



Månadens problem – Så går det till

Månadens problem riktar sig till elever på gymnasiet som läser fysik, och är en möjlighet att arbeta med problemlösning i grupp. Dessutom kan man vinna biobiljetter! Månadens problem arrangeras av lektorsgruppen inom undervisningssektionen i Svenska Fysikersamfundet.

- Månadens problem läggs ut på Svenska fysikersamfundets hemsida den **första måndagen varje månad** (www.fysikersamfundet.se/manadens-problem/).
- Man får arbeta i lag med att lösa månadens problem. I ett lag får man maximalt vara fyra personer.
- Lösningar (fullständiga och välmotiverade) fotas av eller skannas in och skickas per e-post till

manadensproblem@fysikersamfundet.se

senast **fredagen påföljande vecka**.

Det bästa är om en lärare på skolan skickar in samtliga bidrag från en skola, men ett lag kan också skicka in sin lösning direkt.

- Alla inkomna bidrag rättas i slumpmässig ordning. Först rättade lösningen med full poäng vinner biobiljetter till alla i laget, dock maximalt 4 stycken biljetter per lag.

Månadens vinnare presenteras tillsammans med ett lösningsförslag på Månadens problem-hemsidan i början av följande månad. Om någon inte vill ha sitt namn publicerat, så skriv detta i lösningarna.

Biobiljetter skickas enbart till en lärare på skoladress, så det är viktigt att en lärares adress anges på lösningarna.

- Lösningar skickas ej tillbaka (rättningsresurserna är begränsade).

Lycka till!



Månadens problem – NOVEMBER 2021



PET-kamera. Bild tagen från www.nhs.uk/conditions/pet-scan/.

Positroner och elektroner är antipartiklar. Det kan användas för en vers om en dramatisk kärleksrelation och för att diagnostisera sjukdomar. Vi börjar med versen (kan med fördel framföras till melodin “Båtlåt” av Robert Broberg¹):

*En positron sa till en elektron:
Vad du är stilig,
vi borde möta varann,
gjorda för varann,
stöta på varann,
som elementarpartiklar kan
badabam-bam-bam-bam – badabam-bam-bam-bam*

*Och elektronen sa:
Klart att jag vill va
helt kärnlös,
med om att va lite fri,
frigöra energi,
tänk om det blir vi,
i en elementarpartikelmelodi
badabam-bam-bam-bam – badabam-bam-bam-bam*

¹ Finns på Youtube: www.youtube.com/watch?v=DjAj3RxOkcM

*Men en elektron
och en positron,
lever farligt.
Speciellt om dom möter varann,
stöter på varann,
så när dom varann fann,
båda partiklarna försvann – bada-bam-bam-bam*

Tragiskt, men kanske användbart. Positronemissionstomografi (PET) är en metod som används för att diagnostisera och identifiera tumörer i kroppen. Vid en PET-undersökning används en instabil isotop, till exempel C-11, som sönderfaller med β^+ -sönderfall. Isotopen C-11 har en halveringstid på 20 min. Med hjälp av kemiska metoder skapas en molekyl med isotopen C-11 (t.ex. glukos) som har egenskapen att den anrikas i tumörceller. Genom att lokalisera sönderfallet, kan man även lokalisera tumören.

a) Skriv reaktionsformeln för β^+ -sönderfallet av C-11.

b) Beräkna den största rörelseenergi positronen kan ha efter sönderfallet, E_{\max} .

Även om den radioaktiva isotopen injiceras för en diagnostisering, måste man vara försiktig så att det inte blir skador på patienten på grund av strålningen. Betastrålning är en joniserande strålning som kan orsaka skador i kroppen på grund av att biologiska molekyler (t.ex. DNA) joniseras och förstörs. En typisk jonisationsenergi är 2 eV. Vid en PET-undersökning injicerades ett preparat med C-11 med aktiviteten 500 MBq.

c) Hur många jonisationer har maximalt skapats under 10 min (en halv halveringstid) om positronerna i genomsnitt får 60 % av den maximala rörelseenergin, $0,6 \cdot E_{\max}$?

d) Hur stor blir den absorberade dosen under 50 min om vi antar att strålningen tas upp av hela kroppen (ett gränsvärde för ett helt år är ca 100 mGy)?

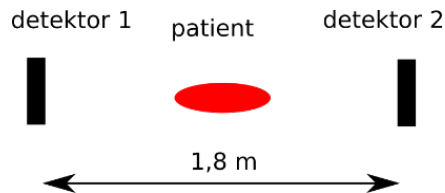
När positronen avgett den mesta av sin rörelseenergi, bland annat genom jonisation av biologiska molekyler, så sker den process som gör att vi kan lokalisera tumören: annihilation. Positronens antipartikel är elektronen (och vice versa), vilket betyder att de har lika egenskaper, men tvärtom. Positronen och elektronen har samma massa, men de har omvänd laddning med mera. Summan av elektronens och positronens egenskaper är noll, så när som på massan som totalt är två elektronmassor, $2m_e$. En elektron och en positron som kommer intill varandra kommer därefter att förintna (annihilera) varandra. För att bevara energi och rörelsemängd kommer två fotoner i rakt motsatt riktning att avges.

Genom att detektera två fotoner "nästan" samtidigt kan vi vara säkra på att de kommer från samma annihilation. Och genom att dessutom mäta tidsskillnaden mellan detekteringarna, så kan vi bestämma läget för sönderfallet, det vill säga läget för tumören.

Vid en undersökning av en patient placerad enligt figuren uppmättes tidsskillnad mellan detekteringarna till 0,42 ns.

e) Beräkna energin för de gammafotoner som skapas vid annihilation av en positron och en elektron då båda partiklarna är i vila innan annihilationen.

f) Beräkna var tumören är placerad.



Bilden visar bara kameran i en dimension, men vid en riktig PET-undersökning undersöks patienten i alla riktningar, och man får en tredimensionell bild av var tumören finns.



Månadens problem arrangeras av lektorsgruppen inom Svenska Fysikersamfundet.
Se www.fysikersamfundet.se/wallenbergs-fysikpris för mer information. Där finns också gamla Wallenbergs fysikpris-tävlingar med många fler problem att arbeta med.
Synpunkter eller frågor? Hör gärna av dig till manadensproblem@fysikersamfundet.se