

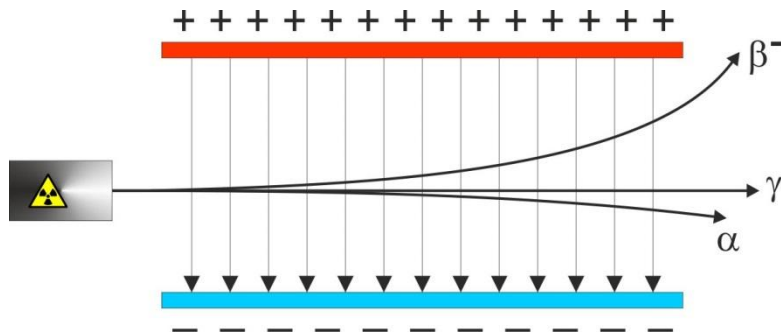
### 3. Physikschulaufgabe

Klasse 10 I

## - Lösungen -

Thema: **Atom- u. Kernphysik, Radioaktivität**

#### 1.1 Elektrisches Feld:



##### **Alphastrahlung:**

Sind (zweifach) positiv geladene Heliumkerne. Sie werden im elektrischen Feld zur negativ geladenen Seite = Minuspol (Kathode) abgelenkt.

##### **Betastrahlung:**

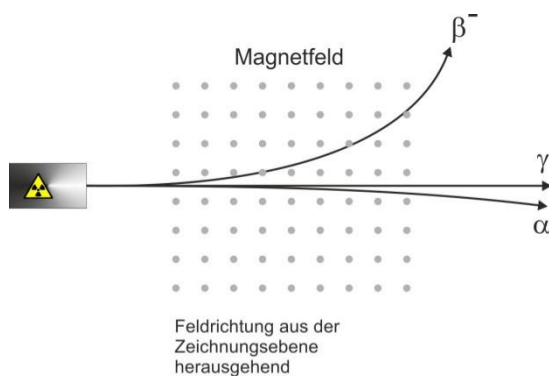
Sind (einfach) negativ geladene Elektronen. Sie werden im elektrischen Feld zur positiv geladenen Seite = Pluspol (Anode) abgelenkt.

##### **Gammastrahlung:**

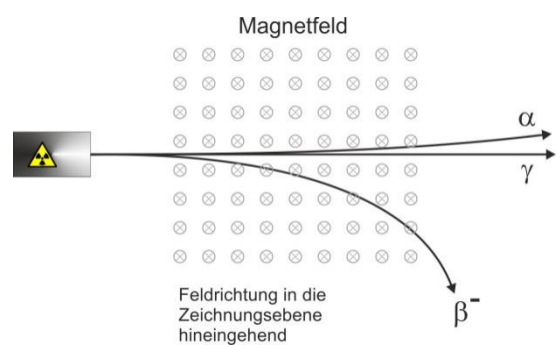
Ist eine elektrisch neutrale, energiereiche Strahlung. Sie wird nicht abgelenkt.

#### 1.2 Magnetfeld:

(Feldrichtung aus der Blattebene herausgehend  
d.h. Nordpol = unter, Südpol = über dem Blatt)



(Feldrichtung in die Blattebene hineingehend,  
d.h. Nordpol = über, Südpol ist unter dem Blatt)



Erklärung siehe auch 1.1; die Alpha- bzw. Betastrahlen werden im Magnetfeld entsprechend der UVW-Regel (der rechten oder der linken Hand) abgelenkt.

Weil die Heliumkerne gegenüber den Elektronen sehr viel schwerer sind, ist die Ablenkung von Alphastrahlen geringer als die von Betastrahlen.

## - Lösungen -

- 1.3 Ein Zählrohr (z.B. nach Geiger-Müller) zählt auch dann Impulse, wenn sich keine radioaktive Substanz in der Nähe befindet. Diese Impulsrate, die durch terrestrische oder kosmische Strahlung hervorgerufen wird, bezeichnet man als **Nulleffekt**.

Der **Nulleffekt** entsteht z.B. durch

- ◆ aus der Erde aufsteigendes radioaktives Radon,
- ◆ ionisierende Strahlung aus dem Weltraum,
- ◆ natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und im menschlichen Körper,
- ◆ Radioaktivität aus den Unfällen von Tschernobyl und Fukushima

### 1.4 Definition der Halbwertszeit:

Es werden hier drei verschiedene Definitionen zur Halbwertszeit formuliert.

Die Halbwertszeit ist die Zeit  $T$ , nach der die ...

- ▶ Hälfte aller ursprünglich vorhandenen Atomkerne  $N_0$  zerfallen ist 
$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$
- ▶ ursprüngliche Aktivität  $A_0$  einer radioaktiven Substanz um die Hälfte zurückgegangen ist. 
$$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$
- ▶ Hälfte einer ursprünglich vorhandenen radioaktiven Masse  $m_0$  zerfallen ist. 
$$m(t) = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

- 1.5 Das Zerfallsgesetz trifft keine Aussage zum Verhalten eines einzelnen Atoms, sondern es gilt nur wenn die betrachtete Probe eine große Zahl von Atomen enthält. Wenn die ursprüngliche Menge eines Radionuklids z.B. 1 Milliarde Atome ist, dann kann man zwar die Aussage machen, dass sich während der ersten Halbwertszeit ca. 500 Millionen Atomkerne umwandeln. Um welche Kerne es sich handelt, kann man jedoch nicht vorhersagen.

- 1.6 Kernreaktionsgleichung von Rn-220:  ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{216}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He} (+ \gamma)$   
Entstandenes Nuklid: Po – 216 (Polonium)

### 1.7 Anwendung der Zerfallsgleichung:

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$\frac{N(t)}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$\frac{t}{T} = \log_{\frac{1}{2}}\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)$$

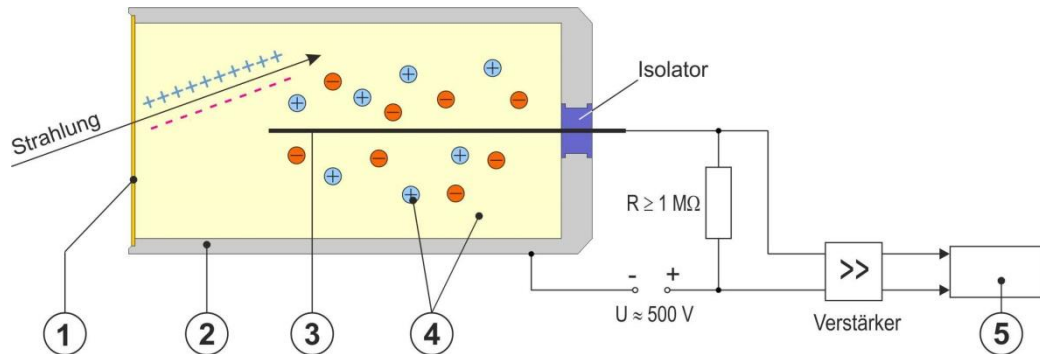
$$t = \log_{\frac{1}{2}}\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) \cdot T = \log_{\frac{1}{2}}\left(\frac{0,010 \cdot N_0}{N_0}\right) \cdot 56 \text{ s} = \log_{\frac{1}{2}} 0,010 \cdot 56 \text{ s} = \frac{\lg 0,010}{\lg 0,5} \cdot 56 \text{ s}$$

$$t = 372 \text{ s}$$

Nach etwa 372 Sekunden ist von einem Rn-220 – Präparat nur noch 1% der ursprünglichen Menge vorhanden; 99% sind zerfallen.

# - Lösungen -

## 2. Prinzipskizze des Geiger-Müller-Zählrohrs



### Hauptbestandteile:

- 1: dünnes Fenster aus Glimmer oder Folie
- 2: Metallgehäuse
- 3: Draht / Metallstab
- 4: Edelgasfüllung und ionisierte Teilchen
- 5: Impulszähler mit Lautsprecher

Ein mit Edelgas gefülltes Metallrohr bildet die Katode.

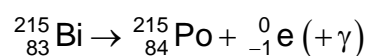
Das Rohr ist an einem Ende mit einer sehr dünnen Folie verschlossen, am anderen Ende hält ein Isolator die in das Rohr ragende Anode (Draht).

Zwischen Anode und Katode liegt eine Gleichspannung von ca. 500 V an.

### Funktionsweise:

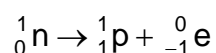
- Radioaktive (ionisierende) Strahlung, z.B.  $\alpha$  - Strahlung, tritt in das Zählrohr ein.
- Das Gas im Zählrohr wird ionisiert, d.h. Hüllenelektronen des Edelgases werden von ihren Atomkernen getrennt.
- Aufgrund der angelegten elektr. Spannung von etwa 500 V entsteht ein starkes elektrisches Feld.
- Durch Stoßionisation werden lawinenartig weitere Elektronen freigesetzt; dies führt zu einem kurzzeitigen Stromstoß zwischen Anode und Katode (Zählerstromkreis) und damit zu einem Spannungsstoß am Widerstand.
- Diese Spannungsänderung wird elektronisch verstärkt.
- Ein Zähler registriert jeden Spannungsimpuls bzw. über einen Lautsprecher werden die Impulse als Knacken oder Piepsen angezeigt.

## 3. Beim Zerfall von Bismut Bi – 215 zu Polonium Po – 215 handelt es sich um einen $\beta$ – Zerfall.



Das Strahlungsteilchen ist ein Elektron aus dem Atomkern:

Es entsteht durch Umwandlung eines Neutrons in ein Proton und ein Elektron:



# - Lösungen -

## Thema: Energienutzung, Energieversorgung

### 4.1 Primärenergie

steckt in natürlich vorkommenden Energiequellen und ist technisch noch nicht umgewandelt / genutzt worden.

Primärenergieträger sind z. B. Kohle, Erdöl und Erdgas, Kernbrennstoffe (Uran), Wasserkraft, Sonnenstrahlung, Windkraft, Erdwärme, Gezeitenenergie, Biomasse.

### Sekundärenergie

wird aus der Primärenergie durch Umwandlung / Verarbeitung gewonnen.

Sekundärenergieträger sind z. B. Benzin – aus Erdöl, elektrischer Strom – aus Wasserkraft, Biogas – aus Biomasse, Kohlebriketts – aus Braunkohle.

### Endenergie

ist die an den Verbraucher gelieferte Energie. z.B. Heizöl im Tank, Strom aus der Steckdose, Erdgas aus der Leitung oder Holzpellets im Speicher.

Die Endenergie kann sowohl aus Primär als auch aus Sekundärenergieträgern bestehen.

### Nutzenergie

ist derjenige Anteil der Endenergie, welcher dem Verbraucher tatsächlich zur Verfügung steht, z.B. in Form von warmem Wasser oder mechanischer Energie.

Abgezogen sind hier Verluste, die bei der Umwandlung unvermeidlich sind;

z. B. Strom für eine Glühlampe – Wärmeverlust, Benzin in einem Automotor – Reibungs- u. Wärmeverluste.

- 4.2 Bei der Umwandlung von Primärenergie über Sekundärenergie bis zur Nutzenergie treten stets Verluste auf z.B. Erdöl fördern – Erdöl in einer Raffinerie zu Benzin verarbeiten – Benzin mit Tankwagen zur Tankstelle transportieren – Benzin im Automotor verbrennen – das Auto fährt auf der Straße.

5. Zugeführte Energie  
(aus der Steinkohle):

$$W_{\text{zu}} = m \cdot H$$

$$W_{\text{zu}} = 5 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot 29,7 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

$$W_{\text{zu}} = 14,85 \cdot 10^9 \text{ MJ}$$

$$W_{\text{zu}} = \frac{14,85}{3,6} \cdot 10^9 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{zu}} = 4,13 \cdot 10^9 \text{ kWh}$$

Wirkungsgrad der  
Stromerzeugung:

$$\eta = \frac{W_{\text{nutz}}}{W_{\text{zu}}}$$

$$\eta = \frac{1,8 \cdot 10^9 \text{ kWh}}{4,13 \cdot 10^9 \text{ kWh}}$$

$$\eta = 0,44 = 44\%$$

Umrechnung:

$$1,0 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ MJ} = \frac{1}{3,6} \text{ kWh}$$

# - Lösungen -

6.1 Durchschnittliche Leistung des Kraftwerks während eines Jahres:

$$\bar{P} = \frac{W_{\text{el}}}{t} = \frac{20 \cdot 10^6 \text{ kWh}}{365 \text{ d} \cdot 24 \text{ h/d}}$$

$$\bar{P} = 2283 \text{ kW}$$

$$\bar{P} = 2,3 \text{ MW}$$

6.2 Über den Wirkungsgrad der Anlage erhält man die zugeführte Leistung des Wassers:

$$\eta = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{zu}}} \Rightarrow P_{\text{zu}} = \frac{P_{\text{max}}}{\eta} = \frac{6,0 \text{ MW}}{0,87}$$
$$P_{\text{zu}} = 6,9 \text{ MW}$$

Umrechnung:

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \Leftrightarrow 1 \text{ MW} = 1 \frac{\text{MJ}}{\text{s}}$$

Die in einer Sekunde zugeführte Energie (Arbeit  $W$ ) beträgt  $W_{\text{zu}} = 6,9 \text{ MJ}$ . Sie stammt aus der potenziellen Energie des Wassers.

$$W_{\text{zu}} = W_{\text{pot}}$$

$$W_{\text{zu}} = m \cdot g \cdot h$$

$$m = \frac{W_{\text{zu}}}{g \cdot h} = \frac{6,9 \text{ MJ}}{9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 37 \text{ m}} = \frac{6,9 \cdot 10^6 \text{ Nm}}{9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 37 \text{ m}}$$

$$m = 19 \cdot 10^3 \text{ kg} = 19 \text{ t}$$

Wasservolumen pro Sekunde:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{19 \cdot 10^3 \text{ kg}}{1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 19 \text{ m}^3$$

Bei maximaler Leistung strömen etwa  $19 \text{ m}^3$  Wasser durch die beiden Turbinen.

6.3 Stausee-Wasserkraftwerk

Vorteile: Kein Ausstoß (Emission) von Kohlendioxid  
Wenig Umweltbelastung durch Rückstände, Abfälle usw.  
Fast unerschöpfliche Primärenergie  
Nutzung durch Fremdenverkehr und Naherholung  
Hochwasser- bzw. Wasserregulierung möglich

Nachteile: Eingriff in die Natur (Ökologie, Landschaftsbild)  
Beim Bau evtl. Umsiedlung von Menschen notwendig