

# Strålingsintensitet

Skal det fx afgøres hvor skadelig en given radioaktiv stråling er, er det ikke i sig selv relevant at kende aktiviteten af kilden til strålingen. Kilden kan være langt væk eller indkapslet, sådan at kun meget lidt stråling rammer nogen.

En mere umiddelbart relevant størrelse det er værd at kende, er strålingsintensiteten – der hvor nogen opholder sig. Intensiteten siger nemlig noget om hvor meget strålingseffekt der rammer en given flade som vender mod strålingen:

$$I = \frac{P_S}{A_S}$$

Hvor

$I$  = intensiteten

$P_S$  = effekten hvormed strålingen rammer en given flade  $S$

$A_S$  = arealet af fladen

Ex: Beregning af intensitet og effekt

Antag at en persons "tværsnit" mod en radioaktiv kilde rammes af en radioaktiv stråling med effekten 14 pW. Personens tværsnitsareal mod kilden er 1,2 m<sup>2</sup>.

Derud fra kan intensiteten beregnes:

$$I = \frac{P_S}{A_S} = \frac{14 \cdot 10^{-12} \text{ W}}{1,2 \text{ m}^2} = 1,2 \cdot 10^{-11} \text{ W/m}^2$$

Antag at personens ansigt vender direkte mod kilden og har et tværsnitsareal på 55 cm<sup>2</sup>.

Derud fra kan effekten beregnes:

$$I = \frac{P_S}{A_S}$$

↓

$$P_S = I \cdot A_S = 1,2 \cdot 10^{-11} \text{ W/m}^2 \cdot 55 \text{ cm}^2 = 6,4 \cdot 10^{-14} \text{ W}$$

## 1.1 Opgaver angående strålingsintensitet

### 1 Beregn intensiteten

En detektor-overflade på  $0,500 \text{ cm}^2$  vender direkte mod en radioaktiv kilde og modtager en stråling med effekten  $0,024 \text{ pW}$ .

- a) Beregn intensiteten ved detektoren. (facit:  $4,8 \cdot 10^{-10} \text{ W/m}^2$ )

### 2 Beregn strålingseffekten

På et sted,  $X$ , et stykke fra en radioaktiv kilde, er intensiteten  $5,0 \text{ nW/m}^2$ .

En håndflade med arealet  $25 \text{ cm}^2$  placeres på stedet  $X$  og vendes direkte mod den radioaktive kilde.

- a) Beregn den strålingseffekt der rammer håndfladen. (facit:  $1,3 \cdot 10^{-11} \text{ W}$ )

Hånden drejes, så kun dens ene side vendes direkte mod den radioaktive kilde. Sidens areal er  $12 \text{ cm}^2$ .

- b) Beregn den strålingseffekt der rammer håndfladen. (facit:  $6,0 \cdot 10^{-12} \text{ W}$ )

En kugle med radius  $4,5 \text{ cm}$  placeres på stedet  $X$ .

- c) Beregn den strålingseffekt der rammer kuglen. (facit:  $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ W}$ )

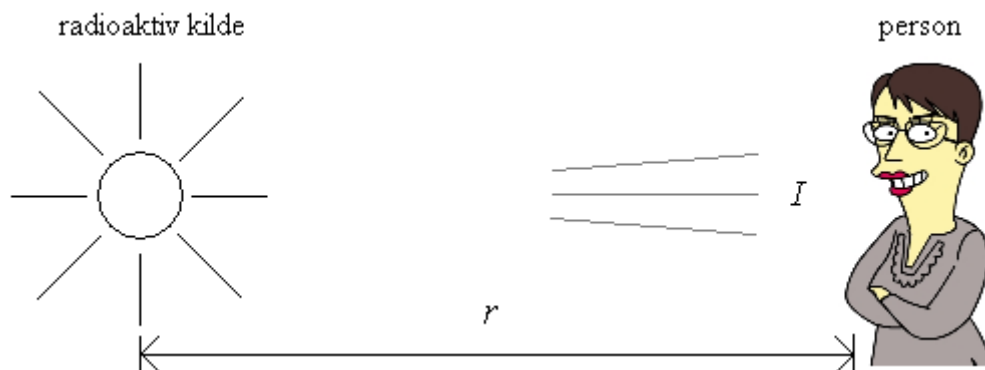
### 3 En kugleformet flade

En radioaktiv kilde med strålingseffekten  $2,5 \text{ }\mu\text{W}$  placeres i centrum af en kugleformet blykappe med den indre diameter  $50 \text{ cm}$ .

- a) Beregn intensiteten på blykappens inderside i enheden  $\text{W/m}^2$ , idet strålingen ikke absorberes på sin vej fra kilden til blykappens inderside. (facit:  $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$ )
- b) Beregn effekten der rammer hver  $\text{mm}^2$  af blykappens inderside. (facit:  $3,2 \cdot 10^{-12} \text{ W}$ )
- c) Beregn intensiteten hvis blykappens diameter i stedet havde været  $25 \text{ cm}$  og beregn forholdet mellem denne beregnede intensitet og intensiteten beregnet for diameteren  $50 \text{ cm}$ . (facit: 4 gange større intensitet ved diameteren  $25 \text{ cm}$  sammenlignet med intensiteten ved diameteren  $50 \text{ cm}$ )

## 1.2 Afstandens betydning for intensiteten af radioaktiv stråling

Hvis afstanden til en radioaktiv kilde øges, falder intensiteten af strålingen fra denne kilde, fordi strålingen spreder sig (og måske også fordi den absorberes undervejs). Afstanden betegnes ofte  $r$ .



Hvis der mellem en punktførmig radioaktiv kilde og et givent sted  $S$ , fx hvor en person står, ikke er noget som absorberer strålingen, kan intensiteten på det givne sted  $S$  beregnes vha. afstandskvadratloven:

$$I = \frac{P_{\text{kilde}}}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Hvor

$I$  = intensiteten på stedet  $X$

$P_{\text{kilde}}$  = effekten hvormed kilden stråler

$r$  = afstanden mellem kilden og stedet  $X$

Navnet "afstandskvadratloven" skyldes at intensiteten ifølge loven afhænger af kvadratet på afstanden. Det betyder at hvis fx afstanden halveres, firdobles intensiteten.

Effekten hvormed kilden stråler kan beregnes ud fra følgende formel:

$$P_{\text{kilde}} = A \cdot E_{\text{pr. henfald}}$$

Hvor

$P_{\text{kilde}}$  = effekten hvormed kilden stråler

$A$  = aktiviteten

$E_{\text{pr. henfald}}$  = energien der udstråles for hvert henfald

Energien pr. henfald ( $E_{\text{pr. henfald}}$ ) er nogle gange tilnærmelsesvis lig med  $Q$ -værdien ved det radioaktive henfald, der kan beregnes ud fra massetabet.

Selve afstandskvadratloven følger af følgende antagelser:

- (1) En kugleformig radioaktiv kilde befinder sig i centrum af en kugleflade og strålingen ikke absorberes på sin vej fra kilde til kugleflade, vil effekten hvormed strålingen rammer denne overflade være lig effekten hvormed kilden stråler ( $P_S = P_{\text{kilde}}$ ).
- (2) Arealet af kuglefladen er lig  $4\pi r^2$ , hvor  $r$  er kuglefladens radius.
- (3) Kilden stråler lige meget i alle retninger, hvorfor intensiteten er lige stor overalt på kuglefladen.

Kombineres disse tre antagelser med definitionen på intensitet, fås:

$$I = \frac{P_S}{A_S} = \frac{P_{\text{kilde}}}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Hermed er afstandskvadratloven udledt.

Ex: Anvendelse af afstandskvadratloven

Antag at en radioaktiv kilde stråler med effekten 1,4 W. En person befinder sig 12 m fra kilden. Strålingen absorberes ikke undervejs til personen.

Derudfra kan intensiteten beregnes:

$$I = \frac{P_{\text{kilde}}}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{1,4 \text{ W}}{4 \cdot \pi \cdot (12 \text{ m})^2} = 0,77 \text{ mW/m}^2$$

### 1.2.1 Opgaver med afstandskvadratloven

#### 1 Repeterende opgaver

- Opskriv afstandskvadratloven med symboler og angiv hvilken størrelse hvert symbol står for samt SI-enheden for hver størrelse.
- Angiv hvilken størrelse hvert symbol i formlen  $P_{\text{kilde}} = A \cdot E_{\text{pr. henfald}}$  står for samt SI-enheden for hver størrelse.

#### 2 Beregn intensiteten

En punktformig radioaktiv kilde stråler lige meget i alle retninger. Strålingen absorberes ikke. Kilden stråler med effekten 1,2 mW.

- Beregn intensiteten 10 m fra kilden. (facit:  $0,95 \mu\text{W/m}^2$ )
- Beregn intensiteten 50 cm fra kilden. (facit:  $0,38 \text{ mW/m}^2$ )
- Beregn intensiteten 1 m fra kilden. (facit:  $95 \mu\text{W/m}^2$ )

#### 3 En punktformig radioaktiv kilde med...

Aktiviteten 12 kBq og en energi pr. henfald på 0,662 MeV.

- Omregn energien pr. henfald til enheden joule. (facit:  $1,06 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ )
- Beregn den effekt kilden stråler med. Angiv resultatet i enheden Watt. (facit:  $1,3 \cdot 10^{-9} \text{ W}$ )
- Beregn intensiteten 25 cm fra kilden. Angiv resultatet i SI-enheden for intensitet. (facit:  $1,6 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$ )
- Hvor stor skulle kildens aktivitet have været hvis intensiteten 25 cm fra kilde skulle have været  $1,0 \text{ pW/m}^2$ ? (facit: 7,4 Bq)

### 1.3 Måling af radioaktivitet ved hjælp af et Geiger-Müller rør

Man kan registrere radioaktiv stråling ved hjælp af et såkaldt Geiger-Müller rør. Dette rør er opkaldt efter dets opfinder, den tyske fysiker Hans Geiger (1882-1945), og en anden tysk fysiker, Walther Müller (1905-1979).

I rørets ene ende er en membran, der kan gennemtrænges af radioaktiv stråling, men ikke af gasatomer og molekyler. På den måde kan radioaktiv stråling komme ind i røret gennem membranen, mens gassen i røret ikke kan komme ud.

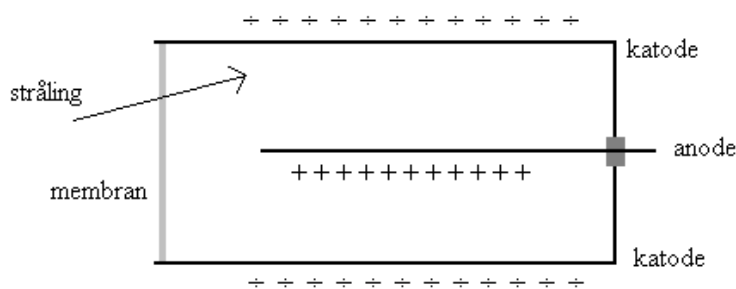
Når den radioaktive stråling kommer ind i røret, vil strålingen løsrive elektroner fra gasmolekylerne i røret eller fra selve rørets inderside, der består af metal. De løsrevne elektroner vil accelerere op i fart mod en tynd tråd i rørets midte, fordi tråden er positiv (anode), og fordi selve røret er negativt ladet (katode).

Hvis spændingsforskellen mellem anode og katode er tilstrækkelig stor, får elektroner undervejs mod anoden så stor fart, at de selv kan løsrive elektroner fra gasmolekyler, de støder ind i på vejen. Det betyder, at hvis bare en strålingspartikel kan løsrive én elektron, vil mange elektroner kunne blive løsrevet og bevæge sig mod anoden. En enkelt elektronløsrivelse starter således en "lavine" af elektroner mod anoden. Anoden bliver derved lidt mindre positiv end ellers, og det kan registreres som et lille fald i spændingsforskellen mellem anode og katode.

Geiger-Müller røret er tilsluttet en tæller, som tæller antallet af gange, der har været et af disse fald i spændingsforskellen. Ikke alle strålingspartikler, der rammer Geiger-Müller røret, sætter gang i en lavine og dermed et fald i spændingsforskellen. Derfor registrerer geigertælleren typisk kun en lille brøkdel af de strålingspartikler, der kommer fra kilden. Hvor stor en andel af strålingen som registreres afhænger blandt andet af afstanden mellem Geiger-Müller røret og den radioaktive kilde.



**Geiger-Müller rør med ledning og stikforbindelse til tæller**



**Principskitse af Geiger-Müller rør**

### 1.3.1 Hvor vidt kan man med et Geiger-Müller rør måle strålingsintensitet?

Med et Geiger-Müller rør måles hvad der ofte kaldes "tællertallet". Dette tal udtrykker hvor mange radioaktive partikler der blev registreret inden for en vis tidsperiode. Der er særligt to grunde til at tællertallet ikke direkte er udtryk for strålingens intensitet ( $I$ ):

(1) Det er ikke alle partikler som kommer ind i Geiger-Müller røret, der registreres. Det gælder især gamma-stråling (energirige fotoner). Gamma-stråling ioniserer sjældent selve gassen direkte. De fotoner som Gamma-strålingen består af, registreres kun hvis de rammer rørets inderside og løsriver en elektron derfra. Men også alfa- og beta-stråling kan ramme Geiger-Müller røret uden at blive registreret.

(2) Med Geiger-Müller røret måles ikke energien af de registrerede strålingspartikler.

Men tællertallet er alligevel indirekte et udtryk for strålingens intensitet. Det gælder således at tællertallet er proportionalt med intensiteten hvis begge disse betingelser er opfyldt:

- (1) Sandsynligheden for at strålingspartiklerne registreres, er konstant (dvs. at rørets "følsomhed" er konstant).
- (2) Strålingspartiklernes gennemsnitlige energi er konstant.

Under disse betingelser gælder at  $I = k \cdot \text{tællertal}$ , hvor  $k$  er proportionalitetsfaktoren, som afhænger dels af det anvendte Geiger-Müller rør og dels af strålingspartiklernes energi.

Ex: Bestemmelse af proportionalitetsfaktorens størrelse

I en given afstand fra en radioaktiv kilde vides intensiteten at være  $0,77 \text{ mW/m}^2$ , mens der med et Geiger-Müller rør blev målt et tællertal på 87 pr. minut.

Derud fra kan proportionalitetskonstanten beregnes:

$$I = k \cdot \text{tællertal}$$

↓

$$k = \frac{I}{\text{tællertal}} = \frac{0,77 \text{ mW/m}^2}{87 \text{ minut}^{-1}} = 8,85 \text{ } \mu\text{W} \cdot \text{minut} / \text{m}^2$$

### 1.3.2 Opgaver med GM-rør/-tæller

1 Beregn intensiteten, idet  $I = k \cdot \text{tælletal}$ ,  $k = 8,85 \mu\text{W} \cdot \text{minut} / \text{m}^2$  og...

- Der med et Geiger-Müller rør blev målt et tælletal på 134 pr. minut. (facit:  $1,19 \text{ mW}/\text{m}^2$ )
- Der med et Geiger-Müller rør blev målt et tælletal på 134 pr. 10 sekunder. (facit:  $7,12 \text{ mW}/\text{m}^2$ )

2 Beregn tællertallet pr. minut, idet  $I = k \cdot \text{tælletal}$ ,  $k = 36,7 \text{ nW} \cdot \text{minut} / \text{m}^2$  og ...

- Intensiteten er  $87,1 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . (facit:  $2,37 \cdot 10^3$  per minut)
- 50,0 cm fra en punktførmig radioaktiv kilde, der stråler lige meget i alle retninger. Strålingen absorberes ikke. Kilden stråler med effekten  $1,20 \text{ mW}$ . (facit:  $1,04 \cdot 10^4$  per minut)
- 100 cm fra ovennævnte kilde, idet strålingen stadig ikke absorberes. (facit:  $2,60 \cdot 10^3$  per minut)

3 Tælletal og afstandskvadratloven

12 cm fra en punktførmig radioaktiv kilde er tællertallet 289 pr. 10 s. Det kan antages at  $I = k \cdot \text{tælletal}$  og at strålingen ikke absorberes.

- Beregn tællertallet 50 cm fra kilden. (facit: 17 pr 10 s)
- Beregn den afstand hvor tællertallet er 1000 pr. 10 s. (facit: 6,5 cm)

4 Brug max 5 minutter på at overveje og besvare følgende spørgsmål

På s. 6 blev betingelserne for at tællertallet er proportionalt med intensiteten nævnt. Nu gælder det tællertallets sammenhæng med aktiviteten:

- Under hvilke betingelser er tællertallet proportionalt med kildens aktivitet?

5 Lidt mere om Geiger-Müller røret

- Hvorfor skal der være en vis spændingsforskel mellem anode og katode i et Geiger-Müller rør, for at det kan registrere radioaktiv stråling?

## 1.4 Absorption af radioaktiv stråling

Radioaktiv stråling kan i større eller mindre grad stoppes, bremses eller absorberes af forskellige materialer. Det afhænger blandt andet af hvilken type stråling der er tale om.

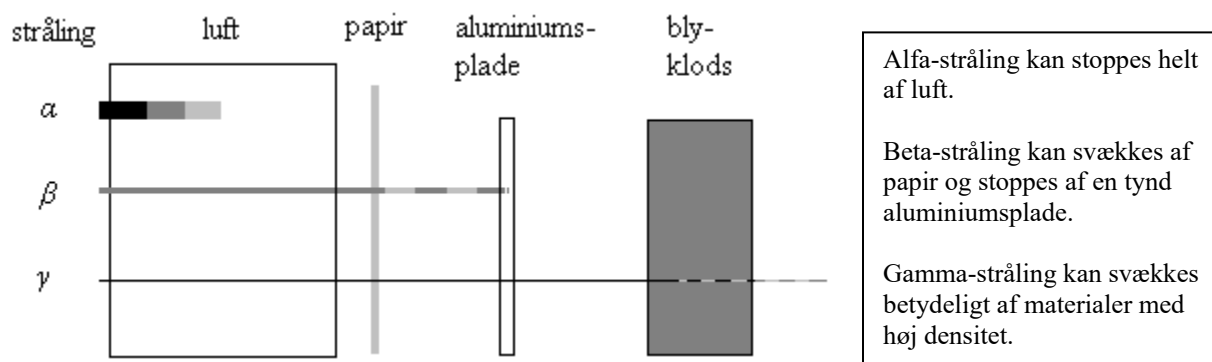
Alfa-stråling, som jo består af He-4 nuklider, kan i høj grad bremses og på den måde absorberes, selv i luft. En alfa-partikel vil efter blot omkring 3-5 cm have ramt og ioniseret så mange luftmolekyler at den er bremses helt ned, sådan at den derefter blot bevæger sig som de øvrige luft-atomer og molekyler.

Det betyder også at man typisk ikke bliver ramt af alfa-stråling med mindre man indtager radioaktivt materiale. Alfa-partikler når dog heller ikke langt i væsker og faste stoffer – typisk langt under 1 mm.

Beta-stråling (elektroner og positroner) når meget længere i luft inden de absorberes, typisk flere meter. Det skyldes at elektroner og positroner er lettere end alfa-partikler og derfor i højere grad afbøjes snarere end at blive bremses ned. Beta-stråling kan støde ind i og ionisere luft-atomer – og molekyler, men går også i høj grad igennem. Beta-stråling kan endvidere i begrænset omfang passere gennem faste stoffer, dog ikke fx metaller.

Fælles for alfa- og beta-stråling er at de enkelte strålingspartikler typisk bliver bremses ned af mange omgange.

I modsætning hertil står gamma-stråling. Gamma-fotoner bliver ikke bremses ned af mange omgange og kan ikke aflevere deres energi i flere små portioner. En gamma-foton afgiver typisk al sin energi af en omgang eller i meget få og store portioner. Gamma-fotoner kan nemt gå gennem luft og de fleste faste stoffer, men bliver dog i vidt omfang absorberet af massive materialer med stor densitet, fx bly.





### 1.4.1 Absorption af gamma-stråling på formel

Absorptionen af gammastråling afhænger både af energien af de fotoner strålingen består af, af det absorberende materiales densitet mm. samt af tykkelsen af det absorberende materiale. Intensiteten efter absorption kan beregnes ud fra formlen:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

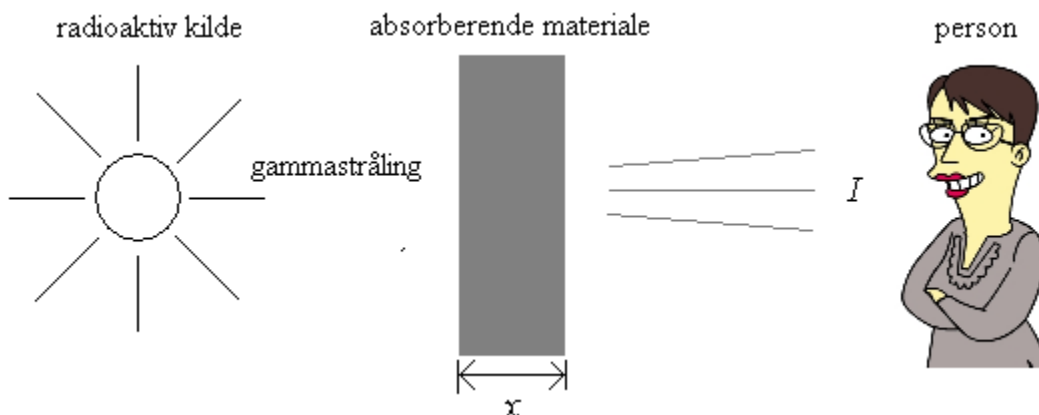
Hvor

$I$  = intensiteten efter at strålingen har passeret det absorberende materiale

$I_0$  = intensiteten samme sted men uden noget absorberende materiale

$\mu$  = absorptionskoefficienten

$x$  = tykkelsen af det absorberende materiale



Absorptionskoefficienten ( $\mu$ ) har SI-enheden meter<sup>-1</sup>. Dens størrelse afhænger både af det absorberende materiale og af energien de udsendte gamma-fotoner. Derfor bliver absorptionskoefficienter typisk angivet i form af grafer for forskellige udvalgte grundstoffer.

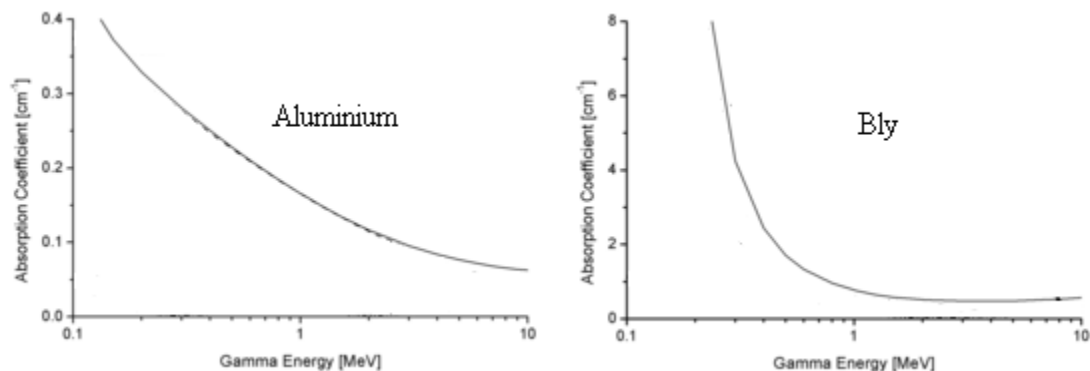
Ex: Beregning af intensitet efter opsætning af absorberende materiale

En person udsættes for gammastråling med intensiteten 87,1  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  før der mellem denne person og den radioaktive kilde opsættes en absorberende plade af tykkelsen 4,1 mm. Pladen har en absorptionskoefficient for den aktuelle gammastråling på 3,5  $\text{cm}^{-1}$ .

Beregning af intensiteten efter at den absorberende plade er opsat kan gøres sådan:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} = 87,1 \mu\text{W}/\text{m}^2 \cdot e^{-3,5 \text{ cm}^{-1} \cdot 0,41 \text{ cm}} = 20,7 \mu\text{W}/\text{m}^2$$

### 1.4.2 Absorptionskoefficient for $\gamma$ -stråling i aluminium og bly



Ofte er et materiales evne til at absorbere gamma-stråling dog angivet ved halveringstykkelsen.

### 1.4.3 Halveringstykkelse

For gammastråling kan man tale om halveringstykkelse defineret som tykkelsen et absorberende materiale skal have for at strålingsintensiteten er halveret. Idet symbolet for halveringstykkelse er  $x_{1/2}$ , kan definitionen også skrives sådan:

$$x = x_{1/2} \iff I(x) = \frac{1}{2} I_0, \text{ dvs.: } I(x_{1/2}) = \frac{1}{2} I_0$$

hvor:

$x$  = tykkelsen

$x_{1/2}$  = halveringstykkelsen

$I(x)$  = intensiteten efter at strålingen har passeret det absorberende materiale

$I_0$  = intensiteten samme sted men uden noget absorberende materiale

Halveringstykkelse og absorptionskoefficienten er relateret sådan:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

hvor:

$x_{1/2}$  = halveringstykkelsen

$\mu$  = absorptionskoefficienten

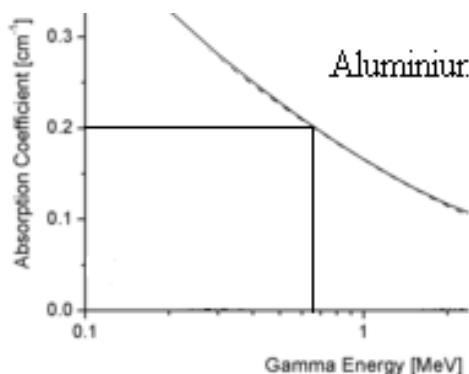
### Ex: Beregning af halveringstykkelser

En gamma-stråling består af fotoner med energi 0,662 MeV.

Beregning af tykkelsen af den aluminiumsklod der skal til for at halvere strålingen, kan foretages ud fra aflæsning af absorptionskoefficienten på grafen til højre.

Af udsnittet aflæses at absorptionskoefficienten er ca.  $0,20 \text{ cm}^{-1}$ . Derefter kan halveringstykkelser beregnes:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{\ln 2}{0,20 \text{ cm}^{-1}} = 3,47 \text{ cm}$$



## 1.4.4 Opgaver inden for absorption af gammastråling

### 1 Repeterende opgave

- Hvad står symbolerne for i formlen  $I(x) = I_0 \cdot e^{-\mu x}$ ?
- Hvad er SI-enheden for de størrelser der indgår i formlen nævnt under a)?
- Opskriv vha. symboler relationen mellem absorptionskoefficienten og halveringstykkelser.

### 2 Absorption i beton

På et sted,  $S$ , et stykke fra en gamma-kilde, er intensiteten  $5,0 \text{ nW/m}^2$ , idet der ikke er noget absorberende materiale mellem  $S$  og kilden. Der er tale om en gamma-kilde der absorberes af beton med absorptionskoefficienten  $0,020 \text{ mm}^{-1}$ .

Der placeres nu mellem  $S$  og kilden en betonklods med tykkelsen 10 mm i stråleretningen.

- Beregn intensiteten på  $S$ . (facit:  $4,1 \text{ nW/m}^2$ )
- Beregn hvor mange procent intensiteten er nu sammenlignet med intensiteten før betonklods blev placeret mellem  $S$  og kilden. (facit: 82%)
- Beregn betonens halveringstykkelser. (facit: 35 mm)

### 3 En absorberende blyplade skal beskytte mod en gamma-kilde

Den radioaktive kilde udsender gamma-fotoner med energien 1,173 MeV.

- Bestem absorptionskoefficienten (fx ved aflæsning af graf på s. 10). (facit: ca.  $0,7 \text{ cm}^{-1}$ )
- Beregn blypladens halveringstykkelser. (facit: 1,0 cm)

Gammakilden er placeret i den ene ende af et rum. I den anden ende af rummet er intensiteten  $157 \text{ }\mu\text{W/m}^2$ , før en blyplade sættes op på tværs.

- Beregn intensiteten hvis blypladen havde tykkelsen 1,0 cm. (facit:  $78 \text{ }\mu\text{W/m}^2$ )
- Beregn tykkelsen af blypladen hvis intensiteten skal reduceres med 99,0% i forhold til hvad den er når der ikke er noget absorberende materiale. (facit: 6,6 cm)

Rummet er 12,5 m langt.

- Beregn gammakildens aktivitet. (Tip: Beregn kildens strålingseffekt ved hjælp af afstandskvadratloven.) (facit:  $1,64 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ )

#### 4 Udled relationen mellem halveringstykkelser og absorptionskoefficienten

Man kan med fordel lade sig inspirere af udledningen af en anden relation (mellem halveringstid og henfaldskonstanten), se fx "Grib fysikken" (1. udgave: s. 194).

#### 5 Den absorberede strålingsenergi

Ved absorption i fx bly kan man jo tale om en intensitet hvis der ikke absorberes ( $I_0$ ) og intensiteten efter absorption ( $I(x)$  eller blot  $I$ ).

Man kan nu tale om reduktionen i intensitet pga. absorption som  $I_0 - I(x) = I_{\text{absorberet}}$ ,

Der gælder om den energimængde som afsættes i det absorberende materiale ( $E_{\text{absorberet}}$ ):

$$E_{\text{absorberet}} = I_{\text{absorberet}} \cdot A \cdot \Delta t, \text{ hvor } \Delta t = \text{tidsrummet absorptionen foregår indenfor} \\ \text{og } A = \text{(tværsnits)arealet af det bestrålede område}$$

I opgave 2 var angivet en intensitet ved ingen absorption ( $I_0$ ) og en intensitet efter absorption i betonvæg skulle beregnes.

- a) Beregn reduktionen i intensitet efter absorption ( $I_{\text{absorberet}}$ ) i betonvæggen. (facit: 0,9 nW/m<sup>2</sup>)

Det bestrålede område af væggen er et rektangel med målene 25 cm · 40 cm.

- b) Beregn energien der afsættes i betonvæggen i løbet af et minut. (facit: 5,4 nJ)  
c) Beregn energien der afsættes i betonvæggen i løbet af et år. (facit: 2,9 mJ)

#### 6 Et mål for farligheden af radioaktiv stråling

Kendskab til strålingsintensiteten siger lidt om hvor farligt det er for en levende organisme at blive udsat for en given stråling. Dog er det generelt kun den del af strålingen der absorberes af organismen, som medfører skader. Derfor siger den absorberede strålingsenergi ( $E_{\text{absorberet}}$ , se opg. 5 ovenfor) i en organisme noget om omfanget af skaderne på denne organisme.

Antag at en person i 8,5 timer rammes af radioaktiv stråling med intensiteten 5,0 nW/m<sup>2</sup> og absorberer 10% af strålingsenergien. Personens tværsnitsareal er 0,37 m<sup>2</sup>.

- a) Beregn energien der absorberes i personen. (facit: 5,7 mJ)

Ofte siger den absorberede strålingsenergi i forhold til organismens masse dog mere om skaderne. Denne størrelse kaldes absorberet dosis og er defineret sådan:

$$D = E_{\text{absorberet}} / m_{\text{organisme}}$$

SI-enheden for absorberet dosis er Gray, som forkortes Gy. Der gælder at 1 Gy = 1 J/kg. Personen nævnt ovenfor har massen 75 kg.

- b) Beregn den absorberede dosis i personen i løbet af de 8,5 timer. Angiv resultatet i SI-enheden for absorberet dosis (evt. med et passende præfix). (facit: 75 nGy)