

Diffusionsnebelkammer

Die sichtbare Radioaktivität



Maturaarbeit

Nevzet Khasanov, Alte Kantonsschule Aarau 2012

nevzet@bluewin.ch

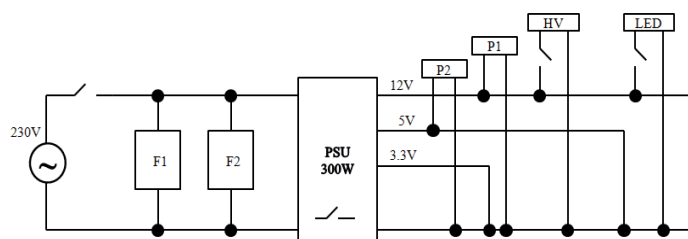
Ist die Radioaktivität sichtbar?

Das vorgestellte Projekt beschreibt den Zusammenbau einer luftgekühlten Diffusionsnebelkammer mit Peltier-Elementen sowie die Experimente, die mit der erstellten Nebelkammer durchgeführt wurden. Das Hauptziel besteht darin, die unsichtbare Radioaktivität zu visualisieren, um dieses Phänomen der Öffentlichkeit zu demonstrieren.

Design und Konstruktion:

Detektionsfläche: 110mm x 130mm/ 140mm x 170mm

Betriebstemperatur: -35°C (bei +30°C Aussentemperatur) und -40°C (bei +25°C Aussentemperatur)



Schaltsystem:

F1 & F2: Lüfter

PSU: PC-Netzteil 300W)

P1: Untere Peltier-Elemente

P2: Obere Peltier-Elemente

HV: Hochspannungsgitter

LED: LED-Beleuchtung

Abb.1. Schaltkreis der Diffusionsnebelkammer

Besonderheiten der erstellten Diffusionsnebelkammer mit Peltier-Elementen:



Abb.2. Fertiggestellte Diffusionsnebelkammer mit Peltier-Elementen

Luftgekühlt: Kein Trockeneis, flüssiger Stickstoff oder Kompressoren für den Betrieb notwendig

Detektionsfläche: 110 mm x 130 mm/140mm x 180mm;
Zusammengesetzt aus nicht magnetischen Komponenten
(Ermöglicht die Durchführung der Experimente im Magnetfeld)

Klein und mobil: Masse: 20 cm x 35 cm x 25 cm; Gewicht: 6 kg

Betriebszeit: Kurze Startzeit (erste „Spuren“ bereits sichtbar in 7-10 min.); Dauerbetrieb bis zu 12h getestet

Preis: 80% tiefer als eine kompressorgekühlte Nebelkammer

Einzige Konstruktion: Keine identische Konstruktion zurzeit bekannt

Durchgeführte Experimente:

- Visualisierung der natürlichen Radioaktivität (α , β , γ , ohne Quelle)
- Bestimmung der Teilchensorten
- Beobachtung von Kollisionen der geladenen Teilchen (Veränderung der Bahn; "secondary ionization" - δ -Elektronen)
- Beobachtung radioaktiver Zerfälle von verschiedenen Quellen (U-238, Rn-220, Am-241, Sr-90, Cs-137, Co-60)
- Ablenkung der β -Teilchen im Magnetfeld und Bestimmung deren Ladung, sowie die Berechnung der Geschwindigkeit und der Energie.
- Berechnung der Halbwertszeit von Rn-220 (Berechnet: 58 sec.; Literaturwert: 55sec).
- Beobachtung und Analyse des Compton Effekts
- Beobachtung von kosmischen Teilchen in grösseren Höhen (Schweizer Alpen)

Experimente – Highlights:

Ablenkung der Betastrahlung im Magnetfeld:



$$\left. \begin{aligned} F_{ZP} &= F_L \\ m_e \frac{v_s^2}{r} &= Q_e v_s B \\ \frac{BrQ_e}{m_e} &= v_s \end{aligned} \right\} \text{Klassischer Ansatz}$$

Relativistische Korrektur

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad E = mc^2$$

Abb.3. Ablenkung von β -Teilchen (β^+ ; β^-) im Magnetfeld

Teilchen	m_0 (kg)	Q (C)	r (m)	v_{NR}/c	v_R/c	m/m_0	E (MeV)
e^+	$9.1 * 10^{-31}$	$+1.6 * 10^{-19}$	0.015	10.56	0.956	3.409	1.74
e^-	$9.1 * 10^{-31}$	$-1.6 * 10^{-19}$	0.005	3.52	0.882	2.122	1.08

Tabelle 1: Ergebnisse der Ablenkung der β -Teilchen (β^+ , β^-) im Magnetfeld. m_0 ist die Ruhemasse des Teilchens (Elektron/ Positron), Q ist die Ladung, r ist der Radius des abgelenkten Teilchens, v_{NR} ist die Geschwindigkeit des Teilchens nach dem Klassischen Modell, v_R ist die Geschwindigkeit der Teilchen nach dem relativistischen Modell, m ist die relativistische Masse des Teilchens, E ist die Energie des Teilchens

Zerfall von Radon-220:



Abb.4. Zerfall von Rn-220 nach 10 sec.

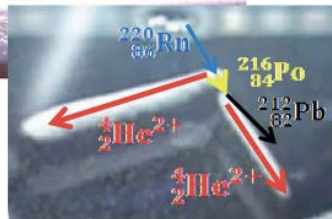
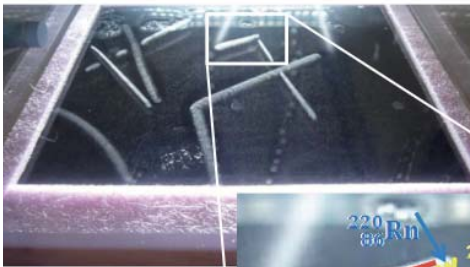
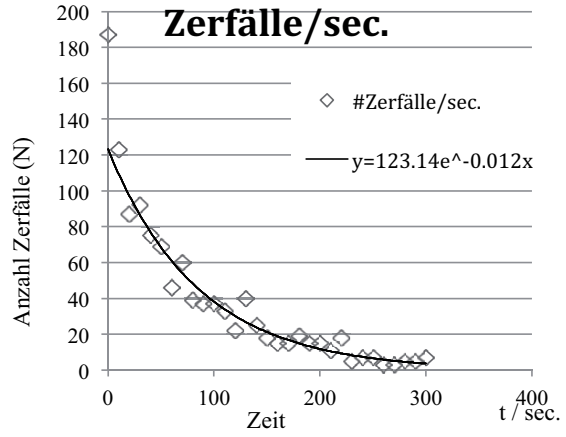


Abb.5. Zerfall von Rn-220 nach 180 sec.



$$N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad t_{\frac{1}{2}} = \tau \ln(2)$$

$$t_{\frac{1}{2}} = 58 \text{ sec.} \quad t_{\frac{1}{2}}(\text{Literature value}) = 55 \text{ sec.}$$

Auszeichnungen

- Gewonnen bei „Schweizer Jugend forscht 2012“ in Lugano (Prädikat: Hervorragend)
- **2. Platz** bei „European Union Contest for Young Scientists 2012“ in Bratislava