

Física Médica

Grandezas E Quantidades Dosimétricas

Dalila Mendonça

As grandezas relacionadas a Dosimetria das Radiações auxiliam na determinação quantitativa da energia depositada pela radiação no meio.

1 Fluência e Fluência de Energia dos Fótons

Embora seja definida para fótons, a fluência pode ser utilizada por partículas carregadas.

A **Fluência de Partículas Φ** é dado pela taxa de variação do número de partículas dN incidentes em uma esfera com área de seção transversal dA , ou seja:

$$\Phi = \frac{dN}{dA} \quad (1)$$

A unidade de medida da fluência da partículas Φ é m^{-2} . O fato de considerar apenas uma esfera com seção transversal dA está relacionado ao fato de que só é considerado na fluência uma área perpendicular a direção de propagação do feixe (uma vez que independente da angulação que o feixe está incidindo, sempre atravessará a mesma área transversal de uma esfera) e portanto não há dependência angular na fluência. Ao considerar uma fluência planar, avalia-se o número de fótons que atravessam um plano por unidade de área, e portanto a fluência irá depender do ângulo de incidência do feixe.

A **Fluência de Energia Ψ** É a razão entre a Energia Radiante Incidente (dE) e a área transversal de uma esfera (dA), ou seja:

$$\Psi = \frac{dE}{dA} \quad (2)$$

A unidade de medida da Fluência de Energia é $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$. A Fluência de energia pode ser calculada através da Fluência de partículas através da relação:

$$\Psi = \frac{dN}{dA} \cdot E = \Phi \cdot E \quad (3)$$

onde E é a energia da partícula e Φ é o número de partículas com energia E , caracterizada por um feixe monoenergético.

A maior parte dos feixes de fótons e de outras partículas são polienergéticos, e portanto para estes feixes são utilizados o **Espectro de Fluência de Partículas $\Phi_E(E)$** e o **Espectro de Fluência de Energia $\Psi_E(E)$** , onde:

$$\Phi_E(E) = \frac{d\Phi}{dE}(E) \quad (4)$$

e

$$\Psi_E(E) = \frac{d\Psi}{dE}(E) = \frac{d\Phi}{dE}(E) \cdot E \quad (5)$$

A *Taxa De Fluência Da Partícula* é dada pela taxa de variação da fluência em relação ao tempo, ou seja:

$$\dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt} \quad (6)$$

no qual é dada em $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

A *Taxa de Fluência de Energia*, também chamada de intensidade, é dada pela taxa de variação da fluência de energia em função do tempo, ou seja:

$$\dot{\Psi} = \frac{d\Psi}{dt} \quad (7)$$

onde sua unidade de medida é $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ou $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

2 Exposição

A Exposição (X) é a habilidade dos fótons ionizar o ar, dada pela seguinte equação:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m_{ar}} \quad (8)$$

onde ΔQ é o valor absoluto da carga total dos íons de um sinal produzidos no ar, quando todos os elétrons e pósitrons liberados ou criados por fótons em massa de ar Δm_{ar} são completamente parados no ar. A unidade de medida no SI é $\text{C} \cdot \text{Kg}^{-1}$; A unidade antiga da Exposição é o Roentgen (R) onde:

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} \frac{\text{C}}{\text{Kg}}$$

porém esta unidade já não é tão utilizada e portanto a unidade para Exposição é de $2.58 \times 10^{-4} \text{C/Kg}$ de ar.

3 Kerma

KERMA é o acrônimo para Energia Cinética Liberada Por Unidade de Massa. É uma quantidade não estocástica aplicável às radiações indiretamente ionizantes, como prótons e nêutrons. Esta grandeza quantifica a quantidade média de energia transferida pela radiação indiretamente ionizante para radiações diretamente ionizantes, sem se preocupar com o que acontece após esta transferência de energia.

Considerando os fótons, o processo de ionização se dá por duas etapas:

1. Os fótons transferem sua energia para as partículas carregadas secundárias, como os elétrons, por meio de diferentes processos de interação (Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, Produção de pares, etc ...).
2. A partícula secundária liberada irá então transferir sua energia através de processos como excitação e ionização.

O KERMA é então definido como a energia média transferida $d\bar{E}_{tr}$ de uma partícula indiretamente ionizante para partículas carregadas em um meio de massa dm , ou seja:

$$K = \frac{d\bar{E}_{tr}}{dm} \quad (9)$$

onde a unidade para o KERMA é de $\text{J} \cdot \text{Kg}^{-1}$

4 Dose Absorvida

A Dose absorvida é uma grandeza não-estocástica aplicável tanto para radiações indiretamente ionizantes quanto para radiações diretamente ionizantes. Para a radiação indiretamente ionizante, parte da sua energia é transferida como energia cinética para as partículas carregadas do meio, resultando no KERMA, e na sequência, as partículas carregadas perdem parcelas de sua energia para o meio, resultando na dose absorvida, e perdem parte da sua energia através da produção radiativa, em processos de bremsstrahlung ou aniquilação em voo.

A Dose Absorvida está relacionada à uma quantidade estocástica chamada de energia transmitida (ε). A dose absorvida é definida como a energia média transmitida ($d\bar{\varepsilon}$) pela radiação diretamente ionizante para a matéria de massa dm em um volume finito V , ou seja:

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm} \quad (10)$$

A unidade para a Dose Absorvida é o Gy = J · Kg⁻¹.

A energia transmitida ε é a soma de todas as energias entrando no volume de interesse subtraída da soma de todas as energias que saem do volume de interesse, considerando qualquer conversão de massa-energia dentro do volume. Por exemplo, a produção de pares diminui a energia em 1.022 MeV enquanto que a Aniquilação dos pares elétron-pósitron aumentam a energia pelo mesmo fator.

OBS: Devido os elétrons viajarem no meio transferindo energia ao longo de sua trajetória, o local de deposição de energia é diferente do local onde a energia foi transferida pelo KERMA.

Referências

- [1] David S Chang, Foster D Lasley, Indra J Das, Marc S Mendonca, Joseph R Dynlacht, et al. *Basic radiotherapy physics and biology*. Number 2. 2021.
- [2] Harold Elford Johns and John Robert Cunningham. *The physics of radiology*. 1983.
- [3] Ervin B Podgoršak et al. *Radiation physics for medical physicists*, volume 1. Springer, 2006.
- [4] N Suntharalingam, E B Podgorsak, and H Tölli. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. International Atomic Energy Agency, 2005.