

Samenvatting H5 straling

Natuurkunde

Deze samenvatting bevat:

- Een begrippenlijst van dikgedrukte woorden uit de tekst
- Belangrijke getallen en/of eenheden
- (Alle) Formules van het hoofdstuk
- (Handige) tabellen
- De feiten/punten/informatie uit de gele stukjes
- De samenvattingsvragen van 5.7 met antwoord erop

Begrippen:

Ioniserende straling
Röntgenstraling
fotonen
elektromagnetische straling
elektromagnetisch spectrum
doordringend vermogen
ioniserend vermogen
absorptie
transmissie
intensiteit
halveringsdikte
doorlaatkromme
radioactiviteit
kernstraling
 α -straling
 β -straling
 γ -straling
radioactief verval
activiteit
halveringstijd
vervalkromme
instabiel
atoomnummer
massagetal
isotopen
vervalvergelijking
behoudswetten
positron
antideeltje
annihilatie
paarvorming
creatie
kernreactie
protonenstraling
neutronenstraling
reactievergelijking
atoommassa
atomaire massa-eenheid
stralingsenergie
dosis
equivalente dosis
kosmische straling
besmetting
dracht
biologische halveringstijd
stralingsnormen
dosislimieten
effectieve totale lichaamsdosis
medische beeldvorming

radiodiagnostiek

radiotherapie
nucleaire geneeskunde
scintigram
tracer
uitwendige bestraling
inwendige bestraling
neutronenactivering

Belangrijke getallen en/of eenheden:

constante van Planck = $h = 6,626(06957) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
gray = 1 Gy = 1 J/kg
sievert = Sv
stralingsweegfactor
lichtsnelheid = $c = 3,0 \cdot 10^2 \text{ m/s}$
intensiteit = $\text{J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2) = \text{W}/\text{m}^2$
energie van röntgenfotonen = tussen 10^{-16} J en $10^{-13} \text{ J} = 10^3 \text{ eV}$ en 10^6 eV
 $\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 $\text{keV} = 1 \cdot 10^3 \text{ eV}$
 $\text{MeV} = 1 \cdot 10^6 \text{ eV}$
Activiteit = bequerel
 $1 \text{ mSv} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$
 $1 \mu\text{Sv} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Sv}$
 $\ln(2)$ is het *natuurlijk logaritme van 2* = 0,693

Formules

Intensiteit na n aantal halveringsdiktes:

I_0 is de beginintensiteit

aantal n

$$n = \frac{d}{d_{1/2}}$$

d is de dikte, $d_{1/2}$ is de halveringsdikte

Combinatie

$$I = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{(d/d_{1/2})}$$

Fotonenergie

$$E_f = h \cdot f$$

Constante van Planck * de frequentie (Hz) van het foton

Activiteit na n aantal halveringstijden

$$A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

A_0 is de beginactiviteit

Aantal n

$$n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

t is de totale tijd, $t_{1/2}$ is de halveringstijd

Combinatie

$$A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{(t/t_{1/2})}$$

Aantal instabiele atoomkernen na n halveringstijden

$$N = N_0 * \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

N_0 is het aantal instabiele atoomkernen

Aantal n

$$n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

Combinatie

$$N = N_0 * \left(\frac{1}{2}\right)^{(t/t_{1/2})}$$

Hellingsgetal van de raaklijn aan de grafiek die negatief is

$$A = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} = -\left(\frac{dN}{dt}\right)$$

A is de activiteit enraaklijn is het hellingsgetal in s^{-1}

Verband tussen de grootheden: Aantal atoomkernen, activiteit en halveringstijd

$$A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} * N = \frac{0,693}{t_{1/2}} * N$$

$\ln 2$ is het natuurlijk logaritme van 2. Uit de formule blijkt dat de activiteit A van een radioactieve bron recht evenredig is met het aantal instabiele atoomkernen N, en omgekeerd evenredig met de halveringstijd $t_{1/2}$ van de radioactieve stof.

Dosis

$$D = \frac{E_{\text{str}}}{m}$$

E_{str} is de geabsorbeerde stralingsenergie in J, en m de massa van het voorwerp (/de persoon) in kg

Equivalente dosis

$$H = W_r * D$$

W_r is de stralingsweegfactor : bij α -straling is die 20, bij β -straling, γ -straling en röntgenstraling is die 1. D is de dosis in Gy, die je kan bereken met de formule die hierboven staat.

Aantal instabiele atoomkernen met atoommassa en atomaire massa-eenheid

$$m_a = \text{atoommassa} \cdot u$$

om daarna deze berekening te kunnen uitvoeren

$$N = \frac{m}{m_a}$$

Tabellen

Aantal halveringsdiktes n	0	1	2	3	4	5
Intensiteit I in % en/of Activiteit	100	50	25	12,5	6,25	3,125

Soort straling	Ioniserend vermogen	Doordringend vermogen
α -straling	Groot	Klein
β -straling	Matig	Matig
γ -straling	Klein	Groot
röntgenstraling	Klein	Groot

Deeltje	Symbol
Proton (waterstofkern)	${}^1_1\text{p}$ of ${}^1_1\text{H}$
Neutron	${}^1_0\text{n}$
β -deeltje (elektron (of positron))	${}^0_{-1}\beta$ of ${}^0_{-1}\text{e}$
α -deeltje (heliumkern)	${}^4_2\alpha$ of ${}^4_2\text{He}$

BINAS tabel(len):

19B elektromagnetisch spectrum

25A isotopentabel

Tabel in je boek: blz 227, figuur 73 overzicht van de verschillende medische beeldvormingstechnieken

Medische toepassing	H (mSv)
Röntgenfoto gebit	0,01
Röntgenfoto longen	0,1
Scintigram schildklier met I-131	4
Scintigram skelet met Tc-99m	6
CT-scan	10

Soort straling	Dracht in lucht	Dracht in water	Dracht in perspex	Dracht in aluminium
α -straling	1 – 7 cm	20 – 80 μm	-	-
β -straling	0,2 – 1 m	0,1 – 10 mm	< 9 mm	< 4 mm

Gele stukjes met informatie en/of feiten

- Röntgenstraling is een vorm van elektromagnetische straling.
- Elektromagnetische straling bestaat uit energie die zich als een stroom fotonen met de lichtsnelheid voortplant

- De energie van een foton is evenredig met de frequentie van de straling.
- Door de hoge energie van de fotonen kan röntgenstraling diep in een materiaal doordringen en atomen ioniseren.
- Röntgenfotonen kunnen in een materiaal geabsorbeerd worden. Daarbij verdwijnt het foton, en wordt de fotonenergie gebruikt om een atoom van dat materiaal te ioniseren.
- De stralingsintensiteit I (in W/m^2) is de hoeveelheid stralingsenergie die per seconde door een oppervlak van 1 m^2 gaat.
- De absorptie van röntgenstraling door een materiaal is nooit volledig. Het doorgelaten percentage van de intensiteit van de invallende straling, de transmissie, hangt af van de materiaalsoort en van de materiaaldikte.
- De halveringsdikte is de dikte van een absorberend materiaal waarbij de helft van de röntgenstraling wordt doorgelaten. De halveringsdikte is voor elk materiaal verschillend, en hangt bovendien af van de energie van de röntgenfotonen.
- De doorlaatkromme laat zien dat de intensiteit van de doorgelaten röntgenstraling telkens gehalveerd is na elk 'laagje' met een dikte gelijk aan de halveringsdikte.
- De energie van röntgenfotonen geef je meestal op in de eenheid elektronvolt (eV). De energie in elektronvolt kun je omrekenen naar energie in joule (J).
- Er zijn drie soorten kernstraling: α -straling (deeltjes die bestaan uit twee protonen en neutronen), β -straling (elektron of positron) en γ -straling (fotonen)
- Het doordringend vermogen van kernstraling geeft aan hoe gemakkelijk de straling in een materiaal kan doordringen.
- Het ioniserend vermogen van kernstraling geeft aan hoeveel schade de straling kan aanrichten in een materiaal
- In een radioactieve stof zijn atoomkernen instabiel. Bij radioactief verval zendt een instabiele atoomkern kernstraling uit.
- De activiteit A van een radioactieve bron is het aantal vervallende instabiele atoomkernen per seconde.
- De activiteit geeft ook aan hoeveel deeltjes de bron per seconde uitzendt
- De activiteit A van een radioactieve bron hangt af van het aantal instabiele atoomkernen in het begin en neemt geleidelijk af in de loop van de tijd.
- De halveringstijd is de tijd waarin de activiteit van een radioactieve bron telkens tweemaal zo klein wordt. Deze halveringstijd is per radioactieve stof verschillend.
- Aan de vervalcurve kun je zien hoe de activiteit van een radioactieve bron in de loop van de tijd afneemt: na elke halveringstijd is de activiteit tweemaal zo klein geworden.
- Een atoomkern bestaat uit protonen en neutronen
- Het atoomnummer Z is het aantal protonen in de kern.
- Het massagetal A is het aantal kerndeeltjes (protonen en neutronen) in de kern.
- Isotopen zijn kernen van dezelfde atoomsoort met een verschillend aantal neutronen. Ze hebben hetzelfde atoomnummer maar een verschillend massagetal.
- Met een vervalvergelijking kun je weergeven wat er bij radioactief verval van een atoomkern gebeurt. Het totale aantal kerndeeltjes en de totale elektrische lading blijven

daarbij behouden.

- Bij α -verval (${}^4_2\alpha$ of ${}^4_2\text{He}$) verdwijnen er twee protonen uit de atoomkern
- Bij β^- -verval (${}^0_{-1}\beta$ of ${}^0_{-1}e$) verandert een neutron in een proton en een elektron, waarna het elektron dan wegschiet/weggaat uit de atoomkern.
- Bij de uitzending van een γ -foton verandert er niks aan de kern.
- Bij β^+ -verval verandert in de atoomkern een proton in een neutron en stoot de atoomkern een positron (0_1e) uit.
- Een positron is het antideeltje van een elektron. Als het uitgestoten positron op een elektron botst, vindt annihilatie plaats: beide deeltjes wordt omgezet in twee in tegengestelde richting bewegende γ -fotonen
- Met een reactievergelijking kun je weergeven wat er bij de botsing van een α -deeltje of neutron met een stabiele atoomkern gebeurt. Het totale aantal kerndeeltjes en de totale elektrische lading blijven ook daarbij behouden.
- Het aantal instabiele atoomkernen N in een radioactieve bron en de activiteit A van die bron nemen op dezelfde manier af in de loop van de tijd t .
- De atoommassa is de massa van één atoom, uitgedrukt in de atomaire massa-eenheid u .
- De absorptie van röntgenstraling of kernstraling betekent absorptie van stralingsenergie.
- De dosis D met de eenheid gray (Gy) is een maat voor de hoeveelheid geabsorbeerde stralingsenergie per kilogram materiaal.
- De stralingsdosis H met de eenheid sievert (Sv) is een maat voor het mogelijke effect van ioniserende straling op het menselijk lichaam.
- Het effect van een hoge equivalente dosis is stralingsziekte op korte termijn
- Het effect van een lage equivalente dosis is een kans op tumorvorming op lange termijn.
- De achtergrondstraling bestaat uit kosmische straling en straling afkomstig van radioactieve stoffen op aarde en in het lichaam.
- De α - en β -deeltjes remmen in een materiaal geleidelijk af. De absorptie van α - en β -straling is volledig als het materiaal dikker is dan de dracht van de soort straling.
- De röntgen- en γ -fotonen worden in een materiaal niet afgeremd, maar stuk voor stuk geabsorbeerd. De absorptie van röntgen- en γ -straling is nooit helemaal volledig.
- De door ioniserende straling aangerichte schade in het lichaam hangt af van de soort straling, in combinatie met de manier van bestralen.
- De veiligheidsmaatregelen bij uitwendige bestraling zijn blootstellingstijd beperken, afstand houden en afschermen van de bron.
- De veiligheidsmaatregelen bij besmetting door radioactieve stoffen zijn grondig wassen, isolatie en evacuatie.
- De stralingsnormen of dosislimieten geven aan welke effectieve totale lichaamsdosis verschillende bevolkingsgroepen maximaal mogen oplopen, waarbij achtergrondstraling en de straling bij medische toepassingen niet meetellen.

Samenvattende vragen (5.7)

Hoe hangt de fotonenergie van elektromagnetische straling af van de frequentie van de straling?
De energie van een foton is evenredig met de frequentie van de straling.

Wat is röntgenstraling, en welke eigenschappen heeft deze soort straling?
Röntgenstraling is een vorm van elektromagnetische straling. Door de hoge energie van de fotonen kan röntgenstraling diep in een materiaal doordringen en atomen ioniseren.

Wat is kernstraling, en welke eigenschappen heeft deze soort straling?
Er zijn drie soorten kernstraling: α -straling (deeltjes die bestaan uit twee protonen en neutronen), β -straling (elektron of positron) en γ -straling (fotonen). Afhankelijk over welk soort straling er wordt gesproken heeft iedere soort straling zijn eigen waarde voor het ioniserend vermogen en doordringend vermogen

Wat is radioactief verval?
Bij radioactief verval zendt een instabiele atoomkern kernstraling uit.

Wat wordt bedoeld met de activiteit van de radioactieve stof?
De activiteit van een radioactieve bron is het aantal vervallende instabiele atoomkernen per seconde. De activiteit geeft ook aan hoeveel deeltjes de bron per seconde uitzendt

Wat wordt bedoeld met de halveringstijd van een radioactieve stof?
De halveringstijd is de tijd waarin de activiteit van een radioactieve bron telkens tweemaal zo klein wordt. Deze halveringstijd is per radioactieve stof verschillend.

Welke formule geeft de activiteit van een radioactieve stof in de loop van de tijd bij radioactief verval?

$$A = A_0 * \left(\frac{1}{2}\right)^{(t/t_{1/2})}$$

Wat wordt bedoeld met het atoomnummer en het massagetal van een atoomkern?
Een atoomkern bestaat uit protonen en neutronen. Het atoomnummer Z is het aantal protonen in de kern. Het massagetal A is het aantal kerndeeltjes (protonen en neutronen) in de kern.

Wat zijn isotopen?
Isotopen zijn kernen van dezelfde atoomsoort met een verschillend aantal neutronen. Ze hebben hetzelfde atoomnummer maar een verschillend massagetal.

Hoe verandert een instabiele atoomkern bij het uitzenden van α -straling, β^- -straling, β^+ -straling en γ -straling?
Bij α -verval (${}^4_2\alpha$ of ${}^4_2\text{He}$) verdwijnen er twee protonen uit de atoomkern. Bij β^- -verval (${}^0_{-1}\beta$ of ${}^0_{-1}e$) verandert een neutron in een proton en een elektron, waarna het elektron dan wegschiet/weggaat uit de atoomkern. Bij β^+ -verval verandert in de atoomkern een proton in een neutron en stoot de atoomkern een positron (0_1e) uit. Bij de uitzending van een γ -foton verandert er niks aan de kern.

Hoe stel je de vergelijking op van het verval van een radioactieve isotoop?
Met een vervalvergelijking kun je weergeven wat er bij radioactief verval van een atoomkern gebeurt. Het totale aantal kerndeeltjes en de totale elektrische lading blijven daarbij behouden. Links het beginatoom/ de beginatomen en rechts de eindproducten.

Welke formule geeft het aantal instabiele atoomkernen in de loop van de tijd bij radioactief verval?

$$N = N_0 * \left(\frac{1}{2}\right)^{(t/t_{1/2})}$$

Hoe bepaal je de activiteit van een radioactieve stof op een bepaald tijdstip uit de grafiek van het aantal instabiele atoomkernen als functie van de tijd?

$$A = - \left(\frac{\Delta N}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

Welke formule geeft het verband tussen de activiteit van een radioactieve stof en de afname van het aantal instabiele atoomkernen?

$$A = - \left(\frac{\Delta N}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} = - \left(\frac{dN}{dt} \right)$$

Welke formule geeft het verband tussen de activiteit van een radioactieve stof en het aantal instabiele atoomkernen?

$$A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} * N = \frac{0,693}{t_{1/2}} * N$$

Hoe bereken je het aantal instabiele atoomkernen van een radioactieve stof met behulp van de atoommassa en de atomaire massa-eenheid?

$$m_a = \text{atoommassa} \cdot u$$

om daarna deze berekening te kunnen uitvoeren

$$N = \frac{m}{m_a}$$

hierbij is m de totale massa.

Wat wordt bedoeld met de dracht van α -straling en β -straling?

De dracht is de afstand die α - en β -afleggen in een bepaald materiaal.

Wat wordt bedoeld met de halveringsdikte van een materiaal voor röntgen- en γ -straling?

De halveringsdikte is de dikte van een absorberend materiaal waarbij de helft van de röntgenstraling wordt doorgelaten. De halveringsdikte is voor elk materiaal verschillend, en hangt bovendien af van de energie van de röntgenfotonen.

Welke formule geeft de intensiteit van de röntgen- of γ -straling die een absorberend materiaal doorlaat, afhankelijk van de dikte van het materiaal?

$$I = I_0 * \left(\frac{1}{2} \right)^{(d / d_{1/2})}$$

Wat wordt er bedoeld met achtergrondstraling?

Achtergrondstraling begrijpen we als straling die altijd aanwezig is. De achtergrondstraling bestaat uit kosmische straling en straling afkomstig van radioactieve stoffen op aarde en in het lichaam.

Wat is het verschil tussen bestraling en besmetting?

Bestraling is wanneer er uitwendig wordt bestraald. Besmetting is wanneer er een radioactieve stof in je lichaam is en inwendig bestraalt.

Hoe bereken je dosis en de equivalente dosis bij blootstelling aan ioniserende straling?

$$D = \frac{E_{\text{str}}}{m}$$

om optioneel dit te kunnen berekenen

$$H = W_r * D$$

Op welke manieren kun je je tegen ioniserende straling beschermen?

De veiligheidsmaatregelen bij uitwendige bestraling zijn blootstellingstijd beperken, afstand houden en afschermen van de bron.

Hoe ontstaat een beeld van het inwendige van een patiënt bij röntgenfotografie, computertomografie (CT), nucleaire diagnostiek, echografie en magnetic resonance imaging (MRI), en welke voor- en nadelen hebben deze medische beeldvormingstechnieken?

Tabel 73 op blz 227