

Opgave 5 Protonentherapie

19 maximumscore 3

uitkomst: tot een indringdiepte van 22,5 cm (met een marge van 1,5 cm)

voorbeeld van een bepaling:

De stopping power is gelijk aan de helling van de grafiek.

Voor een indringdiepte van 22,5 cm is de helling gelijk aan 10 MeV cm^{-1} .

Voor waarden kleiner dan 22,5 cm is de stopping power kleiner dan 10 MeV cm^{-1} .

- inzicht dat de stopping power gelijk is aan de helling van de grafiek 1
- bepalen van het punt waar de helling gelijk is aan 10 MeV cm^{-1} 1
- completeren van de bepaling 1

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Waar de helling van de figuur het grootst is, is ook de stralingsdosis het grootst. Dus ontvangt het water een kleine stralingsdosis, de tumor een grote stralingsdosis en ontvangt de plaat helemaal geen straling.

- inzicht dat de stralingsdosis groot is als de helling van figuur 1 groot is 1
- inzicht dat na 26 cm geen straling geabsorbeerd wordt 1
- completeren van de uitleg 1

21 maximumscore 2

uitkomst: $E = 150 \text{ MeV}$

Opmerking

Alle antwoorden van 150 MeV tot en met 155 MeV: goed rekenen.

22 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Bij een stopping power van 800 MeV cm^{-1} en een energieverlies per botsing van 72 eV is de afstand tussen twee botsingen gelijk aan

$$\frac{72}{800 \cdot 10^6} = 9 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,9 \text{ nm. Dus een DNA-keten met een}$$

breedte van 3 nm wordt op ongeveer drie plaatsen geraakt.

- berekenen van de afstand tussen twee botsingen 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

23 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

- Bij fotonen wordt de meeste energie opgenomen in het gebied voor de tumor en bij protonen niet.
- Bij fotonen wordt ook energie opgenomen in het gebied achter de tumor en bij protonen niet.
- Bij protonen wordt de meeste energie opgenomen in de tumor.

24 maximumscore 4

uitkomst: $U = 4,2 \cdot 10^5 \text{ V}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de kinetische energie van een proton geldt:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} (9,0 \cdot 10^6)^2 = 6,76 \cdot 10^{-14} \text{ J.}$$

$$\text{Dus voor de spanning geldt: } U = \frac{\Delta E_k}{q} = \frac{6,76 \cdot 10^{-14}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ V.}$$

- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 1
- gebruik van $\Delta E_k = qU$ 1
- opzoeken van de massa en de lading van een proton 1
- completeren van de berekening 1

25 maximumscore 1

uitkomst: $E = 0,42 \text{ (MeV)}$

Opmerking

Als bij de beantwoording van vraag 24 een foute waarde voor de spanning is verkregen en die waarde hier wordt gebruikt: geen aftrek.

26 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De stroomrichting is gelijk aan de bewegingsrichting van de protonen.

De lorentzkracht is naar links gericht. Hieruit volgt dat het magnetisch veld gericht is loodrecht op het vlak van tekening, van de lezer af (het papier in).

- aangeven van de stroomrichting 1
- aangeven van de richting van de lorentzkracht 1
- completeren van de bepaling 1