



Vejledende eksempler på opgaver til den skriftlige prøve i fysik (stx)
Fysik i det 21. århundrede
Skoleåret 2018-19

Medicinsk fysik

Opgaverne

- Opgave 1 Cyklotron til produktion af tallium
- Opgave 2 Vinduer med blyglas
- Opgave 3 PET-skanning
- Opgave 4 Produktion af ^{111}I
- Opgave 5 Beskyttelse mod stråling
- Opgave 6 ^{65}Zn
- Opgave 7 Behandling af kræft med ^{90}Y
- Opgave 8 Svækkelse af røntgenstråling
- Opgave 9 Produktion af ^{75}Se
- Opgave 10 Behandling med guld

Opgave 1 Cyklotron til produktion af tallium



^{201}Tl er radioaktivt og anvendes til lokalisering af skader på hjertemusklén. ^{201}Tl fremstilles i en cyklotron ved beskydning af ^{203}Tl med en stråle af protoner. Herved dannes kerner af ^{201}Pb , som henfalder til ^{201}Tl .

Ved produktion af ^{201}Tl ved en cyklotron beskydes et target af naturligt tallium med en stråle af protoner med intensiteten $5,6 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1}$.

- a) Beregn strømstyrken i strålen.

Beskydningen af target med protoner varer 75 minutter og giver anledning til 163 milliarder reaktioner mellem protoner og ^{203}Tl .

- b) Bestem aktiviteten af det producerede ^{201}Pb efter de 75 minutter.

Opgave 2 Vinduer med blyglas



Vinduer med blyglas anvendes i stedet for almindeligt glas for at beskytte personalet mod stråling. Ved en PET-skanner er der monteret et tykt vindue med blyglas imellem skanneren og kontrolrummet.

Strålingen fra PET-skanneren består af fotoner med energien 511 keV. Denne stråling bliver svækket i blyglasset med den lineære absorptionskoefficient $63,0 \text{ m}^{-1}$. Tykkelsen af vinduet med blyglas er 21,8 mm.

- a) Bestem, hvor stor en procentdel af strålingen, der kommer igennem blyglasvinduet.

I forbindelse med en skanning modtager en medarbejder i kontrolrummet $1,3 \mu\text{Sv}$ i ækvivalent strålingsdosis fra fotoner fra PET-skanneren. Medarbejderens masse er 63 kg.

- b) Vurdér antallet af fotoner, som har afsat deres energi i medarbejderen.

Opgave 3 PET-skanning



Ved en PET-skanning registreres radioaktive sporstoffer i en patient.

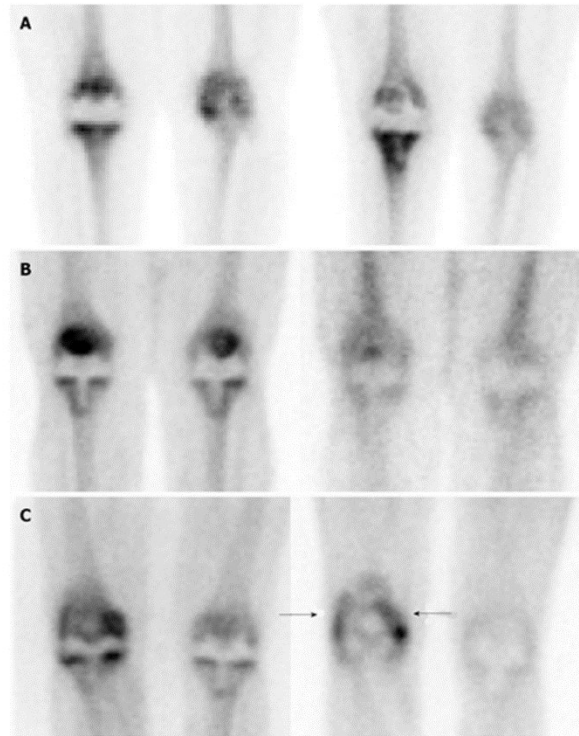
Som forberedelse til en PET-skanning indføres det radioaktive sporstof FDG i blodet på en patient. Stoffet fordeler sig efterfølgende i hele kroppen. Den radioaktive isotop i stoffet FDG er ^{18}F .

- a) Opskriv reaktionsskemaet for det radioaktive henfald af ^{18}F .

Ved en PET-skanning får en patient med massen 77 kg en mængde FDG med startaktiviteten 320 MBq fra ^{18}F . Patienten modtager ved denne behandling den samlede ækvivalente strålingsdosis 6,1 mSv. Den biologiske halveringstid for ^{18}F er 6,0 h.

- b) Bestem den gennemsnitlige energi, der afsættes i patienten pr henfald af ^{18}F .

Opgave 4 Produktion af ^{111}In



Isotopen ^{111}In anvendes som radioaktivt sporstof i forbindelse med lokalisering af infektioner i kroppen fx i knæleddet.

På et hospital produceres isotopen ^{111}In ved bestråling af et target af cadmium med et beam af protoner med intensiteten $1,31 \cdot 10^{14}$ protoner pr sekund.

- a) Bestem strømstyrken i protonbeamet.

Efter lang tids bestråling er aktiviteten af ^{111}In 7,45 GBq.

- b) Hvor lang tid skal bestrålingen vare for at opnå, at aktivitet af de producerede ^{111}In -kerner er 7,0 GBq?

Opgave 5 Beskyttelse mod stråling

En patient opholder sig i et rum ved siden af et lokale med en radioaktiv ^{137}Cs kilde.

Patienten må modtage den ækvivalente strålingsdosis 0,020 mSv.

Patienten opholder sig i rummet i 50 timer. Patienten absorberer 30 % af den modtagne stråling fra kilden.

- a) Bestem den maksimalt tilladte dosishastighed, patienten må udsættes for.

Patienten opholder sig 2,0 m fra ^{137}Cs kilden, der har aktiviteten 2,60 GBq.

Gammafaktoren for kilden er $20,3 \cdot 10^{-18} \text{ Sv} \cdot \text{m}^2$. De to rum er adskilt af en væg lavet af almindeligt beton.

- b) Vurdér, hvor tyk betonvæggen skal være for, at dosishastigheden ikke overstiger $1,3 \mu\text{Sv/h}$.

Opgave 6 ^{65}Zn

Zinkisotopen ^{65}Zn blev tidligere anvendt til at undersøge optagelsen af zink i kroppen.

^{65}Zn har den biologiske halveringstid 933 dage.

- a) Beregn den effektive halveringstid for ^{65}Zn .

Opgave 7 Behandling af kræft med ^{90}Y

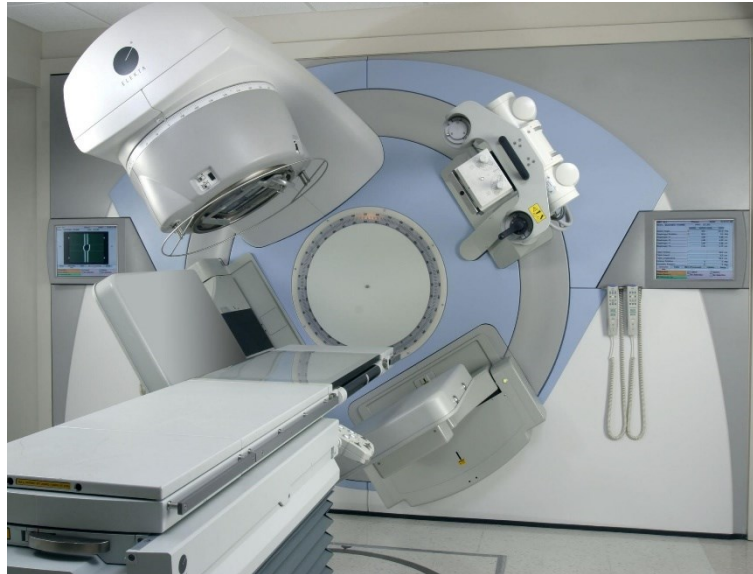


Kræft i leveren kan behandles med stråling fra ^{90}Y . ^{90}Y indkapsles i meget små glaskugler, som via blodforsyningen ophobes i områder med kræft i leveren, og som ikke fjernes igen.

Ved en behandling med ^{90}Y er den fysiske dosis til leveren 150 Gy. Ved henfald af ^{90}Y afsættes i gennemsnit energien $1,502 \cdot 10^{-13}$ J pr. henfald i vævet. Leveren har massen 1,5 kg.

- a) Bestem den ækvivalente dosis ved denne behandling.
- b) Hvilken startaktiviteten af ^{90}Y i leveren skal man vælge for, at den fysiske dosis ved denne behandling er 150 Gy.

Opgave 8 Svækkelse af røntgenstråling



Røntgenstråling bruges til strålebehandling af indre organer i kroppen. Med tykke betonmure beskyttes personalet og omgivelserne mod røntgenstrålingen.

Strålingen fra et røntgenapparat har energien 10 MeV.

- a) Hvor tyk skal en betonmur være for at absorbere 99,5 % af røntgenstrålingen med energien 10 MeV?

En patient placeres 1,00 m fra røntgenapparatet. Røntgenstrålingen skal ramme indre organer i dybden 0,15 m.

- b) Hvor mange procent mindskes røntgenstrålingens intensitet, når afstanden til patienten øges fra 1,00 m til 1,15 m?

Opgave 9 Produktion af ^{75}Se



Stoffet SeHCAT med radioaktivt ^{75}Se anvendes til at undersøge omsætningen af galdesyre i kroppen. ^{75}Se fremstilles i en cyklotron ved beskydning af ^{75}As med protoner.

^{75}Se er radioaktivt.

- a) Opskriv kernereaktionen for henfaldet af ^{75}Se .

Kerner af ^{75}Se produceres ved at beskyde et target med 4,6 g ^{75}As i 1,0 time med protoner. Protonerne udgør strømstyrken 5,0 μA . Target har arealet $5,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Kernereaktionen, hvor beskydningen med protoner danner ^{75}Se , har reaktionstværsnittet $8,4 \cdot 10^{-29} \text{ m}^2$.

- b) Vurdér, hvor mange kerner af ^{75}Se , der dannes ved denne produktion.

Opgave 10 Behandling med guld



Kræft i tungen kan behandles med isotopen ^{198}Au .

Ved en behandling af kræft i tungen indsættes nogle små korn af isotopen ^{198}Au i tungen på en patient.

- a) Opskriv reaktionsskemaet for det radioaktive henfald af ^{198}Au .

Ved behandlingens start indføres 20 korn med ^{198}Au med den samlede aktivitet 3,70 GBq i patientens tunge. Der sker ingen biologisk udskillelse af kornene efter, at de er indsat i patientens tunge.

- b) Bestem antallet af tilbageværende kerner af isotopen ^{198}Au i patientens tunge 7,0 døgn efter behandlingens start.

Efter behandlingens start skal patienten opholde sig i et afskærmet rum i en uge for at undgå radioaktiv bestråling til omgivelserne. En pårørende besøger patienten og befinder sig i den gennemsnitlige afstand 1,5 m fra patientens tunge i en uge. Gammafaktoren for

$$^{198}\text{Au} \text{ er } 0,0788 \frac{\text{mSv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{GBq}}.$$

- c) Vurdér størrelsen af den ækvivalente dosis, som den pårørende modtager.

Billedhenvisninger

Opgave 1

<http://www.b-phot.org/www/Industrial-photonics/Photonics-Innovation-Center/Cyclotron%20>

Opgave 2

<https://www.cbc.ca/news/canada/sudbury/pet-scan-sudbury-vs-windsor-1.4560705>

Opgave 3

<https://www.cancer.dk/hjaelp-viden/undersogelser-for-kraeft/scanninger-billedundersogelser/pet-ct-scanning/>

Opgave 4

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4109096/figure/F5/>

Opgave 7

<http://www.meloni.dk/natur-teknik/images/naturteknik/leveren.jpg>

Opgave 8

<https://healthblog.pliro.com/lung-cancer-pakistan-treatments/>

Opgave 9

<https://www.rednewswire.com/medical-cyclotron-market-2025-outlook-by-leading-players-general-electric-company-best-cyclotron-systems-inc-sterling-and-wilson-pvt-ltd-varian-medical-systems-inc-iba-advanced-cyclotron-sy/>

Opgave 10

<http://uwlbrachycourse.wikifoundry.com/page/Gold-198>