

In einem Experiment wird der Zerfall eines radioaktiven Gases untersucht, welches ein Folgenuklid des Thoriumisotops Th-228 ist. Th-228 zerfällt in mehreren Schritten zu einem stabilen Nuklid.

- ① Beschreibe die Änderung der Protonenanzahl Z und der Neutronenanzahl N sowie der Massezahl A beim Alpha- und beim Beta-Minus-Zerfall.
- ② Stelle mithilfe der Nuklidkarte in M1 die vollständige Zerfallsreihe von Th-228 dar.

M2 zeigt den schematischen Aufbau und die Durchführung des Experiments. In diesem Experiment wird der zeitliche Verlauf einer Stromstärke $I(t)$ gemessen. Die während des Experiments gemessene Stromstärke $I(t)$ ist in M3 dargestellt.

- ③ Beschreibe den Begriff Halbwertszeit.
- ④ Bestätige mit M1 und M3, dass das gasförmige Folgenuklid Radon-220 ist und erlaute anhand von M3 den stochastischen Charakter von Kernzerfällen.
- ⑤ Begründe mithilfe von M1, warum die weiteren Folgenuklide die Bestimmung der Halbwertszeit des radioaktiven Gases (Radon-220) nicht beeinflussen.

Mit einem anderen Versuchsaufbau in M4 wird ein Franck-Hertz-Versuch durchgeführt. Die Röhre ist mit Heliumgas gefüllt. Die Messdaten sind in M5 dargestellt.

- ⑥ Beschreibe die Versuchsdurchführung zur Aufnahme dieses Graphen.
- ⑦ Deute den Verlauf des Graphen in M5 für Beschleunigungsspannungen zwischen $U_B = 20V$ und $U_B = 50V$.

M6 zeigt ein vereinfachtes Energieniveauschema eines Heliumatoms.

- ⑧ Werte die Messdaten in M5 unter Einbeziehung des Energieniveauschemas in M6 aus

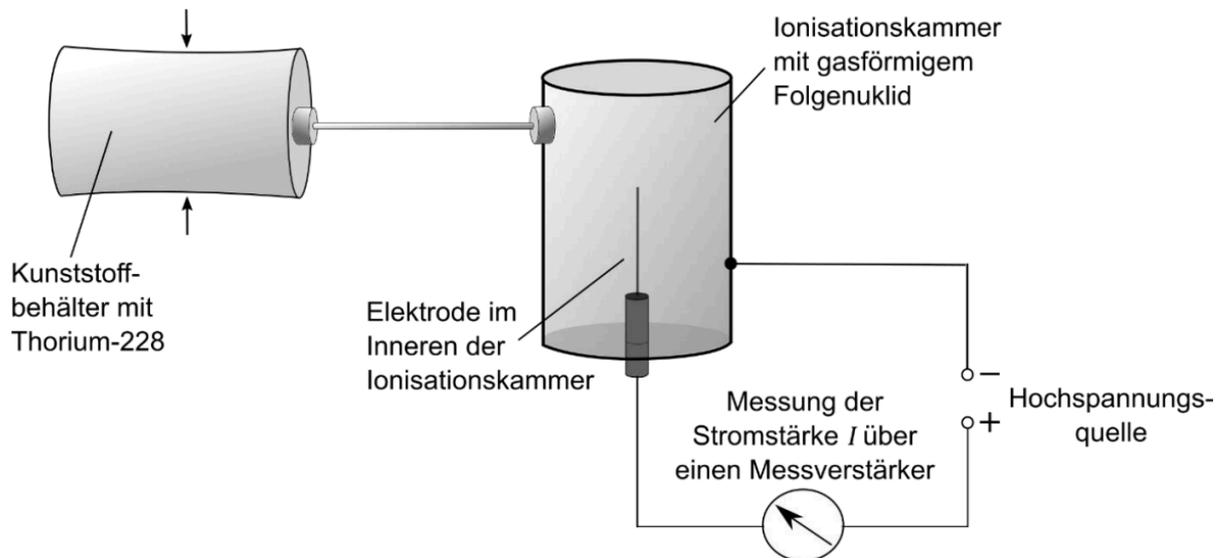
Bei höheren Beschleunigungsspannungen ist ein Leuchten in der Röhre zu erkennen. Man kann zeigen, dass dieses Leuchten violette Anteile enthält.

- ⑨ Erkläre unter Berücksichtigung des Energieniveauschemas in M3c das Entstehen dieser Leuchterscheinung.
Hinweis: Gehe davon aus, dass für die Wellenlänge λ sichtbaren Lichts mit violetter Färbung gilt: $400nm < \lambda < 430nm$.

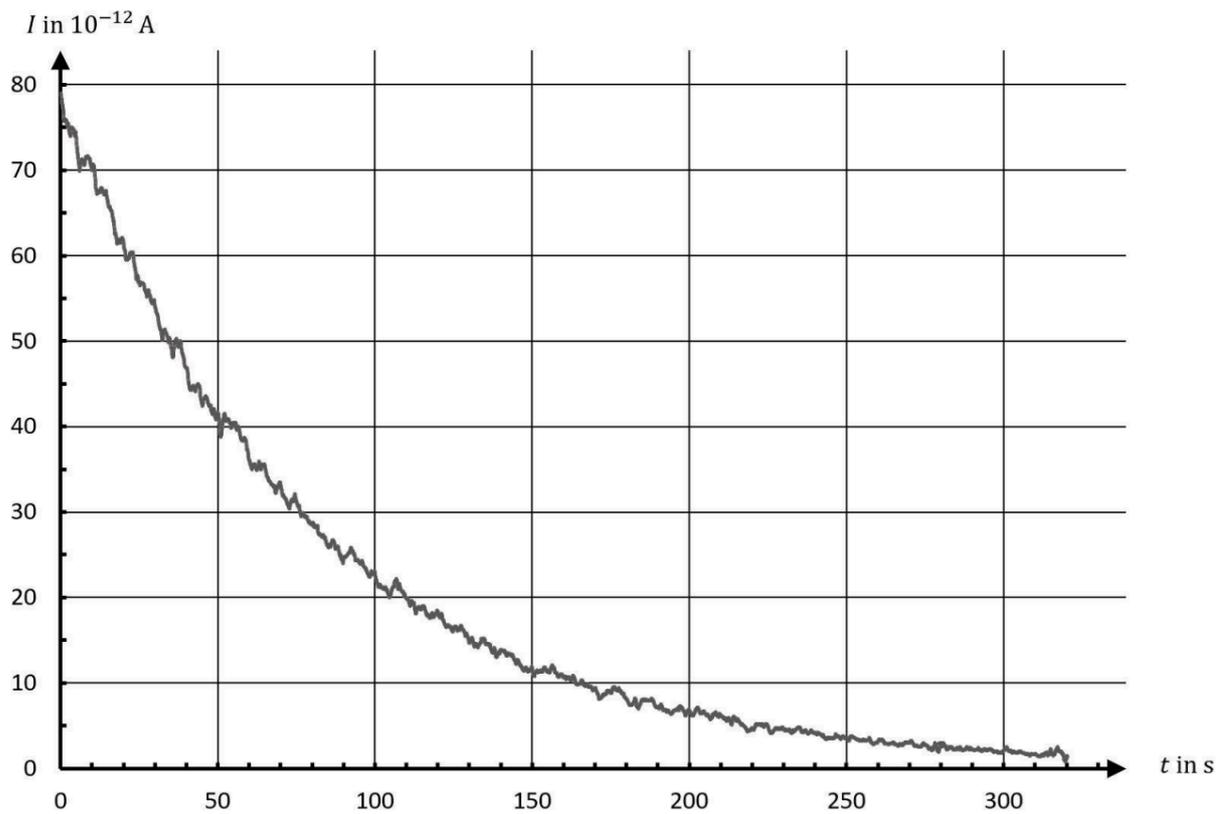
Material

$\begin{matrix} N \\ Z \end{matrix}$	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
90	Th214	Th215	Th216 28ms α	Th217 252 μ s α	Th218 0,1 μ s α	Th219 1,05 μ s α	Th220 9,7 μ s α	Th221 1,7min α	Th222 2,2ms α, γ	Th223 0,66s α, γ	Th224 1,04s α, γ	Th225 8,7min α, β^-, γ	Th226 31min α, γ	Th227 18,72d α, γ	Th228 1,913a α, γ
89	Ac213	Ac214	Ac215 0,17s α	Ac216 0,3ms α	Ac217 69ns α	Ac218 1,1 μ s α	Ac219 11,8 μ s α	Ac220 26ms α	Ac221 52ms α, γ	Ac222 5,0s α, γ	Ac223 2,1min α, γ	Ac224 2,9h α, β^-, γ	Ac225 10,0d α, γ	Ac226 29h α, β^-, γ	Ac227 21,77a α, β^-, γ
88	Ra212	Ra213	Ra214 2,46s α	Ra215 1,6ms α	Ra216 0,18 μ s α	Ra217 1,6 μ s α	Ra218 25,6 μ s α	Ra219 10ms α	Ra220 23ms α, γ	Ra221 28s α, γ	Ra222 38s α, γ	Ra223 11,4d α, γ	Ra224 3,66d α, γ	Ra225 14,8d β^-, γ	Ra226 1600a α, γ
87	Fr211 α, γ	Fr212 α, γ	Fr213 34,6s α	Fr214 5,0ms α	Fr215 0,09 μ s α	Fr216 0,7 μ s α	Fr217 16 μ s α	Fr218 1,0 μ s α, γ	Fr219 21ms α, γ	Fr220 27,4s α, γ	Fr221 4,9min α, γ	Fr222 14,2min α, γ	Fr223 22min β^-, γ	Fr224 3,3min β^-, γ	Fr225 4,0min β^-, γ
86	Rn210 α, γ	Rn211 α, γ	Rn212 24min α	Rn213 25ms α, γ	Rn214 0,27 μ s α	Rn215 0,3 μ s α	Rn216 45 μ s α	Rn217 0,5ms α, γ	Rn218 35ms α, γ	Rn219 3,96s α, γ	Rn220 55,6s α, γ	Rn221 25min α, β^-, γ	Rn222 3,83d α, γ	Rn223 23min β^-, γ	Rn224 1,78h β^-, γ
85	At209 γ	At210 γ	At211 7,22h α, γ	At212 314ms α, γ	At213 0,11 μ s α	At214 0,76 μ s α, γ	At215 0,1ms α, γ	At216 0,3ms α, γ	At217 32ms α, γ	At218 α, γ	At219 α				
84	Po208 α, γ	Po209 α, γ	Po210 138,4d α, γ	Po211 0,516s α, γ	Po212 0,3 μ s α, γ	Po213 4,2 μ s α, γ	Po214 164 μ s α, γ	Po215 1,8ms α, γ	Po216 0,15s α, γ	Po217 α	Po218 3min α, γ				
83	Bi207 γ	Bi208 γ	Bi209 stabil	Bi210 5,013d β^-, γ	Bi211 2,2min α, γ	Bi212 61min α, β^-, γ	Bi213 46min β^-, γ	Bi214 20min β^-, γ	Bi215 7,6min β^-, γ						
82	Pb206 stabil	Pb207 stabil	Pb208 stabil	Pb209 3,253h β^-, γ	Pb210 22min β^-, γ	Pb211 36min β^-, γ	Pb212 10,64h β^-, γ	Pb213 10min β^-, γ	Pb214 27min β^-, γ						
81	Tl205 stabil	Tl206 4,2min β^-, γ	Tl207 4,8min β^-, γ	Tl208 3,1min β^-, γ	Tl209 2,2min β^-, γ	Tl210 1,3min β^-, γ									

M1: Ausschnitt aus einer Nuklidkarte; In der zweiten Zeile ist jeweils die Halbwertszeit, in der dritten Zeile die Zerfallsart angegeben. Hinweis: Z: Protonenzahl, N: Neutronenzahl



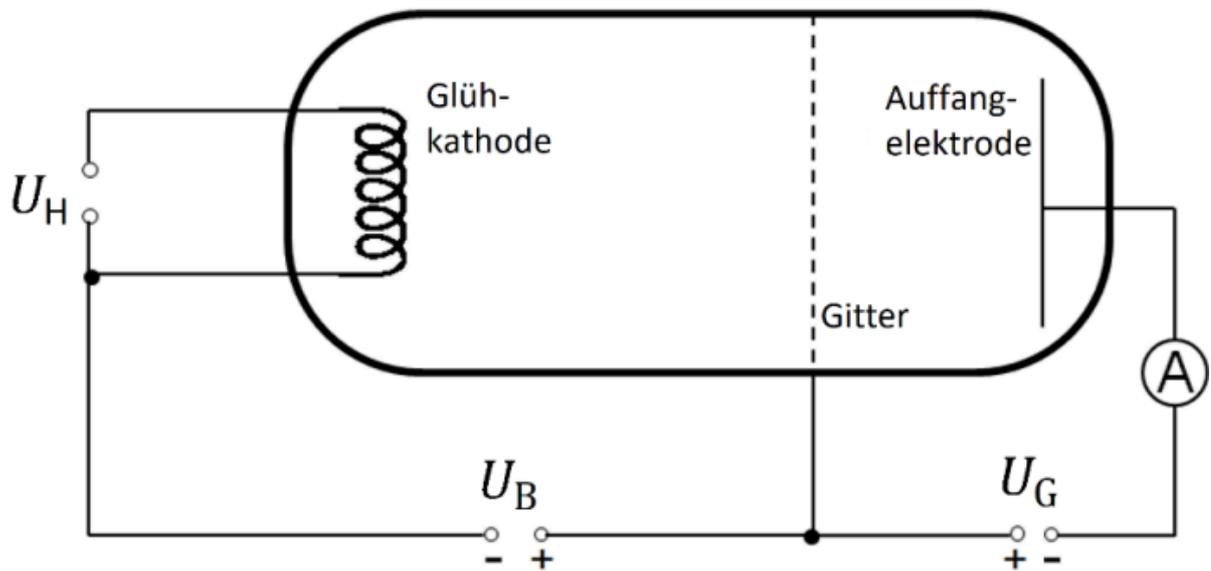
M2: Aufbau des Experiments zur Bestimmung der Halbwertszeit eines radioaktiven Gases; In einem Kunststoffbehälter befindet sich das Thorium-Isotop Th-228. Unter den Folgenukli- den befindet sich ein gasförmiges Folgenuklid. Durch Zusammendrücken des Kunststoffbe- hälters (Pfeile) wird das gasförmige Folgenuklid in eine Ionisationskammer gepumpt. Mit einem Messverstärker wird der zeitliche Verlauf der Stromstärke I bestimmt. Hinweis: Die Io- nisationskammer ähnelt einem Geiger-Müller-Zählrohr (GMZ). Im Unterschied zum GMZ ist sie mit Umgebungsluft gefüllt und es kommt zu keiner lawinenartigen Stoßionisation.



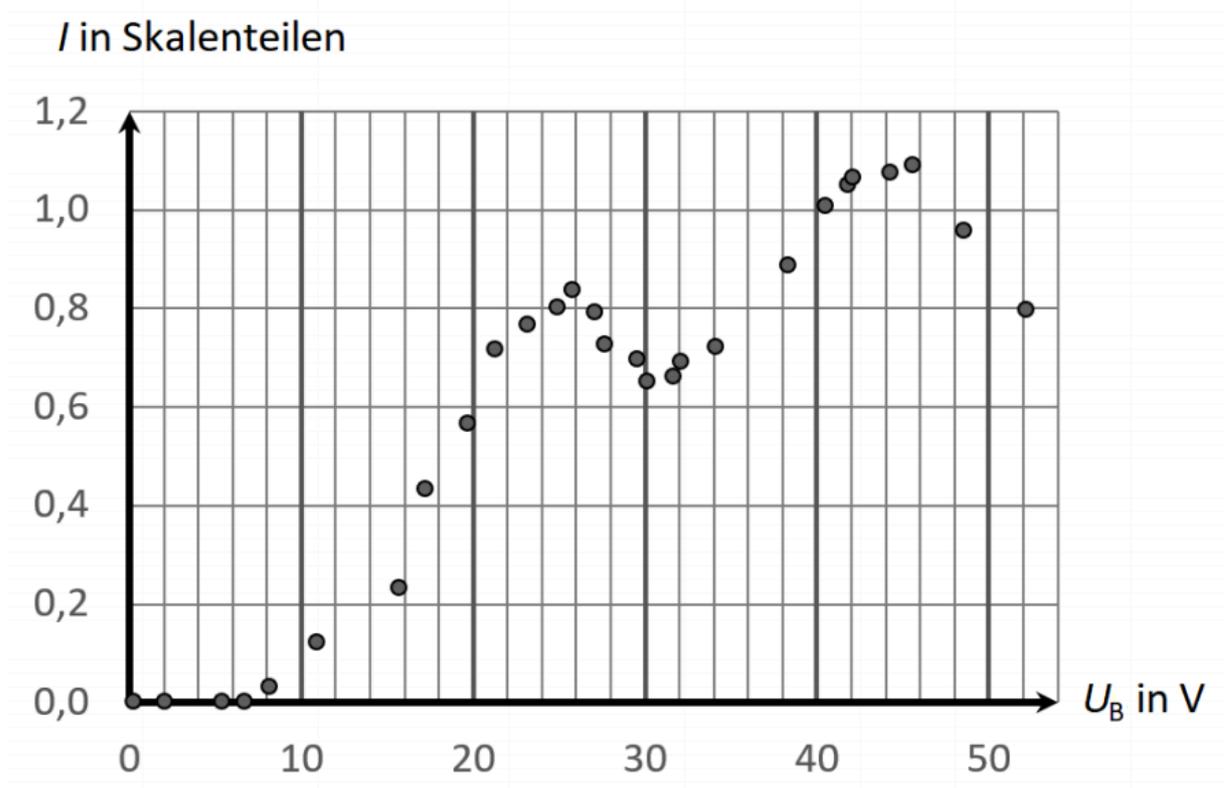
M3: t - I -Diagramm der am Messverstärker gemessenen Stromstärke $I(t)$;

Aufgrund der Vielzahl an Messwerten erscheint der Verlauf der Kurve durchgehend.

Vereinfachend wird angenommen, dass die gemessene Stromstärke I proportional zur Anzahl der noch nicht zerfallenen Teilchen des Gases ist.

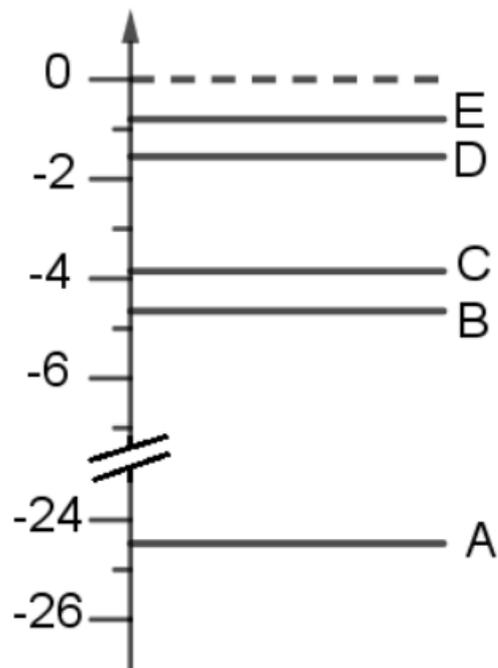


M4: Vereinfachter Versuchsaufbau zum Franck-Hertz-Experiment



M5: Messdaten zum Franck-Hertz-Experiment; Die Gegenspannung beträgt 7V. Die Stromstärke I des Elektronenstroms wird in Skalenteilen angegeben.

Energie in eV

**M6:** Vereinfachtes Energieniveauschema eines Helium-Atoms

Im Grundzustand ist A das höchste besetzte Energieniveau. Zur besseren Ablesbarkeit ist der Bereich zwischen -7 eV und -24 eV ausgelassen.