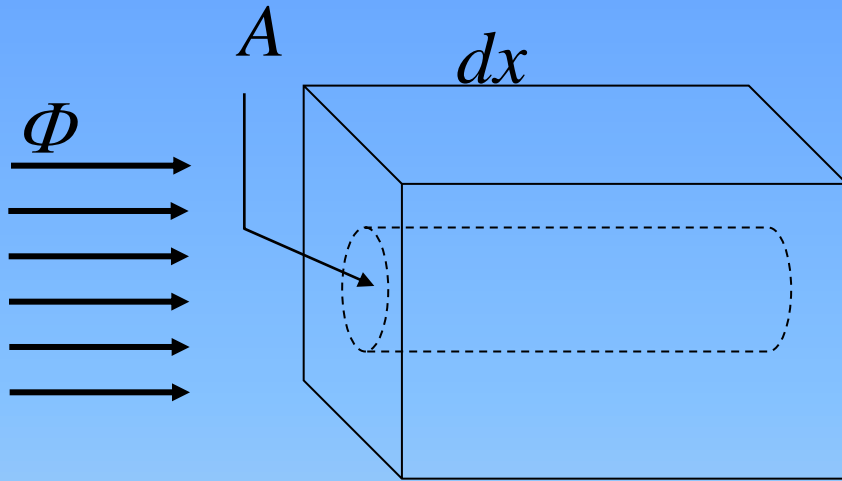


Afleiding:  
Werkzame doorsnede  $\sigma$  [m<sup>2</sup>]

F.F.M. de Mul

# Werkzame doorsnede $\sigma$ [m<sup>2</sup>]



- $\Phi$  : deeltjesfluentie [m<sup>-2</sup>]
- $A$  : oppervlak cilinder [m<sup>2</sup>]
- $dx$  : dikte cilinder [m]
- $n$  : atoomdichtheid [m<sup>-3</sup>]
- $\rho$  : massadichtheid [kg.m<sup>-3</sup>]
- $\sigma$  : werkzaam oppervlak van elk atoom [m<sup>2</sup>]

In cilinder :  $nA.dx$  atomen.

Aanname: atomen dekken elkaar niet af ( $dx$  voldoende klein)

Trefkans  $k$  per invallend deeltje: 
$$k = \frac{\text{trefoppervlak}}{\text{totaal oppervlak}} = \frac{nA.dx.\sigma}{A} = n.dx.\sigma$$

Trefkans  $\equiv$  verzwakkingsfactor bundel 
$$= -\frac{d\Phi}{\Phi}$$

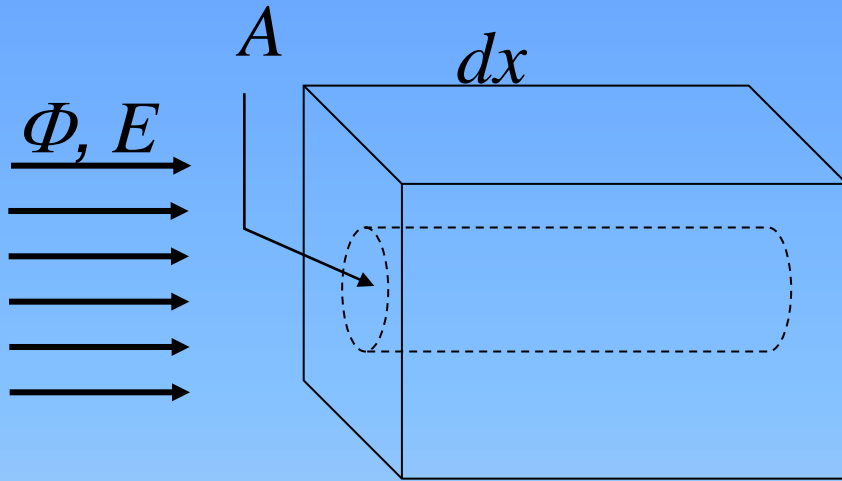
Dus: 
$$d\Phi = -n.dx.\sigma \Phi$$

Oplossing:

$$\Phi(x) = \Phi(0). \exp(-n\sigma.x)$$

Verzwakkingscoëfficiënt  $\mu = n\sigma$  [m<sup>-1</sup>]

# Dosis fotonenbundel



$\Phi$ : deeltjesfluentie [ $\text{m}^{-2}$ ]

$E$ : energie per deeltje [J]

$\Psi$ : energiefluentie [ $\text{Jm}^{-2}$ ]

$A$ : oppervlak cilinder [ $\text{m}^2$ ]

$dx$ : dikte cilinder [m]

$n$ : atoomdichtheid [ $\text{m}^{-3}$ ]

$\rho$ : massadichtheid [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

$\sigma$ : werkzame doorsnede [ $\text{m}^2$ ]

Verzwakking fluentie  $\Phi$ :  $d\Phi = - \int dx \cdot \Phi$  [ $\text{m}^{-2}$ ]

Energiedepositie per  $\text{m}^2$ :  $d\Psi = - \mu_{en} \cdot dx \cdot \Psi = - \mu_{en} \cdot dx \cdot E \Phi$  [ $\text{Jm}^{-2}$ ]

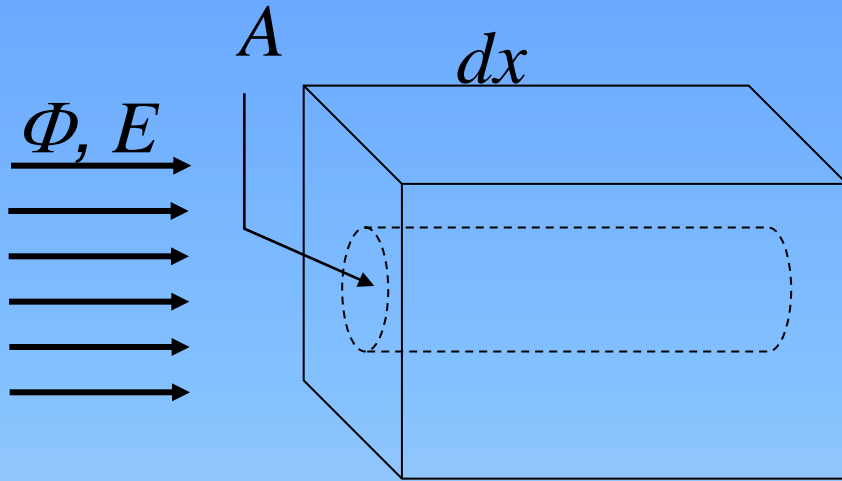
Energiedepositie in cilinder:  $A \cdot d\Psi = - \mu_{en} \cdot A dx \cdot \Psi = - \mu_{en} \cdot A dx \cdot E \Phi$  [J]

Idem per kg = **Dosis**

$$D = \frac{\mu_{en} \cdot A dx \cdot \Phi}{\rho \cdot A dx} = \frac{\mu_{en}}{\rho} E \Phi$$

$$[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}] = [\text{Gy}]$$

# Dosis geladen-deeltjesbundel



$\Phi$ : deeltjesfluentie [ $\text{m}^{-2}$ ]  
 $E$ : energie per deeltje [J]  
 $\Psi$ : energiefluentie [ $\text{Jm}^{-2}$ ]  
 $A$ : oppervlak cilinder [ $\text{m}^2$ ]  
 $dx$ : dikte cilinder [m]  
 $n$ : atoomdichtheid [ $\text{m}^{-3}$ ]  
 $\rho$ : massadichtheid [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

Energiedepositie per deeltje:  $dE = - S.dx.$  [J]  $\left( S = \frac{dE}{dx} \right)$

Energiedepositie per  $\text{m}^2$ :  $d\Psi = - S.dx.\Phi$  [ $\text{Jm}^{-2}$ ]

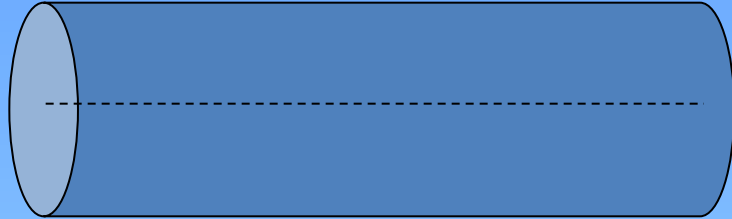
Energiedepositie in cilinder:  $A.d\Psi = A.S.dx.\Phi$  [J]

Idem per kg = **Dosis**

$$D = \frac{A.S.dx.\Phi}{\rho.Adx} = \frac{S}{\rho} \Phi$$

$$[\text{J.kg}^{-1}] = [\text{Gy}]$$

# Dosis en Exposie



Telbuis:

- Metalen wand: kathode
- Metalen draad: anode
- Gasvulling

Dosis  $D$  [Gy = J / kg]

Exposie  $X$  [C / kg]

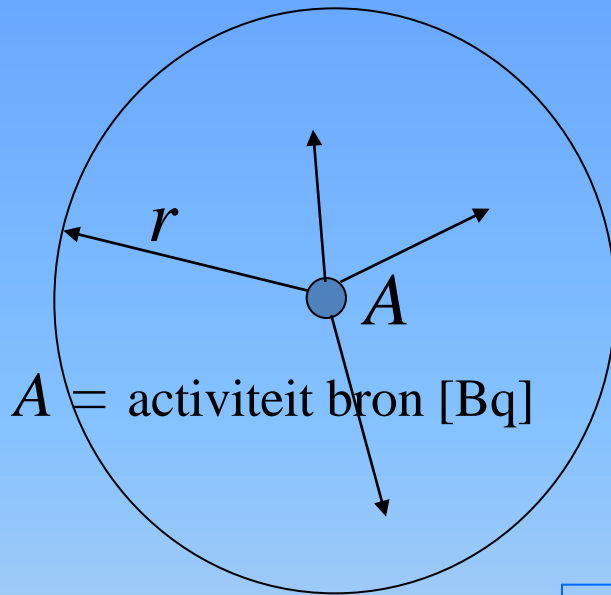
Gasvulling: ionisatie-energie:  $W$  [J / ionpaar]

Lading per ionpaar:  $e$  [C] ;  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C

$$D = \frac{W}{e} X$$

$$\left[ \frac{\text{J/ionpaar}}{\text{C/ionpaar}} \frac{\text{C}}{\text{kg}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}} = \text{Gy} \right]$$

# Gamma-puntbronnen



Kerma-in-lucht  $K$  [Gy = J / kg]

- Kerma-in-lucht
- $\sim A$
  - $\sim 1/r^2$
  - afh. Bron
  - $\sim \text{tijd}$

Kermatempo:

$$\dot{K} = \Gamma_{\delta} \frac{A}{r^2}$$

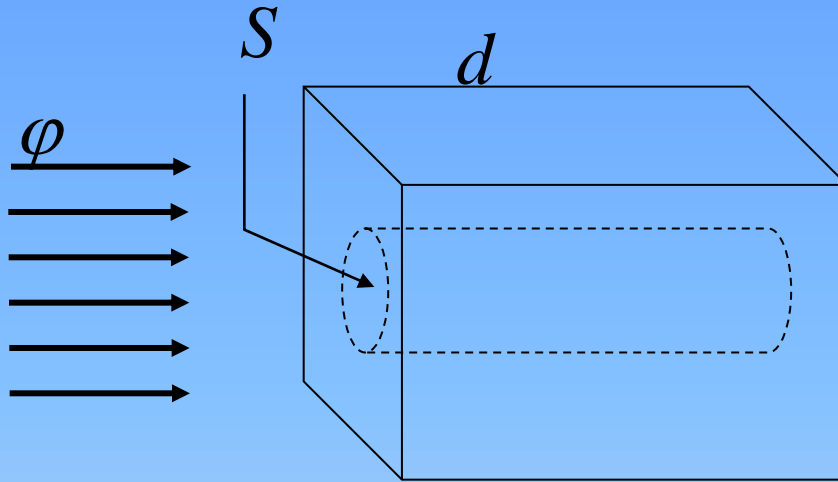
$\Gamma_{\delta}$  : Kermatempoconstante,  
voor  $E > \delta$  keV.  
norm.:  $\delta = 10$  keV

Dimensie  $\Gamma_{\delta}$  :

$$\left[ \frac{\text{Gy} / \text{s}}{\text{Bq} / \text{m}^2} = \frac{\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{Bq} \cdot \text{s}} = \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \right]$$

$$\left[ \frac{\mu \text{Gy} / \text{h}}{\text{MBq} / \text{m}^2} = \mu \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \right]$$

# Neutronen-activering (1)



$\varphi$  : neutronenfluentietempo [ $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ]  
 $S$  : oppervlak cilinder [ $\text{m}^2$ ]  
 $d$  : dikte cilinder [m]  
 $\rho$  : massadichtheid [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]  
 $\sigma$  : werkzame doorsnede [ $\text{m}^2$ ]

Aantal “moeder”-kernen in cilinder:  $N = \frac{mN_A}{M} \quad m = \rho S d$

Trefkans  $k$  per invallend neutron:  $k = \frac{\text{trefoppervlak}}{\text{totaal oppervlak}} = \frac{N\sigma}{S}$

Aantal neutronen dat per sec de cilinder binnentreedt:  $= \varphi S \quad [\text{s}^{-1}]$

Aantal gevormde “dochter”-kernen per sec = **productietempo** :

$$\dot{P} = \dot{N}^* = \frac{N\sigma}{S} \varphi S = N\sigma\varphi \quad [\text{s}^{-1}]$$

# Neutronen-activering (2)

Moederkernen:  $N$   
Dochterkernen:  $N^*$

Werkzame doorsnede  
voor vangst:  $\sigma$  [ $\text{m}^2$ ]

Voorbeeld:  
 $^{27}\text{Al} + \text{n} \rightarrow ^{28}\text{Al} + \gamma$   
 $^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si} + \beta^-$

Productie en verval:

$$\frac{dN^*}{dt} = \dot{P} - \lambda N^*$$

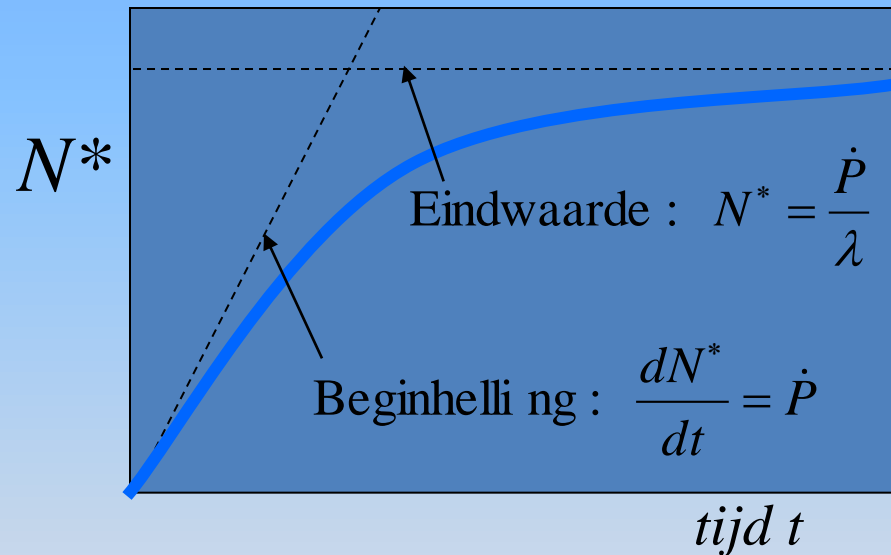
$P$ : Productie [tot.aantal]

$\dot{P}$ : Productietempo  
[aantal/sec]

$$\dot{P} = N\sigma\varphi$$

$$t = 0: N^* \approx 0$$

$$t \rightarrow \infty: dN^*/dt \rightarrow 0$$



$$N^*(t) = \frac{\dot{P}}{\lambda} [1 - e^{-\lambda t}]$$



# Neutronen-activering (3)

Moederkernen:  $N$

Dochterkernen:  $N^*$

Productie en verval:

$$\frac{dN^*}{dt} = \dot{P} - \lambda N^*$$

$P$  : Productie [tot.aantal]

$\dot{P}$  : Productietempo van  
aantal dochterkernen  
[aantal/sec]

$$\dot{P} = N\sigma\varphi$$

$$N^*(t) = \frac{\dot{P}}{\lambda} [1 - e^{-\lambda t}]$$

NB1. Vermenigvuldiging met  $\lambda$  geeft de Activiteit als  $f(t)$  [Bq]

$$A^*(t) = \dot{P} [1 - e^{-\lambda t}]$$

NB2. Indien productie van Activiteit in plaats van dochterkernen:

$$A(t) = \frac{\dot{P}}{\lambda} [1 - e^{-\lambda t}]$$

$\dot{P}$  = Productietempo van activiteit [Bq/s]