

TE BEHANDELEN ONDERWERPEN BIJ OPLEIDINGEN STRALINGSHYGIËNE

Verklaring van de notatie in de laatste 6 kolommen:

cijfer	behandelingswijze	doelstelling
0	<i>niet nodig</i>	-
1	<i>globaal, kwalitatief</i>	<i>bekendheid met begrip</i>
2	<i>belangrijkste aspecten kwantitatief</i>	<i>met onderwerp kunnen werken</i>
3	<i>gedetailleerd, kwantitatief</i>	<i>goede bekendheid met het onderwerp</i>

A specifiek voor ingekapselde bronnen

B specifiek voor open bronnen

Wiskunde

- Differentiëren, integreren, differentiaalvergelijkingen
- Exponentiële functies
- Grafieken (lineaire en logaritmische assen)
- Statistiek (verdelingen, standaardafwijking)

Algemene fysische en chemische onderwerpen

- Bouw van de materie
- Ionisatie, excitatie
- Nuclidenkaart

Radioactiviteit

- Verhouding protonen - neutronen
- Radioactief verval, halveringstijd
- Vervalformule en -constante
- Moeder-dochterverbanden
- Specifieke activiteit
- α -, β -, γ -verval, elektronenvangst
- Röntgenstraling, Augerelektronen
- Vervalschema's
- Deeltjes- en energiefluentie en -dichtheid

Natuurlijke radioactiviteit

- U- en Th-vervalreeksen
- Kosmogene radionucliden
- Andere natuurlijke radionucliden
- Kosmische straling
- Doses t.g.v. natuurlijke radioactiviteit

Kunstmatige radioactiviteit

- Kernsplijting, splijtingsproducten
- Kernreacties, werkzame doorsneden
- Overige bronnen
- Doses t.g.v. kunstmatige radioactiviteit

β - en elektronenstraling

- Energiespectra $\hat{\alpha}$ -stralers
- Wisselwerking met materie (ioniserende vermogen, LET, stopping power)
- Dracht
- Remstraling
- Elektronenversnellers

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
0	0	2	2	2	2
0	0	2	2	2	2
1	1	2	2	3	3
0	0	1	2	2	2
1	1	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3
0	1	3	3	3	3
1	1	2	2	2	2
2	2	3	3	3	3
0	0	3	3	3	3
0	0	2	2	2	2
1	1	3	3	3	3
1	1	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
0	0	2	3	3	3
0	0	2	2	2	3
0	0	1	1	2	2
0	0	2	2	2	2
0	0	2	2	2	2
0	0	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
0	0	1	1	1	2
0	0	2	2	2	2
0	0	1	1	1	2
0	1	1	1	1	2
1	1	2	2	2	2
1	1	2	2	2	3
1	1	3	3	3	3
1	1	2	2	2	2
0	0	1	0	1	2

Röntgen- en γ -straling

- Elektromagnetische straling, duale karakter, energie-spectrum
- Kwadratenwet
- Wisselwerkingsprocessen met materie
- Afhankelijkheid effecten van de energie
- Verzwakkingscoëfficiënten
- Halveringsdikte
- Opwekken van röntgenstraling:
 - Röntgenbuis
 - Energiespectrum
 - Stralingskwaliteit
 - Invloed buisspanning, anodemateriaal, filters

Zwaardere geladen deeltjes

- Wisselwerking met materie
- Dracht
- Kernreacties, werkzame doorsneden
- Deeltjesversnellers

Neutronen

- Soorten neutronen (energiegroepen)
- Wisselwerking met materie
- Neutronenbronnen en -generatoren

Detectiemethoden

Met gas gevulde detectoren:

- Verband pulshoogte en buisspanning
- Ionisatiekamers
- Proportionele telbuizen
- G.M. telbuizen

Scintillatiedetectoren:

- Anorganische en organische kristallen
- Vloeistofscintillatietellers
- Halfgeleiderdetectoren
- Detectiemethoden, berustend op fotografische effecten
- Thermoluminescentie detectoren
- Detectiemethoden voor neutronen
- Dode tijd, geometrie, zelfabsorptie
- Telrendement, (intrinsiek-)
- Telstatistiek
- Spectrometrie, pulshoogteanalyse
- Totale-lichaamstellers

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
1	1	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
1	1	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
0	0	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
1	1	2	1	2	2
1	1	2	1	2	2
1	1	2	1	2	2
1	1	2	1	2	2
0	0	1	1	1	1
0	0	2	2	2	2
0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	1	2
1	1	2	1	2	2
1	1	2	1	2	3
0	0	1	0	1	2
1	1	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
0	1	2	3	3	3
2	2	3	3	3	3
1	1	2	3	3	3
0	0	1	2	2	2
0	0	1	2	2	2
1	2	2	2	2	2
1	1	2	2	2	3
1	1	2	2	2	3
1	1	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
0	0	1	2	2	2
0	0	2	2	2	2
0	0	1	1	1	1

Dosimetrie

- Geabsorbeerde dosis
- RBE, kwaliteitsfactoren
- Dosisequivalent
- Elektronenevenwicht
- Kerma
- Integrale, cumulatieve, collectieve dosis
- Volgdosis
- Effectieve dosis
- Expositie

Dosimeters

- Ionisatiekamers
- Calorimeters
- Chemische dosimeters
- Filmdosimeters
- TLD
- Radiofotoluminescentie-dosimeters
- Activeringsdosimeters
- Energieafhankelijkheid dosimeters
- IJkmethode dosimeters en monitoren
- β -dosimetrie
- Vuistregels m.b.t. β -dosimetrie
- γ -dosimetrie
- Verband expositie en geabsorbeerde energie in verschillende materialen
- Vuistregels m.b.t. γ -dosimetrie
- Principe van Bragg-Gray
- Specifieke Γ -stralingsconstante
- Neutronendosimetrie
- Ongevallendosimetrie

Biologische gevolgen van straling

- Begrippen: somatische/genetische - vroege/late - stochastische/niet-stochastische effecten
- Factoren van invloed op het biologisch effect: stralingscondities, weefseigenschappen en omgevingsfactoren
- Somatische effecten: vroege effecten bij globale en partiële bestraling
- Late effecten
- Genetische effecten
- Epidemiologische gegevens
- Dosis-effectrelaties
- Risicoschattingen

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
2	2	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
0	0	2	2	2	3
0	0	1	1	1	2
0	0	1	2	3	3
0	0	3	3	3	3
1	1	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
1	1	2	2	3	3
0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	1
1	1	2	2	2	2
1	1	2	2	2	3
0	0	1	1	1	2
0	0	1	0	1	2
1	1	3	2	3	3
0	0	2	2	2	3
1	1	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3
1	1	2	2	2	3
2	2	3	3	3	3
0	0	1	0	2	3
2	2	3	3	3	3
0	0	2	0	2	3
0	1	1	1	1	2
2	2	2	2	2	3
0	0	1	1	1	2
1	1	2	2	2	3
1	1	2	2	2	3
0	0	1	1	1	3
1	1	1	1	1	3
1	1	2	2	2	3

Normen en wettelijke regelingen, (inter)nationale organisaties

- (Inter)nationale organisaties m.b.t. stralingsveiligheid, samenhang

- Historische ontwikkeling

Aanbevelingen ICRP:

- Algemeen

- Inwendige bestraling

Voor Nederland geldende internationale regelingen:

- Richtlijnen Europese Gemeenschap

- Vervoersovereenkomsten

Nederlandse wetgeving:

- Kernenergiewet (KEW)

- Radioactieve-stoffenbesluit KEW

- Toestellenbesluit KEW

- Overige uitvoeringsbesluiten KEW

- Wet Algemene Bepalingen Milieuhygiëne (WABM)

Praktische stralingshygiëne; veiligheidsmaatregelen

a) uitwendige bestraling

1. *Theorie*

- Principe beschermingsmaatregelen (tijd, afstand, afscherming); afscherming van geladen deeltjes

- Elektronen

- Zware deeltjes

Afscherming van fotonenstraling:

- Smalle-bundelgeometrie

- Brede-bundelgeometrie; puntbron, opbouwfactoren (buildup factor)

- Keuze materiaalsoort als functie van fotonenergie

- Berekening van verstrooide straling

- Gebruik van grafieken betreffende verzwakking en transmissie

- Afscherming van neutronenstraling

2. *Praktijkaspecten*

- Beperking blootstelling (factoren tijd-afstand-afscherming)

Praktische uitvoering afschermingen voor:

- Geladen deeltjes

- Fotonen

- Neutronen

Specifieke beschermingsmaatregelen bij:

- Sterke α -bronnen; bronnen voor radiografie

- Röntgentoestellen

- Deeltjesversnellers

- Kerninstallaties

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
1	1	2	2	2	2
0	0	1	1	1	2
2	2	3	3	3	3
0	1	0	2	3	3
1	1	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	2
2	2	2	2	2	2
1	1	2	2	2	2
1	1	2	1	2	2
1	1	3	2	3	3
1	1	2	2	2	3
0	0	3	2	3	3
0	0	2	1	2	3
0	0	3	2	3	3
1	1	2	1	2	2
2	3	3	3	3	3
1	1	1	1	2	2
2	2	3	3	3	3
1	1	2	1	2	2
1	1	2	2	2	2
1	1	2	1	2	2
0	0	1	0	1	2
0	0	0	0	0	2

- Persoonlijke controlemiddelen

1	1	2	2	2	3
---	---	---	---	---	---

b) Inwendige besmetting

1. *Theorie*

- Incorporatieroutes; begrippen metabolisme, concentratie, retentie en excretie
- Standaardmens
- Algemeen transportmodel van de ICRP, transfer-coëfficiënten, dosimetriemodellen van de ICRP:
 - . algemeen
 - . longen
 - . maag-darmkanaal
 - . bot
 - . "submersion"
- Achtergrond en gebruik van tabellen e.a. gegevens van ICRP voor dosisberekeningen bij:
 - . chronische en eenmalige inhalatie en ingestie
 - . wondbesmetting
 - . "submersion"
- Gebruik van retentie- en excretiemodellen van ICRP
- Indeling radionucliden op grond van radiotoxiciteit

2. *Praktijkaspecten*

- Beperking blootstelling, algemene principes
- Classificatie van werkzaamheden, op basis van radiotoxiciteit en verspreidingskans van gebruikte nucliden
- Indeling nuclidenlaboratoria
- Maximaal toelaatbare oppervlaktebesmetting
- Inrichtingseisen voor nuclidenlaboratoria
- Persoonlijke beschermingsmaatregelen
- Werkmethoden, hygiënische voorzorgen
- Afvalbehandeling, lozingsnormen
- Decontaminatiemethoden
- Controlemethoden:
 - . oppervlaktebesmettingen
 - . luchtbesmetting
 - . lozingen
 - . lekttest ingekapselde bronnen
- Luchtfiltratie

c) Vervoer van radioactieve stoffen

d) Risico-evaluatie m.b.t.:

- Ingekapselde bronnen
- Röntgentoestellen
- Deeltjesversnellers

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
	0	0	2	3	3
	0	1	0	2	3
	0	0	1	2	3
	0	0	1	1	2
	0	0	1	1	2
	0	0	1	1	2
	0	0	1	1	2
	0	1	0	1	2
	0	1	0	1	2
	0	0	1	2	3
	0	0	1	1	2
	0	1	0	1	2
	0	1	0	2	3
	0	1	0	2	3
	0	1	0	2	3
	0	1	0	1	2
	0	1	0	1	2
	0	1	0	1	2
	0	1	0	1	2
	0	1	0	1	2
	0	1	0	1	2
	1	1	2	0	2
	0	0	0	1	3
	1	1	1	1	2
	2	2	3	2	3
	2	2	3	2	3

- Niet-gekapselde bronnen
- Kerninstallaties

0	0	1	0	1	2
0	1	0	1	2	3
0	0	0	0	0	1

e) Maatregelen bij ongevallen

Persoonlijke stralingsongevallen:

- Uitwendige bestraling
- Besmetting van kleding en huid; decontaminatie
- Inwendige besmetting
- Organisatorische maatregelen, intern en extern

f) Organisatorische aspecten

- Taken en verantwoordelijkheden veiligheidkundige
- Uitvoering administratie en beheer

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
1	1	2	1	2	2
0	1	0	1	2	2
0	1	0	1	2	2
1	1	1	1	2	3
1	1	2	2	2	3
1	1	2	2	2	3

ONDERWERPEN VOOR PRACTICA BIJ OPLEIDINGEN STRALINGSHYGIËNE

Verklaring van de notatie in de laatste 6 kolommen:

- + *noodzakelijk*
- ± *facultatief*
- *niet nodig*

3. *Bescherming tegen inwendige besmetting:*
- a. Veilig hanteren van niet ingekapselde bronnen
 - gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen
- b. Gebruik van laboratoriumvoorzieningen
 - zuurkast
 - handschoenenkast
 - cel met afstandsmanipulators
4. *Praktische probleembenadering*
- a. Identificatie van radioactieve nuclide(n) in monsters
- b. Activiteitsbepaling van
 - vast monster
 - vloeistofmonster
 - lucht
- c. Aanpak van lokale laboratoriumbesmetting
 - veiligheidsmaatregelen, organisatie
 - bepaling aard en omvang besmetting
 - decontaminatie
- d. Persoonsbesmettingen
 - controle van lichaamsdelen en kleding
 - decontaminatie van eenvoudige huidbesmettingen

deskundigheidsniveau					
5		4		3	2
A	B	A	B		
-	+	-	+	+	+
-	+	-	+	+	+
-	±	-	±	±	±
-	-	-	-	-	±
-	±	+	+	+	+
±	+	±	+	+	±
-	+	-	+	+	±
-	-	-	-	±	+
-	+	-	+	+	+
-	+	-	+	+	+
-	+	-	+	+	+
-	+	±	+	+	±
-	+	±	+	+	±