

Messung der Lebensdauer angeregter Kernzustände durch verzögerte γ - γ -Koinzidenzen

(Anmerkung: Der Versuch heisst zwar allgemein „Lebensdauer-Messung“, wir messen jedoch die Halbwertszeit eines angeregten Zustandes. Lebensdauer τ und Halbwertszeit $t_{1/2}$ sind verknüpft durch $t_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$.)

In dem vorliegenden Versuch soll die Halbwertszeit des $5/2^+$ -Niveaus in ^{181}Ta bei 482 keV gemessen werden. Als Meßmethode wird eine verzögerte γ - γ -Koinzidenzmessung durchgeführt. Das $5/2^+$ -Niveau kann bevölkert werden durch den β^- -Zerfall von ^{181}Hf ($t_{1/2} = 42.39$ d) nach ^{181}Ta . Ein Zerfallsschema zeigt Abb. 1a. Abb. 1b zeigt die dabei alle vorkommenden γ -Übergänge (in keV) mit ihren jeweiligen Intensitäten (in %).

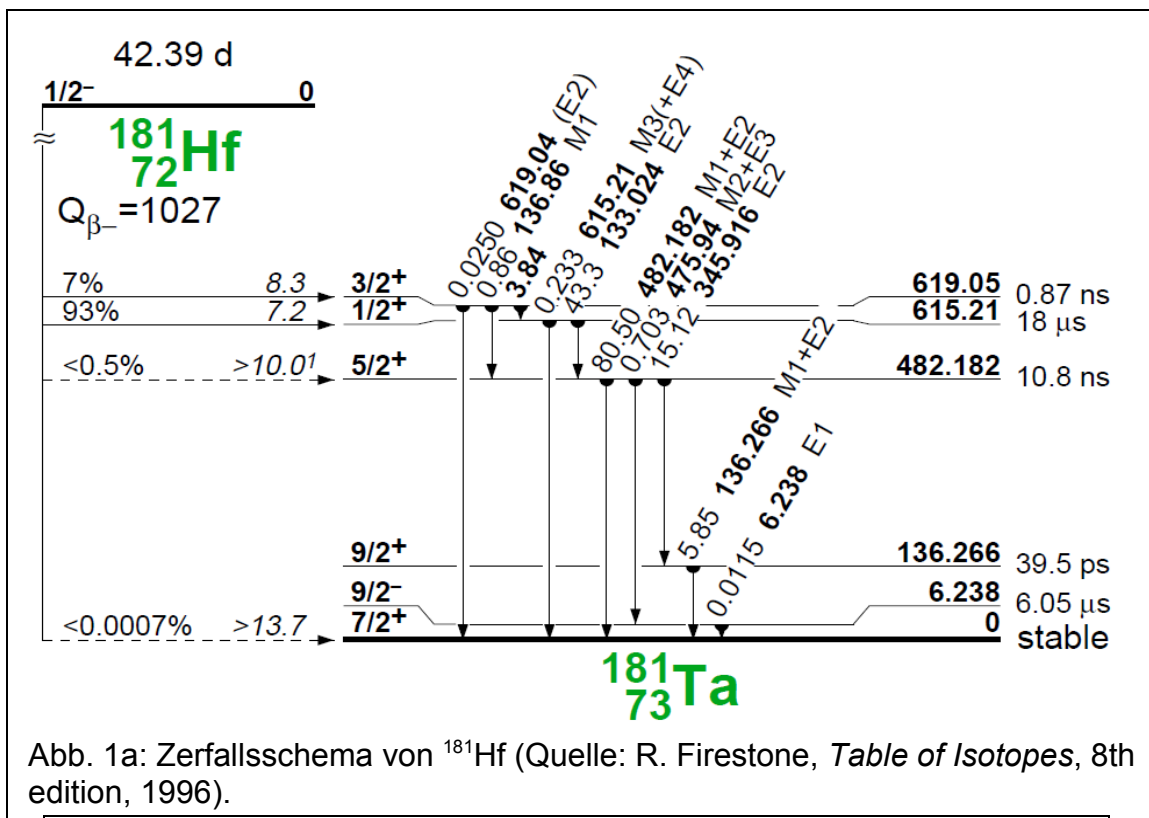


Abb. 1a: Zerfallsschema von ^{181}Hf (Quelle: R. Firestone, *Table of Isotopes*, 8th edition, 1996).

$\gamma(^{181}\text{Ta})$ from ^{181}Hf (42.39 d) β^- decay <for I_γ % multiply by 0.8054>

3.90	10(?)	(\dagger 5.6 27)
6.33	(\dagger 0.0143 5)	E1
133.021	19	(\dagger 53.8 6) E2
136.260	18	(\dagger 7.27 23) M1+E2: $\delta=+0.41$ 3
136.864	(\dagger 1.07 23)	M1
345.936	(\dagger 18.78 12)	E2
475.999	(\dagger 0.873 7)	M2+E3: $\delta=0.5$ 1
482.189	(\dagger 100.00 14)	M1+E2: $\delta=4.76$ 4
615.171	(\dagger 0.290 22)	M3(+E4)
618.668	(\dagger 0.0311 15)	(E2)

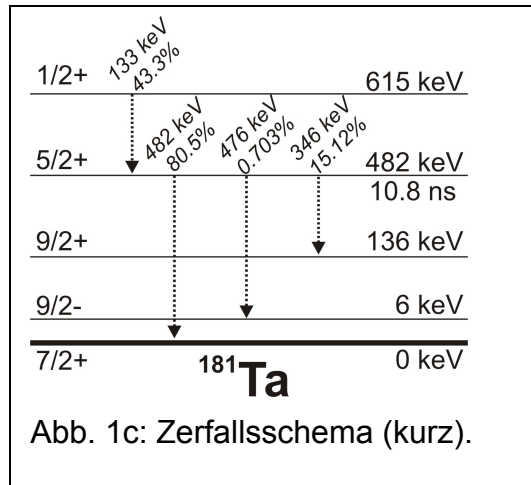
Abb. 1b: Übergangsintensitäten I_γ (in %) für den β^- -Zerfall von ^{181}Hf (Quelle: R. Firestone, *Table of Isotopes*, 8th edition, 1996).

Prinzip der Halbwertszeitmessung

Betrachtet man vom Zerfallsschema des ^{181}Hf nur den hier interessierenden Teil mit den am häufigsten vor kommenden Übergängen, so stellt man folgendes fest (Abb. 1c):

Der $5/2^+$ -Zustand bei 482 keV im ^{181}Ta , dessen Halbwertszeit wir messen wollen, wird in den meisten Fällen durch ein γ -Quant von 133 keV aus dem $1/2^+$ -Zustand bei 615 keV bevölkert. Entvölkert wird dieses Niveau durch die drei angegebenen Übergänge unter Emission von γ -Quanten mit einer Energie von 482 keV, 476 keV oder 346 keV mit den jeweils angegebenen Intensitäten (Achtung: Es gibt einen Unterschied zwischen der Bevölkung des $1/2^+$ Zustands durch β^- -Zerfall (93%) und der Entvölkung über den 133 keV Übergang (43%). Wo bleiben die restlichen 50% der Übergangsintensität? Wie können angeregte Zustände noch abgeregt werden, ausser über γ -Quanten?).

Zur Bestimmung der Halbwertszeit des $5/2^+$ -Zustandes messen wir elektronisch die Zeitintervalle zwischen dem Bevölkern des Zustandes durch Beobachten der 133 keV γ -Quanten und dem zeitlichen verzögerten Entvölkern des Zustandes durch Emission der 482 keV γ -Quanten (wir könnten auch die Übergänge bei 476 keV oder 346 keV benutzen, jedoch sind beide viel schwächer). Diese Zeitintervalle gehorchen einer gewissen Verteilung (welcher?), aus der eindeutig die Halbwertszeit des Zustandes abgelesen werden kann.



Produktion der Probe im FRM II

Die ^{181}Hf Probe wurde durch eine 10minütige Bestrahlung von natürlichem Hf-Metall (23 mg, $H_{180\text{Hf}}=35.08\%$) in der Forschungsneutronenquelle FRM-II (Forschungsreaktor München II, <http://www.frm2.tum.de/>) auf dem Campus hergestellt. Die Aktivierungsgleichung lautet

$$N_{181\text{Hf}}(0) = N_{\text{Hf}} \cdot H_{180\text{Hf}} \cdot \Phi \cdot t_{\text{act}} \cdot \sigma \cdot (1 - \exp(-\lambda \cdot t_{\text{act}})) \cdot 1/(\lambda \cdot t_{\text{act}})$$

$$N_{181\text{Hf}}(t) = N_{181\text{Hf}}(0) \cdot \exp(-\lambda \cdot t_{\text{wait}})$$

Die erste Zeile gibt dabei die Produktion von ^{181}Hf -Atomen für eine Bestrahlung im gleichmässigen Neutronenfluss ϕ [$\text{n}/(\text{s}\cdot\text{cm}^2)$] mit der Zeit t_{act} an. Der Wirkungsquerschnitt σ beträgt für thermische Neutronen mit einer Energie von 25 meV etwa 13 barn ($1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$).

$H_{^{180}\text{Hf}}$ ist die natürliche Häufigkeit (in %) von ^{180}Hf in der Natur (siehe Karlsruher Nuklidkarte oder www.webelements.com).

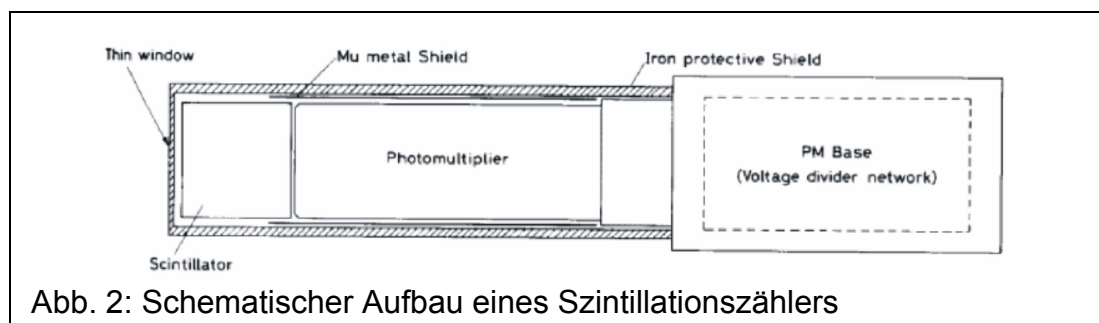
Der Term $(1 - \exp(-\lambda \cdot t_{\text{act}})) \cdot 1/(\lambda \cdot t_{\text{act}})$ am Ende der ersten Zeile gibt den Bruchteil der ^{181}Hf Atome an, die durch ihre Halbwertszeit von $t_{1/2} = 42.39 \text{ d}$ bereits wieder zerfallen sind und für weitere Messungen nicht zur Verfügung stehen. Für lange Halbwertszeiten sollte er ≈ 1 sein, für kurze Halbwertszeiten entsprechend der Dauer der Aktivierungszeit ist er < 1 . Die Zerfallskonstante λ errechnet sich aus $\lambda = \ln(2)/t_{1/2}$.

Die zweite Zeile berücksichtigt den Zerfall von ^{181}Hf während der Wartezeit t_{wait} . Für die Umrechnung in Aktivitäten A (Einheit Becquerel; $1 \text{ Bq} = 1$ Zerfall pro Sekunde) muss $N_{^{181}\text{Hf}}$ nur mit der Zerfallskonstante λ multipliziert werden.

Die Detektoren

Die Detektoren D1 und D2 sind Festkörper-Szintillationszähler, die aus Einkristallen von anorganischen Substanzen bestehen, in unserem Fall Natriumiodid dotiert mit einer Spur Thallium ($\text{NaI}(\text{Tl})$).

Szintillationszähler dienen dem zeitlich bestimmten Nachweis einzelner Quanten einer ionisierenden Strahlung. Sie bestehen aus zwei Komponenten: der Szintillator wandelt die abgegebene Energie in sichtbares Licht um. Der Photomultiplier (PM) wandelt anschließend dieses Licht in ein elektronisch messbares Signal um. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, dass die vom Szintillator abgestrahlte Lichtintensität (nahezu) proportional ist zur Energie der einfallenden Strahlung.



Die radioaktive Strahlung, z. B. ein γ -Quant, regt Elektronen des Szintillators aus dem Valenzband ins Leitungsband an und erzeugt dabei Elektron-Loch-Paare. Diese wandern verlustfrei durch den Kristall, bis sie auf eine Verunreinigung treffen. Im Fall eines $\text{NaI}(\text{Tl})$ -Szintillationszählers ist dies meist ein Thalliumatom. Das Elektron-Loch-Paar "zerfällt" dort, das Elektron fällt ins Valenzband zurück. Die dabei freiwerdende Energie wird als (sichtbares) Photon abgestrahlt und die Lichtquanten über einen Photomultiplier gezählt.

Bei Alkali-Iodidkristallen beträgt der Abstand zwischen dem Valenzband und dem im Grundzustand leeren Leitungsband etwa 6-8 eV. Die eintreffenden Photonen haben Energien im Bereich von 100 keV bis MeV, so dass ihre Energie ausreicht, um mehr als tausend Elektronen anzuregen, d.h. entsprechend viele Photonen zu erzeugen. Um diese „neuen“ γ -Quanten nutzen zu können, müssen sie Energien im Bereich von eV (der Bandlücke) haben, bei denen sie re-absorbiert werden können. Dazu wird der Kristall mit Aktivatorzentren dotiert. Die Dotierung des NaI-Kristalls mit Tl verformt lokal das Leitungsband und schafft somit neue Energieniveaus in der Bandstruktur des Kristalls, sog. Aktivatorbänder. Sie besitzen genau die gewünschten Energieniveaus zwischen Valenzband und Leitungsband. Ohne Aktivatorband würde das Elektron direkt wieder ins Valenzband fallen und es käme zu einer Emission eines Photons der gleichen Energie wie das einfallende Photon. Der Szintillator wäre also für das ausgesandte Licht undurchlässig.

Experimenteller Versuchsaufbau

Der experimentelle Aufbau zur Messung dieser Zeitintervalle ist eine sog. Fast-Slow-Koinzidenz (Schnell-Langsam-Koinzidenz). Das Blockschaltbild zeigt Abb. 3.

Der innere Kreis (Fast) dient zur Messung der Zeitintervalle zwischen dem Ansprechen des Detektors D1 und dem Ansprechen des Detektors D2. Mit dem äußeren Kreis (Slow) werden aus der Vielzahl der gemessenen Zeitintervalle genau jene herausgewählt, für die gleichzeitig auch die Energiebedingung erfüllt ist, d. h. daß im Start-Detektor (D1) ein γ -Quant mit der Start-Energie (133 keV) und im Stop-Detektor (D2) ein γ -Quant mit der Stop-Energie (482 keV) nachgewiesen wurde. Nur die für solche Ereignisse

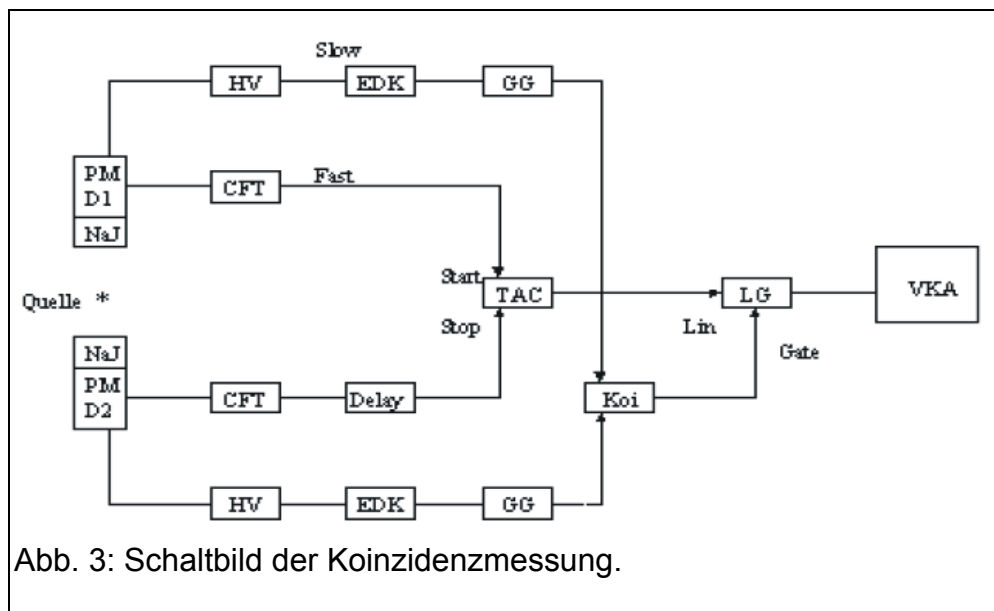


Abb. 3: Schaltbild der Koinzidenzmessung.

gemessenen Zeitintervalle sollen dann ausgewertet werden.

In der Praxis wird folgendermaßen vorgegangen: Von den Photomultipliern (PM) werden an den Anoden die sog. schnellen Impulse abgenommen. Diese Impulse sind durch hohe Verstärkung im Photomultiplier im allgemeinen nicht mehr energieproportional, dagegen sind diese Impulse wegen ihres steilen

Anstieges gut zur Ansteuerung der schnellen Koinzidenz oder wie hier eines Zeit-Amplituden-Konverters (TAC) geeignet. In den Constant-Fraction-Triggern (CFT) werden die schnellen Impulse in Normsignale umgeformt. (Achtung: die CFTs benötigen eine "innere Verzögerung" von 20ns um Signale verarbeiten zu können). Diese werden dann als Start- und Stop-Signale für den TAC verwendet. Der TAC liefert ein Zeitintervall zwischen einem Start- und einem Stop-Impuls als eine Spannungsamplitude an seinem Ausgang.

Für den langsamen oder Energie-Kreis werden die energieproportionalen, langsamen Signale von einer niederen Dynode des Photomultipliers abgenommen, wo noch keine Sättigungserscheinungen der Verstärkung durch Raumladung u.ä. auftreten. Diese langsamen Impulse werden in den nachgeschalteten Hauptverstärkern (HV) verstärkt und geformt (ACHTUNG: die Beschriftung „HV“ auf den Detektoren bedeutet „High Voltage“! Dieses Kabel NICHT anfassen, nur am Rack mit den Modulen arbeiten!)

In den Einkanaldiskriminatoren (EDK) werden die Energien eingestellt, die das zu untersuchende Niveau bevölkern bzw. entvölkern. Liegt die γ -Energie im eingestellten Fensterbereich, tritt am Ausgang des EDK ein logisches Signal auf. Da die beiden Einkanal-Signale in einer Koinzidenzstufe (Koi) zum Überlapp gebracht werden sollen, muß die Zeitverschiebung, die beide gegeneinander infolge von Laufzeit- und Elektronikeffekten erleiden können, mit Gate-Generatoren (GG) ausgeglichen werden. Die Koinzidenzstufe gibt nur dann ein Ausgangssignal, wenn beide Einkanalsignale „gleichzeitig“ angekommen sind. Gleichzeitig bedeutet hier: gemessen in der Zeitskala des langsamen Energiekreises, wo Verzögerungen von einigen ns nicht meßbar sind. Die Vereinigung von schnellem und langsamen Kreis erfolgt dann mit Hilfe der Koinzidenz (Koi) im Linear Gate Stretcher (LG). Der LG läßt nur bei einem positivem Signal von der Koi das zugehörige Zeitsignal vom TAC durch. Nur Zeitintervalle, die vom Start- und Stop- γ -Übergang eines Kernes stammen, werden in den Vielkanal geschickt, andere sieht der Vielkanalanalysator (VKA) nicht.

Durchführung der Messungen

1. Teil: Energiekalibrierung, Nachweiswahrscheinlichkeit (Effizienz), Messung der Aktivität der Quelle und Zeitkalibrierung

(a) Zunächst soll das Energie-Spektrum der ^{181}Hf -Quelle untersucht werden. Dazu wird ein HV-Ausgang (z.B. von D2) direkt mit dem VKA verbunden. Für die Energiekalibrierung und Effizienz-Bestimmung des Spektrums stehen Kalibrierstandards (z.B. ^{22}Na , ^{57}Co) zur Verfügung, deren Energien und Aktivitäten sehr genau bekannt sind (Abb. 4 und im Praktikumsraum ausliegendes Zertifikat). Wir kombinieren die Energiekalibrierung und Effizienz-Bestimmung.

Jeweils ein ^{22}Na und ^{57}Co Spektrums werden für einige Minuten (auf Anzeige „True-Time“ und „Life-Time“ achten!) aufgenommen und die Fläche unter den stärksten Peaks bestimmt. (Warum sieht man zwei Peaks im Spektrum vom ^{22}Na ? Wo kommt die zweite Linie her?). Macht dann die Energiekalibration am

Computer mithilfe der drei stärksten Übergänge. (Der nette Assistent wird Euch dabei helfen.)

Die Effizienz ε des Aufbaus ist stark geometrie- und somit abstandsabhängig, sowie energieabhängig. Deswegen wird die gemessene Zählrate C (counts/s) mit der wahren Aktivität A (in Bq) unter Berücksichtigung der Übergangsintensität I_γ (Fig. 1b) verglichen:

$$\varepsilon = C / (A * I_\gamma)$$

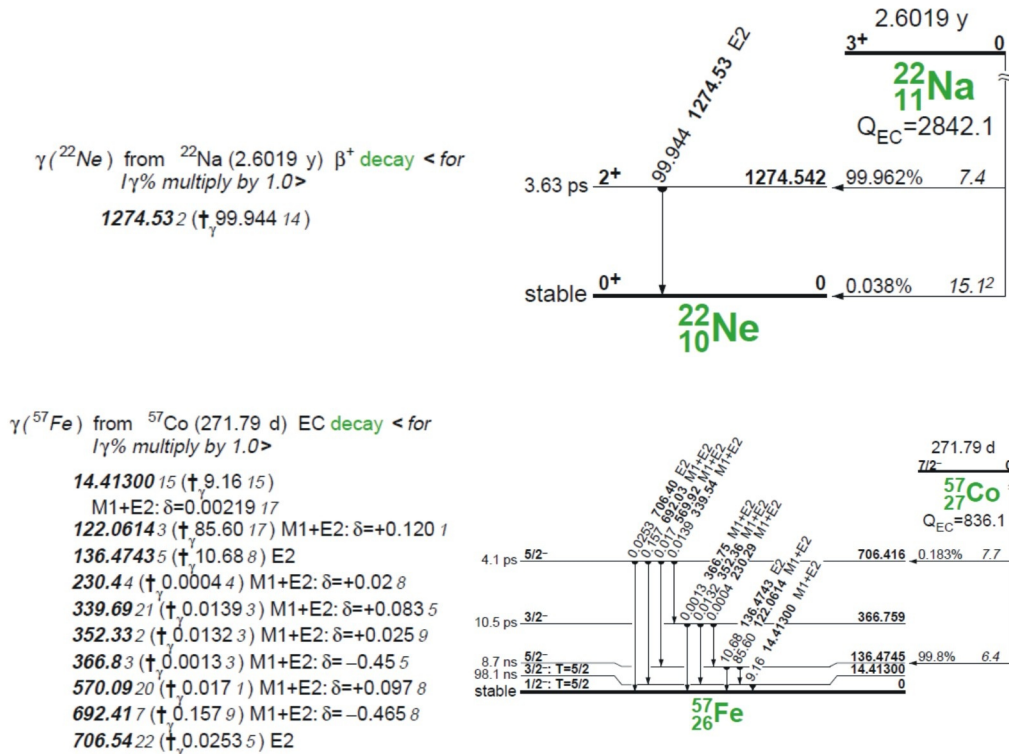


Abb. 4: Übergangsintensitäten und Zerfallsschema von ^{22}Na und ^{57}Co .
(Quelle: R. Firestone, *Table of Isotopes*, 8th edition, 1996).

Bestimmt die Effizienz der drei stärksten Übergänge beider Quellen und plottet sie in einem doppelt-logarithmischen Graph:

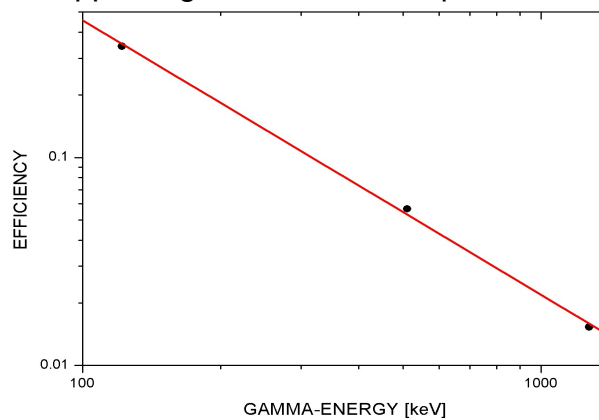


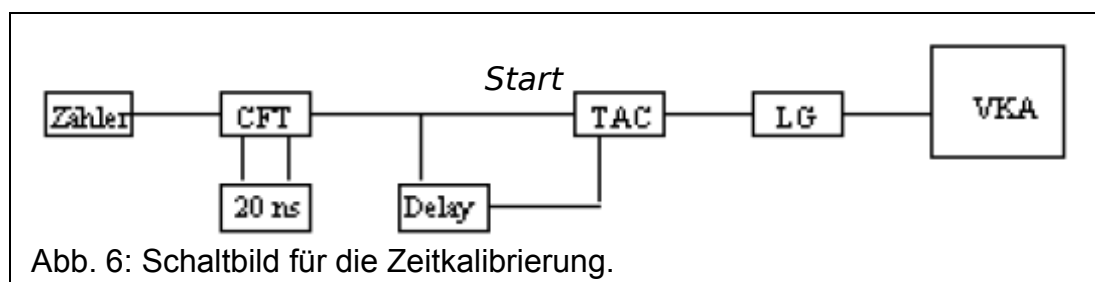
Fig. 5: Doppelt-logarithmischer Plot der Effizienz.

Die Effizienz des 482 keV Übergangs vom ^{181}Hf kann dann per Interpolation bestimmt werden.

(b) Nehmt ein Spektrum der ^{181}Hf Quelle auf. Die Aktivität A der Probe kann aus der Fläche unter dem 482 keV Peak bestimmt werden durch Umformen der Gleichung für die Effizienz oben.

Für die Bestimmung der Aktivität der Hf-Probe am Tage der Bestrahlung (Datum beim Assistenten erfragen) muss noch eine Zerfallskorrektur mit $\exp(-\lambda \cdot t_{\text{wait}})$ berücksichtigt werden.

(c) Für das Zeitspektrum, aus dem die Halbwertszeit des 482 keV-Niveaus in ^{181}Ta bestimmt werden soll, ist eine Zeitkalibrierung notwendig (Abb. 6). Dazu werden die Ausgangssignale aus einem der beiden CFTs verwendet. Dasselbe Signal wird einmal auf den Start-Eingang des TAC und außerdem über verschiedene geeichte Delay-(Verzögerungs-)Kabel auf den Stop-Eingang des TAC gegeben. Hierdurch wird erreicht, dass man für jede eingeschaltete Verzögerung ein Einlinien-Spektrum erhält, das einer sehr gut definierten Impulshöhe am TAC-Ausgang entspricht. Der LG muss dabei auf „NORMAL“ gestellt werden. Um die Linearität zu testen, empfiehlt es sich durch Wahl geeigneter Verzögerungen mit der ^{22}Na -Quelle den ganzen TAC-Bereich anzusehen (20, 40, 60, 80 ns). Schreibt die jeweiligen Kanalnummern der einzelnen Verzögerungen auf und plottet die vier Datenpunkte linear und bestimmt die Fitparameter. Warum liegt der Datenpunkt bei 60ns leicht unterhalb der Fitgeraden?



2. Teil: Zeitauflösung des TAC, echte und zufällige Koinzidenzen, prompte und verzögerte Koinzidenzen, Lichtgeschwindigkeitsmessung

(a) Zur Messung der prompten Koinzidenz wird nun analog Abb. 7 vorgegangen. Die beiden emittierten Vernichtungsquanten der ^{22}Na -Quelle werden zur gleichen Zeit in den beiden Zählern nachgewiesen (warum?). Trotz exakter Gleichzeitigkeit bei genauer Positionierung zwischen den Detektoren ergibt sich kein Einlinienspektrum, sondern eine Zeitverteilung endlicher Breite, die „prompte Verteilung“. Das zeitliche Auflösungsvermögen der Koinzidenzapparatur (Mass dafür: Halbwertsbreite der prompten Zeitverteilung, engl. „full width at half maximum“, FWHM) und der Abfall auf beiden Seiten der prompten Zeitverteilung hängen ab von den benutzten Szintillatoren, den Photomultipliern, der selektierten Energie in den EDKs, den CFTs und dem TAC.

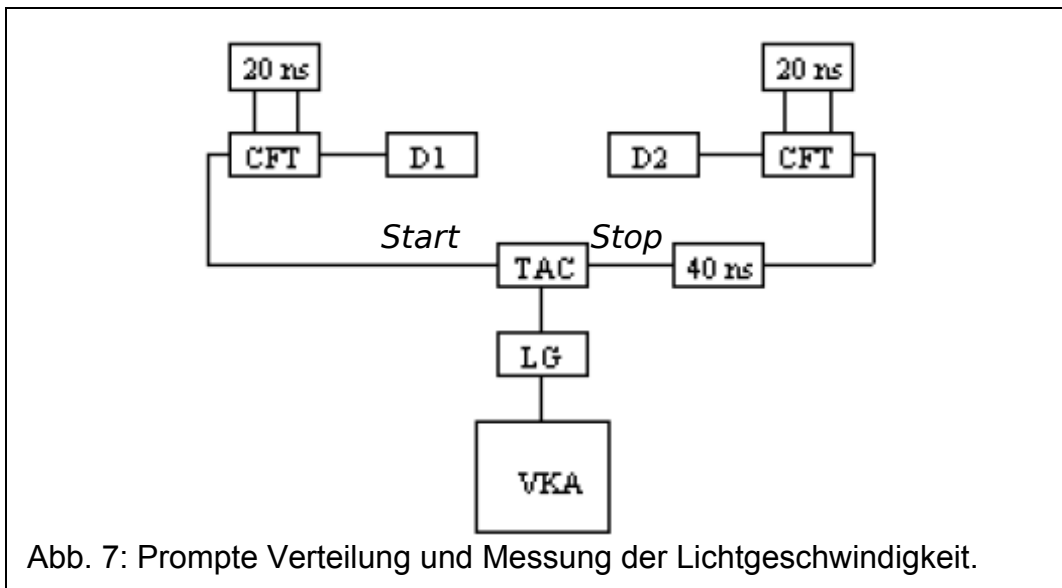


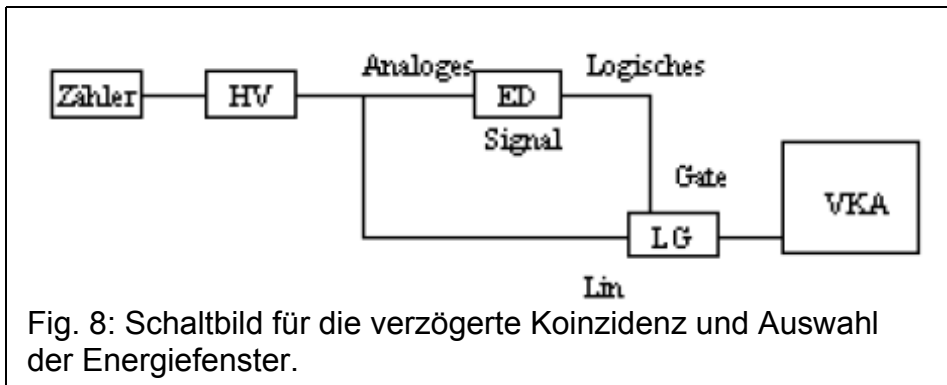
Abb. 7: Prompte Verteilung und Messung der Lichtgeschwindigkeit.

Halbwertszeiten von angeregten Kernzuständen können direkt durch verzögerte Koinzidenzen gemessen werden, wenn die „scheinbare Halbwertszeit“ der prompten Zeitverteilung kleiner ist, als die zu messende Halbwertszeit. (Ist das der Fall für Euren Aufbau? Schätzt die „experimentelle“ FWHM in ns ab).

Die Zählrate des TACs setzt sich zusammen aus echten Koinzidenzen, die vom Zerfall ein und desselben Kernes stammen, und aus zufälligen Koinzidenzen, die von verschiedenen Kernen stammen und daher nicht zeitlich korreliert sind.

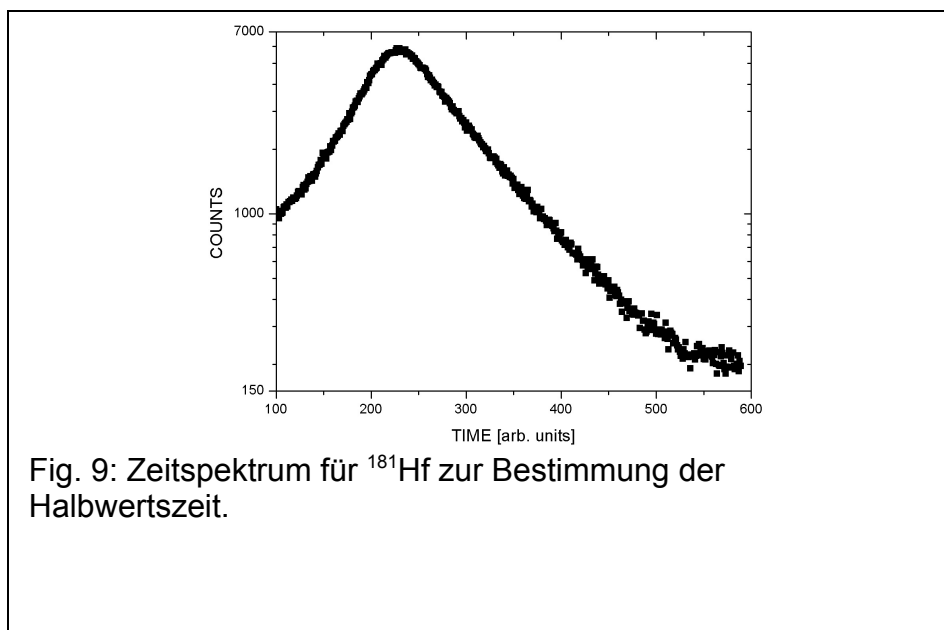
(b) Mit diesem Setup kann man jetzt auch die Lichtgeschwindigkeit messen. Dazu wird die Quelle der 511 keV-Vernichtungsstrahlung asymmetrisch zwischen den Zählern angeordnet. Beide Detektoren werden etwa 30-40 cm auseinandergeschoben und die Messung etwa 1h laufen gelassen. (Was ändert sich am prompten Spektrum? Berechnet die Flugzeit für den gewählten Abstand).

(c) Zur Bestimmung der verzögerten Koinzidenz wird mit dem HV-Ausgangssignal der analoge (lineare) Eingang des EDK verbunden. Mit dem Ausgangssignal eines EDK wird der „Gate“-Eingang des LG angesteuert (Abb. 8). Der LG muss dabei wieder auf die Stellung „GATED“ zurückgestellt werden. Nur dann lässt lässt der LG bei logischen Signalen vom EDK das zugehörige analoge Signal vom HV durch. Das zweite Ausgangssignal des HV wird mit dem „Linear“-Eingang des LG verbunden. (Es gibt zwei Möglichkeiten zum korrekten Verkabelung zwischen HV und EDK und LG). Beide Detektoren werden wieder zusammengeschoben und die ^{181}Hf Quelle zwischen ihnen plaziert. Man sieht jetzt wieder ein Energiespektrum auf dem Monitor. Sind die Fenster des EDK offen, sieht man das volle Spektrum. Diese Prozedur wird erst mit einem (z.B. D1) Detektor durchgeführt und das Fenster durch Drehen an den Knöpfen für die „obere Schwelle“ und „untere



Schwelle" am EDK auf einen Peak (den 133 keV-Peak als Startsignal) festgelegt, und dann mit dem Aufbau für D2 mit der 482 keV-Linie als Stoppsignal wiederholt.

(d) Die Messung der Halbwertszeit des $5/2^+$ Niveaus in ^{181}Ta geschieht dann mit den vorherigen Einstellungen des Energiefensters nach Abb. 3 (grosses Schaltbild). Als Verzögerung eignen sich 40 ns. (Wie ändert sich das Spektrum wenn ihr eine andere Verzögerung wählt?). Ein Beispiel des Spektrums is in Abb. 9 gezeigt. Welche Verteilung(en) ergibt (ergeben) sich? Wie kann man aus dem Spektrum einfach die Halbwertszeit ablesen?



Auswertung der Messungen

Bitte vergesst nicht alle notwendigen Informationen in den einzelnen Zwischenschritten (Lifetime, Realtime, Peakfläche, Kanäle...) aufzuschreiben. Es besteht keine Notwendigkeit einer aufwändigen Fehlerrechnung mit Gauss'scher Fehlerfortpflanzung. Schätzt die Fehler ab, wenn sie benötigt werden.

- Macht einen Effizienz-Plot (Fig. 5) und bestimmt die Effizienz für die 482 keV Linie.
- Bestimmt die Aktivität der ^{181}Hf Quelle am Tag des Experiments und am Tag der Bestrahlung.
- Plottet und fittet das Spektrum der Zeitkalibrierung.
- Bestimmt die exakte Halbwertsbreite (FWHM, in ns) der prompten Koinzidenz mit der Fitfunktion der Zeitkalibrierung
- Berechnet die Lichtgeschwindigkeit und vergleicht sie mit dem „wahren“ Wert. Wie lange benötigt das Licht (die γ -Quanten) für die Strecke zwischen beiden Detektoren?
- Bestimmt die Halbwertszeit des $5/2^+$ Zustands (Fig. 9) mit einem Fit. Der nette Assistent wird Euch das gemessene Spektrum schicken.

Zusätzliche Fragen

a) Vergleicht Eure gemessene Halbwertszeit mit der Einteilchen-Abschätzung von Victor Weisskopf (1908 – 2002). Erklärt kurz, was die Weisskopf-Abschätzung ist (~4 Sätze). Die Formeln sind unterteilt in verschiedene Multipolaritäten (Klammern in Fig. 1a):

$$t_{1/2}^w (M1) = 2.24 \cdot 10^{-14} E_\gamma^{-3} \text{ [s]}$$

$$t_{1/2}^w (E2) = 9.37 \cdot 10^{-9} E_\gamma^{-5} A^{-3/4} \text{ [s]}$$

In obigen Formeln bedeuten A die Massenzahl und E_γ die Gamma-Energie in MeV.

Berechnet die Weisskopf-Abschätzung für den 133 keV und 482 keV Übergang (addiert die beiden Werte, wenn zwei Multipolaritäten gegeben sind). Was ist der „Referenz-Wert“ für den 133 keV Übergang? Wie gut beschreibt die Weisskopf-Abschätzung die „wahren“ Werte? Wie unterscheidet sich die Realität (Kernanregung) von den Annahmen, die Weisskopf gemacht hat?

b) Wann treten γ - γ Winkelkorrelationen auf? Wie kann eine Winkelkorrelation gestört werden und die Halbwertszeitmessung verfälschen?

c) Natürliche Radioaktivität: welche radioaktiven Isotope sind verantwortliche für die Hauptaktivität im menschlichen Körper? Wieviel Aktivität steckt in einem Körper von 70 kg? (Und für die, die es interessiert: warum unterscheiden sich die Aktivitäten in einem weiblichen und einem männlichen Körper vom selben Gewicht ?)

Informationen dazu im folgenden Skript:

Martin Volkmer: „Radioaktivität und Strahlenschutz“:

http://www.kernenergie.de/kernenergie/documentpool/Service/013radioaktivitaet_strahlenschutz2007.pdf

Kapitel 7.7 beschreibt die natürliche Aktivität in einem Standard-Menschen. Bitte berechnet selbst die Aktivitäten der beiden wichtigsten in Table 7-8. Macht dazu eine Tabelle wie unten und berechnet die Körperaktivität:

Element	Radio-isotope	% per body	kg per 70 kg	Radioisotope per element	g Radiois. per 70 kg	Atoms	Half-life [y]	Decay constant λ [1/s]	Activity [Bq]
				1.00E-12			5730		
				0.0117%			1.28E+09		

Für den Prozentsatz der Elemente im Körper siehe

“Grundstoffe im menschlichen Körper“

http://www.rodiehr.de/d_03_grundstoffe_im_koerper.htm

f) Kurze Kritik: Hat Euch etwas nicht gefallen? Was kann der nette Assistent zum um den Versuch zu verbessern? (Neue Computer sind in Arbeit)

Sicherheitsanweisungen

Beim Experiment treten an sich keine speziellen Gefahren auf. Dennoch solltet Ihr Euch im Klaren sein, dass ihr mit einem Hochspannungsgerät und radioaktiven Materialien arbeitet. Zudem sollten die allgemeinen hygienischen Bestimmungen für die Arbeit im Labor eingehalten werden.

1. Die Photomultiplier arbeiten mit einer Hochspannung von bis zu 2000V. Obwohl die Generatoren auf einen Strom von maximal 1 mA (für Menschen ungefährlich) abgesichert sind, sollten die Hochspannungskabel und der Hochspannungsgenerator niemals berührt werden. Wenn Ihr das Gefühl habt, dass mit den Geräten irgendetwas nicht in Ordnung ist, dann meldet Euch direkt bei Eurem Assistenten – berührt dann auch auf keinen Fall die Hochspannungsteile der Anlage. Der Assistent zeigt Euch die entsprechenden Geräte und Bereiche vor Versuchsbeginn.
2. Ihr werdet mit drei radioaktiven Quellen arbeiten: ^{22}Na , ^{57}Co , ^{181}Hf . Da all diese Proben versiegelt sind, besteht während des Versuchs keine Kontaminationsgefahr. Alle Proben sind Gammastrahler mit Photonenenergien zwischen 100 keV und 1300 keV. Bei solchen Energien ist die Wahrscheinlichkeit der Wechselwirkung mit menschlichem Gewebe sehr gering. Zudem liegt die Aktivität der Proben immer unter 300 kBq, einem Bereich der keine kritischen Gefährdungen in sich birgt und in dem noch kein Gebrauch eines Dosimeters nötig ist. Trotzdem sollte die Regel so wenig Kontakt mit den Proben wie möglich zuzulassen („ALARA“, As Low As Reasonable Achievable) möglichst eingehalten werden. Der einzige Kontakt mit der Probe sollte während dem Experiment ohnehin nur zum Positionieren der Probe im Detektor vorhanden sein (aber es besteht kein Grund zur

Hektik!). Ansonsten ist immer ein Mindestabstand von 1 Meter einzuhalten und die nichtbenötigten Proben sind in der Bleiabschirmung zu verstauen. Diese Arbeiten könnt Ihr stets selbst durchführen. Sollten irgendwelche Zweifel oder Bedenken entstehen wendet euch an Euren Assistenten.

3. Um die Quellen während der Messungen abzuschirmen stehen Blei-Behälter von ungefähr 1 kg zur Verfügung. Eine größere Menge von Blei-Staub kann für die Lungen gefährlich sein, aber die vorhandene Menge ist im Normalfall keine Gefährdung. Dennoch ist es sehr wichtig sich nach dem Versuch gründlich die Hände zu waschen und während dem Experiment die Hände von Mund und Nase fern zu halten. Generell gilt die Regel (da auch andere ungesunde Quellen wie Staub und andere Giftstoffe im Labor vorhanden sein können) im Laborbereich kein Essen und Getränke zu sich zu nehmen und unbedingt die Hände zu waschen wenn Ihr den Versuchsbereich verlässt – insbesondere in den Mittagspausen!

Literatur

- Webelements: <http://www.webelements.com/>
- Lederer et al.: *Table of Isotopes*; new version: R. Firestone, *Table of Isotopes*, 8th edition, 1996
- Decay radiation search: http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/indx_dec.jsp
- Knoll: *Radiation Detection and Measurement* (3rd edition, John Wiley & Sons, 1999)
- Mayer-Kuckuck: *Kernphysik*
- Musiol, Ranft, Reif, Seeliger: *Kern- und Elementarteilchenphysik*