkeit für Bildung eines α Teilchens und auftreten auf den Potentialwall (Starke Kernkraft innen; Coulombkraft aussen).

T_λ Wahrscheinlichkeit für Tunneleffekt um aus Potentialwall auszubrechen.

$$\lambda = \lambda_0 T_\lambda \quad T_\lambda \approx e^{-G} \quad G = \frac{2}{\hbar} \sqrt{\frac{2m}{E}} Z_1 Z_2 c^2 \gamma(x) \text{ ...Gamov-Faktor} \quad (62)$$

6.7 Kernspaltung

Der Massendefekt wird mit der Behte-Weizäckerformel berechnet dabei muss für Energieerzeugende Kernspaltung Bindungsenergie frei werden. Dies geschieht bei Spaltungen schwerer Kerne. Bsp: Uran(235) Thorium(232) ... Spaltungsparameter:

$$X_s = \frac{a_c}{2a_s} \frac{Z^2}{A} \quad X_s \geq 1 \text{ für } \frac{Z^2}{A} \geq 51 \quad (63)$$