

Bảo vệ an toàn đối với chiếu xạ trong

Nguyễn Thu Vân
BM Công nghệ ĐT và KTYS

Giới thiệu chung

- **Nội dung:**
 - Các chất phóng xạ hồ
 - Quá trình xâm nhập chất phóng xạ vào cơ thể
 - Các giới hạn lượng hấp thụ trong một năm
 - Kiểm soát nguy cơ nhiễm bắn phóng xạ
 - Các biện pháp kiểm soát nhiễm bắn phóng xạ thông thường
 - Độc tính phóng xạ và phân loại phòng thí nghiệm
 - Thiết kế khu vực làm việc với chất phóng xạ
 - Điều trị cho những người nhiễm xạ
 - Đo mức độ nhiễm bắn phóng xạ

Các chất phóng xạ hồ

- Khi chất phóng xạ không được bao kín hay để hồ, thì chúng có thể thoát ra môi trường và xâm nhập vào cơ thể, gây nguy hại do **chiếu xạ từ trong cơ thể**, hay gọi tắt là **chiếu xạ trong**.
- Tình trạng chất phóng xạ thoát ra ngoài bao chứa do bất cẩn được gọi là sự **nh nhiễm bắn phóng xạ** và chất phóng xạ thất thoát đó gọi là **chất bắn phóng xạ** hay bắn xạ.

Quá trình xâm nhập của chất phóng xạ vào cơ thể

- Có bốn đường mà chất bắn phóng xạ có thể xâm nhập và gây nguy hại cho cơ thể:
 - **Hít thờ** trực tiếp các chất bắn xạ ở dạng hạt hoặc khí có trong không khí,
 - **Tiêu hoá**, với lối vào qua miệng,
 - **Thấm qua da** hoặc qua các vết thương bị nhiễm bắn,
 - Chiếu xạ trực tiếp **trên da**

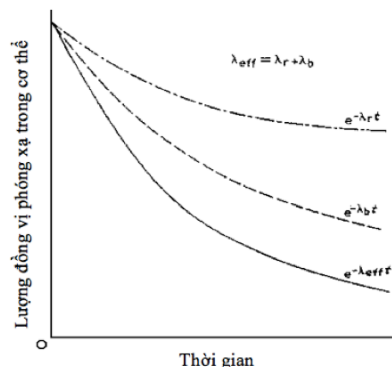
- Sự phân bố của một đồng vị phóng xạ trong cơ thể cũng phụ thuộc vào các đặc tính lý hoá của nó.
- Một vài nguyên tố phân bố khá đồng đều trong cơ thể và gây chiếu xạ đồng đều toàn thân.
- Tuy nhiên, đa số các nguyên tố có khuynh hướng tập trung ở một vài cơ quan nhất định -> các cơ quan khác nhau của cơ thể sẽ bị chiếu xạ với các suất liều khác nhau.

- Suất liều trên một cơ quan bất kỳ tỷ lệ với lượng chất phóng xạ có trong cơ quan đó và giảm đi khi chúng bị phân rã hoặc bị bài tiết ra khỏi cơ thể.
- Có thể sử dụng một **hằng số phân rã hiệu dụng** để mô tả tốc độ loại bỏ chất phóng xạ ra khỏi cơ thể:

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_r + \lambda_b$$

- ở đây: λ_r = hằng số phân rã phóng xạ
- λ_b = hằng số phân rã sinh học

Đường cong phân rã phóng xạ

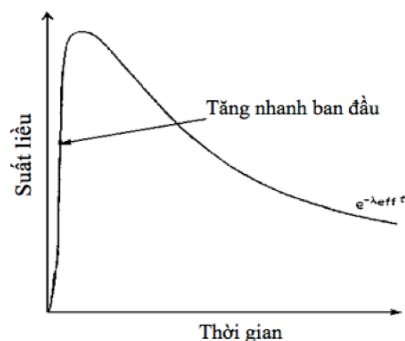


- Vì hằng số phân rã bằng ($\ln 2$ /chu kỳ bán huỷ), nên phương trình trên trở thành:

$$1/T_{\text{eff}} = 1/T_r + 1/T_b$$

Trong đó:

- T_{eff} = chu kỳ bán huỷ hiệu dụng của chất phóng xạ trong cơ thể
- T_r = chu kỳ bán huỷ do phân rã phóng xạ của chất phóng xạ
- T_b = chu kỳ bán huỷ sinh học của chất phóng xạ



Biến đổi của suất liều theo thời gian sau khi hấp thụ chất phóng xạ

- Một lượng đồng vị bị hấp thụ vào cơ thể sẽ làm cho một (hoặc vài) cơ quan bị chiếu xạ đến một mức liều tương đương nào đó, gọi là **nhhiễm liều tương đương (committed equivalent dose)**¹⁾.
- Độ lớn của liều này phụ thuộc vào suất liều ban đầu và vào tốc độ thải loại chất phóng xạ đó.

Các giới hạn lượng hấp thụ trong một năm

- ICRP đã thiết lập các **giới hạn lượng hấp thụ trong một năm, ALI** (Annual Limits of Intake), đối với nhân viên và đối với mỗi đồng vị phóng xạ.
- Một ALI là một lượng chất phóng xạ (tính bằng Bq) bị hấp thụ vào cơ thể và gây ra một nhiễm liều hiệu dụng bằng 20 mSv.

- Xét một đồng vị phóng xạ mà khi bị hấp thụ vào cơ thể sẽ chiếu xạ các cơ quan X, Y, và Z. Biết rằng với mỗi lượng hấp thụ 1 Bq của đồng vị đó, nhiễm liều tương đương trên mỗi cơ quan này là H_x , H_y , và H_z . Nếu trọng số mô của các cơ quan X, Y, và Z là w_x , w_y , và w_z , thì liều hiệu dụng trên cơ thể do hấp thụ 1 Bq đó sẽ là:

$$H = H_x w_x + H_y w_y + H_z w_z$$

- ALI là một lượng đồng vị gây ra một liều hiệu dụng bằng 20 mSv:

$$\sum_T w_T H_T = 20 \text{ mSv}$$

- Vậy, ALI là lượng đồng vị được xác định như sau:

$$ALI = \frac{20}{w_x H_x + w_y H_y + w_z H_z} \text{ (Bq)}$$

- Cũng như trong trường hợp chiếu xạ ngoài, lượng hấp thụ này được lấy trung bình trong 5 năm.

Bảng 9.2 - Một số giá trị giới hạn lượng hấp thụ trong một năm đối với nhân viên

Đồng vị	Hợp chất	ALI hô hấp (Bq)	ALI tiêu hoá (Bq)
²² Na	Mọi hợp chất	1×10^7	7×10^6
¹³¹ I	Mọi hợp chất	1×10^6	8×10^5
¹³⁷ Cs	Mọi hợp chất	2×10^6	1×10^6
²³⁹ Pu	- Ô-xít và hi-đrô-xít	300	3×10^5
	- Mọi hợp chất khác	300	4×10^4

- Ví dụ 1:

Trong một năm, một nhân viên bị chiếu xạ do hấp thụ xấp xỉ $1,4 \times 10^6$ Bq đồng vị ²²Na qua đường tiêu hoá và 120 Bq đồng vị ²³⁹Pu dạng ô-xít qua đường hô hấp. Hỏi nhiễm liều hiệu dụng tổng cộng gây bởi các lượng hấp thụ đó xấp xỉ bằng bao nhiêu?

- Giải:

Đối với ²²Na, giới hạn ALI qua đường tiêu hoá là 7×10^6 Bq và do đó tỷ lệ của lượng hấp thụ trên so với ALI là:

$$\frac{1,4 \times 10^6}{7 \times 10^6} = 0,2$$

Tương tự, đối với ô-xít ²³⁹Pu hấp thụ qua đường hô hấp, tỷ lệ so với ALI bằng:

$$\frac{120}{300} = 0,4$$

Như vậy, tổng nhiễm liều hiệu dụng gây bởi hai lượng hấp thụ trên chiếm một tỷ lệ bằng $(0,2 + 0,4)$ giới hạn liều 20 mSv trong một năm, nghĩa là bằng $0,6 \times 20 \text{ mSv} = 12 \text{ mSv}$.

Kiểm soát nguy cơ nhiễm bắn phóng xạ

- Giới hạn hàm lượng nhiễm bắn phóng xạ trong không khí
- Các giới hạn độ nhiễm bắn phóng xạ bề mặt

Giới hạn hàm lượng nhiễm bắn phóng xạ trong không khí, DAC

- **DAC** (Derived Air Concentration) là hàm lượng đồng vị phóng xạ trong không khí làm cho một nhân viên phải hấp thụ qua đường hô hấp một lượng đồng vị bằng một ALI qua đường hô hấp, trong một năm.
- Giá trị của DAC được tính bằng cách chia giá trị của ALI hô hấp của một đồng vị cho thể tích không khí hít thở trong một năm làm việc.
- Sử dụng năng suất thở của “người chuẩn” của ICRP, có thể tính được giá trị của DAC. Năng suất thở đó được cho là bằng 10 m³ trong một ngày làm việc 8 giờ.

• Ví dụ 1:

Tính DAC đối với một nhân viên làm việc 50 tuần/năm, 5 ngày/tuần, và 8 giờ/ngày.

- DAC được xác định như sau:

$$DAC = \frac{ALI_{\text{hô hấp}}}{50 \times 5 \times 10} \text{ Bq/m}^3$$

- **Ví dụ 2:**

Tính giới hạn hàm lượng trong không khí (DAC) đối với đi -ô-xít của đồng vị ^{239}Pu . Biết ALI hô hấp của $^{239}\text{PuO}_2$ bằng 3×10^2 Bq.

- DAC được xác định như sau:

$$\text{DAC} = \frac{3 \times 10^2}{50 \times 5 \times 10} = 0,12 \text{ Bq/m}^3$$

- Giá trị của DAC thay đổi rất mạnh, ví dụ trong khoảng từ $0,1 \text{ Bq/m}^3$ đối với các hợp chất của ^{239}Pu cho đến 10^8 Bq/m^3 đối với một số các đồng vị phóng xạ khác.

Giới hạn độ nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt

- Thiết lập các **giới hạn độ nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt, DL** (derived limits), sao cho:

- Lượng bẩn xạ đó không gây nhiễm bẩn không khí vượt quá các giới hạn DAC,
- Lượng bẩn xạ bị hấp thụ vào đường tiêu hoá qua tay và miệng không vượt quá các giới hạn ALI,
- nếu chất bẩn xạ ở trên da (thường là da tay), thì liều trên da không vượt quá giới hạn cho phép.

Các giới hạn độ nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt

Bảng 9.3 - Các giới hạn độ nhiễm bẩn phóng xạ bề mặt

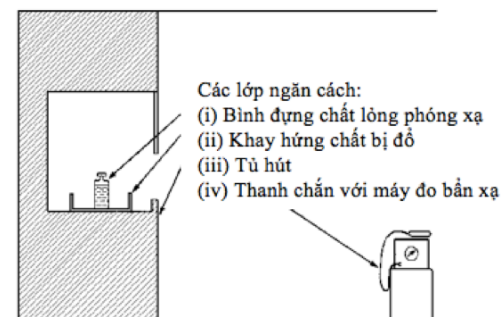
<i>Các đồng vị có độc tính rất cao *, gồm các chất phát α</i>	<i>Các đồng vị có độc tính trung bình * phát các bức xạ khác</i>	<i>Các đồng vị độc tính thấp *</i>
$3 \times 10^3 \text{ Bq/m}^2$	$3 \times 10^4 \text{ Bq/m}^2$	3×10^5 đến $3 \times 10^6 \text{ Bq/m}^2$ tùy theo mức độc tính

* Xem bảng phân loại độc tính trong mục 9.6

Các biện pháp kiểm soát nhiễm bẩn phóng xạ thông thường

- Ba nguyên tắc cơ bản thường áp dụng để kiểm soát nhiễm bẩn phóng xạ gồm:
 - Giảm đến mức tối đa** lượng hoạt độ phóng xạ cần sử dụng.
 - Bao giữ** các chất phóng xạ, thường tối thiểu bằng hai lớp ngăn cách.
 - Tuân thủ **các quy trình và quy định đúng đắn** về mặc quần áo bảo hộ, tắm rửa, và kiểm xạ nơi làm việc, v.v.

Sơ đồ minh họa 4 mức hạn chế nhiễm bẩn phóng xạ



Các mức phân loại khu vực bị nhiễm bẩn phóng xạ

Bảng 9.4 - Các mức phân loại khu vực bị nhiễm bẩn phóng xạ

Loại khu vực	Nhiễm bẩn bề mặt	Nhiễm bẩn không khí
Không cần kiểm soát (không có bắn phóng xạ)	Nhỏ hơn 1 DL	Nhỏ hơn 1/10 DAC
Khu vực giám sát (có nhiễm bẩn)	1 - 3 DL	1/10 - 3/10 DAC
Khu vực kiểm soát (có nhiễm bẩn)	Lớn hơn 3 DL	Lớn hơn 3/10 DAC

Quần áo bảo hộ

- Các quy định mặc quần áo bảo hộ trong vùng bị nhiễm bẩn phụ thuộc vào bản chất và mức nhiễm bẩn. Khi mức nhiễm bẩn bề mặt thấp, có thể chỉ cần mang áo choàng thí nghiệm bình thường với giày bao và găng tay là đủ. Nếu mức nhiễm bẩn không khí là đáng kể thì cần mặc bộ quần liên áo khô và kín, đeo mặt nạ có phin lọc hoặc mặt nạ nối với một nguồn cung cấp lồng thì thường phải mặc bộ quần liên áo bằng nhựa PVC kín với một mặt nạ có phin lọc hoặc được cung cấp không khí sạch.

Khu vực thay quần áo bảo hộ

- Bồn rửa tay (có thể cả vòi tắm) và các thiết bị kiểm xạ (ví dụ, kiểm xạ tay và quần áo).
- Một chỗ để quần áo cá nhân của nhân viên đặt ở vị trí thích hợp ở phía bên kia cửa chắn nơi không có phóng xạ.
- Quần áo bảo hộ được sắp xếp thuận tiện và sẵn sàng để sử dụng.
- Các thùng để đựng quần áo bảo hộ đã dùng và đựng chất thải phóng xạ.
- Các bảng thông báo đặt tại cửa chắn, quy định “không phận sự miễn vào”, lưu ý đây là khu vực nguy hiểm, quy định quần áo bảo hộ phải mặc và các biện pháp phòng hộ khác cần thực hiện.
- Các chỉ dẫn việc cần làm khi xảy ra tình trạng khẩn cấp hoặc sự cố, ví dụ tai nạn tới hạn, hoả hoạn, hay nhiễm xạ cá nhân trầm trọng, phải được treo trong khu vực đó. Cần phải có bảng chỉ dẫn đến các lối thoát hiểm thích hợp.

Nội quy và huấn luyện nhân viên

- Không được ăn, uống, hoặc hút thuốc.
- Không dùng miệng thao tác trong công việc (ví dụ, hút ống lấy dung dịch).
- Mọi vết thương phải được che kín bằng một lớp băng chống thấm nước trước khi vào khu vực phóng xạ. Điều này rất quan trọng vì các vết thương để hở sẽ là lối vào để các chất bắn xạ xâm nhập trực tiếp vào máu.
- Nếu bị thương trong khu vực này thì phải báo ngay cho người có trách nhiệm và phải được điều trị ngay.
- Không được sử dụng các loại khăn tay bình thường trong khu vực có chất phóng xạ. Phải luôn luôn để sẵn các loại khăn dùng một lần rồi bỏ.
- Mọi thứ lấy ra từ một khu vực phóng xạ phải được kiểm tra trước khi được phép mang khỏi khu vực đó. Phải dán các nhãn thích hợp trên những đồ vật bị nhiễm chất phóng xạ. Nếu có thể, phải dành riêng các dụng cụ và máy móc làm sạch chỉ dùng trong các khu vực phóng xạ và có nhãn mang ký hiệu “phóng xạ” rõ ràng.

Ký hiệu bức xạ

- Biểu tượng này được trưng trên mọi vật (bình, máy móc, hộp, thùng, ...) có chứa nguồn phóng xạ và ở lối vào các khu vực chiếu xạ có nguy hiểm đáng kể, v.v.



Độc tính phóng xạ và phân loại phòng thí nghiệm

- Một hệ thống phân loại các đồng vị phóng xạ theo độc tính phóng xạ được Tổ chức Năng lượng Nguyên tử Quốc tế IAEA khuyến cáo (*IAEA Technical Reports Serie No. 15*) để hướng dẫn về các quy trình và phương tiện cần thiết khi xử lý các chất phóng xạ hờ. Hệ thống phân loại này chia các đồng vị phóng xạ thành 4 nhóm theo độc tính phóng xạ:

- Nhóm I Độc tính cao (ví dụ, ^{239}Pu , ^{241}Am)
- Nhóm II Độc tính trên trung bình (ví dụ, ^{90}Sr , ^{131}I)
- Nhóm III Độc tính trung bình và dưới trung bình (ví dụ, ^{32}P , ^{65}Zn)
- Nhóm IV Độc tính thấp (ví dụ, ^{129}I , u-ran tự nhiên)
- Mỗi nhóm có nhiều đồng vị, các đồng vị được nêu chỉ là ví dụ về các đồng vị thường gặp.

Phân loại phòng thí nghiệm

- 3 loại phòng thí nghiệm:
 - **PTN loại 1:** được thiết kế đặc biệt với các trang thiết bị tinh xảo để có thể xử lý an toàn một lượng đồng vị phóng xạ lớn.
 - **PTN loại 2:** đạt tiêu chuẩn tương tự như một phòng thí nghiệm hoá có chất lượng cao.
 - **PTN loại 3:** gồm các phòng thí nghiệm bình thường không được thiết kế chuyên để xử lý các chất độc hại.
- Lượng đồng vị phóng xạ có thể xử lý với độ an toàn hợp lý trong mỗi loại phòng thí nghiệm

Chỉ dẫn về lượng đồng vị xử lý trong mỗi loại phòng thí nghiệm

Bảng 9.5 - Chỉ dẫn về lượng đồng vị xử lý trong mỗi loại phòng thí nghiệm			
Độc tính của đồng vị	Loại phòng thí nghiệm		
	3	2	1
Nhóm I	$\leq 370 \text{ kBq}$	$\leq 370 \text{ MBq}$	$> 370 \text{ MBq}$
Nhóm II	$\leq 3,7 \text{ MBq}$	$\leq 3,7 \text{ GBq}$	$> 3,7 \text{ GBq}$
Nhóm III	$\leq 37 \text{ MBq}$	$\leq 37 \text{ GBq}$	$> 37 \text{ GBq}$
Nhóm IV	$\leq 370 \text{ MBq}$	$\leq 370 \text{ GBq}$	$> 370 \text{ GBq}$

Chú ý: Các số trên dành cho các quá trình hoá học ướt và bình thường. Có thể áp dụng các thừa số điều chỉnh sau:

Công việc	Thừa số điều chỉnh
Cất giữ trong các thùng chứa kín, có thông hơi	x 100
Quá trình hoá học ướt đơn giản - hoạt độ riêng thấp	x 10
Các quá trình khô đơn giản, hoặc ướt phức tạp	x 0,1
Các quá trình gây bụi và khô	x 0,01

Thiết kế khu vực làm việc với PX

- Các phòng thí nghiệm loại tốt, phải đặc biệt chú ý đến hệ thống lưu thông không khí và các lớp phủ bề mặt.
- Hệ thống lưu thông không khí cần có một hệ thống lọc có hiệu quả cao để loại bỏ các chất phóng xạ dạng hạt trước khi xả khí ra ngoài. Trong trường hợp có các chất khí phóng xạ mà chúng không loại bỏ được bằng phin lọc, thì cần phải rất cẩn thận chọn vị trí đặt ống xả khí để đảm bảo phát tán các chất khí thải phóng xạ được thích hợp.
- Các bề mặt trong khu vực làm việc với chất phóng xạ cần phải nhẵn, không bị nứt gãy và được chế tạo bằng những vật liệu trơ về hoá học, không hấp phụ và không thấm nước. Cần xem xét các vấn đề có thể xảy ra trong trường hợp cần phải tẩy xạ, và vì vậy các vật liệu phải được chọn sao cho dễ tẩy xạ hoặc có thể lột bỏ và thay thế dễ dàng.