

TCVN 6892 : 2001

ISO 11934 : 1997

**AN TOÀN BỨC XẠ – BỨC XẠ GAMA VÀ TIA X –
LIỀU KẾ BỎ TÚI KIỂU TỤ ĐIỆN
ĐỌC GIÁN TIẾP HOẶC TRỰC TIẾP**

*Radiation protection – X and gamma radiation –
Indirect- or direct-reading capacitor-type pocket dosimeter*

Lời nói đầu

TCVN 6892 : 2001 hoàn toàn tương đương với ISO 11934 : 1997.

TCVN 6892 : 2001 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn TCVN/TC 85 "Năng lượng hạt nhân" biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường (nay là Bộ Khoa học và Công nghệ) ban hành.

Tiêu chuẩn này được chuyển đổi năm 2008 từ Tiêu chuẩn Việt Nam cùng số hiệu thành Tiêu chuẩn Quốc gia theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 6 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 1/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

An toàn bức xạ – Bức xạ gama và tia X

Liều kế bỏ túi kiểu tụ điện đọc gián tiếp hoặc trực tiếp

Radiation protection – X and gamma radiation –

Indirect- or direct-reading capacitor-type pocket dosimeter

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định yêu cầu đối với liều kế bỏ túi kiểu tụ điện và thiết bị đo phụ trợ khác dùng để đọc trực tiếp, gián tiếp liều bức xạ cá nhân của tia X và gamma.

Phép thử mô tả trong tiêu chuẩn này được thiết lập đối với các dụng cụ đo liều bức xạ cá nhân kết nối với thiết bị phụ trợ do nhà sản xuất quy định.

CHÚ THÍCH - Đặc trưng cơ, điện của các thiết bị phụ trợ thuộc phạm vi của Ủy ban Kỹ thuật điện Quốc tế - IEC (Ban kỹ thuật 45).

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho liều kế bỏ túi đo liều bức xạ của nguồn bức xạ của các nguồn xung hoặc trường bức xạ hỗn hợp neutron gama. Các liều kế được nêu trong tiêu chuẩn này không được sử dụng trong các trường bức xạ với suất liều bức xạ vượt quá mức tối đa mà nhà sản xuất quy định.

2 Tiêu chuẩn viện dẫn

- ISO 6980:1996, Reference beta radiation for calibrating dosimeters and dose-rate meters and determining their response as a function of beta radiation energy.
- ISO 8529-3: Neutron reference radiation - Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of response as a function of energy and angle of incidence.
- ISO 9227:1990, Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests.
- VIM:1993, International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, ISO, OIM

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các định nghĩa được đưa ra trong VIM (xem điều 2) và các định nghĩa sau đây:

3.1 Liều kế bỏ túi kiểu tụ điện đọc trực tiếp (Direct-reading capacitor-type pocket dosimeter)

Thiết bị dùng để theo dõi liều bức xạ cá nhân (dưới đây được gọi tắt là liều cá nhân), cho phép đọc trực tiếp liều bức xạ.

Chú thích - Liều kế này là thiết bị gồm chủ yếu là một buồng ion hoá được nối với một tụ điện. Tụ được tích điện bởi một thiết bị nạp được đặt trong hoặc ngoài liều kế, độ lệch điện tích được đọc qua hệ thống quang học theo thang được hiệu chuẩn trước. Khi liều kế được chiếu xạ bởi bức xạ ion hoá thì quá trình ion hoá xảy ra trong buồng sẽ làm giảm điện tích trên tụ điện.

3.2 Liều kế bỏ túi kiểu tụ điện đọc gián tiếp (Indirect-reading capacitor-type pocket dosimeter)

Buồng ion hoá bỏ túi kiểu tụ điện, nhờ nó mà liều bức xạ có thể đọc gián tiếp thông qua một thiết bị đo điện tách biệt.

3.3 Thử kiểu (Type test)

Việc thử một hay nhiều thiết bị được sản xuất theo một thiết kế nào đó xem có đáp ứng được những đặc tính kỹ thuật định trước hay không

3.4 Đại lượng gây ảnh hưởng (Influence quantity)

Đại lượng có liên quan đến các kết quả đo nhưng không phải là mục đích của phép đo [ISO 4037 - 3]

3.5 Điều kiện tham chiếu (Reference conditions)

Tập hợp các đại lượng gây ảnh hưởng mà đối với chúng hệ số chuẩn vẫn còn đúng không cần đến bất kỳ sự hiệu chỉnh nào [ISO 4037 - 3]

3.6 Điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn (Standard test conditions)

Một dải các giá trị của tập hợp các đại lượng gây ảnh hưởng mà trong đó sự hiệu chuẩn hoặc việc xác định độ đáp ứng được thực hiện. [ISO 4037 - 3]

3.7 Giá trị thực qui ước của một đại lượng (Conventionally true value of a quantity)

Sự đánh giá tốt nhất của một đại lượng được xác định bởi một chuẩn đầu hoặc chuẩn thứ hoặc bởi thiết bị tham chiếu đã được hiệu chuẩn theo chuẩn đầu hoặc chuẩn thứ.

3.8 Độ đáp ứng của đầu dò/ detector (Response)

Tỉ số giữa đại lượng được đánh giá bằng số liệu đọc được của đầu dò so với giá trị thực qui ước của đại lượng này. [ISO 4037 - 2]

3.9 Sai số chỉ thị (Error of indication)

Sự sai khác giữa giá trị hiển thị của một đại lượng cần đo với giá trị thực quy ước của đại lượng đó tại điểm quan tâm.

3.10 Sai số nội tương đối (Relative intrinsic error)

Tỉ số của sai số chỉ thị của một đại lượng với giá trị thực quy ước của đại lượng đó, được đo đối với bức xạ chuẩn dưới các điều kiện tham chiếu quy định. Sai số này được biểu thị bằng phần trăm (%).

3.11 Đại lượng hiệu chuẩn (Calibration quantity)

Đại lượng vật lý được dùng để thiết lập các đặc trưng của liều kế.

3.12 Hệ số hiệu chuẩn (Calibration factor)

Tỉ số giữa giá trị thực quy ước của đại lượng mà liều kế định đo và giá trị hiển thị.

3.13 Kerma, K (Kerma, K)

Tỉ số của dE_r trên dm , trong đó dE_r là tổng động năng ban đầu của tất cả các hạt tích điện ion hoá phát ra được sinh ra bởi các hạt không tích điện hấp thụ trong một đơn vị khối lượng vật chất dm .

Trong SI, đơn vị của kerma là jun trên kilogram. Tên riêng của đơn vị của kerma là gray (Gy).

Chú thích 1 - Kerma không khí, K_a , là đại lượng thường được sử dụng thay cho đại lượng liều chiếu xạ X . Trong SI, đơn vị của liều chiếu xạ là Culong trên kilogram (C/kg), đơn vị cũ là Rơnghen, $1 R = 2,58 \times 10^{-4} C/kg$.

Chú thích 2 - Với năng lượng photon nhỏ hơn hoặc bằng 3 MeV, có thể coi các đại lượng kerma không khí và liều chiếu xạ là xấp xỉ tương đương nhau. Theo đó, giá trị $K_a = 1 Gy$ tương ứng với một liều chiếu xạ $X = 29,45 mC/kg$. Với năng lượng photon trong khoảng từ 3 MeV đến 9 MeV, đại lượng kerma không khí vẫn có thể được đo bằng cách sử dụng các buồng ion hoá nhỏ với các nắp tháo được. Tuy nhiên, đối với dải năng lượng cao hơn này thì liều hấp thụ trong mô nên được sử dụng như là đại lượng hiệu chuẩn. [ICRP 51; ISO 4037 - 2]

3.14 Liều hấp thụ, D (Absorbed dose, D)

Tỷ số $d\epsilon$ trên dm , trong đó $d\epsilon$ là năng lượng trung bình được truyền bởi bức xạ ion hoá cho một đơn vị khối lượng vật chất dm . Trong SI, đơn vị của liều hấp thụ là Jun trên kilogram (J/kg). Tên riêng của đơn vị của liều hấp thụ là gray (Gy).

Chú thích - Khi định giá trị của liều hấp thụ cần chỉ rõ vật liệu hấp thụ để xác định vật chất mà bức xạ ion hóa được truyền tới, chẳng hạn như mô, v.v..

3.15 Tương đương liều, H (Dose equivalent, H)

Tích của Q và D tại một điểm trong mô, trong đó D là liều hấp thụ và Q là hệ số phẩm chất tại điểm đó.

Trong SI, đơn vị của tương đương liều là Jun trên kilogram. Tên riêng của đơn vị này là siver (Sv).

Chú thích - Đối với bức xạ tia X, gamma và tia beta, hệ số phẩm chất Q bằng 1.

3.16 Tương đương liều cá nhân, $H_p(d)$ (Personal dose equivalent, $H_p(d)$)

Tương đương liều trong mô mềm ở một độ sâu thích hợp d dưới một điểm được chỉ ra trong cơ thể.

Trong SI, đơn vị của liều cá nhân là Jun trên kilogam, tên riêng là siver (Sv).

3.17 Tương đương liều môi trường $H'(d)$ (Ambient dose equivalent, $H'(d)$)

Đại lượng $H'(d)$ tại một điểm trong trường bức xạ tạo bởi một trường bức xạ định hướng và mở rộng tương ứng trong một khối cầu ICRU tại độ sâu d trên bán kính ngược với hướng của trường xạ.

Trong SI, đơn vị của tương đương liều môi trường là Jun trên kilogam, tên riêng của đơn vị này là siver (Sv).

Chú thích - Đối với trường bức xạ đâm xuyên mạnh, độ sâu 10 mm được khuyến cáo sử dụng. Tương đương liều môi trường ở độ sâu này được biểu thị bằng $H'(10)$. [ICRU 51]

4 Các điều kiện tiêu chuẩn để thử nghiệm liều kế

4.1 Điều kiện tham chiếu

Điều kiện tham chiếu cho liều kế bỏ túi kiểu tự điện đọc gián tiếp hoặc trực tiếp theo ISO 4037 - 3 là:

- Nhiệt độ $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Độ ẩm tương đối $R.H. = 65\%$;
- Áp suất khí quyển $p = 101,3\text{ kPa}$;
- Phòng bức xạ: suất tương đương liều môi trường là $H^*(10) \leq 0,1\text{ }\mu\text{Sv/h}$.

4.2 Điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn

Trừ các phép thử nhiệt độ và độ ẩm, các điều kiện tiêu chuẩn thử nghiệm phải phù hợp với ISO 4037 - 2:

- Nhiệt độ T : từ $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Độ ẩm tương đối $R.H.$: từ 50% đến 75% ;
- Áp suất khí quyển p : từ 86 kPa đến 106 kPa ;
- Phòng bức xạ: suất tương đương liều môi trường $H^*(10) < 0,25\text{ }\mu\text{Sv/h}$.

Phải ghi rõ các điều kiện thực tế này trong báo cáo thử nghiệm. Các điều kiện này không được thay đổi quá lớn hoặc quá nhanh trong một loạt phép đo.

Khi buồng ion hoá của liều kế không kín, giá trị số đọc của liều kế này phải được hiệu chuẩn theo các điều kiện nhiệt độ và áp suất chuẩn bằng cách nhân nó với hệ số $(p_{ref}/p) \cdot (T_K/T_{Kref})$, trong đó p_{ref} và T_{Kref} là áp suất và nhiệt độ chuẩn, p và T_K là áp suất và nhiệt độ thực tế. Nhiệt độ là nhiệt độ tuyệt đối (K).

4.3 Điều kiện chiếu xạ

Bức xạ tham chiếu được sử dụng phải được chọn trong bảng 1 (6.2.9). Đại lượng hiệu chuẩn phải được đo bằng thiết bị đối chứng, thiết bị này được hiệu chuẩn trong các chùm tia tham chiếu có khả năng đo với chuẩn quốc gia.

Trường hợp thử nghiệm đặc biệt, chiếu xạ phải theo hướng vuông góc với trục chính của liều kế.

Khoảng cách từ "nguồn đến liều kế" là khoảng cách từ nguồn điểm tương đương đến tâm hình học của vùng thể tích nhạy bức xạ của liều kế. Khi liều kế được hiệu chuẩn trên hình nộm thì phải đặt vị trí mặt sau của nó tiếp xúc với hình nộm.

Nếu sử dụng nguồn phóng xạ để chiếu thì khoảng thời gian chiếu xạ phải lớn hơn ít nhất là 100 lần khoảng thời gian di chuyển của nguồn phóng xạ. Nếu điều kiện này không đạt thì lượng chiếu xạ ảnh hưởng gây ra bởi sự di chuyển của nguồn phải được xác định.

Phòng chiếu xạ và các thiết bị hiệu chuẩn phải đạt các quy định kỹ thuật sau đây:

- Bàn và các giá đỡ phải được làm bằng vật liệu có chỉ số nguyên tử thấp và phải có khối lượng tối thiểu.
- Nếu một số liều kế được chiếu xạ đồng thời thì khoảng cách giữa chúng phải sao cho sự ảnh hưởng lẫn nhau đối với số đọc của chúng là nhỏ nhất. Sự khác nhau về số đọc của một liều kế được chiếu xạ cùng với các liều kế khác so với một liều kế được chiếu xạ riêng lẻ ở cùng một vị trí phải nhỏ hơn 3 %.
- Để các liều kế có cùng một giá trị đại lượng hiệu chuẩn thì giá đỡ của chúng phải được đặt trên cùng một đường đẳng suất liều. Nếu tính đồng nhất không đạt thì có thể quay giá đỡ xung quanh nguồn phóng xạ.

5 Đại lượng

Đối với hầu hết các phép thử, đại lượng chuẩn sẽ là kerma không khí hoặc liều hấp thụ trong mô, miễn là phù hợp với một loại bức xạ cụ thể. Tuy nhiên, đối với các phép thử về sự phụ thuộc của độ đáp ứng của liều kế vào năng lượng bức xạ và góc tới của chùm tia thì kết quả phải được báo cáo là đại lượng tương đương liều cá nhân.

6 Yêu cầu về các đặc trưng kỹ thuật và quy trình thử nghiệm

6.1 Yêu cầu chung

Các yêu cầu sau đây phải được áp dụng cho tất cả các phép thử nghiệm:

- Các phép thử nghiệm luôn phải được thực hiện trên một số liều kế được chọn ngẫu nhiên từ một lô.

- b) Để tránh những bất định gây nên bởi trọng trường, quy trình đo số liệu, bao gồm cả vị trí liều kế, phải do nhà sản xuất quy định.
- c) Đối với liều kế đọc trực tiếp thì độ lớn của thang đo và số vạch chia thang phải cho phép đọc được một giá trị tương ứng với 2 % giá trị của toàn thang đo.
- d) Đối với liều kế đọc gián tiếp, việc đọc số đọc theo tín hiệu số hay tín hiệu chỉ kim phải cho phép đọc được giá trị tương ứng với 2 % giá trị của toàn thang đo.
- e) Liều kế phải có khả năng điều chỉnh về "0" trong khoảng giá trị tương ứng với 2 % giá trị của toàn thang đo trong phạm vi 3 lần điều chỉnh của người vận hành có kinh nghiệm.
- f) Đối với tất cả các phép thử nghiệm, một nguồn bức xạ tham chiếu phải được lựa chọn trong bảng 1 (6.2.9).

6.2 Thử nghiệm với bức xạ tia X hoặc tia gamma

6.2.1 Độ ổn định điểm "0"

6.2.1.1 Yêu cầu

Độ rò rỉ của điện tích không được gây nên độ lệch của điểm "0" một giá trị vượt quá 2 % của toàn thang đo đối với một liều kế được giữ trong điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn trong 8 giờ.

Đối với các liều kế đọc trực tiếp: sự thay đổi số đọc không được vượt quá 2 % giá trị của toàn thang đo khi liều kế được ngắt khỏi nguồn nạp.

Đối với các liều kế đọc gián tiếp: Sự thay đổi số đọc không được vượt quá 2 % giá trị của toàn thang đo khi nối lại liều kế đã được nạp đủ với thiết bị đọc.

6.2.1.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh một lô 10 liều kế về "0", giữ chúng trong điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn và đọc giá trị đo r_i sau 8h.

Nếu giá trị lớn nhất của thang đo của liều kế, $r_{\max}$, nhỏ hơn hoặc bằng 1 mSv thì các số đọc r_i phải được hiệu chỉnh theo liều của phòng bức xạ tự nhiên.

Các liều kế đọc trực tiếp: chỉnh 10 liều kế về "0", ngắt nguồn và đọc ngay giá trị r_i

Các liều kế đọc gián tiếp: Nạp điện cho 10 liều kế, ngắt chúng khỏi thiết bị nạp, ngay sau đó nối lại và đọc các giá trị r_i .

Tính độ lệch d_i do dòng rò hoặc do ngắt mạch; giá trị này tính bằng phần trăm:

$$d_i = 100 (r_i/r_{\max}) \text{ trong đó } r_i \text{ là các giá trị đọc, } r_{\max} \text{ là giá trị toàn thang đo.}$$

6.2.2 Độ ổn định của số đọc

6.2.2.1 Yêu cầu

Sau một khoảng thời gian 8 giờ giữa thời điểm chiếu xạ và thời điểm đọc, các số đọc của liều kế không được khác nhau quá 2 % giá trị của toàn thang đo.

6.2.2.2 Quy trình thử nghiệm

Chiếu xạ 10 liều kế tới giá trị đọc nằm trong khoảng từ 50 % đến 85 % giá trị lớn nhất của toàn thang đo. Đọc ngay các giá trị r_0 và sau đó đọc lại các giá trị này (r_i) mỗi giờ một lần, trong vòng 8 giờ.

Đối với mỗi liều kế, tính độ lệch tương đối d_i , tính bằng phần trăm:

$d_i = 100 (r_i - r_0) / r_{\max}$ cho với mỗi lần đọc r_i (trong 8 lần đọc), trong đó r_0 là số đọc ban đầu và $r_{\max}$ là giá trị của toàn thang đo.

6.2.3 Độ lặp lại

6.2.3.1 Yêu cầu

Độ lặp lại của phép đo phải được xác định bằng cách sử dụng cùng một liều kế được chiếu xạ trong cùng một điều kiện đồng nhất bao gồm cả phòng thí nghiệm và người vận hành.

Kết quả của thử nghiệm độ lặp lại cho mỗi liều kế phải sao cho:

$2s / \bar{r} < 0,05$, trong đó $\bar{r}$ là số đọc trung bình của liều kế được lấy làm mẫu và s là độ lệch chuẩn.

6.2.3.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh 3 liều kế về "0". Chiếu xạ các liều kế này tới giá trị đọc nằm trong khoảng từ 50 % đến 85 % giá trị của toàn thang đo. Đọc giá trị r_i , sau đó điều chỉnh lại về 0. Lặp lại phép thử nghiệm 10 lần.

Tính giá trị trung bình $\bar{r}$ cho 10 số đọc của mỗi liều kế và độ lệch chuẩn s :

$$\bar{r} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} r_i$$

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (r_i - \bar{r})^2 / 9}$$

6.2.4 Độ đồng nhất của một lô liều kế

6.2.4.1 Yêu cầu

TCVN 6892: 2001

Độ đồng nhất của lô phải được xác định bằng cách quan sát sự biến đổi số đọc của các liều kế được chiếu xạ cùng một lượng, trong cùng một điều kiện đồng nhất, bao gồm cả phòng thí nghiệm và người vận hành.

Kết quả thử nghiệm độ đồng nhất của lô phải sao cho:

$2s / \bar{r} < 0,1$, trong đó $\bar{r}$ là số đọc trung bình của các liều kế và s là độ lệch chuẩn

6.2.4.2 Quy trình thử nghiệm

Chiếu xạ 10 liều kế một lượng bức xạ từ khoảng 50 % đến 85 % giá trị của toàn thang đo và đọc các giá trị (r_i) này

Tính giá trị trung bình của các số đọc $\bar{r}$ và tính độ lệch chuẩn s :

$$\bar{r} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} r_i$$
$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (r_i - \bar{r})^2 / 9}$$

6.2.5 Giới hạn phát hiện dưới

6.2.5.1 Yêu cầu

Đối với liều kế bỏ túi kiểu tự điện, giới hạn phát hiện dưới được xác định bởi giá trị thấp nhất của thang đo và có thể phân biệt bằng sự thăng giáng của phông bức xạ trong một khoảng thời gian xác định bao gồm độ rò rỉ phóng xạ. Giới hạn phát hiện dưới $r_{\min}$ được xác định bằng 2 lần độ lệch chuẩn ($2s$) của giá trị trung bình của phương sai trong các số đọc của một lô liều kế tại thời điểm đầu và cuối trong khoảng thời gian 8 h trong điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn, làm tròn $2s$ tới vạch chia liền trên của thang đo.

Sau một loạt chiếu xạ với lượng bức xạ liều tương ứng với phần có nghĩa của giá trị toàn thang đo của liều kế, giới hạn phát hiện dưới không được thay đổi so với giới hạn đã được xác định từ đầu.

6.2.5.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh 10 liều kế càng về gần "0" càng tốt và đọc các giá trị $r_{0,i}$. Giữ liều kế 8 h trong các điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn và đọc lại các giá trị r_i

Tính sự sai khác tuyệt đối giữa 2 số đọc, $\Delta r_i = |r_i - r_{0,i}|$, sau đó tính giá trị trung bình, $\bar{\Delta r}$, và độ lệch chuẩn s :

$$\bar{\Delta r} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \Delta r_i$$

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (\Delta r_i - \bar{\Delta r})^2} / 9$$

Giới hạn phát hiện dưới $r_{\min}$ là giá trị $2s$ được làm tròn tới vạch chia liền trên của thang đo.

Để thử nghiệm độ ổn định của giới hạn phát hiện dưới, lấy 10 liều kế đã được thử nghiệm giới hạn phát hiện dưới. Chiếu xạ chúng lần lượt 10 lần tới liều lượng có giá trị ít nhất bằng 80 % giá trị của toàn thang đo và chỉnh lại về 0. Sau khi kết thúc chiếu xạ, xác định giới hạn phát hiện dưới $r'_{\min}$ như đã mô tả. So sánh với giá trị gốc $r_{\min}$.

6.2.6 Sai số nội tương đối

6.2.6.1 Yêu cầu

Sai số nội tương đối I không được vượt quá 10 %

6.2.6.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh 10 liều kế về giá trị "0". Chiếu xạ mỗi liều kế tối thiểu ở 3 giá trị liều khác nhau, các giá trị trong khoảng 20 % đến 100 % giá trị của toàn thang đo. Đọc các giá trị r_i và chỉnh lại về "0" sau mỗi lần chiếu xạ.

Tính sai số nội tương đối I_i theo phần trăm:

$$I_i = 100 (r_i - r_0) / r_0$$

trong đó r_0 là giá trị thực quy ước của đại lượng bức xạ được dùng để chiếu xạ, r_i là số đọc của các liều kế.

6.2.7 Độ tuyến tính

6.2.7.1 Yêu cầu

Để kiểm tra độ tuyến tính, hệ số biến đổi, $S_I / \bar{I}$, đối với một loạt các phép đo sai số nội tương đối, theo 6.2.6 phải nhỏ hơn 0,1; trong đó $\bar{I}$ là giá trị trung bình của sai số nội và s_I là độ lệch chuẩn.

6.2.7.2 Quy trình thử nghiệm

Tính giá trị trung bình, $\bar{I}$, của sai số nội, I_i , trong 6.2.6 và độ lệch chuẩn của nó, s_I :

$$\bar{I} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} I_i$$

$$s_I = \sqrt{\sum_{i=1}^{30} (I_i - \bar{I})^2} / 29$$

Hệ số biến đổi là $\frac{S_I}{\bar{I}}$

6.2.8 Hiệu ứng nhớ

6.2.8.1 Yêu cầu

Sau khi chiếu xạ đột ngột liều kế với liều cao, sự trôi gây nên bởi dòng rò không được vượt quá 20 % giá trị của toàn thang đo trong khoảng thời gian 24 h, ở điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn.

6.2.8.2 Quy trình thử nghiệm

Chọn 3 liều kế đã được thử nghiệm sự ổn định tại "0" (6.2.1), rồi chiếu xạ chúng một lần với giá trị lượng bức xạ tương ứng k lần giá trị toàn thang đo, k thường vào khoảng 50.

Việc chiếu xạ phải được thực hiện trong thời gian lớn hơn 1 h và không quá 5 h và với suất liều bức xạ không được vượt quá giới hạn suất liều do nhà sản xuất quy định.

Một giờ sau khi kết thúc chiếu xạ, chỉnh lại liều kế về "0" và giữ trong điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn. Đọc các giá trị r_i sau 24 h.

Tính độ trôi S gây nên bởi dòng rò của mỗi liều kế, tính bằng phần trăm:

$S = 100r_i/r_{\max}$, trong đó r_i là các số đọc được sau 24 h và $r_{\max}$ là giá trị lớn nhất của toàn thang đo.

6.2.9 Sự phụ thuộc năng lượng của độ đáp ứng

6.2.9.1 Yêu cầu chung

Đây là phép thử nghiệm nhằm xác định độ đáp ứng của liều kế với bức xạ tia X và gamma, như một hàm của năng lượng bức xạ.

Vì các liều kế bỏ túi được sử dụng như những liều kế cá nhân, việc thử nghiệm độ đáp ứng năng lượng cần phải được thực hiện trong các điều kiện của cơ quan nhận cảm. Các liều kế phải được chiếu xạ ở mặt trước của hình nộm nước tiêu chuẩn ISO với chùm bức xạ vuông góc (xem ISO 4037 - 3), đơn vị của đại lượng bức xạ được sử dụng là tương đương liều cá nhân $H_p(d)$ (xem ICRU 47, ICRU 51).

Liều kế thử nghiệm phải được đặt theo tư thế mà sẽ dùng trong thực tế, tâm của vùng thể tích nhạy bức xạ phải trùng với điểm P là tâm của bề mặt trước của hình nộm nước chuẩn theo quy định của nhà sản xuất. Đối với điểm chuẩn P này mà tại đó giá trị thực qui ước của kerma không khí K_a đã được xác định đối với điểm chuẩn P này, tương đương liều cá nhân $H_p(10)$ được tính bằng cách sử dụng các hệ số chuyển đổi trong bảng 1.

Bảng 1 - Hệ số chuyển đổi (ISO 4037 - 3)

Tên nguồn bức xạ	Năng lượng trung bình hoặc năng lượng [keV]	Hệ số chuyển đổi $H_p(10)/K_a$ [Sv/Gy]
^{241}Am	59,6	1,89
^{137}Cs	662	1,21
^{60}Co	1250	1,15
Bức xạ năng lượng đơn năng	3000	1,12
	6000	1,11
	10000	1,11
Bức xạ tia X lọc hẹp		
N-20	16	0,27
N-40	33	1,17
N-60	48	1,65
N-80	65	1,88
N-100	83	1,88
N-120	100	1,81
N-200	164	1,57
N-250	208	1,48

6.2.9.2 Yêu cầu

Độ đáp ứng của liều kế với bất kỳ năng lượng bức xạ nào lấy từ bảng 1, trong đó dải năng lượng hữu ích đã được quy định bởi nhà sản xuất phải nằm trong phạm vi 30 % độ đáp ứng năng lượng bức xạ tham chiếu chuẩn E_r cũng được chọn từ bảng 1.

Đối với liều kế định sử dụng trong dải năng lượng từ 3 MeV đến 10 MeV thì độ đáp ứng bức xạ phải nằm trong phạm vi từ - 50 % đến +100 % độ đáp ứng của bức xạ tham chiếu hiệu chuẩn E_r .

6.2.9.3 Quy trình thử nghiệm

Thực hiện liên tiếp công việc sau với 3 liều kế khác nhau

Đặt tâm liều kế thể tích nhạy bức xạ của vào điểm hiệu chuẩn P là của tâm bề mặt hình nộm nước chuẩn ISO. Chiếu xạ liều kế với một giá trị thực quy ước của tương đương liều cá nhân $H_p(10)$, từ 50 % đến 80 % giá trị của toàn thang đo. Tất cả các năng lượng E_k trong dải năng lượng hữu ích được cho trong bảng 1 phải do nhà sản xuất quy định được sử dụng. Đọc $r(E_k)$ và chỉnh liều kế về "0".

Tính độ đáp ứng $R(E_k)$ đối với mỗi năng lượng E_k :

$$R(E_k) = r(E_k)/H_p(10)$$

TCVN 6892: 2001

Xác định độ lệch của độ đáp ứng $d(E_k)$ cho mỗi năng lượng E_i , tính bằng phần trăm:

$$d(E_k) = 100 [R(E_k)/R(E_r) - 1]$$

trong đó E_r là năng lượng bức xạ tham chiếu hiệu chuẩn.

6.2.10 Sự phụ thuộc góc của độ đáp ứng

6.2.10.1 Yêu cầu

Đây là phép thử để xác định độ nhạy theo góc của các liều kế với các năng lượng photon trong bảng 2, nằm trong phạm vi dải năng lượng hữu ích được nhà sản xuất quy định.

Trong khoảng từ 0° đến 60° và với cùng một tương đương liều cá nhân, đối với tia gamma của ^{137}Cs hoặc ^{60}Co tỉ số của số đọc tại góc α và số đọc tại hướng chiếu vuông góc của liều kế phải nằm trong khoảng 20 % giá trị R_α trong bảng 2; đối với N-40, N-60, N-80, phổ tia X hẹp hoặc tia gamma của Am^{241} là 50 %. Góc α được thiết lập bằng cách quay hình nộm quanh các trục ngang và đọc tại điểm chuẩn P, điểm này trùng với tâm thể tích nhạy bức xạ của liều kế.

6.2.10.2 Quy trình thử nghiệm

Đặt liều kế trên mặt trước hình nộm nước ISO, giống như cách thử nghiệm độ đáp ứng năng lượng trong 6.2.9. Chiếu chùm tia vuông góc với liều kế với một giá trị thực quy ước của tương đương liều cá nhân $H_p(10)$, khoảng 50 % đến 80 % giá trị của toàn thang đo, đọc giá trị r_0° sau đó chỉnh về 0. Quay hình nộm trình tự theo chiều kim đồng hồ với các góc $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ sau đó ngược chiều kim đồng hồ với các góc $\alpha = -30^\circ, -45^\circ, -60^\circ$ quanh trục tọa độ có điểm gốc P và chiếu xạ liều kế với cùng một giá trị thực quy ước của tương đương liều cá nhân, như khi chiếu ở góc 0° , và đọc r_α . Tất cả các năng lượng cho trong bảng 2 nằm trong dải năng lượng hữu ích do nhà sản xuất quy định phải được sử dụng.

Tính các tỉ số r_α/r_0° và xác định độ lệch d_α tính bằng phần trăm từ độ đáp ứng góc $R_\alpha = H_p(10)_\alpha/H_p(10)_0^\circ$ cho các nguồn bức xạ cho trong bảng 2.

$$d_\alpha = 100 \left[\frac{r_\alpha / r_0^\circ}{R_\alpha} - 1 \right]$$

Bảng 2 - Giá trị theo góc (ISO 4037 - 3)

Nguồn bức xạ	Hệ số theo góc R_α			
	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
N-40	1	0,96	0,87	0,73
N-60	1	0,96	0,89	0,77
N-80 hoặc ^{241}Am	1	0,97	0,91	0,79
^{137}Cs	1	1,01	1,01	0,98
^{60}Co	1	1	1,01	0,99

6.3 Thử nghiệm độ ẩm và nhiệt độ

6.3.1 Yêu cầu

Nhiệt độ: trong dải nhiệt độ từ -10°C đến 40°C , số đọc của liều kế phải không được lệch quá $+20\%$ so với số đọc của liều kế tại điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn. Đối với các liều kế sử dụng trong dải từ -25°C đến 50°C thì độ lệch này không được lớn hơn 50% .

Độ ẩm: ở nhiệt độ 35°C và độ ẩm tương đối là 90% , số đọc của liều kế không được lệch quá 10% số đọc tại các điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn.

6.3.2 Quy trình thử nghiệm

Dùng thiết bị thử nghiệm thích hợp với buồng môi trường đo, 10 liều kế đặt trên đường đồng liều và đẳng hướng của một nguồn đồng vị phóng xạ gamma (^{137}Cs hoặc ^{60}Co).

Giữ các liều kế này trong 1 h ở trong buồng với các điều kiện thử nghiệm trước khi chiếu xạ. Đưa nguồn phóng xạ vào và chiếu xạ trong một khoảng thời gian cố định sao cho số đọc của liều kế bằng khoảng 50% đến 80% giá trị của toàn thang đo. Đưa nguồn ra ngoài nhưng vẫn để các liều kế trong buồng cho đến khi tổng thời gian thử nghiệm ít nhất là 4 h.

Ghi lại các giá trị $r_{T,HR}$ đọc được, như một hàm của nhiệt độ T và độ ẩm tương đối $R.H$ và hiệu chỉnh nhiệt độ, áp suất theo các điều kiện tham chiếu cho các liều kế để hồ.

Các thử nghiệm này phải được tiến hành với một lô 10 liều kế, mỗi liều kế phải được tiến hành theo trình tự sau:

- Ở độ ẩm tương đối bằng 65% , tại nhiệt độ 10°C , 20°C và 40°C
- Ở độ ẩm tương đối bằng 90% , tại nhiệt độ 35°C

Các số đọc r_i tại 20°C và độ ẩm tương đối 65% được coi là số liệu tham chiếu. Tính các tỉ số: $r_{-10^\circ, 65\%}/r_i$; $r_{40^\circ, 65\%}/r_i$; $r_{35^\circ, 90\%}/r_i$ và độ lệch $d_{T,RH}$, tính bằng phần trăm: $d_{T,RH} = 100(r_{T,RH}/r_i - 1)$.

TCVN 6892: 2001

Đối với các liều kế sử dụng ở dải $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ và $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ các thử nghiệm bổ sung phải được thực hiện với một lô 10 liều kế, tại độ ẩm tương đối 65 %, với 2 nhiệt độ $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ và $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ cho từng liều kế.

Tính tỉ số:

$r_{-25,65\%/r_i}$ và $r_{50,65\%/r_i}$ và độ lệch $d_{T,RH}$ tính bằng phần trăm

6.4 Thử nghiệm cơ học

6.4.1 Thử nghiệm rơi

6.4.1.1 Yêu cầu

Liều kế phải chịu được va chạm do bị rơi mà không ảnh hưởng đến số đọc để nó vượt quá 10 % giá trị của toàn thang đo. Sau phép thử nghiệm này, liều kế vẫn phải hoạt động chính xác.

6.4.1.2 Quy trình thử nghiệm

Liều kế phải được đỡ bởi một thiết bị có thể thả ra đột ngột, và rơi với vận tốc ban đầu bằng 0 lên một bề mặt bằng gỗ cứng, ví dụ gỗ sồi dày 5 cm, đặt trên bề mặt bê tông. Độ cao từ điểm thấp nhất của liều kế tới bề mặt trên của tấm gỗ có thể là 1,5 m.

- Chiếu 10 liều kế tới 80 % giá trị lớn nhất của thang đo và đọc chúng, $r_{0,i}$
- Để cho mỗi liều kế rơi xuống 2 lần và đọc lại kết quả đo, r_{1i}
- Tính độ lệch d_{1i} , theo phần trăm $d_{1i} = 100 (r_{1i} - r_{0i})/r_{\max}$ trong đó $r_{\max}$ là giá trị lớn nhất của toàn thang đo.
- Chỉnh lại liều kế về 0, chiếu xạ chúng với một liều như trên rồi đọc $r_{2,i}$.
- Tính độ lệch $d_{2,i}$ theo phần trăm $d_{2i} = 100 (r_{2i} - r_{0i})/r_{\max}$.

6.4.2 Thử nghiệm rung

6.4.2.1 Yêu cầu

Giá trị đọc trung bình của liều kế sau thử nghiệm rung không được thay đổi so với giá trị đọc ban đầu quá 10 % giá trị của toàn thang đo.

6.4.2.2 Quy trình thử nghiệm

Chiếu xạ một lô 10 liều kế tới một giá trị liều bằng 80 % giá trị của toàn thang đo và đọc giá trị $r_{0,i}$.

Áp một tải dao động điều hoà 2 g vào trong 15 phút cho mỗi hướng trong 3 hướng trực giao (1, 2, 3) ở một hay nhiều tần số trong mỗi dải tần sau đây:

10Hz đến 21Hz, 22 Hz đến 33 Hz. Sau mỗi khoảng thời gian rung 15 phút, đọc các giá trị $(r_{1,i}, r_{2,i}, r_{3,i})$.

Tính giá trị trung bình r_0, r_1, r_2, r_3 và độ lệch d_1, d_2, d_3 bằng phần trăm

$$d_1 = (r_1 - r_0)/r_{\max}$$

$$d_2 = (r_2 - r_0)/r_{\max}$$

$$d_3 = (r_3 - r_0)/r_{\max}$$

Trong đó $r_{\max}$ là giá trị lớn nhất của toàn thang đo.

Ghi nhận qua kiểm tra bằng mắt bất cứ sự sai hỏng nào.

6.4.3 Thử nghiệm nhúng (đối với các liều kế không thấm nước)

6.4.3.1 Yêu cầu

Nhúng vào nước ở độ sâu 30 cm trong thời gian 2 h, số đọc của liều kế không được thay đổi quá 10 % giá trị của toàn thang đo.

6.4.3.2 Quy trình thử nghiệm

Chiếu xạ một lô 10 liều kế tại với liều bằng 80 % giá trị của toàn thang đo và đọc $r_{0,i}$.

Nhúng liều kế vào nước ở độ sâu 30 cm trong 2 h. Lấy liều kế ra khỏi nước, làm khô và đọc, $r_{1,i}$.

Tính độ lệch d_{1i} bằng phần trăm:

$$d_{1,i} = (r_{1,i} - r_{0,i})/r_{\max} \text{ trong đó } r_{\max} \text{ là giá trị của toàn thang đo}$$

6.4.4 Áp suất khí quyển

6.4.4.1 Yêu cầu

Một liều kế kín phải đạt được các yêu cầu về độ chính xác được quy định ở 6.2.6. Liều kế không kín phải chịu được các thay đổi tương tự khi số đọc được hiệu chỉnh theo mật độ không khí.

6.4.4.2 Quy trình thử nghiệm

Chọn một lô 10 liều kế, đã đạt yêu cầu thử nghiệm sai số nội tương đối (6.2.6). Dùng thiết bị thử nghiệm ở 6.3, chiếu xạ các liều kế này tới giá trị 80 % giá trị lớn nhất của toàn thang đo ở trong buồng môi trường dưới các áp suất khí quyển p_i sau:

$$p_0 = 101,3 \pm 5 \text{ kPa}$$

$$p_1 = 60 \pm 5 \text{ kPa}$$

$$p_2 = 120 \pm 5 \text{ kPa}$$

Nhiệt độ phải ứng với các nhiệt độ trong các điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn (xem 4.2). Đọc r_i của các liều kế, và hiệu chỉnh theo mật độ không khí nếu các liều kế không kín.

Tính độ lệch d_{1i} theo phần trăm:

TCVN 6892: 2001

$d_{1,i} = (r_1 - r_0)/r_{\max}$ trong đó $r_{\max}$ là giá trị lớn nhất của toàn thang đo, r_0 là số đọc của liều kế ở áp suất bình thường.

6.5 Thử nghiệm sử dụng

6.5.1 Phun muối

6.5.1.1 Yêu cầu

Sau khi thử nghiệm phun muối, liều kế phải đạt các yêu cầu thử nghiệm độ đồng nhất của lô được quy định ở 6.2.4.

6.5.1.2 Quy trình kiểm tra

Đặt liều kế vào buồng phun theo ISO 9227.

100 giờ trong vòng 1 tuần, phun dung dịch NaCl với nồng độ 50 g/lít ở 35 °C. Thời gian còn lại của tuần đó (68 h) không phun nhưng duy trì nhiệt độ ở 35 °C.

Rửa các liều kế bằng nước, làm khô trong không khí ở 20 °C và tiến hành thử nghiệm độ đồng nhất của lô theo 6.2.4.

6.5.2 Tẩy xạ

6.5.2.1 Yêu cầu

Độ lưu nhiễm phóng xạ của các liều kế phải càng thấp càng tốt. Tất cả mặt ngoài của liều kế phải cứng và nhẵn, càng ít chỗ nối càng tốt.

6.5.2.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh 3 liều kế về "0" và đọc số đọc phòng $r_{0,i}$ của chúng sau 1 h.

Gây nhiễm xạ từng liều kế bằng ^{140}La hoặc một đồng vị thích hợp khác ở một dạng vật lý: bụi khô, bụi ẩm hoặc dung dịch.

Tẩy sạch các liều kế theo chỉ dẫn của nhà sản xuất.

Điều chỉnh về "0" và đọc số đọc phòng $r_{1,i}$ sau 1 h.

So sánh các số đọc $r_{1,i}$, $r_{0,i}$.

6.6 Độ đáp ứng đối với bức xạ beta

6.6.1 Yêu cầu

Độ nhạy của liều kế đối với bức xạ beta phải nêu trước.

6.6.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh 5 liều kế về "0" và chiếu xạ chúng tới liều ít nhất 20 % giá trị của toàn thang đo bằng một nguồn Sr90/Y90, trong các điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn và phù hợp với các khuyến cáo của ISO 6980. Sau khi chiếu xạ, đọc các giá trị r_i của liều kế.

Tính độ đáp ứng $R = \bar{r} / I_0$, trong đó I_0 là giá trị thực quy ước của liều beta và $\bar{r}$ là giá trị trung bình của r_i .

6.7 Độ đáp ứng đối với nơtron

6.7.1 Yêu cầu

Độ đáp ứng của liều kế đối với nơtron phải được nêu trước.

6.7.2 Quy trình thử nghiệm

Chỉnh 5 liều kế về "0" và chiếu xạ chúng tới ít nhất 20 % giá trị của toàn thang đo bằng một nguồn $^{241}\text{Am-Be}$, trong các điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn và phù hợp với các khuyến cáo của ISO 8529. Sau khi chiếu xạ, đọc các giá trị r_i của liều kế.

Tính độ đáp ứng $R = \bar{r} / I_0$ với I_0 là giá trị thực quy ước của tương đương liều nơtron cá nhân và $\bar{r}$ là giá trị trung bình của r_i .

7 Nhãn và nội dung của nhãn

Liều kế bỏ túi kiểu tự điện đọc gián tiếp hoặc trực tiếp phải có nhãn mác và thông tin sau:

- Kiểu liều kế và mã số phân biệt;
- Đơn vị liều bức xạ được dùng để đo. Thang đo của liều kế phải được ghi tương ứng đo bằng micro hoặc milligray (μGy hoặc mGy) hoặc micro hoặc millisivơ (μSv hoặc mSv);
- Kín hoặc không kín;
- Dải năng lượng làm việc của liều kế;
- Điểm tham chiếu chỉ tâm phản xạ để xác định khoảng cách từ nguồn đến đầu dò.

8 Chứng nhận

Chứng chỉ phải đi kèm theo mỗi lô liều kế và phải bao gồm các thông tin sau:

- Tên của nhà sản xuất và thương hiệu đăng ký;
- Kiểu và số seri của các liều kế trong một lô, viết theo dạng bảng kê danh mục;
- Ghi rõ là liều kế kín hay không kín. Với các liều kế không kín, phải cung cấp đồ thị hoặc công thức để hiệu chỉnh mật độ không khí;

- d) Điện thế yêu cầu để nạp các liều kế;
 - e) Vị trí và kích thước của thể tích nhạy (vị trí tham chiếu của tâm thể tích vùng nhạy phải được đánh dấu trên chính các liều kế nhằm mục đích hiệu chuẩn);
 - f) Vật liệu của vỏ bọc thể tích nhạy và độ dày của nó được tính theo miligam trên centimet vuông;
 - g) Dải đo của liều kế và đại lượng đo của nó như kerma không khí hoặc kerma mô hoặc tương đương liều cá nhân;
 - h) Giới hạn phát hiện dưới bức xạ được xác định từ thử nghiệm ở 6.2.5;
 - i) Dải năng lượng của liều kế gồm năng lượng thấp nhất tại đó độ đáp ứng là 50 % giá trị danh định và sự phụ thuộc năng lượng của độ đáp ứng đó, như đã được xác định từ việc kiểm tra ở 6.2.9 nếu như các liều kế đo tương đương liều cá nhân;
 - j) Độ đáp ứng theo góc như được xác định từ thử nghiệm ở 6.2.10 nếu liều kế đo tương đương liều cá nhân;
 - k) Suất liều tối đa cho liều kế tại đó hệ số hiệu chuẩn đối với bức xạ tham chiếu quy định vẫn nằm trong phạm vi 10 % của các hệ số cho trong điều 1;
 - l) Hệ số hiệu chuẩn ứng với bức xạ tham chiếu được ghi trong bảng kê cho các liều kế ở trong một lô;
 - m) Cảnh báo về các giới hạn độ tin cậy trong trường hợp suất liều cao và ở trường hợp hỗn hợp. Năng lượng tối thiểu cho độ đáp ứng 50 % đối với bức xạ beta và độ nhạy đối với nơtron được đo ở trong các mục kiểm tra 6.6 và 6.7;
 - n) Các quy trình đọc bao gồm cả vị trí của liều kế;
 - o) Các thông tin khác: độ kín, các biện pháp tẩy xạ.
-