

REPETISJON - (1)



Radioaktiv kjerne ustabil forhold mellom antall nøytroner og protoner

Isotop protoner = konstant; nøytroner = varierer

Desintegrasjon utsending av α , β , og γ -stråling

Becquerel 1Bq = 1 desintegrasjon pr. sek.

α -stråling heliumkjerne

Konstant energi for gitt isotop

Kort rekkevidde: (noen cm i luft, 10^{-4} cm i vann/vev)

Høy LET (Linear Energy Transfer)

β -stråling Elektron (β^-) eller Positron (β^+)
(sammen med antinøytrino eller nøytrino)

Energien til β varierer for en gitt isotop

$$\beta_{\text{middel}} = 1/3 \beta_{\text{max}}$$

Kort rekkevidde (4 MeV-10 m i luft; 1MeV- 0,5 cm i vann/vev)

γ -stråling

Høyenergetiske fotoner (MeV)

elektromagnetiske bølger ($\lambda \sim 10^{-10} - 10^{-12}$ m)

sammen med β og γ -utsendelse - Aldri aleine

Rekkevidde: går gjennom det meste (0,5 MeV stoppes av ca 4 cm bly)

Aktivitet

$$[A] = \text{Bq} = \text{s}^{-1}$$

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$$

N = antall radioaktive kjerner ved tiden t

$-\frac{dN}{dt}$ = reduksjon i antall kjerner pr. tidsenhet

λ = desintegrasjonskonstanten

$t_{1/2}$ = halveringstid

Absorpsjon av røntgen- og (-stråling)

$$-\frac{dI}{dx} = \mu I$$

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

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

I = intensitet ved dybde x

$-\frac{dI}{dx}$ = reduksjon i strålingsintensitet pr lengdeenhet

μ = absorpsjonskoeffisienten

$x_{1/2}$ = halveringstykkelse

Røntgenstråling Høyenergetiske fotoner, elektromagnetiske bølger

Vekselvirkninger mellom γ / røntgenstråling og medium

avhenger av mediets sammensetning og strålingens energi

Fotoelektrisk effekt

$$(\propto Z^4)$$

dominerer for E < 0,1 MeV

Compton effekt

$$(\propto Z)$$

dominerer for E 0,1 – 10 MeV

Pardannelse

$$(\propto Z^2)$$

dominerer for E > 10 MeV

Radioaktive familier

Halveringstider	Fysisk	t_f
	Biologisk	t_b
Effektiv halveringstid:		$1/t_{\text{eff}} = 1/t_f + 1/t_b$ $t_{\text{eff}} = (t_f \times t_b) / (t_f + t_b)$
	Økologisk	

DOSE-BEGREP - Ioniserende stråling

Absorbert dose	D	energi absorbert pr. masse	1 Gy = 1 J/kg
Ekvivalent dose	$H = \sum D \cdot w_R$	korrigerer for stråletype $w_R = 1$ for fotoner og β $w_R = 20$ for α	1 Sv = 1 J/kg
Effektiv dose	$E = \sum D \cdot w_R \cdot w_T$	korrigerer for stråletype og organ $w_T = 1$ for helkroppsbestråling	1 Sv = 1 J/kg
Kollektiv dose		Summen av alle individ-doser	manGy, manSv

FISJON/FUSJON

FISJON: Spalting av en tung kjerne til to lettere kjerner

FUSJON: Sammensmelting av to lette kjerner til en litt tyngre kjerne.

FISJON - en kjerne spaltes i to større deler.

Fisjonsprodukt en tung del (≈ 140 amu)
en lett del (≈ 90 amu)
radioaktive
vanligvis β -emittere med kort halveringstid

Transuraner atomnummer > 92
vanligvis α -emittere

Aktiveringsprodukt dannes når stabile stoff fanger inn nøytroner.

I tillegg vil det ved fisjon avgis nøytroner, α -, β -, og γ -stråling, samt store energimengder.

Einstein relaterer masse og energi ved uttrykket: $E = m \cdot c^2$

Ved enhver form for reaksjon hvor *produktene* som dannes *veier mindre enn reaktantene* vil masseforandringen avgis i form av energi gitt ved Einsteins likning.

Gitt en reaksjon $R_{\text{reaktant}} \rightarrow P_{\text{produkt}}$
Energi frigis dersom $m_{\text{reaktant}} = m_{\text{produkt}} + \Delta m$ (og Δm er positiv)

En kjerne veier alltid mindre enn summen av proton- og nøytronmassene i kjernen.
Kjernebindingsenergien må tilføres for å bryte ned en kjerne til n og p.
Kjernebindingsenergien avgis ved dannelse av kjernen fra n og p.

Masseforandringen: $\Delta m = m_{\text{produkt}} - m_{\text{reaktant}}$
Kjernebindingsenergi: $E_{\text{binding}} = \Delta E = \Delta m \cdot c^2$

Det frigis energi når en går fra kjerner med liten bindingsenergi til kjerner med stor bindingsenergi.

Masseforandringen Δm er *mye større* ved kjernereaksjoner enn ved kjemiske reaksjoner.

Energiproduksjon pr gram reaktant:

Fusjon:	$\Delta E \approx 6 \cdot 10^8$ kJ/g
Fisjon:	$\Delta E \approx 8 \cdot 10^7$ kJ/g
Radioaktiv desintegrasjon:	$\Delta E \approx 2 \cdot 10^6$ kJ/g
Forbrenning (kull):	$\Delta E \approx 30$ kJ/g
Eksplosjon (TNT):	$\Delta E \approx 2,8$ kJ/g

Måling av stråling - strålingen gir målbare forandringer i et stoff.

Telleutstyr måler aktivitet (Bq) og Stråletype
Dosimetriutstyr måler absorbert energi

- **Film**
- **TLD** Termo Luminescence Dosimeter
- **Geiger-Müller teller (GM-teller)**
- **Scintillasjonstellere NaI**
- **Halvledertellere**
- **Kjemisk dosimetri**
- **EPR-dosimetri**
- **Kjemisk separasjon**

STRÅLEVERNETS OPPGAVER

- ”All bruk av stråling skal være nyttig”
- **ALARA** - “As Low As Reasonably Achievable”

Strålevernet trenger relativt enkle modeller for å kunne gjennomføre strålevern/tilsyn i praksis. (jmf. w_R og w_T)

Førevar prinsippet - Antar at all stråling er farlig; dvs antar LNT (Linear No Threshold) og Kollektiv dose.

DOSEGRENSENE er beregnet ut fra

- 1) antagelsen om at all stråling kan være skadelig,
- 2) beregnede risikofaktorer for stråleskade, og
- 3) såkalt akseptabelt risikonivå.

Maximalt tillatte doser i tillegg til bakgrunnstrålingen, ICRP:

Yrkeseksponerte:	100 mSv på 5 år	(i snitt 20 mSv pr år, max 50 mSv på ett år)
Gravide yrkeseksponerte:	mindre enn 2 mSv til fosteret	
Befolkningen generelt:	1 mSv pr år	