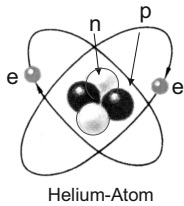


Atommodell in der Realschule



	Elementarteilchen	El. Ladung	Masse
p	Proton	+ 1	1u
n	Neutron	0	1u
e	Elektron	- 1	~ 0u

Dieses Atommodell stellt den Stand der Wissenschaft vor etwa 100 Jahren dar. Trotz vieler Vereinfachungen kann man mit dem Modell alle Phänomene der Atom- und Kernphysik erklären, die in der Realschule von Bedeutung sind.

Massenzahl: Anzahl der Neutronen und Protonen> 4
Ordnungszahl: Anzahl der Protonen> 2

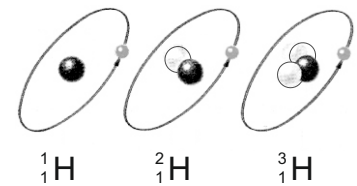
He

Isotope: Atomkerne mit gleicher Ordnungszahl aber verschiedener Massenzahl

Beispiel Uran (92 Protonen)

SYMBOL	$^{232}_{92}\text{U}$	$^{234}_{92}\text{U}$	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{238}_{92}\text{U}$
Anzahl der Protonen	92	92	92	92
Anzahl der Neutronen	$232-92=140$	$234-92=142$	$235-92=143$	$238-92=146$

Beispiel Wasserstoff



Radioaktivität



1896 entdeckte Antoine Henri Becquerel, dass Uransalz fotografische Platten zu schwärzen vermochte. Wie er später zeigte, konnte diese "neue Strahlung" lichtundurchlässige Stoffe durchdringen und Luft ionisieren.

Weitere radioaktive Elemente fanden Marie und Pierre Curie 1898 mit Thorium sowie zwei neuen um ein Vielfaches stärker strahlenden Elementen, die sie Radium und Polonium taufte.

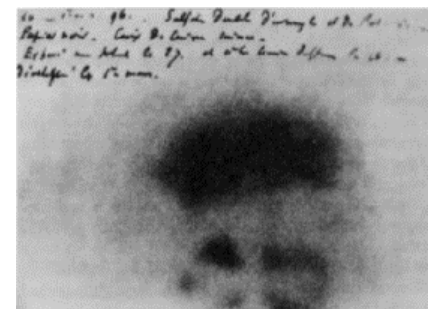
Mit Hilfe der Schwärzung von Fotoplatten weist man auch heute radioaktive Strahlung nach und misst die Dosis der radioaktiven Strahlung.

(Dosimeterplättchen z.B. bei medizinischem Personal und Arbeitern in Kernkraftwerken)

Wie stark ein radioaktiver Stoff "strahlt", kann man auch mit einem Geiger-Müller-Zählrohr bestimmen, das bei jedem hereinfliegenden Teilchen einmal piept.

In München und Umgebung misst der Geiger-Müller-Zähler eine natürliche Radioaktivität von 10 - 15 Imp/min was umgerechnet etwa 0,15 - 0,25 Bq (Becquerel = Impulse pro Sekunde) sind.

Der Grenzwert für Lebensmittel in der EU liegt bei 600 Bq/kg. Nach Atomunfällen wie z.B. Cernobyl 1986 waren viele Lebensmittel lange Zeit höher belastet, auch heute noch sind Maronen und Steinpilze, sowie Wildfleisch aus einigen Regionen Bayerns radioaktiver, als der Grenzwert.



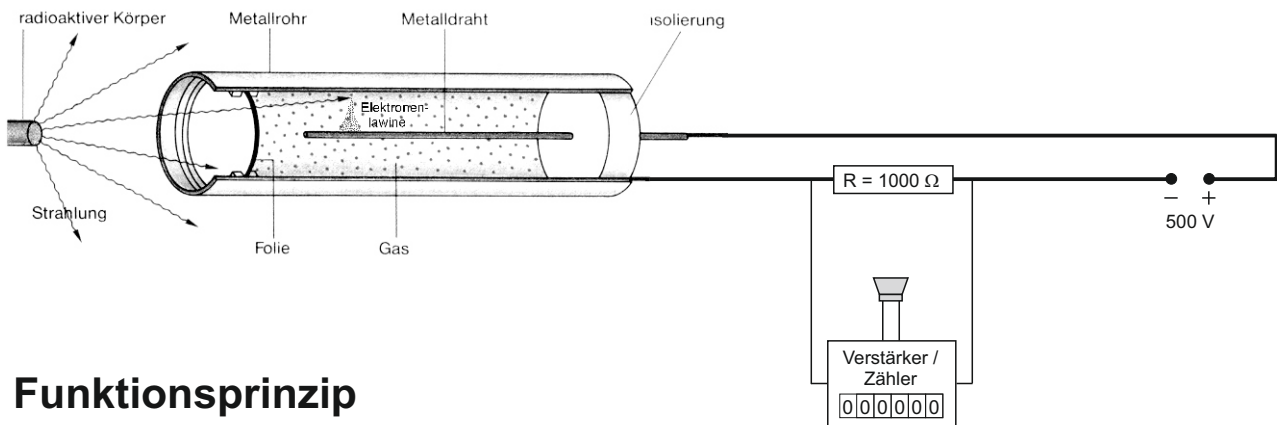
Original-Fotoplatte von H. Becquerel

Nachweis radioaktiver Strahlung: Spuren in der Nebelkammer

Die ionisierende Wirkung von radioaktiver Strahlung nutzt man in der Nebelkammer. Die Partikel der Alpha- und Betastrahlung ionisieren die Luftmoleküle in unmittelbarer Nachbarschaft ihrer Bahn.

Die Ionen wirken als Kondensationskeime, an denen gesättigter Wasserdampf zu Nebeltröpfchen kondensiert. Die Nebelspur in der Kammer markiert somit den Weg, den das Teilchen genommen hat. Sie ist für etwa eine Sekunde sichtbar. An der Dicke und Länge der Spur kann man auch auf die Art der Partikel schließen.

Nachweis radioaktiver Strahlung: Geiger-Müller-Zählrohr

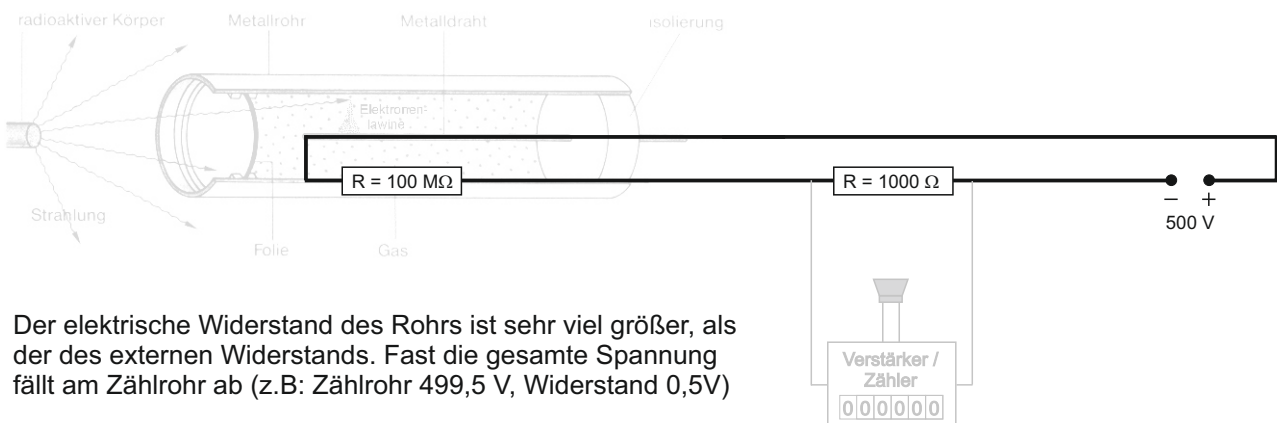


Funktionsprinzip

In einem Stromkreis wirkt das Zählrohr wie ein elektrischer Widerstand, der sich beim Eintreffen ionisierender Strahlung kurzzeitig verändert.

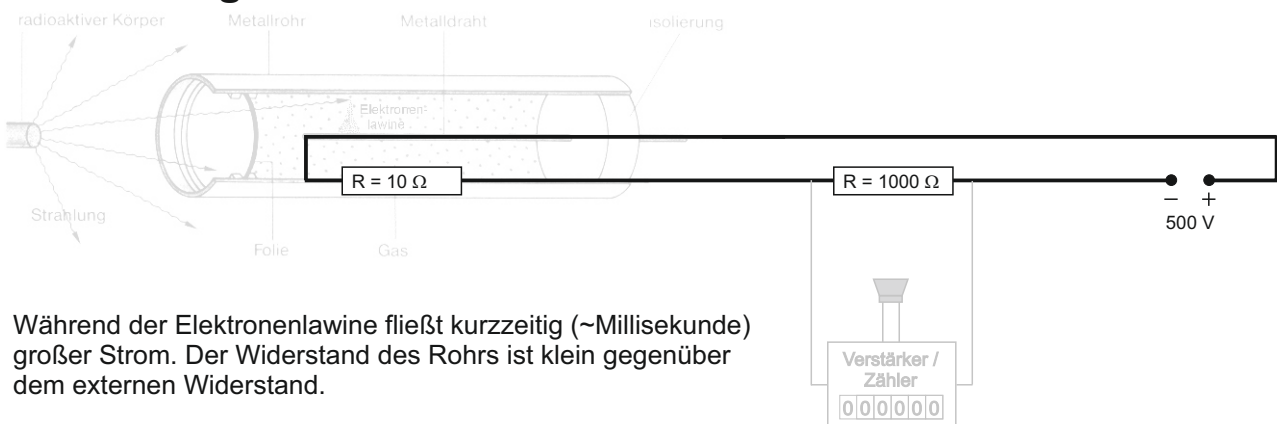
Trifft ionisierende Strahlung auf ein Gasteilchen im Inneren des Rohrs, so werden wenige Elektronen frei, die auf Grund der hohen Spannung beschleunigt werden. Die wiederum treffen auf weitere Teilchen und lösen dort Elektronen aus ... - es entsteht eine Elektronenlawine.

Ruhezustand



Der elektrische Widerstand des Rohrs ist sehr viel größer, als der des externen Widerstands. Fast die gesamte Spannung fällt am Zählrohr ab (z.B: Zählrohr 499,5 V, Widerstand 0,5V)

Ionisierung



Während der Elektronenlawine fließt kurzzeitig (~Millisekunde) großer Strom. Der Widerstand des Rohrs ist klein gegenüber dem externen Widerstand.

Dadurch fällt fast die gesamte Spannung am externen Widerstand ab (hier: Zählrohr 5 V, Widerstand 495 V).

Man kann den Spannungsimpuls am Widerstand durch ein Messgerät verstärken und / oder zählen, bzw. mit Hilfe eines Lautsprechers hörbar machen.

Nebeneffekt:

Da die Spannung im Rohr jetzt sehr klein ist, bricht die Elektronenlawine zusammen, der Impuls endet.

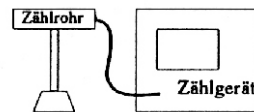
Trennung von 3 Arten radioaktiver Strahlung: **Abschirmung**

Ein Geiger-Müller-Zähler zählt bei verschiedenartigen radioaktiven Teilchen / Strahlen jeweils einen Impuls. Man hat aber herausgefunden, dass es mindestens drei verschiedenen Strahlungsarten gibt, die sich mit Hilfe unterschiedlicher Abschirmung oder durch Anlegen starker Magnetfelder trennen lassen.

Auf dieser Seite wird erklärt, wie die verschiedenen Strahlungsarten durch verschiedene Materialien abgeschirmt werden. Das berücksichtigt, dass die Teilchen, aus denen die radioaktive Strahlung besteht, unterschiedlich schwer / groß und schnell sind.

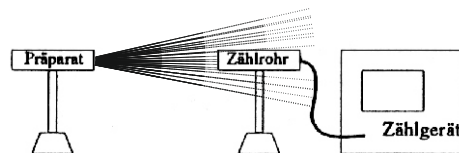
0. Ermittlung der Nullrate

Bevor wir ein radioaktives Präparat in Richtung eines Zählrohrs für radioaktive Strahlung richten, messen wir die natürliche Radioaktivität, das ist die radioaktive Strahlung, die im Erdinneren und dem Weltall entsteht und uns jederzeit umgibt. Weil die natürliche Radioaktivität an verschiedenen Orten unterschiedlich ist, messen wir die sog. Nullrate vor dem eigentlichen Versuch, um zu erfahren, wie viel Radioaktivität gar nicht auf unseren Versuch zurückzuführen ist.



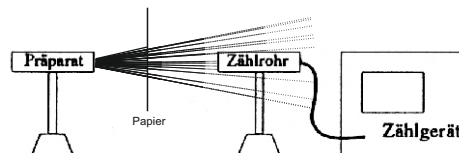
1. Ermittlung der Aktivität aller Strahlungsarten

Ein radioaktives Präparat wird in Richtung eines Zählrohrs für radioaktive Strahlung gerichtet. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute. Vom gemessenen Wert muss die Nullrate abgezogen werden.



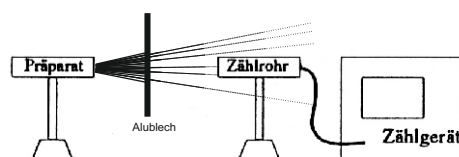
2. Ermittlung der Aktivität der Strahlungsarten, die Papier durchdringen

Zwischen das radioaktive Präparat und das Zählrohr wird ein Blatt Papier gehalten. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute.



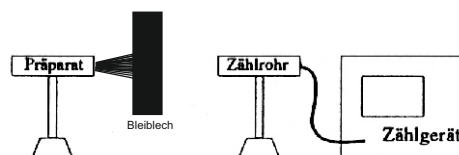
3. Ermittlung der Aktivität der Strahlungsarten, die ein Alublech (2mm) durchdringen

Zwischen das radioaktive Präparat und das Zählrohr wird ein Aluminiumblech gehalten. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute.



4. Ermittlung der Aktivität der Strahlungsarten, die ein Bleiblech (20mm) durchdringen

Zwischen das radioaktive Präparat und das Zählrohr wird ein dickes Bleiblech gehalten. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute.



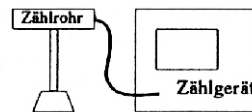
Trennung von 3 Arten radioaktiver Strahlung: Ablenkung

Ein Geiger-Müller-Zähler zählt bei verschiedenartigen radioaktiven Teilchen / Strahlen jeweils einen Impuls. Man hat aber herausgefunden, dass es mindestens drei verschiedenen Strahlungsarten gibt, die sich mit Hilfe unterschiedlicher Abschirmung oder durch Anlegen starker Magnetfelder trennen lassen.

Auf dieser Seite wird erklärt, wie die verschiedenen Strahlungsarten durch Magnetfelder abgelenkt werden. Das funktioniert nur, wenn die Teilchen, aus denen die radioaktive Strahlung besteht, unterschiedlich elektrisch geladen sind. Nur dann werden sie im Magnetfeld abgelenkt. (UVW-Regel)

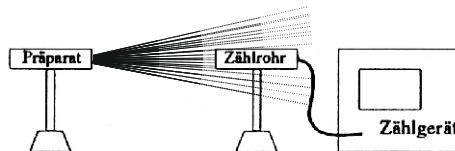
0. Ermittlung der Nullrate

Bevor wir ein radioaktives Präparat in Richtung eines Zählrohrs für radioaktive Strahlung richten, messen wir die natürliche Radioaktivität, das ist die radioaktive Strahlung, die im Erdinneren und dem Weltall entsteht und uns jederzeit umgibt. Weil die natürliche Radioaktivität an verschiedenen Orten unterschiedlich ist, messen wir die sog. Nullrate vor dem eigentlichen Versuch, um zu erfahren, wie viel Radioaktivität gar nicht auf unseren Versuch zurückzuführen ist.



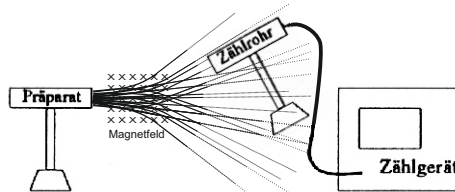
1. Ermittlung der Aktivität aller Strahlungsarten

Ein radioaktives Präparat wird in Richtung eines Zählrohrs für radioaktive Strahlung gerichtet. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute. Vom gemessenen Wert muss die Nullrate abgezogen werden.



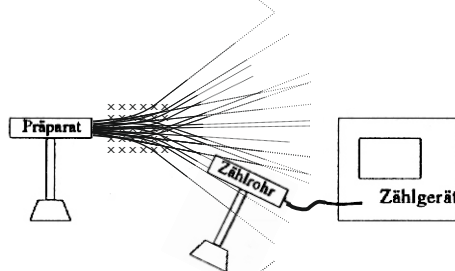
2. Ermittlung der Aktivität der Strahlungsarten, die durch ein Magnetfeld nach oben abgelenkt werden

Zwischen dem radioaktiven Präparat und dem Zählrohr wird ein starkes Magnetfeld erzeugt. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute der nach oben abgelenkten radioaktiven Strahlung.



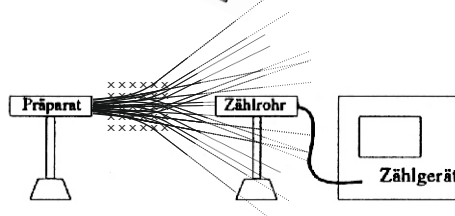
3. Ermittlung der Aktivität der Strahlungsarten, die durch ein Magnetfeld nach unten abgelenkt werden

Zwischen dem radioaktiven Präparat und dem Zählrohr wird ein starkes Magnetfeld erzeugt. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute der nach unten abgelenkten radioaktiven Strahlung.

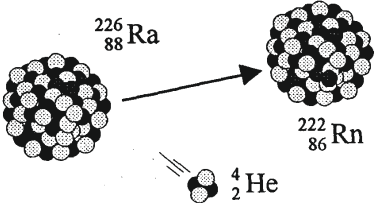
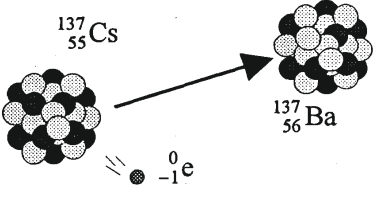
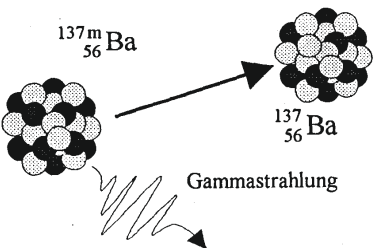
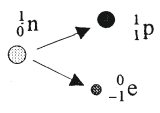
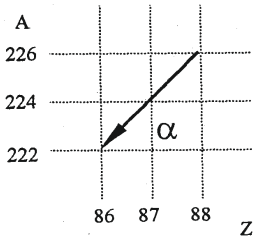
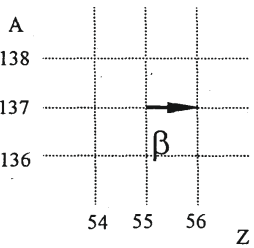


4. Ermittlung der Aktivität der Strahlungsarten, die durch ein Magnetfeld nicht beeinflusst werden

Zwischen dem radioaktiven Präparat und dem Zählrohr wird ein starkes Magnetfeld erzeugt. Wir messen die Impulsrate, z.B. Impulse / Minute der nicht abgelenkten radioaktiven Strahlung.



Arten radioaktiver Strahlung

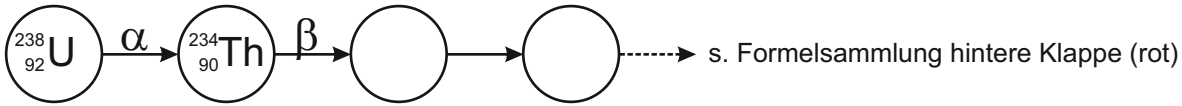
Alphastrahlung (α)	Betastrahlung (β)	Gammastrahlung (γ)
		
<p>Definition</p> <p>Zerfall eines Atomkerns unter Abgabe eines Heliumkerns (α-Teilchen)</p> <p>α-Zerfälle treten insbesondere bei Atomkernen mit hoher Massenzahl auf</p>	<p>Definition</p> <p>Zerfall eines Atomkerns unter Abgabe eines sehr schnellen Elektrons. (β-Teilchen)</p> <p>β-Zerfälle finden in der Regel bei "leichteren" Atomkernen statt.</p>	<p>Gammastrahlung kann bei einem α- oder β-Zerfall mit entstehen. Durch den α- oder β-Zerfall bleibt der Kern (kurzzeitig) in einem angeregten (metastabilen) Zustand. Die Abgabe der überschüssigen Energie erfolgt als γ-Strahlung.</p>
<p>Kernreaktionsgleichung (Beispiel):</p> ${}_{88}^{226}\text{Ra} \longrightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$	<p>Kernreaktionsgleichung (Beispiel):</p> ${}_{55}^{137}\text{Cs} \longrightarrow {}_{56}^{137}\text{Ba} + {}_{-1}^0\text{e}$	<p>Da ein bisschen Gammastrahlung fast immer einen α- oder β-Zerfall begleitet, schreibt man bei der Kernreaktionsgleichung die γ-Strahlung nicht gesondert auf.</p>
<p>Wichtige Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schweres (Elementar-)teilchen, so schwer wie ~ 8000 Elektronen - Ladung: Zweifach positiv - Geschwindigkeit: bis zu 10^5 m/s - Abschirmbarkeit: Papier - Reichweite in Luft: wenige cm 	<p>Das schnelle Elektron ist nicht aus der Atomhülle, sondern entsteht, wenn sich ein Neutron in ein Proton und ein Elektron spaltet.</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Geschwindigkeit: bis zu 10^7 m/s - Abschirmbarkeit: Blech - Reichweite in Luft: viele m 	<p>Wichtige Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gammastrahlung ist kein Teilchen, daher hat sie keine (Ruhe-)Masse. - Geschwindigkeit: $3 \cdot 10^8$ m/s (Lichtgeschwindigkeit) - Abschirmbarkeit: mehrere cm dicke Bleiplatten, meterdicker Beton - Reichweite in Luft: sehr weit - Gammastrahlung lässt sich recht gut mit Röntgenstrahlung vergleichen, ist jedoch um ein Vielfaches energiereicher, als Röntgenstrahlung.
<p>A-Z-Diagramm (Zerfallsdiagramm)</p> ${}_{88}^{226}\text{Ra} \longrightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$ 	<p>A-Z-Diagramm (Zerfallsdiagramm)</p> ${}_{55}^{137}\text{Cs} \longrightarrow {}_{56}^{137}\text{Ba} + {}_{-1}^0\text{e}$ 	

Zerfallsreihen

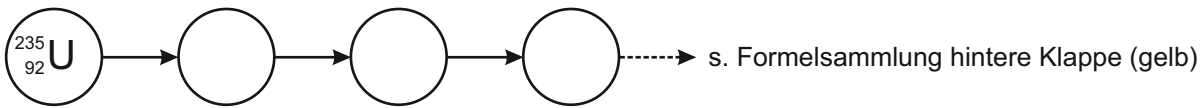
Im Lauf der 15 Milliarden Jahre der Geschichte unseres Universums gab es sehr viele radioaktive Isotope. Nach mehreren Milliarden Jahren, sind jedoch viele "kurzlebige" Isotope längst zerfallen, so dass auf der Erde in großer Zahl nur noch wenige langlebige radioaktive Isotope vorkommen.

Von den wenigen in der Natur noch in größerer Zahl vorkommenden Isotopen aus starten sogenannte Zerfallsreihen. In einer Zerfallsreihe wird dargestellt, welcher Art radioaktivem Zerfalls ein Isotop unterliegt. Daraus ergibt sich jeweils das Folge-Isotop. Eine solche Zerfallsreihe läuft so lange weiter, bis ein nicht radioaktives (=stabiles) Isotop erreicht ist.

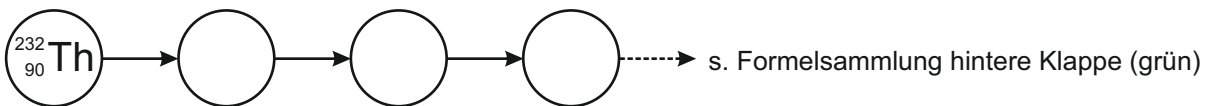
Uran-Radium-Reihe



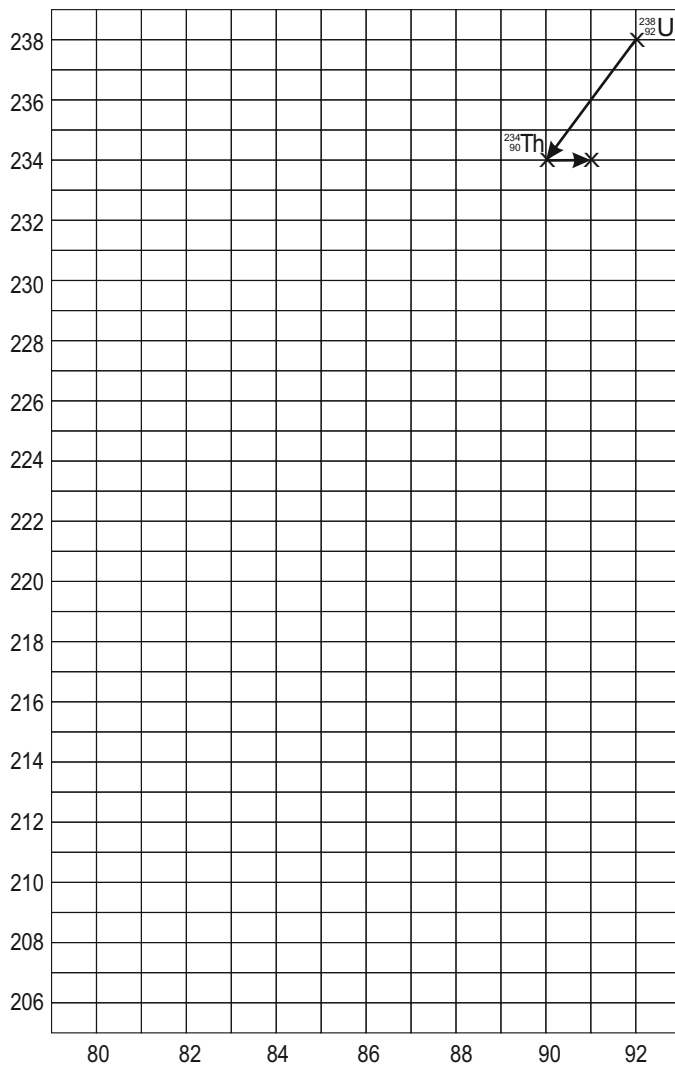
Uran-Actinium-Reihe



Thorium-Reihe



Darstellung der 3 Reihen im A-Z-Diagramm

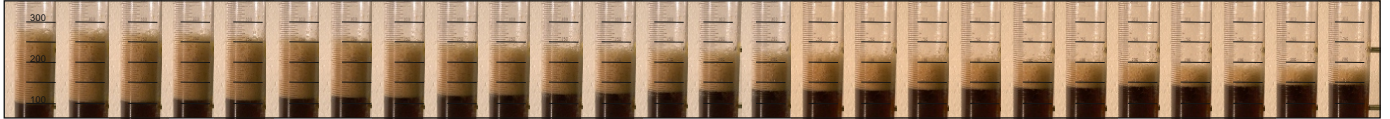


Trage die 3 oben begonnenen Zerfallsreihen in das A-Z-Diagramm ein. Ob ein Isotop ein α - oder β -Strahler ist, findest du in der Formelsammlung im hinteren Einband.

Dort ist auch noch eine vierte Zerfallsreihe zu finden. Vervollständige mit dieser vierten Reihe das Blatt.

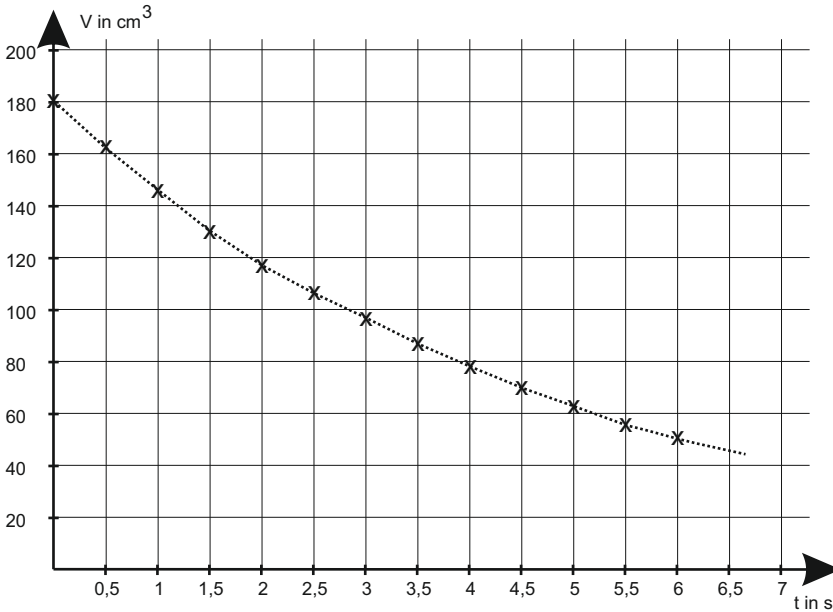
Halbwertszeit $T_{1/2}$ bzw. τ und ein Zerfallsgesetz

Der Schaum eines frisch eingeschenkten Getränks im Glas zerfällt mit der Zeit. Wann ist die Hälfte des ursprünglichen Schaums zerfallen ?



t = 0 t = 1s t = 2s t = 3s t = 4s t = 5s t = 6s

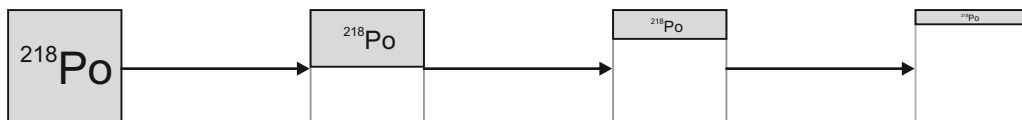
Lies die Volumenwerte des Schaums ab und übertrage sie in das unten stehende Diagramm.



Ergebnis:

Als Halbwertszeit $T_{1/2}$ bzw. τ bezeichnet man die Zeitspanne, die es dauert, bis von einer Menge eines radioaktiven Stoffes, wahrscheinlich die Hälfte durch α - oder β -Zerfälle in andere Stoffe umgewandelt wurde.

Beispiel: radioaktiver Zerfall von ^{218}Po Polonium $T_{1/2} = 3,0 \text{ min}$



t = 0 min

t = 3 min

t = 6 min

t = 9 min

Anzahl N der Polonium-Kerne zu Beginn (t = 0) : 10000

$$N(t) = 10000$$

$$N(t) = 5000$$

$$N(t) = 2500$$

$$N(t) = 1250$$

$$N(0\text{min}) = 10000 \cdot 1$$

$$N(3\text{min}) = 10000 \cdot 0,5$$

$$N(6\text{min}) = 10000 \cdot 0,5 \cdot 0,5$$

$$N(9\text{min}) = 10000 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5$$

$$\frac{t}{T_{1/2}} = \frac{0 \text{ min}}{3 \text{ min}} = 0$$

$$\frac{t}{T_{1/2}} = \frac{3 \text{ min}}{3 \text{ min}} =$$

$$\frac{t}{T_{1/2}} = \frac{6 \text{ min}}{3 \text{ min}} =$$

$$\frac{t}{T_{1/2}} = \frac{9 \text{ min}}{3 \text{ min}} =$$

$$N(t) = 10000 \cdot (\quad)$$

$$N(t) = 10000 \cdot (\quad)$$

$$N(t) = 10000 \cdot (\quad)$$

$$N(t) = 10000 \cdot (\quad)$$

Zerfallsgesetz

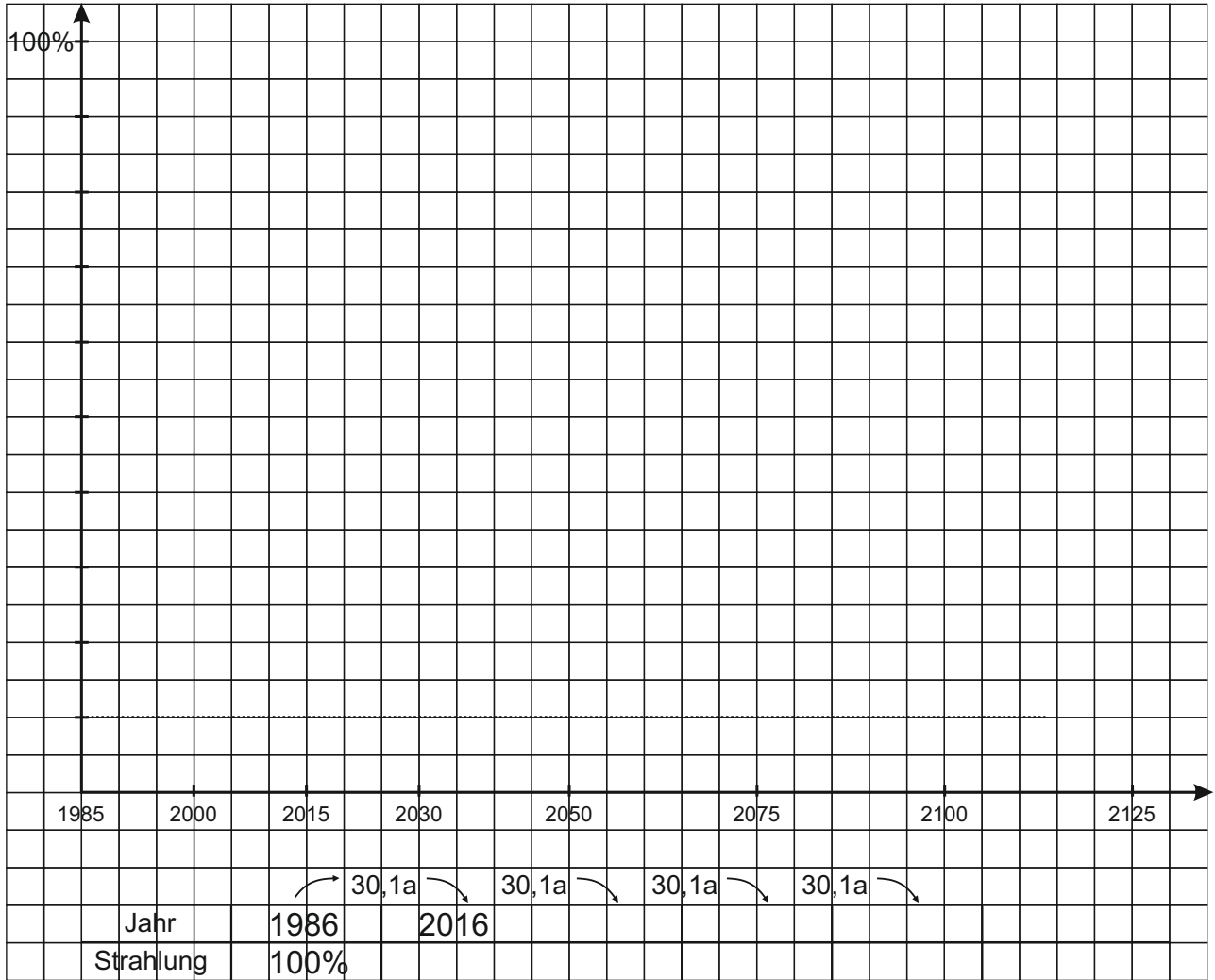
$$\text{Prozentsatz zur Zeit } t = 100\% \cdot \left(0,5\right)^{\frac{\text{vergangene Zeit } t}{\text{Halbwertszeit } T_{1/2}}}$$

Der radioaktive Zerfall wird durch eine Exponentialfunktion beschrieben.

Für den zur Zeit t noch vorhandenen Prozentsatz des Isotops gilt das Zerfallsgesetz

Übungen zum Thema Halbwertszeit

- 1.0 Das radioaktive Cäsiumisotop, das bei dem Atomunfall von Tschernobyl im 26. April 1986 am meisten frei gesetzt wurde, hat eine Halbwertszeit $T_{1/2}$ von 30,1 Jahren.
- 1.1 Erstellen Sie eine Grafik, die die Abnahme des radioaktiven Cäsiums vom Unfall bis ins Jahr 2130 zeigt.
- 1.2 Berechnen Sie, um wie viel Prozent die Strahlung dieses Elements bis heute zurück gegangen ist.
- 1.3 Lesen Sie aus der Grafik ab, in welchem Jahr die Strahlung dieses Isotopes auf 10% des ursprünglichen Wertes vom April 1986 zurück gegangen ist.



AP 2002 B 3 Atom- und Kernphysik

- 2.0 Das radioaktive Technetiumisotop Tc-99 ist ein γ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 6,0 h.
... ..
- 2.1.2 Stellen Sie den Verlauf der Aktivität in Abhängigkeit von der Zeit bis zu einer Gesamtzeit von 36 h grafisch dar. Die Anfangsaktivität A_0 beträgt 50 MBq.
- 2.1.3 Ermitteln Sie sowohl rechnerisch als auch mit Hilfe des Diagramms aus 2.1.2 die Zeit, nach welcher die Aktivität auf 10% der Anfangsaktivität abgeklungen ist.