

An toàn bức xạ

Nguyễn Thu Vân
 Bộ môn Công nghệ điện tử và Kỹ thuật Y Sinh
 Viện Điện tử viễn thông
 ĐHBKHN

1

Lịch sử

- 1895, Roentgen phát hiện ra tia X
- 1896, Bequerel phát hiện ra tính phóng xạ
- 1900, thương tổn do bức xạ gây ra được ghi nhận
- Tia X và chất phóng xạ (chủ yếu là radium) được dùng trong y tế (cả chính thống và không chính thống) trong vài thập kỷ
- Manhattan Project thúc đẩy các nghiên cứu về bức xạ
- Thử nghiệm vũ khí và phản ứng hạt nhân có ảnh hưởng rất lớn đến cái nhìn của công chúng về bức xạ và phóng xạ hiện nay
- Các ứng dụng khác: y tế, nghiên cứu và công nghiệp

2

Lịch sử

- Con người đã làm việc với bức xạ và chất phóng xạ hơn một thập kỷ
- Ảnh hưởng lên sức khoẻ của bức xạ được con người nắm rõ hơn ảnh hưởng của các chất có hại khác

3

Ứng dụng của bức xạ và phóng xạ trong y tế

- Điều trị ung thư
- Chẩn đoán bằng tia X
- Dùng trong phẫu thuật (tia X và tăng sáng truyền hình)
- Dùng phóng xạ dùng trong y học chẩn đoán
- Xét nghiệm miễn dịch bằng phóng xạ (RIA) để chẩn đoán bệnh

4

Ứng dụng của bức xạ và phóng xạ trong nghiên cứu

- Các phân tử được đánh dấu phóng xạ dùng làm chất dò cho các hoạt động sinh học
- Gene sequencing
- Chiếu xạ tế bào hoặc cấu trúc nhằm mục đích nghiên cứu
- Nghiên cứu về chất độc

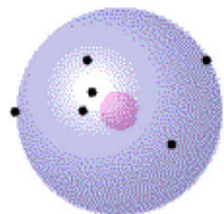
5

Ứng dụng của bức xạ và phóng xạ trong công nghiệp

- Máy gia tốc tuyến tính công nghiệp
- Các thiết bị quang tuyến
- Các thiết bị đo (mức, bề dày...)
- Chùm electron và ion (hàn, cấy ion...)
- Đo mật độ đất
- Phát hiện khối, các biến hiệu tự phát sáng và các sản phẩm tiêu dùng khác

6

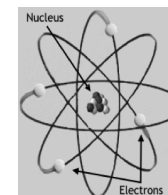
Nguyên tử và cấu trúc nguyên tử



7

Cấu trúc nguyên tử

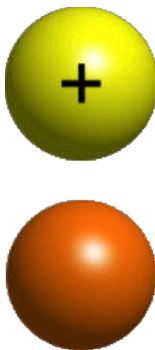
- Là đơn vị nhỏ nhất của một nguyên tố.
- Bao gồm một hạt nhân ở trung tâm và các electron quay xung quanh
- Hạt nhân bao gồm các proton các neutron.
- Số lượng electron bằng số lượng proton.
- Số lượng proton quyết định tính chất hoá học của nguyên tử
- Hạt nhân chiếm hầu hết khối lượng của nguyên tử



8

Proton và neutron (nucleon)

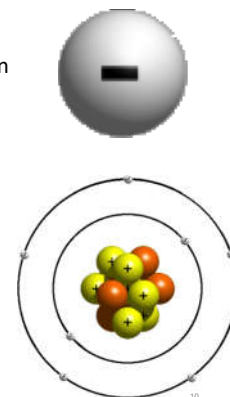
- Proton mang điện dương, kháng lại lẫn nhau
- Để tạo thành nguyên tử, cần một lực thắng được lực đẩy tĩnh điện giữa các proton
- Neutron không mang điện.
- Neutron mang lực hạt nhân rất lớn, và có vai trò “giữ” các proton lại với nhau
- Tỷ lệ neutron/proton đạt lý tưởng thì nguyên tử có tính bền



9

Electron

- Là hạt mang điện tích âm.
- Nằm ở lớp bên ngoài, bao quanh hạt nhân nguyên tử
- Số electron luôn cân bằng với số proton trong hạt nhân



10

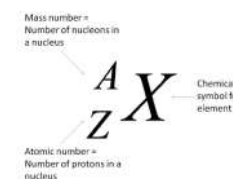
Nguyên tử

- Nguyên tử cần có một số lượng proton và neutron nhất định để đạt trạng thái cân bằng
- Nếu thêm hoặc bớt neutron, nguyên tử trở nên mất cân bằng (có tính phóng xạ)
- Khi sự thừa (hoặc thiếu) neutron tăng lên, chu kỳ bán rã giảm và năng lượng phân rã tăng lên.

11

Số khối và nguyên tử số

- Do khối lượng các e rất nhỏ nên khối lượng của một nguyên tử được quyết định bởi số proton và neutron.
- Tổng số proton và neutron gọi là số khối, ký hiệu là A (mass number)
- Số khối (A) = số neutron + số proton
- Số proton trong một nguyên tử gọi là nguyên tử số (atomic number), ký hiệu là Z
- Số proton (Z) quyết định tính chất hóa học của nguyên tử -> xác định cả loại nguyên tố.



12

Đồng vị phóng xạ

- Bức xạ: biến đổi tự phát của hạt nhân, dẫn đến hình thành một hạt nhân hoặc một nguyên tố mới.
- Thay đổi này phát ra các hạt và/ hoặc sóng điện từ.
- Đồng vị (nuclide hay isotope?) : Các nguyên tử của cùng một nguyên tố với số lượng neutron khác nhau → khối lượng nguyên tử khác nhau. Giống nhau về mặt hoá học do có cùng số proton (Z) và electron.
- Ví dụ về đồng vị: ^{12}C , ^{14}C , ^{32}P , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{235}U , ^{238}U
- Tính phóng xạ: đặc tính của các đồng vị không bền chuyển sang một trạng thái bền bằng cách phân rã phóng xạ.

13

Đồng vị phóng xạ

$$\text{Number of Neutrons} = \text{Atomic Mass} - \text{Atomic Number}$$

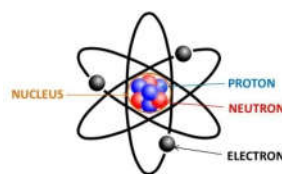
Number of Neutrons $= 12 - 6 = 6$	Number of Neutrons $= 13 - 6 = 7$	Number of Neutrons $= 14 - 6 = 8$
$^{12}_6\text{C}$	$^{13}_6\text{C}$	$^{14}_6\text{C}$
Carbon-12 98.9%	Carbon-13 1.1%	Carbon-14 <0.0001%

Isotopes of Carbon

14

Đồng vị phóng xạ

- Các nguyên tố khác nhau
→ số lượng đồng vị
phóng xạ khác nhau.
- Hydro: 3 đồng vị
(1 có tính phóng xạ)
- Chì: 32 đồng vị (3 ở trạng thái
ổn định không có tính phóng
xạ)



15

Đồng vị của hydro

Ký hiệu	Tên	Số proton	Số neutron	Số khối	Ổn định	Có tính phóng xạ
^1H	hydro	1	0	1	x	
^2H	deuterium	1	1	2	x	
^3H	tritium	1	2	3		x

$$\text{Number of Neutrons} = \text{Atomic Mass} - \text{Atomic Number}$$

Number of Neutrons $= 1 - 1 = 0$	Number of Neutrons $= 2 - 1 = 1$	Number of Neutrons $= 3 - 1 = 2$
^1_1H	^2_1H	^3_1H
protium	deuterium	tritium

Protium: 1 proton
 Deuterium: 1 proton, 1 neutron
 Tritium: 1 proton, 2 neutrons

Isotopes of Hydrogen

16

Đồng vị phóng xạ

- Số khối (như thấy trên bảng tuần hoàn): là trung bình cộng của tất cả các đồng vị của nguyên tố đó tính theo mật độ tồn tại.

$$= ((\text{số khối của đồng vị A} \times \%) + (\text{số khối của đồng vị B} \times \%))/100$$

- Ví dụ: Neon có hai đồng vị, Neon-20 (75%) và Neon-22 (25%). Số khối của Neon là 20.180.

17

Bảng tuần hoàn hoá học

The Periodic Table

18

Bảng tuần hoàn hoá học

- Mỗi hàng được gọi là một chu kỳ. Trong một chu kỳ nhất định, tính chất của các nguyên tố thay đổi theo hàng ngang.
- Mỗi cột gọi là một nhóm.
- Có 21 nguyên tố chỉ có một đồng vị tự nhiên (monotopic). Các đồng vị của các nguyên tố khác hoặc tồn tại sẵn trong tự nhiên hoặc có thể tạo ra.

Element	Nuclide	Z (p)	N (n)	Isotopic mass (u)	Notes
beryllium	⁹ Be	4	5	9.012 182(3)	
fluorine	¹⁹ F	9	10	18.998 403 2(5)	
sodium	²³ Na	11	12	22.989 770(2)	
aluminium	²⁷ Al	13	14	26.981 538(2)	
phosphorus	³¹ P	15	16	30.973 761(2)	
scandium	⁴⁵ Sc	21	24	44.955 910(6)	
manganese	⁵⁵ Mn	25	30	54.938 049(9)	
cobalt	⁵⁹ Co	27	32	58.933 200(3)	
arsenic	⁷⁵ As	33	42	74.921 60(2)	
yttrium	⁸⁹ Y	39	50	88.905 85(2)	
niobium	⁹³ Nb	41	52	92.906 38(2)	
rhodium	¹⁰³ Rh	45	58	102.905 50(2)	
iodine	¹²⁷ I	53	74	126.904 47(3)	
cesium	¹³³ Cs	55	78	132.905 45(2)	
praseodymium	¹⁴¹ Pr	59	82	140.907 65(2)	
terbium	¹⁵⁹ Tb	65	94	158.925 34(2)	
holmium	¹⁶⁵ Ho	67	98	164.930 32(2)	
thulium	¹⁶⁹ Tm	69	100	168.934 21(2)	
gold	¹⁹⁷ Au	79	118	196.966 55(2)	
bismuth	²⁰⁹ Bi	83	126	208.980 38(2)	(radioactive)
thorium	²³² Th	90	142	232.038 1(1)	(radioactive)
protactinium	²³¹ Pa	91	140	231.036 88(2)	(radioactive)

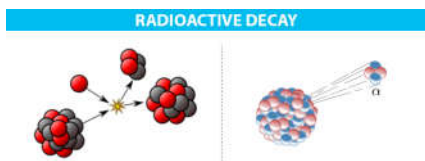
20

Đồng vị phóng xạ

- Hầu hết các nguyên tố đều có đồng vị tồn tại trong tự nhiên. Thủy ngân có 7 đồng vị tự nhiên: ¹⁹⁶Hg, ¹⁹⁸Hg, ¹⁹⁹Hg, ²⁰⁰Hg, ²⁰¹Hg, ²⁰²Hg, ²⁰⁴Hg, với tỷ lệ phần trăm lần lượt là 0.146%, 10.02%, 16.84%, 23.13%, 13.22%, 29.80% và 6.85%.
- Có 20 nguyên tố chỉ có đồng vị nhân tạo, thường là các nguyên tố nặng (nhẹ nhất là ⁴³Tc và ⁶¹Pm). Còn lại là các đồng vị với nguyên tử số từ 84 đến 88 và 89 đến 103, trừ ⁹⁰Th và ⁹²U.

Đồng vị phóng xạ

- Nhiều đồng vị có tính phóng xạ. Hạt nhân của một đồng vị phóng xạ có tính không ổn định, các đồng vị này phân rã và phát ra hạt alpha, beta và tia gamma, cho đến khi đạt trạng thái ổn định (có thể trở thành một nguyên tố khác).
- Các đồng vị với nguyên tử số > 83 và số khối > 209 đều có tính phóng xạ.
- Nhiều đồng vị nhẹ hơn cũng có tính phóng xạ, ví dụ ^3H tritium.



21

Bức xạ

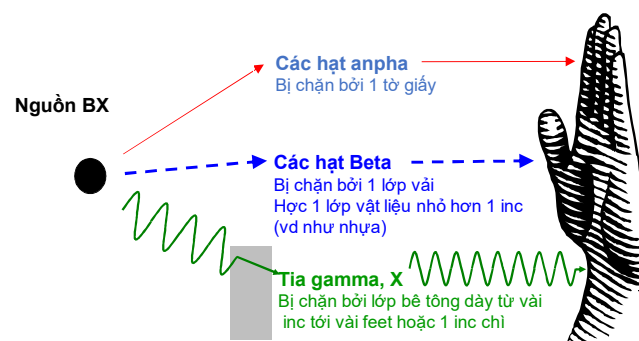
- Hạt và bức xạ điện từ phát ra khi phân rã phóng xạ: bức xạ phóng xạ.
- Bức xạ phóng xạ: gây ra ion hoá (đẩy electron khỏi nguyên tử) khi đi qua một môi trường vật chất.
- Ion hoá: quá trình bức xạ mất năng lượng.
- Trái đất: bức xạ vũ trụ, bức xạ từ sự phân rã của các đồng vị phóng xạ (ví dụ uranium) trong lòng đất và biển, và các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong cơ thể (ví dụ đồng vị của kali).

22

Các loại bức xạ ion hoá

23

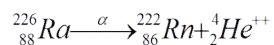
Các loại bức xạ ion hoá



24

Bức xạ alpha

- Là hạt nhân của He bị ion hoá (2 proton và 2 neutron, không có e), mang điện dương. Có kích thước lớn.
- Tính đâm xuyên: Hạt alpha di chuyển vài cm trong không khí, kết thúc khi gặp môi trường mật độ cao (ví dụ giấy dày 1mm). Lí do: mức độ ion hoá rất cao nên bức xạ mất năng lượng trong một khoảng cách rất ngắn
- Bên trong cơ thể, nếu có 1 nguồn phát ra hạt alpha thì rất nguy hiểm vì năng lượng của nó sẽ phá huỷ mô



25

Bức xạ alpha

- Các nguồn phóng xạ phát alpha:
 - Khí Radon-222 trong môi trường
 - Uranium-234 và -238 trong môi trường
 - Polonium-210 trong thuốc lá
- Các thiết bị sử dụng hạt alpha:
 - Các bộ phát hiện khói
 - Thuốc lá/cigars
 - Các thiết bị khử tĩnh

26

Bức xạ beta

- Là các hạt mang điện, electron hoặc positron.
 - Có kích thước và khối lượng bằng electron
 - Có thể mang điện âm hoặc dương
- Độ đâm xuyên:
 - Ở mức năng lượng thấp, hạt beta không có tính đâm xuyên cao. Trong không khí di chuyển cỡ vài mét. Có thể bị chặn bởi lớp da bên ngoài hoặc bằng giấy.
 - Ở năng lượng cao hơn, hạt beta có thể đâm xuyên vào lớp da bên trong. Để chặn hạt beta cần vài mm nước hoặc nhôm, hoặc 10-12mm thủy tinh hữu cơ Perspex.

27

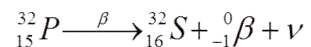
Bức xạ beta

- Độ đâm xuyên trong vật chất
 - Trong cơ thể, hạt beta không nguy hiểm như hạt alpha vì kích thước nhỏ hơn
 - Do nhỏ hơn nên di chuyển xa hơn, tương tác với hầu hết các mô (càng di chuyển càng mất năng lượng).

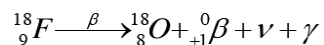
28

Bức xạ beta

- Hầu hết các chất dùng trong nghiên cứu sinh học và y tế phát ra bức xạ beta.



- Trong chẩn đoán y tế, dùng vật chất phát ra β^+ (electron dương). Bức xạ β^+ luôn đi cùng bức xạ gamma.



- ${}^{235}\text{U}$, ${}^{238}\text{U}$ và ${}^{232}\text{Th}$ đều phân rã thành đồng vị bền từ một chuỗi đồng vị phóng xạ, gồm cả hạt alpha và beta.
- ${}^{238}\text{U}$ thành ${}^{206}\text{Pb}$ qua 14 đồng vị, bao gồm ${}^{226}\text{Ra}$, ${}^{222}\text{Rn}$ và ${}^{210}\text{Po}$.

29

Bức xạ beta

- Các nguồn phát beta:
 - Tritium trong môi trường
 - Carbon-14 trong môi trường
 - Phosphor-32 trong nghiên cứu và y tế
- Các thiết bị dùng bức xạ beta
 - Tính tuổi thọ carbon
 - Nghiên cứu cơ bản
 - Điều trị ung thư

30

Bức xạ photon

- Bức xạ gamma và tia X: Bức xạ điện từ không mang khối lượng và điện tích.
- Ở mức năng lượng thấp, một photon có thể bị chặn bởi một lớp chì mỏng hoặc vài cm mô.
- Trong không khí, photon di chuyển vài chục mét.
- Ở mức năng lượng cao, có khả năng đâm xuyên cỡ vài cm vào vật liệu nặng như chì. Xuyên qua cơ thể người.
- Trong y tế, tia X và tia gamma được dùng rộng rãi.

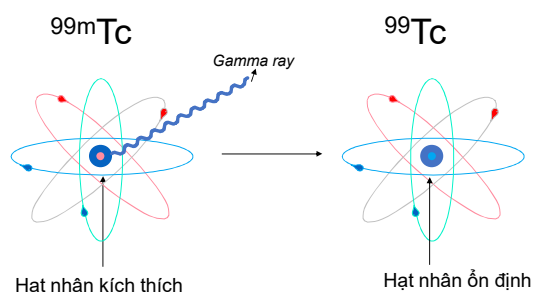
31

Bức xạ photon

- Các nguồn phát photon
 - Cesium-137
 - Technetium-99m dùng trong y tế
 - Iodine-131 dùng trong y tế
- Các thiết bị dùng nguồn phát photon
 - Xác định mật độ đất
 - Chẩn đoán trong y tế
 - Điều trị ung thư

32

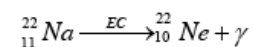
Bức xạ photon



33

Nhận electron (electron capture)

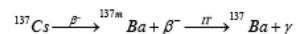
- Nhận electron: biến proton thành neutron bằng cách “nhận” một electron trong nguyên tử.
- Hạt nhân có thể phát ra tia gamma, hoặc đồng vị mới tạo ra sẽ có tính phóng xạ.



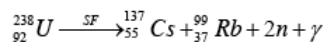
34

Chuyển đổi đồng phân (isomeric transition)

- Chuyển đổi đồng phân: Sau phân rã beta, hạt nhân con có thể ở trạng thái kích thích (không ổn định) → phát ra một photon



- Nếu photon này được một electron trong nguyên tử hấp thụ → electron này có thể bị đẩy ra khỏi nguyên tử tại một mức năng lượng cố định.
- Nhiều nguyên tử có hạt nhân lớn có thể tự phân rã thành hai phần nhỏ hơn, tạo ra 2 nguyên tử khác, neutron và tia gamma



35

Ví dụ về các chất phóng xạ

<u>Radionuclide</u>	<u>Physical Half-Life</u>	<u>Activity</u>	<u>Sử dụng</u>
Cesium-137	30 yrs	1.5×10^6 Ci	Chiếu xạ thức ăn
Cobalt-60	5 yrs	15,000 Ci	Điều trị ung thư
Plutonium-239	24,000 yrs	600 Ci	Vũ khí hạt nhân
Iridium-192	74 days	100 Ci	X quang công nghiệp
Hydrogen-3	12 yrs	12 Ci	Các tín hiệu exit
Strontium-90	29 yrs	0.1 Ci	Điều trị mắt
Iodine-131	8 days	0.015 Ci	Điều trị
Technetium-99m	6 hrs	0.025 Ci	Tạo ảnh
Americium-241	432 yrs	0.000005 Ci	Bộ phát hiện khói
Radon-222	4 days	1 pCi/l	Môi trường

36

Các đồng vị dùng trong nghiên cứu

Isotope	Physical T 1/2	Effective T 1/2	Type of Radiation	Energy of α -Radiation	Energy of β -Radiation	Specific activity (Ci/gr)
H-3	12.3 year	10/day	β	18.6 KeV	—	97000
C-14	5730 year	40/day	β	156 KeV	—	4.6
P-32	14.3 day	14.1 day	β	1.7 MeV	—	286000
S-35	87 day	44.3 day	β	167 KeV	—	42500
Ca-45	165 day	162 day	β	252 KeV	—	17600
Cr-51	27.8 day	26.4 day	β, γ	315 KeV	320 KeV	92000
Rb-86	18.7 day	13.2 day	β, γ	1.78 MeV	1.08 MeV	81400
I-125	60.2 day	41.8 day	$\gamma(x)$	—	35 KeV	17000

37

Sự phân rã phóng xạ

38

Sự phân rã phóng xạ

- Phân rã phóng xạ có tính thống kê: có thể biết bao nhiêu hạt nhân phân rã trên một đơn vị thời gian, nhưng không biết được hạt nhân của nguyên tử nào.
- N: số lượng hạt nhân tồn tại trong khoảng thời gian T. Số lượng hạt nhân sẽ phân rã trong khoảng thời gian đó là $dN/dT = -\lambda N$
- λ : hằng số phân rã của chất phóng xạ. Tốc độ phân rã của một chất phóng xạ là cố định, và không bị tác động bởi các yếu tố khác như áp suất, nhiệt độ...

→ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ Phương trình phân rã phóng xạ

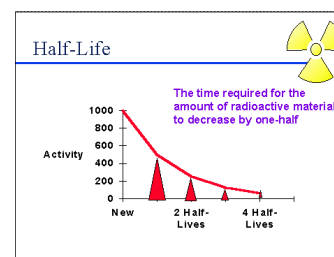
N_0 = Số lượng hạt nhân phóng xạ ở thời điểm ban đầu ($T = 0$)

Nếu $N = N_0/2$ → chu kỳ bán rã vật lý $T_{1/2p}$, chỉ phụ thuộc vào hằng số phân rã, đặc trưng cho từng chất phóng xạ.

39

Sự phân rã phóng xạ

- Chu kỳ bán rã sinh học $T_{1/2b}$: thời gian để một nửa lượng chất phóng xạ đã đi vào cơ thể phân rã hết (biến mất khỏi cơ thể).
- $T_{1/2b}$ không phải hằng số vật lý, nó phụ thuộc vào nhiều thông số sinh học và thay đổi giữa các cá thể khác nhau, và khác nhau giữa các hợp chất hoá học khác nhau với cùng một chất phóng xạ.



40

Sự phân rã phóng xạ

- Chu kỳ bán rã hiệu dụng $T_{1/2\text{eff}}$: kết hợp của $T_{1/2p}$ và $T_{1/2b}$, dùng khi cảnh báo về sự nguy hiểm của chất phóng xạ đối với cơ thể.
- Ví dụ: $T_{1/2p}$ của tritium là 12.5 năm, $T_{1/2b}$ là 12 ngày.
 $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0.693 / \lambda$
 $N = N_0 e^{-0.693T/T_{1/2}}$
- Tốc độ phân rã của chất phóng xạ được gọi là hoạt độ và đo bằng số phân rã trên giây (dps), ký hiệu A.
 Curie (Ci): 3.7×10^{10} phân rã/giây.
 $1 \mu\text{Ci} = 2.2 \times 10^6$ phân rã/phút (dpm).
 Becquerel (Bq): một phân rã/giây (dps) $\rightarrow 1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$ và
 $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

41

Sự phân rã phóng xạ

$$A = A_0 e^{-0.693T/T_{1/2}}$$

A – hoạt độ (theo Ci hoặc Bq) tại thời gian T
 A_0 – hoạt độ tại T = 0
 $A_0/A = 2^n$
 n = số lượng chu kỳ bán rã ($T/T_{1/2}$)

42

Sự phân rã phóng xạ

- Chu kỳ bán rã không có nghĩa là nếu có 15 hạt nhân thì sau khoảng thời gian bằng chu kỳ bán rã, còn lại 7.5 hạt nhân.
- Chu kỳ bán rã cho biết xác suất phân rã nguyên tử. Xác suất phân rã trong một chu kỳ bán rã bằng 50%.
- Suy giảm theo hàm mũ \rightarrow không bao giờ về 0 mà chỉ tiệm cận với 0.





43

Hoạt độ cụ thể

- Hoạt độ trên một khối lượng cụ thể của vật chất: Bq/gr, Ci/gr.
- Phụ thuộc vào hằng số phân rã của 1 chất phóng xạ cụ thể \rightarrow hoạt độ cụ thể là hằng số.
- Ví dụ: để có 1 Ci uranium cần 3 tấn uranium, nhưng để có 1 Ci ^{32}P cần 3 μg .
- Trong nghiên cứu, hoạt độ cụ thể có ý nghĩa khác. Ví dụ: thay thế 1 nguyên tử không có tính phóng xạ bằng một đồng vị phóng xạ của cùng nguyên tố đó, ví dụ hydro bằng tritium \rightarrow một số phân tử nước được đánh dấu phóng xạ \rightarrow hoạt độ cụ thể không còn là hằng số mà là số lượng phân rã thu được từ mỗi milimol nước (Bq/mmol, Ci/mmol).

44

Các đại lượng và đơn vị đo liều xạ

	DOSE	CONVENTIONAL UNITS	SI UNITS
 RADIATION UNITS UNIT OF RADIATION EXPOSURE ROENTGEN <small>AMOUNT OF RADIATION REQUIRED TO PRODUCE CERTAIN EFFECTS IN AIR</small>	EXPOSURE DOSE	ROENTGEN	COULOMB/KG
 RADIATION ABSORBED DOSE RAD <small>GRAY(SI UNIT)</small> <small>AMOUNT OF RADIATION REQUIRED TO PRODUCE CERTAIN EFFECTS IN MATERIAL</small>	RADIATION ABSORBED DOSE	RAD	GRAY
 EQUIVALENT DOSE <small>WILL TAKE QUALITY FACTOR INTO ACCOUNT</small> <small>How to quantify biological effects</small> <small>derived as Rad(R) multiplied by QF (Quality Factor)</small> <small>to obtain gray equivalent dose (Gy-eq)</small>	EQUIVALENT DOSE	REM	SIEVERT
 EFFECTIVE DOSE <small>ACCOUNTS PROPORTIONAL RISK BY VARIOUS TISSUES</small> <small>WEIGHTED TO INDIVIDUAL TISSUES TO OBTAIN</small> <small>COMPARABLE TO WHOLE BODY RADIATION</small>	EFFECTIVE DOSE	—	SIEVERT

45

Nội dung

- Năng lượng bức xạ
- Hoạt độ
- Liều hấp thụ
- Liều tương đương
- Liều hiệu dụng
- Suất liều
- Thông lượng bức xạ
- Quan hệ giữa các đại lượng đo liều bức xạ

46

Năng lượng bức xạ

- Phân rã phóng xạ có mang năng lượng. Năng lượng được truyền cho các hạt hoặc bức xạ điện từ, hoặc chuyển thành nhiệt.
- Đơn vị đo năng lượng: eV - năng lượng thu được bởi một electron khi di chuyển trong hiệu điện thế 1V.
- $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joules (J)}$.

47

Liều chiếu

- Roentgen (R): liều tia X hoặc tia gamma tạo ra một điện tích trong một cc (cm^3) không khí khô ở nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn.
- R không có tính thực tế.

48

Hoạt độ

- Hoạt độ: Tốc độ phân rã của chất phóng xạ, đo bằng số phân rã trên giây (dps), ký hiệu A.
- Curie (Ci): lượng chất phóng xạ có tốc độ phân rã 37 tỉ phân rã trong một giây (dps)
- Becquerel (Bq): lượng chất phóng xạ có tốc độ phân rã 1 phân ra trên 1 giây.
 $1 \mu\text{Ci} = 2.2 \times 10^6 \text{ phân rã/phút (dpm)}$
 $1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$
 $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
- Ci và Bq không đo khối lượng.

49

Hoạt độ cụ thể

- Hoạt độ trên một khối lượng cụ thể của vật chất: Bq/gr, Ci/gr.
- Ví dụ: để có 1 Ci uranium cần 3 tấn uranium, nhưng để có 1 Ci ^{32}P cần 3 μg ^{32}P hoặc 1g ^{226}Ra

50

Ví dụ

- Có một nguồn ^{60}Co 500mCi đã trải qua 25 năm. Chu kỳ bán rã của ^{60}Co là 5.27 năm. Tính hằng số phân rã của ^{60}Co và hoạt độ sau 25 năm.

51

Liều hấp thụ

- Rad, Gray (Gy): Liều hấp thụ đối với mọi loại bức xạ, mọi loại vật chất và năng lượng mà bức xạ có thể truyền.
- 1 Rad = 100 erg/g: nếu một gam của vật chất nào đó bị chiếu xạ hấp thụ được năng lượng bằng 100 erg, vật chất đó chịu liều 1 Rad (1 erg = 10^{-7} J).
- 1 Gy = 1 J/kg = 100 Rad: liều bức xạ được hấp thụ trong 1 kg chất hấp thụ với năng lượng 1J.
- Liều hấp thụ là một đơn vị đo rất hữu dụng. Tuy nhiên khi đánh giá tổn thương do việc bị chiếu xạ gây ra, cần xét đến loại bức xạ, do mỗi loại có khả năng ion hoá và truyền năng lượng khác nhau.

52

Hệ số chất lượng (QF)

- $QF = 1$ đối với tia X, gamma và β . Với bức xạ α , $QF = 20$.
- Ý nghĩa: với cùng liều hấp thụ, bức xạ α sẽ gây tổn thương gấp 20 lần so với bức xạ gamma hoặc β .

53

Ví dụ

- Trong 1 năm 1 công nhân nhận liều bức xạ gamma 0.02 Gy và liều bức xạ neutron nhiệt Ns 0.002 Gy và liều neutron nhanh 0.001 Gy. Tính liều tương đương tổng cộng?

54

Tổn thương sinh học tương đối – Liều tương đương

- Đánh giá tổn thương của cơ thể người khi tiếp xúc với phóng xạ (liều tương đương).
- Rem: Roentgen equivalent man.
- $Rem = Rad \times QF$: Liều bức xạ (Rad) gây ra tổn thương sinh học tương đương với 1 Rad tia X hoặc tia gamma.
- Sv (Sivert) = $Gy \times QF$
- Vì $1 Gy = 100 Rad \rightarrow 1 Sv = 100 Rem$.
- Cho phép đánh giá tổn thương tức thời và tổn thương kéo dài khi cơ thể người tiếp xúc với bức xạ.

55

Liều hiệu dụng

- Để đánh giá đầy đủ hơn hiệu ứng huỷ hoại do bức xạ trên cơ thể trong mọi trường hợp chiếu xạ \rightarrow Liều hiệu dụng (effective dose), ký hiệu là E (Sv)
- Liều hiệu dụng trên cơ thể bằng tổng của các liều tương đương trên tất cả các mô và cơ quan của cơ thể nhân với trọng số của mô hoặc cơ quan tương ứng, ký hiệu là w_T . Ta có:

$$E = \sum H_T w_T$$

- H_T là liều tương đương trên mô T
- w_T là trọng số mô của mô hoặc cơ quan T.

56

Bảng trọng số mô

Mô hoặc cơ quan	Trọng số mô, w_T^*
Cơ quan sinh dục	0,20
Tủy xương đỏ	0,12
Ruột già	0,12
Phổi	0,12
Dạ dày	0,12
Bong đái	0,05
Vú	0,05
Gan	0,05
Thực quản	0,05
Tuyến giáp	0,05
Dạ	0,01
Mật xương	0,01
Phần còn lại	0,05
Tổng cộng toàn thân	1,00

* Đây là các giá trị trung bình trên toàn bộ dân số thuộc mọi lứa tuổi và giới tính. Chúng được áp dụng cho cả nhân viên và dân chúng.

57

Suất liều

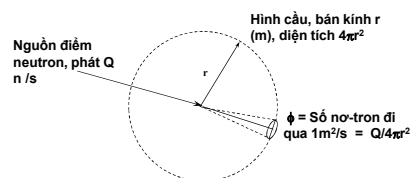
- Khi kiểm soát mối nguy hại do bức xạ, ta cần tính tới suất liều, nghĩa là liều nhận được trong một đơn vị thời gian.
- Đơn vị suất liều hấp thụ bằng Gy/h, mrem/h.
- Mối quan hệ giữa liều, suất liều, và thời gian là:
Liều = suất liều x thời gian
- Ví dụ: Suất liều 1 mrem/h đối với một người làm việc với bức xạ có nghĩa là trong một giờ liều người đó nhận được là 1 mrem. Nếu người đó làm việc hàng ngày với bức xạ, trong một năm liều người đó nhận được sẽ vào khoảng 2000 mrem.

58

Thông lượng bức xạ

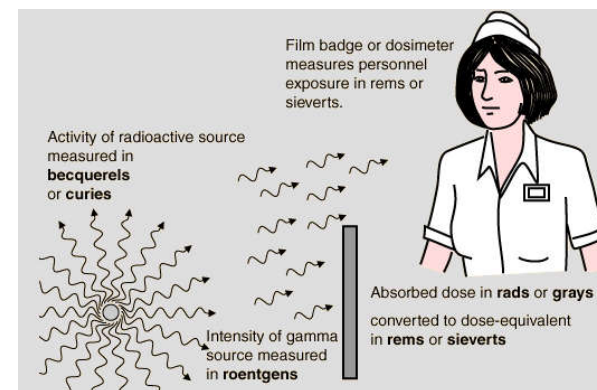
- Một trường bức xạ thường được đo bằng số lượng hạt hoặc photon đi qua một đơn vị diện tích tiết diện trong một đơn vị thời gian → suất thông lượng trường bức xạ (thông lượng trường bức xạ) (ký hiệu là Φ).

$$\Phi = \frac{Q}{4\pi r^2} \quad (\text{số hạt } n / (\text{cm}^2\text{s}))$$



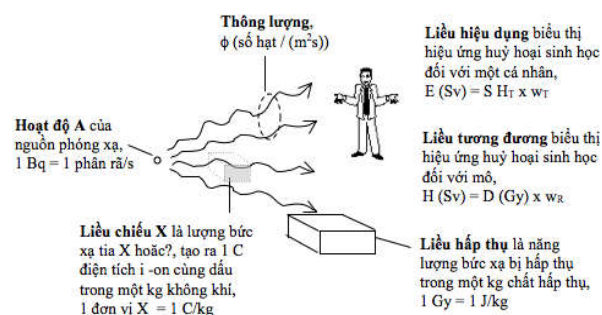
59

Quan hệ giữa các đại lượng đo liều bức xạ



60

Quan hệ giữa các đại lượng đo liều bức xạ



61

Ví dụ

- Ví dụ 1:** Tính liều tương đương cho phép trong một năm đối với tuyến giáp của một nhân viên nếu người đó bị chiếu xạ không đồng đều, bao gồm trên toàn thân, phổi, và tuyến giáp. Biết trong một năm, người này chịu một liều tương đương 10 mSv trên toàn thân và 50 mSv trên phổi.
- Ví dụ 2:** Sử dụng các trọng số mô cho trong Bảng 6.2, tính toán các giới hạn liều tương đương trong một năm cho mỗi cơ quan sau đây, giả sử mỗi cơ quan đó bị chiếu xạ hoàn toàn tách biệt: cơ quan sinh dục và tuyến giáp.
- Ví dụ 3:** Một người được phép nhận một liều không quá 1 mSv trong một tuần, hỏi người đó được phép làm việc tối đa bao nhiêu giờ trong một khu vực có suất liều là 50 microSv/h?

62

Nhận xét

- Đối với hầu hết các mô và cơ quan của cơ thể, các giới hạn liều tương đương “ngẫu nhiên” thấp hơn các ngưỡng liều tại đó bắt đầu xảy ra các hiệu ứng tất nhiên (nói chung vào khoảng 500 mSv mặc dù có một số ít mô có độ nhạy cảm bức xạ cao hơn). Vì vậy, những giới hạn liều hiệu dụng như trên là đủ để đảm bảo tránh được các hiệu ứng tất nhiên trên hầu hết các mô và cơ quan.

63

Tổn thương do tiếp xúc với phóng xạ

- Khi cơ thể tiếp xúc với phóng xạ, xảy ra ion hoá. Các nguyên tử tạo thành tế bào trong mô cơ thể sẽ bị mất electron \rightarrow 1 cặp electron và ion được tạo ra \rightarrow các quá trình hoá học sẽ xảy ra giữa các phân tử trong cơ thể, electron và ion \rightarrow gây phá huỷ tế bào và huỷ diệt mô.
- Cần tránh phóng xạ đi vào cơ thể, do năng lượng phóng xạ sẽ phân rã trong cơ thể, gây ion hoá và huỷ diệt tế bào.
- Các tế bào đang phân chia nhạy cảm nhất với phóng xạ \rightarrow dùng phóng xạ để diệt tế bào ung thư \rightarrow ảnh hưởng tức thời.
- Ảnh hưởng lâu dài: tăng nguy cơ ung thư, ví dụ thảm hoạ Chernobyl.
- Các thiết bị hiện đại được thiết kế sao cho không gây ra ảnh hưởng tức thời và ảnh hưởng lâu dài được tối thiểu hoá.

64

Tương tác của photon với vật chất

- Hiệu ứng quang điện: photon được hấp thụ bởi electron, đẩy bật electron ra khỏi nguyên tử.
- Tán xạ Compton: photon được hấp thụ bởi electron, và phát ra theo một hướng ngẫu nhiên ở mức năng lượng thấp hơn.
- Phản ứng tạo cặp: Photon mang năng lượng cao sẽ tạo ra cặp electron/positron khi đi gần hạt nhân nguyên tử.

65

Nguồn phóng xạ tự nhiên

- 4 nguồn chính:
 - Từ các đồng vị phóng xạ sinh học
 - Từ các vật liệu địa chất
 - Từ tia vũ trụ và các đồng vị phóng xạ vũ trụ
 - Radon từ lòng đất
- Trung bình 1 người nhận 300 mrem/năm.

66

Các đồng vị phóng xạ tự nhiên

- Có ba loại chính: nguyên thủy, progeny of U and Th, và các đồng vị hình thành từ phản ứng hạt nhân trong tự nhiên.
- Các đồng vị nguyên thủy gồm đồng vị của U, Th và K.
- U và Th phân rã tạo ra các đồng vị con có thời gian tồn tại ngắn.
- Các đồng vị phóng xạ vũ trụ được tạo ra liên tục từ các quy trình tự nhiên, ví dụ ^3H , ^{10}Be , ^{26}Al , ^{14}C ...
 - $^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{14}\text{C} + p$: phản ứng n-p
 - Ngoài ra còn phản ứng (p, n), (n, gamma), (n, alpha).

67

Phóng xạ sinh hoá

- Kali tự nhiên chứa một lượng nhỏ (0.01%) chất phóng xạ K-40.
- Kali là một dưỡng chất sống còn mà tế bào cần \rightarrow cơ thể luôn chịu phóng xạ từ nguồn Kali trong cơ thể, khoảng 35 mrem/năm.

68

Phóng xạ từ các vật liệu địa chất

- Kali có trong đá và khoáng chất và có trong mọi loại đất.
- Trong đá và đất cũng có Uranium và Thorium, ở nồng độ thấp hơn.
- U và Th phân rã thành Pb-206 qua một chuỗi các đồng vị như radium, radon và bismuth → đá chứa uranium sẽ chứa các đồng vị phóng xạ khác.
- Liều từ các vật liệu phóng xạ địa chất thường vào khoảng 10 – 20 mrem/năm.

69

Radon

- Một sản phẩm của phân rã U-238 là radon-222 (khí).
- Radon cũng phân rã thành các hạt nhân phát ra hạt alpha → hít phải một phân tử radon có thể dẫn tới 4 hạt alpha trong phổi.
- Chúng ta nhận khoảng 200 mrem/năm từ hít phải khí radon.

70

Tia vũ trụ

- Từ mặt trời và dải ngân hà.
- Chúng ta nhận khoảng 27 mrem/năm từ tia vũ trụ.

71

Cấu tạo tế bào

72

Tế bào là gì

- Tế bào là các đơn vị tạo nên thực thể sống. Cơ thể người bao gồm hàng tỉ tế bào.
- Tế bào cung cấp cấu trúc cho cơ thể, hấp thụ dưỡng chất từ thức ăn, chuyển dưỡng chất thành năng lượng, và thực hiện các chức năng chuyên biệt.
- Tế bào có chứa thông tin di truyền của cơ thể và có thể tự nhân lên về số lượng.

73

Các thành phần của tế bào

- Cytoplasm: phần xung quanh nhân tế bào



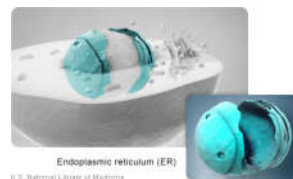
U.S. National Library of Medicine

- Cytoskeleton: Là một hệ thống các sợi trục tạo nên khung cho tế bào, quyết định hình dạng tế bào, tham gia vào phân chia tế bào và cho phép tế bào di chuyển.

74

Các thành phần của tế bào

- Endoplasmic reticulum (ER): Xử lý các phân tử tạo ra bởi tế bào, vận chuyển các phân tử này đến các vị trí cụ thể trong và ngoài tế bào.



U.S. National Library of Medicine

75

Các thành phần của tế bào

- Golgi apparatus: Đóng gói các phân tử đã được ER xử lý để đưa ra khỏi tế bào



U.S. National Library of Medicine

- Lysosome và peroxisome: Là trung tâm tái chế, triệt tiêu các vi khuẩn lạ xâm nhập vào tế bào, loại bỏ các chất độc trong tế bào, tái chế các thành phần trong tế bào.



U.S. National Library of Medicine

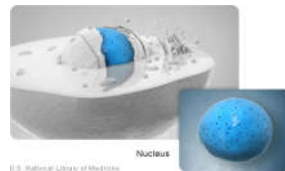
76

Các thành phần của tế bào

- Mitochondria: là cơ quan phức chuyển đổi năng lượng từ thức ăn thành dạng tế bào có thể sử dụng được.



- Nhân tế bào: Là trung tâm điều khiển của tế bào, điều khiển việc phát triển, phân chia hoặc chết. Có chứa DNA (deoxyribonucleic acid), chất liệu di truyền của tế bào.

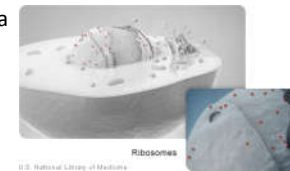


Các thành phần của tế bào

- Màng tế bào (plasma membrane): Là lớp ngoài cùng, cho phép nhiều chất đi vào và đi ra khỏi tế bào.



- Ribosome: là cơ quan xử lý các chỉ thị về di truyền của tế bào để tạo ra protein. Trôi nổi trong cytoplasm hoặc gắn vào ER



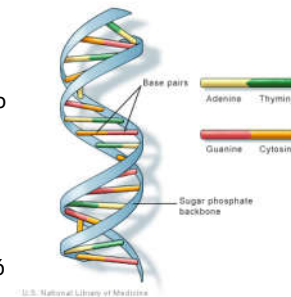
DNA

- Là chất liệu di truyền.
- Gần như tất cả tế bào trong cơ thể người có cùng DNA.
- Hầu hết các DNA nằm trong nhân tế bào.
- Thông tin của DNA được lưu dưới dạng mã cấu thành từ 4 để hoá học: adenine (A), guanine (G), cystosine (C) và thymine (T).
- DNA của người có khoảng 3 tỉ để, hơn 99% giống nhau giữa mọi người.
- Thứ tự các để này quyết định thông tin về việc tạo nên và duy trì một cơ quan nào đó.

79

DNA

- A ghép với T và C với G, tạo thành các đơn vị gọi là cặp để.
- Mỗi để gắn với một phân tử đường và phot-phát.
- Một để, đường và phot-phát tạo thành một nucleotide. Các nucleotide được sắp thành hai dài dài xoắn ốc, gọi là đường xoắn ốc kép (double helix).
- DNA có thể tự nhân đôi.
- Khi phân chia, tế bào mới cần có bộ DNA giống của tế bào cũ.



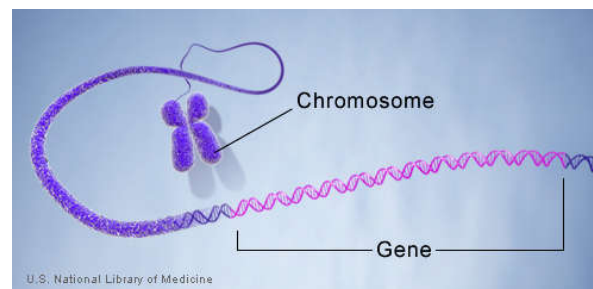
80

Gien

- Gien là đơn vị vật lý và chức năng của di truyền. Gien được tạo thành từ DNA, đóng vai trò chỉ thị để tạo ra các phân tử gọi là protein.
- Ở người, gien có kích thước thay đổi từ cỡ vài trăm đến DNA đến 2 triệu đối.
- Bộ gien của người bao gồm khoảng 20000 đến 25000 gien.
- Mỗi người có hai bản giống hệt nhau của cùng 1 gien, một từ cha và 1 từ mẹ.
- Hầu hết các gien ở người là giống nhau, chỉ một số lượng nhỏ (<1%) là khác nhau.
- Gien đẳng vị (allele) là các dạng hơi khác nhau ở DNA của cùng một gien, tạo ra đặc điểm khác nhau trên mỗi cá thể.

81

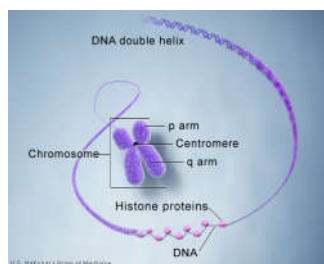
Gien



82

Nhiễm sắc thể (chromosome)

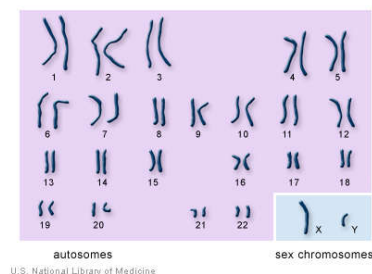
- Trong nhân tế bào, phân tử DNA được đóng gói lại thành các cấu trúc dạng dài gọi là nhiễm sắc thể.
- Nhiễm sắc thể được tạo thành từ DNA quấn chặt nhiều vòng quanh một protein gọi là histone.
- Nhiễm sắc thể không quan sát được ngay cả với kính hiển vi khi tế bào không phân chia. Khi tế bào phân chia, DNA quấn chặt hơn quanh histone và vì vậy quan sát được.



83

Nhiễm sắc thể (chromosome)

- Con người có 23 cặp nhiễm sắc thể.
- 22 cặp, được gọi là autosome, giống y hệt nhau ở nữ và nam.
- Cặp 23, gọi là nhiễm sắc thể giới tính, khác nhau giữa nữ và nam.
- Nữ: hai nhiễm sắc thể X.
Nam: X và Y.



84

Hiệu ứng sinh học khi bị chiếu xạ

85

Tương tác với tế bào

- Bức xạ gây ra hiện tượng ion hoá tế bào → tạo ra các gốc tự do có thể tấn công DNA, gây ra nhiều tổn thương, nhiều tổn thương có tính gây ung thư.
- Bức xạ cũng có thể trực tiếp gây đứt gãy DNA.
- Tuy nhiên, bức xạ được coi là một nguồn gây ung thư **yếu**.

86

Phản ứng của tế bào

- Các tế bào có khả năng sửa chữa DNA bị phá huỷ do bức xạ và từ các tác nhân gây biến đổi gen khác.
- Biến đổi gen chỉ xảy ra khi phá huỷ DNA được truyền cho 1 tế bào con.
- Các tế bào có thể phục hồi các phá huỷ hoặc chết đi thì không gây ra biến đổi gen.

87

Phục hồi phá huỷ của DNA

- Có 3 kiểu:
 - Phá huỷ được phục hồi hoàn toàn (không biến đổi gen)
 - Phá huỷ không được phục hồi hoàn toàn (hoặc không được phục hồi) và tế bào chết đi (không biến đổi gen)
 - Phá huỷ không được phục hồi hoàn toàn và tế bào không chết (biến đổi gen)
- Biến đổi gen có thể:
 - Gây hại – dị dạng sơ sinh, ung thư...
 - Có lợi – tiến hoá
 - Không hại không lợi - là loại phổ biến nhất
 - Phần lớn bộ gen là không mã hoá
 - Không phải tất cả các gen đều hoạt động trong một tế bào
 - Nhiều để có thể được thay đổi nhỏ mà không làm thay đổi amino acid hoặc protein.

88

Các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhạy phóng xạ của tế bào

- Các yếu tố khiến tế bào nhạy hơn với bức xạ
 - Ít chuyên biệt hơn
 - Tốc độ phân chia nhanh hơn
 - Chu kỳ sinh sản dài hơn
 - Mức oxy cao hơn

89

Hai loại chiếu xạ

- Cấp tính: tiếp xúc với nguồn xạ liều cao trong thời gian ngắn.
 - Thường xảy ra trong các thảm họa...
- Lập lại: tiếp xúc với nguồn xạ liều thấp trong các khoảng thời gian dài.
 - Thường xảy ra với đội ngũ nhân viên làm về bức xạ.

90

Chiếu xạ cấp tính trên toàn cơ thể

- Chiếu xạ cấp tính toàn cơ thể với liều cao có thể gây tử vong.
- Cháy nắng là một dạng nhẹ của chiếu xạ cấp tính.
- Nếu liều trên da vào cỡ vài trăm rem, bắt đầu bị đỏ da. Liều tăng lên, mọc mụn nước và bong da.
- Chiếu xạ cấp tính toàn thân có thể gây ra rụng tóc, buồn nôn...

91

Chiếu xạ cấp tính trên toàn cơ thể

- Các triệu chứng báo trước: xuất hiện vài giờ sau khi bị chiếu xạ, kéo dài vài ngày. Ở liều thấp, gây mệt, buồn nôn và nôn. Ở liều cao, gây sốt, tiêu chảy, hạ huyết áp. Thường liều từ 100 rem trở lên.
- Các triệu chứng về máu: bắt đầu xuất hiện từ 300 đến 800 rem, tế bào gốc bị triệt tiêu → tế bào chết đi không được thay thế → giảm hồng cầu → gây các bệnh nhiễm trùng... Ở liều cao, bệnh nhân sẽ bị lạnh run, kiệt sức, rụng tóc, lở loét miệng, chảy máu, nhiễm trùng... Nếu không được điều trị, liều 300 – 400 rem sẽ là ngưỡng tử vong đối với 50% số người bị chiếu xạ. Nếu được điều trị, ngưỡng liều 700 – 800 rem. $LD_{50} = 300 - 400 \text{ rem}$.

92

Chiếu xạ cấp tính trên toàn cơ thể

- Triệu chứng tiêu hoá: liều 1000 rem trở lên, thường tử vong sau 3-10 ngày.
- Triệu chứng tim mạch: liều 10,000 rem, hệ thần kinh trung ương bị tổn thương. Kèm theo các triệu chứng ở các cơ quan khác của cơ thể. Tử vong sau vài giờ đến vài ngày: nôn, tiêu chảy tức thời, mất phương hướng, co giật, sau đó là hôn mê và tử vong.

93

Chiếu xạ cấp tính trên toàn cơ thể

- ~ 1rem - phá huỷ nhiễm sắc thể
- ~ 25 rem - thay đổi số lượng hồng cầu
- ~ 100 rem – bị bệnh do nhiễm xạ
- ~ 450 rem - LD₅₀
- ~ 1000 rem - LD₁₀₀
- Ở mức độ chiếu xạ cao hơn, xảy ra nhiều hội chứng
 - GI, CNS, hematopoietic...
- Chiếu xạ các bộ phận cơ thể ở liều cao có thể không gây ra tử vong (ví dụ trong điều trị ung thư, XRD...)

94

Chiếu xạ lâu dài

- Ảnh hưởng không được xác định rõ như với cấp tính
- Các quy định hầu hết được dựa trên giả thuyết LNT: mọi bức xạ trên mặt đất đều có khả năng gây hại và tác hại tỷ lệ với liều
- Tuy nhiên, có bằng chứng về việc tồn tại một ngưỡng mà dưới ngưỡng đó, bức xạ không gây hại hoặc còn có lợi
- Vẫn còn nhiều tranh cãi
- Có nghiên cứu cho thấy một số người sống sót sau thảm hoạ Hiroshima, Nagasaki và Chernobyl không bị tăng khả năng ung thư (trong một vài ca, xác suất này còn giảm)

95

Nguy cơ

- Sử dụng LNT, tỷ lệ bị ung thư do tiếp xúc với bức xạ 100 – 200 mrem/năm ở trên mặt đất là 1 trong 10000.
- Tỷ lệ chết do tai nạn oto là 1 trong 7000 mỗi năm (1 trong 100 trong cả cuộc đời)
- Nguy cơ bị ung thư do môi trường sống là 16 trong 100.

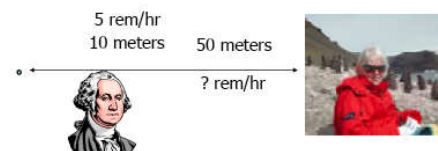
96

Liều bức xạ và tính toán che chắn bức xạ

97

Ảnh hưởng của khoảng cách lên liều xạ

- Liều giảm theo tỷ lệ bình phương khoảng cách đến nguồn xạ.
- Gấp đôi khoảng cách → giảm liều đi 4 lần



98

Che chắn bức xạ

- Để giảm liều xạ, bảo vệ những người làm việc trong môi trường có bức xạ
- $DR_{sh} = DR_{unsh} \times e^{-\mu x}$
- x : bề dày che chắn, μ : hệ số suy giảm

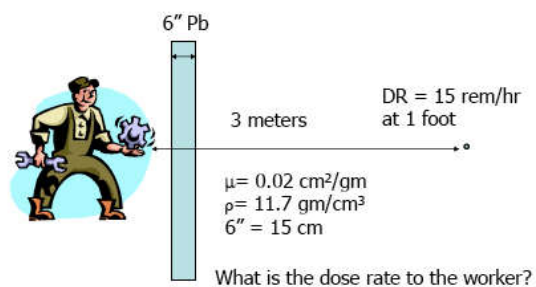
99

Hiệu ứng tích lũy

- Trong các tình huống thực tế, chùm bức xạ rất rộng, và tia gamma có thể tán xạ trong phần che chắn quay trở lại chùm chính → góp phần vào liều xạ.
- Hiệu ứng tích lũy khiến liều xạ thường cao hơn liều được tính khi có che chắn.
- Hệ số tích lũy thay đổi theo mức năng lượng của tia gamma và theo vật liệu che chắn (cần tham khảo nguồn chuẩn).
- $DR_{sh} = B \times DR_{unsh} \times e^{-\mu x}$

100

Hiệu ứng tích lũy



101

Hằng số gamma

- Mọi đồng vị phát xạ gamma sẽ có một hằng số gamma.
- $DR = \Gamma A$ tại khoảng cách 1m. Γ là hằng số gamma (r/hr per Ci) tại khoảng cách 1m.
- Ví dụ: $\Gamma_{\text{Co-60}} = 1.33 \text{ r/hr per Ci @ 1m}$.
- Một nguồn 1000 Ci sẽ có suất liều 1330 r/hr @ 1m, hoặc 330 r/hr @ 2m.
- $\Gamma_{\text{Cs-137}} = 0.332 \text{ r/hr per Ci @ 1m}$. Tính liều từ một nguồn Cs-137 500 Ci @ 2m?

102

Ví dụ

- Tính liều xạ một người phải chịu nếu người này đứng cách 1 nguồn ^{60}Co 1500 Ci 5m trong 2 giờ. Biết $\Gamma_{\text{Co-60}} = 1.33 \text{ r/hr per Ci @ 1m}$.

Tính liều xạ từ nguồn này sau 33 năm. Biết $T_{1/2}$ của ^{60}Co là 5.27 năm.

- Suất liều ở khoảng cách 1m từ nguồn khi có 10cm chì che chắn, biết 5 cm chì sẽ giảm suất liều 10 lần đối với ^{60}Co .

103

Radiation detector và các thiết bị theo dõi cá nhân

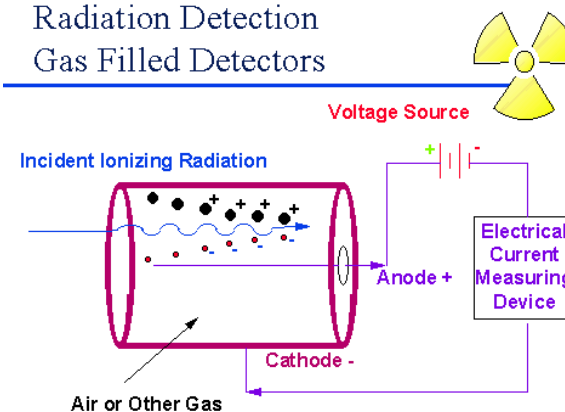
104

Các loại detector

- Khí (gas-filled detectors):
 - Ống Geiger-Mueller (GM)
 - Buồng ion
 - Bộ đếm tỷ lệ
- Các detector tinh thể phát sáng
 - Tinh thể NaI
 - Tinh thể kẽm sunfat ZnS
 - Các bộ đếm phát sáng dạng chất lỏng

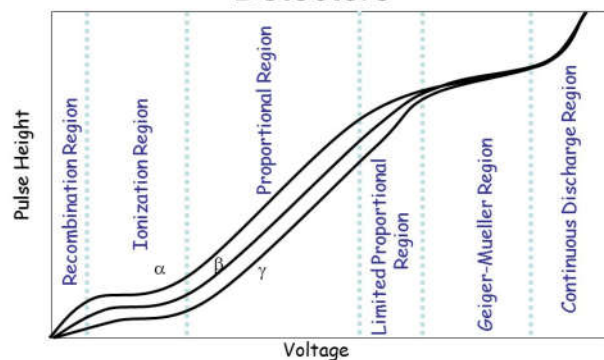
105

Radiation Detection Gas Filled Detectors



106

Operating Regions of Gas-Filled Detectors



107

Ống GM

- Khí giữa điện áp cao thế
- Bức xạ khiến khí bị ion hoá hoàn toàn \rightarrow đếm
- Có khoảng “thời gian chết” rất ngắn sau mỗi lần đếm để ống bão hoà
- Có ba loại đầu dò: “pancake”, “hot dog” và bù năng lượng
- Dùng để kiểm tra ô nhiễm và phóng xạ



108

Hạn chế của ống GM

- Không nhạy với năng lượng (trừ đối với ống GM bù năng lượng)
- Thời gian chết có nghĩa là tốc độ đếm cao sẽ làm bão hoà ống
- Không nhạy với hạt beta và tia gamma năng lượng thấp.

109

Ưu điểm của ống GM

- Khá đơn giản và rẻ
- Khá bền
- Hiệu quả đếm khá ổn định trên một dải rộng năng lượng bức xạ

110

Ống GM được dùng cho

- Đầu dò pancake rất hữu dụng trong kiểm tra ô nhiễm
- Đầu dò hot-dog rất hữu dụng trong kiểm tra phóng xạ khi được chuẩn trực đúng
- Ống bù năng lượng hữu dụng trong kiểm tra mức phóng xạ

111

Buồng ion

- Bức xạ gây ra ion hoá trong buồng ion
- Hiện tượng ion hoá tạo ra dòng điện, cường độ dòng điện này phụ thuộc vào suất liều bức xạ.
- Dùng để đo mức độ phóng xạ
- Độ nhạy không phụ thuộc vào năng lượng bức xạ
- Buồng ion hoá điều áp thì nhạy hơn và đáp ứng nhanh hơn, nhưng có thể bị rò rỉ



112

Áp suất buồng ion và hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ

- $ADF = [(273.2 + T_2)/(273.2 + T_1)]P_1/P_2$

113

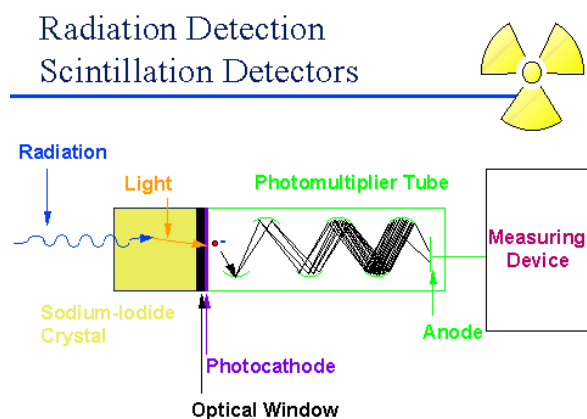
Bộ đếm tỷ lệ

- Các tương tác bức xạ tạo ra các đỉnh điện áp đọc
- Kích thước các đỉnh tỷ lệ với năng lượng bức xạ
- Vì hạt alpha mang nhiều năng lượng hơn hạt beta, có thể sử dụng cùng một detector để đếm alpha và beta cùng lúc.
- Tuy nhiên, cần luồng khí propan ổn định để bộ đếm hoạt động đúng.



114

Radiation Detection Scintillation Detectors



115

Nal scintillation detector

- Các tinh thể phát ra photon khi tương tác với tia gamma.
- Photon di chuyển đến ống nhân quang, ở đây tín hiệu được khuếch đại
- Nhạy với bức xạ gamma
- Dùng để kiểm tra ô nhiễm và bức xạ đối với các nguồn phát gamma
- Cũng có thể dùng để xác định đồng vị (nuclide ID) (khi dùng với bộ phân tích đa kênh)

116

Kích thước detector NaI

- Tinh thể mỏng (1" x 1mm) - dùng cho tia gamma năng lượng thấp (10 – 100 keV)
- Tinh thể dày (1" x 1") – tia gamma năng lượng cao (100+ keV)
- Các tinh thể dày hơn (2" x 2", 3 x 3" và lớn hơn)
- Trị số đếm đối với nền tăng khi kích thước tinh thể tăng - lên tới 14000 cpm với tinh thể 3" x 3".

117

Hạn chế của NaI

- Không nhạy với bức xạ alpha và beta
- Thường có hiệu suất thấp
- Thường có trị số đếm nền cao hơn ống GM (khó phát hiện ô nhiễm mức thấp)
- Các tinh thể dễ bị hỏng và nhạy với nhiệt

118

Ưu điểm của NaI

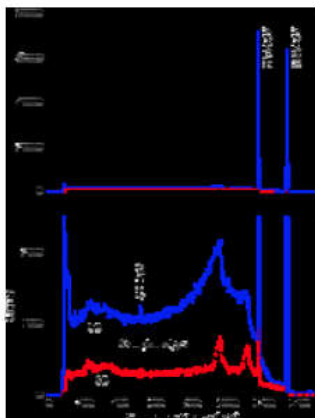
- Có thể dùng tinh thể to để tăng độ nhạy
- Có thể dùng để xác định đồng vị bằng cách tìm mức năng lượng gamma cụ thể
- Có thể dùng để đo mức độ bức xạ vì số photon tỷ lệ với năng lượng tia gamma

119

Ứng dụng của NaI

- Xác định đồng vị và phổ gamma
- Các mức phóng xạ (thường là một phần của micro-R kế)
- Đo ô nhiễm gamma
- Có thể dùng để đo các bức xạ beta qua bức xạ hãm phát ra từ các hạt beta tương tác với tinh thể, nhưng độ tin cậy không cao

120



Ideal
versus
actual
gamma
spectrum

121

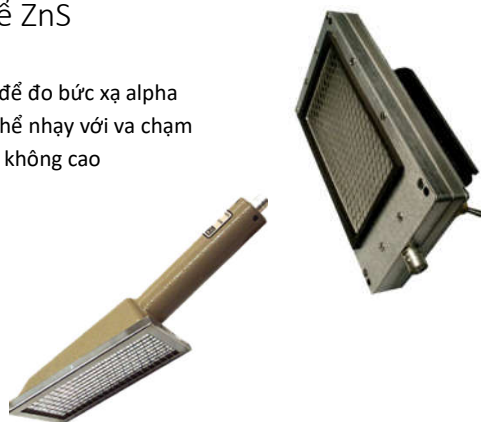
Các đặc điểm của phổ bức xạ gamma

- Tia X có năng lượng cỡ 100 keV, được tạo ra bởi hấp thụ quang điện ở phần vật chất xung quanh tinh thể
- Tán xạ ngược vào cỡ 250 keV, do các tia ngoài detector tán xạ ngược gây ra
- Sự huỷ hạt (annihilation) vào cỡ 511 keV, từ sự phát hiện photon huỷ hạt từ phản ứng tạo cặp ngoài tinh thể Ge
- Thoát hạt đơn hoặc kép vào cỡ 511 keV và 1022 keV dưới năng lượng đỉnh. Tại năng lượng lớn hơn hai lần năng lượng electron (1.002 MeV), có thể xảy ra phản ứng tạo cặp. Positron kết hợp với electron và phân rã thành hai tia mỗi tia năng lượng 511keV, nếu một trong hai tia này tránh được tương tác với detector, năng lượng thoát sẽ bằng -511 keV hoặc -1022 keV.
- Tán xạ Compton gây ra truyền năng lượng tối đa khi góc tán xạ = 180° . Phổ Compton tăng khi góc tán xạ giảm.
- Tia gamma từ Co có năng lượng đỉnh ở 1173 và 1333 keV.
- Trong spectroscopy, năng lượng được quan tâm nhất là 0.2 đến 2 MeV.

122

Tinh thể ZnS

- Chỉ dùng để đo bức xạ alpha
- Các tinh thể nhạy với va chạm
- Hiệu suất không cao



123

Bộ đếm chất lỏng phát sáng

- Dùng để đếm các chất phát xạ beta
- Nhạy với dải rộng năng lượng beta
- Có thể tự hiệu chỉnh hiệu suất đếm (xuất ra DPM)
- Có thể đếm nhằm điện tích tĩnh điện và các chất phát quang hoá học
- Đắt (\$40K hoặc hơn)

124

Các detector khác

- Detector neutron (dùng cho neutron nhanh và neutron nhiệt)
- Các máy phổ gamma HPGe
- Phổ alpha (nhiều loại)
- Detector radon
- Buồng ion điều áp áp suất cao (lên tới 25 at)
- Đếm toàn thân
- ...

125

Liều kế cá nhân

- Cần nhẹ, có độ bền cao, độ tin cậy cao.
- Giá thành rẻ
- Các loại:
 - Miếng phim
 - Buồng ion bỏ túi
 - Liều kế phát quang nhiệt (TLD)

126

Film badge



127

Film badge

- Đọc được tia X, gamma và bức xạ beta
- Chính xác từ 10 mrem – 500 rem
- Mật độ nhất định tương ứng với mức độ phóng xạ nhất định.
- Được so sánh với một miếng chuẩn
- Nhẹ, bền, giá thành rẻ, lưu được vĩnh viễn
- Có thể phân biệt được bức xạ tán xạ và bức xạ chính
- Có thể phân biệt được tia X, tia gamma và hạt beta
- Có thể biết được hướng bức xạ
- Chỉ đo được khi đeo trên người, có thể bị ảnh hưởng bởi nhiệt và độ ẩm
- Độ nhạy giảm với năng lượng $\sim 50\text{keV}$
- Phải rửa phim
- Độ chính xác + hoặc - 20%

128

Liều kế bỏ túi

- Có độ nhạy cao nhất
- Có hai loại:
 - Tự đọc
 - Không tự đọc
- Chỉ đọc được 1 lần
- Phát hiện tia X hoặc gamma
- Nhỏ gọn, dễ dùng, khá chính xác và nhạy, đọc tức thời.
- Đắt
- Có thể mất dữ liệu
- Đọc ngay, không lưu được kết quả
- Dễ hỏng nếu bị rơi



129

TLD

- Hình dạng giống phim
- Chứa 1 tinh thể lithium fluoride
- Năng lượng bức xạ kích thích và ion hoá các phân tử của vật liệu phát quang nhiệt.
- Một phần năng lượng bị các tạp chất giữ lại, khi vật liệu nóng đến một nhiệt độ nhất định, năng lượng giữ này được giải phóng dưới dạng ánh sáng.
- Cường độ sáng tỷ lệ với năng lượng hấp thụ trong vật liệu, nên tỷ lệ với liều xạ hấp thụ.
- Ánh sáng được đo bằng ống nhân quang
- Chính xác hơn phim



130

TLD

- Nhỏ, trơ về mặt hoá học
- Tương đương với mô
- Thay đổi nhỏ về độ nhạy theo chất lượng bức xạ
- Dùng cho phổ rộng chất lượng bức xạ
- Dùng cho phổ rộng liều (1 mR – 1000R)
- Độ nhạy không phụ thuộc suất liều
- Đọc ra đơn giản, nhanh và ổn định
- Có thể lưu liều trong thời gian dài
- Đắt hơn phim
- Chỉ đọc được 1 lần
- Phải đeo lên người
- Không cho biết thông tin về liều đến



Liều kế phát sáng kích thích quang OSL

- Liều kế OSL là loại phổ biến nhất ở Mỹ.
- Nguyên lý cơ bản giống TLD
- Tuy nhiên, tia laser xanh chứ không phải nhiệt được dùng để kích thích việc giải phóng năng lượng bị giữ.
- Nhạy hơn với một dải năng lượng photon và beta
- Cung cấp thông tin về năng lượng bức xạ đến
- Ít bị ảnh hưởng bởi độ ẩm, ánh sáng, nhiệt độ

