

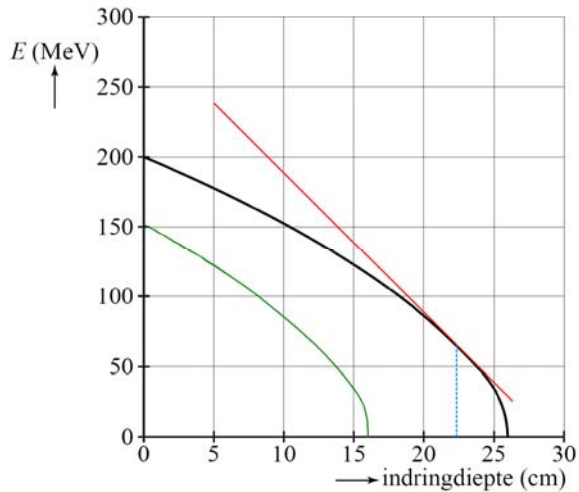
Protonentherapie

14. Teken in de grafiek op de bijlage de lijn met steilheid -10 MeV/cm (zie rode lijn).

Zoek het punt waar deze lijn de grafiek raakt.

Dat gebeurt bij $22,5 \text{ cm}$ indringdiepte (zie blauwe stippellijn)

Tot 22 cm is de stopping power kleiner dan 10 MeV/cm



15. Er wordt geschoten met 200 MeV protonen.

In water zijn die na 26 cm al hun energie kwijt.

Als deze protonen dus eerst door 26 cm water moeten ploegen, zijn ze net voor de plaat energieloos en bereiken de plaat niet: voor de plaat dosis 0.

Bij een flauwe helling is de energieabsorptie klein, het water krijgt maar een kleine dosis.

Bij een steile helling (helemaal op het eind, dus bij het bolletje) is de energieabsorptie groot, het bolletje krijgt een grote dosis.

16. Teken de lijn vanaf 16 cm , in elk punt evenwijdig aan de oorspronkelijke lijn en kijk waar deze de MeV-as snijdt: dat is bij 150 MeV .
De beginenergie moet dus gelijk zijn aan 150 MeV .

17. Stopping power: 800 MeV/cm
Energieverlies per botsing: 72 eV

Gemiddeld liggen twee botsingen dan $\frac{72}{800 \cdot 10^6} = 9 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 0,9 \text{ nm}$ uit elkaar.

De DNA-streng is ongeveer 3 nm breed, dus zou hij op zo'n 3 plaatsen interactie moeten hebben, in overeenstemming met de figuur.

18. Fotonen worden ook voor en na de tumor volop geabsorbeerd, protonen vooral in de tumor zelf.

Eindexamen natuurkunde vwo 2010 - II

© havovwo.nl

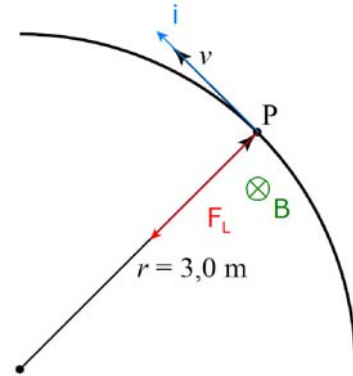
$$19. \quad q \cdot \Delta U = \frac{1}{2}mv^2 \quad \rightarrow \quad 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \Delta U = \frac{1}{2} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 81 \cdot 10^{12} \quad \Delta U = 4,2 \cdot 10^5 \text{ V}$$

$$20. \quad E = 4,2 \cdot 10^5 \text{ eV} = 0,42 \text{ MeV}$$

21. De stroom i loopt in dezelfde richting als de protonen.

De Lorentzkracht levert F_{mpz} en is dus naar het midden van de cirkel gericht.

Met een van de richtingsregels is dan in te zien dat het B-veld het papier in moet prikken.



$$22. \quad F_{mpz} = F_L \quad \rightarrow \quad \frac{mv^2}{R} = q \cdot v \cdot B$$

$$B = \frac{mv}{qR} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3} = 0,031 \text{ T}$$