

Überprüfung der verwendeten Ionenart

Beim Einsatz von Ionen bei der Strahlentherapie ist die genaue Einstellung der Geschwindigkeit dieser Teilchen notwendig.

Bei der Strahlentherapie werden hauptsächlich einfach geladene Wasserstoffionen bzw. Kohlenstoffionen eingesetzt. Bei nahezu allen Ionenarten gibt es mehr oder weniger Isotope, so auch bei den beiden verwendeten Ionenarten.

Bei den Wasserstoffionen kommen zwar zu über 99% Protonen ($^1\text{H}^+$) vor, aber auch wenige Deuteriumionen ($^2\text{D}^+$). Bei den Kohlenstoffionen treten neben einfach geladenen ^{12}C - auch einige ^{13}C -Isotope im Ionenstrahl auf. Dieser Sachverhalt kann aber zu erheblichen Problemen bei der Strahltherapie führen.

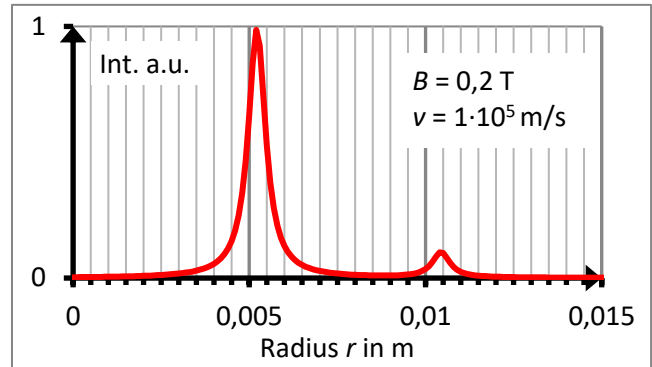


Abbildung 1: „Massenspektrum“ von einer eingesetzten Ionenart.

Quelle: Rolf Piffer (CC BY-SA 4.0 DE)

Aufgaben:

1. Erklären Sie den Begriff „Isotop“.
2. Beschreiben Sie, warum es durch das Vorhandensein mehrerer Isotope im Strahl eventuell zu Gefahren für die Gesundheit der Patienten kommen kann.

Der Nachweis mehrerer Isotope kann durch ein Massenspektrometer erfolgen. Abbildung 1 gibt wieder, bei welchen Bahnradien Teilchen festgestellt wurden. Die Teilchen sind alle durch das gleiche Geschwindigkeitsfilter geflogen, so dass sie alle eine Geschwindigkeit von $1,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ hatten. Die magnetische Flussdichte im sich anschließenden Bereich des homogenen Magnetfelds betrug $0,2 \text{ T}$.

3. Erklären Sie, warum verschiedene Isotope beim Durchtritt durch ein Geschwindigkeitsfilter anschließend die gleiche Geschwindigkeit haben.
4. Erklären Sie kurz die Funktionsweise eines Massenspektrometers.
5. Bearbeiten Sie die Aufgaben zum Massenspektrometer.
6. Ermitteln Sie anhand der Abbildung 2 die Massen der detektierten Teilchen und identifizieren Sie die dazugehörigen Ionen.
7. Entwickeln Sie eine Apparatur, die verhindern soll, dass verschiedene Isotope schließlich in den Tumorbereich gelangen. Fertigen Sie dazu eine Skizze der Apparatur an und begründen Sie Ihren Vorschlag.

Hilfen:

- Zur Aufgabe 2: Die Seite https://www.cfg-hockenheim.de/static/zpg6-physik-V2/ein-dringtiefe_neu.html
- Zur Aufgabe 3: Die Seite <https://www.cfg-hockenheim.de/static/zpg6-physik-V2/geschwindigkeitsfilter.html>
- Zur Aufgabe 4: Auf der Seite <https://www.cfg-hockenheim.de/static/zpg6-physik-V2/spezifischeladung.html> werden die Grundlagen aufgeführt.
- Zu den Aufgaben 5 und 6: Gehen Sie dazu auf die Seite https://www.cfg-hockenheim.de/static/zpg6-physik-V2/aufgaben_massenspektrum.html und bearbeiten Sie dort die Aufgaben.



Plickers-Fragen als check-in-Aufgaben am Anfang der Folgestunde:

- 1 Isotope sind Teilchen
 - A mit der gleichen Massenzahl A aber verschiedener Kernladungszahl Z .
 - B gleicher Neutronenzahl N aber verschiedener Massenzahl A .
 - C gleicher Massenzahl aber verschiedener Neutronenzahl.
 - D gleicher Kernladungszahl aber verschiedener Neutronenzahl.

- 2 Nach dem Durchlauf durch einen Geschwindigkeitsfilter ist die Teilchengeschwindigkeit abhängig von
 - A deren Masse.
 - B deren Ladung.
 - C deren spezifischer Ladung q/m .
 - D dem Verhältnis von elektrischer Feldstärke und magnetischer Flussdichte.

- 3 Verschiedene aber gleichgeladene Isotope einer Ionenart
 - A werden schon durch den Geschwindigkeitsfilter getrennt.
 - B haben unterschiedliche Eindringtiefen.
 - C haben gleiche Eindringtiefen.

- 4 Die Lorentzkraft auf ein geladenes Teilchen
 - A wirkt in die Richtung der Bewegung.
 - B ist abhängig von der Teilchenmasse.
 - C hängt von der magnetischen Flussdichte ab.
 - D hängt nicht von der Ladung ab.

- 5 Im Massenspektrometer durchlaufen die geladenen Teilchen kreisförmige Bahnen, deren Radien
 - A nicht von der Ladung der Teilchen abhängen.
 - B mit steigender Masse kleiner werden.
 - C mit größerer Geschwindigkeit größer werden.
 - D mit einem stärkeren Magnetfeld größer werden.