

TCVN 7942 – 2 : 2008**ISO 4037 – 2 : 1997****Xuất bản lần 1**

**AN TOÀN BỨC XẠ – BỨC XẠ CHUẨN TIA X VÀ TIA
GAMMA HIỆU CHUẨN LIỀU KẾ VÀ MÁY ĐO SUẤT LIỀU VÀ
XÁC ĐỊNH ĐÁP ỨNG CỦA THIẾT BỊ THEO NĂNG LƯỢNG
PHOTON – PHẦN 2: ĐO LIỀU TRONG BẢO VỆ BỨC XẠ
CHO DẢI NĂNG LƯỢNG TỪ 8 KEV ĐẾN 1,3 MEV VÀ TỪ
4 MEV ĐẾN 9 MEV**

*Radiation protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and
dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy
Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges 8 keV to 1,3 MeV
and 4 MeV to 9 MeV*

HÀ NỘI - 2008

Lời nói đầu

TCVN 7942-2 : 2008 hoàn toàn tương đương với ISO 4037 – 2 : 1997

TCVN 7942-2 : 2008 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 và Công nghệ công bố.

TCVN 7942 với tên chung "*An toàn bức xạ – Bức xạ chuẩn tia X và gamma hiệu chuẩn liều kế và máy đo suất liều và xác định đáp ứng của thiết bị theo năng lượng photon*" gồm các phần sau đây:

TCVN 7942-1 : 2008 (ISO 4307 - 1: 1996) Phần 1: Đặc tính bức xạ và phương pháp tạo ra bức xạ;

TCVN 7942-2 : 2008 (ISO 4307 - 2: 1997) Phần 2: Đo liều trong bảo vệ bức xạ cho dải năng lượng từ 8 keV đến 1,3 MeV và từ 4 MeV đến 9 MeV;

ISO 4307 - 3:1999 Phần 3: Hiệu chuẩn liều kế khu vực và liều kế cá nhân và phép đo đáp ứng của chúng theo năng lượng và góc tới.

ISO 4307 - 4: 2004 Phần 4 : Hiệu chuẩn liều kế khu vực và liều kế cá nhân trong trường bức xạ tia X năng lượng thấp.

Lời giới thiệu

Thuật ngữ đo liều trong tiêu chuẩn này dùng để mô tả phương pháp xác định giá trị của đại lượng vật lý đặc trưng cho tương tác của bức xạ với vật chất ở một điểm xác định bằng cách sử dụng thiết bị chuẩn đã được hiệu chuẩn. Đo liều là cơ sở để hiệu chuẩn các dụng cụ và thiết bị bảo vệ bức xạ và xác định đáp ứng theo hàm của năng lượng bức xạ.

Hiện tại, các đại lượng theo đó thiết bị hay nguồn chuẩn bức xạ photon thứ cấp được hiệu chuẩn để sử dụng trong các phòng thí nghiệm chuẩn liều bảo vệ bức xạ đều liên quan đến các phép đo thực hiện trong không khí, nghĩa là kerma không khí.

CHÚ THÍCH Trong tiêu chuẩn này, kerma là tên gọi tắt của kerma không khí.

Nhằm xác định mối tương quan giữa các đại lượng vật lý với hiệu quả sinh học, cần phải có một đại lượng kiểu như tương đương liều [1] để dùng trong bảo vệ bức xạ. ICRU đã xác định các đại lượng này [2] và sau này sẽ có Tiêu chuẩn quốc gia gồm các bảng hệ số chuyển đổi từ kerma không khí sang các đại lượng liều tương đương này (ISO 4037-3).

An toàn bức xạ – Bức xạ chuẩn tia X và tia gamma hiệu chuẩn liều kế và máy đo suất liều và để xác định đáp ứng của thiết bị theo năng lượng photon –

Phần 2: Đo liều trong bảo vệ bức xạ cho dải năng lượng từ 8 keV đến 1,3 MeV và từ 4 MeV đến 9 MeV

Radiation protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose-rate meters and for determining their response as a function of photon energy –

Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này đưa ra các quy trình đo liều bức xạ chuẩn tia X và gamma để hiệu chuẩn thiết bị bảo vệ bức xạ trong dải năng lượng từ xấp xỉ 8 keV đến 1,3 MeV và từ 4 MeV đến 9 MeV. Các phương pháp tạo bức xạ và các suất kerma danh định thu được từ các bức xạ chuẩn này được nêu trong tiêu chuẩn TCVN 7942-1:2008 (ISO 4037-1:1996).

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng bản mới nhất (bao gồm cả sửa đổi).

TCVN 7942-1: 2008 (ISO 4037-1: 1996) An toàn bức xạ – Bức xạ chuẩn tia X và tia gamma hiệu chuẩn liều kế và máy đo suất liều và xác định đáp ứng của thiết bị như là hàm của năng lượng photon – Phần 1: Đặc tính bức xạ và phương pháp tạo ra bức xạ;

ISO 4037-3: 1999, Radiation protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose-rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters. (An toàn bức xạ – Bức xạ chuẩn tia X và gamma dùng để

TCVN 7942-2 : 2008

hiệu chuẩn liều kế và máy đo suất liều và xác định đáp ứng theo hàm của năng lượng photon – Phần 3: Hiệu chuẩn liều khu vực và liều cá nhân);

Báo cáo 33: 1980 của ICRU, Các đại lượng bức xạ và đơn vị;

VIM, 1984 International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, BIPM-IEC-ISO-OIML (Từ điển quốc tế các thuật ngữ cơ bản và thông dụng trong đo lường).

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các định nghĩa trong Báo cáo số 33 của ICRU, "Từ điển quốc tế các thuật ngữ cơ bản và thông dụng trong Đo lường (VIM)" và các định nghĩa dưới đây

3.1

Điều kiện chuẩn (reference conditions)

Các điều kiện sử dụng thiết bị đo được quy định để thực hiện việc kiểm tra tính năng hoặc các điều kiện để đảm bảo sự so sánh phù hợp của các kết quả đo [VIM].

CHÚ THÍCH Các điều kiện chuẩn thường quy định các giá trị chuẩn hoặc khoảng giới hạn chuẩn cho những thông số có ảnh hưởng tới thiết bị đo. Trong tiêu chuẩn này, các giá trị chuẩn cho nhiệt độ, áp suất không khí và độ ẩm tương đối như sau:

- nhiệt độ môi trường: 293,15 K;
- áp suất không khí: 101,3 kPa;
- độ ẩm tương đối: 65%.

3.2

Điều kiện thử nghiệm chuẩn (standard test conditions)

Giá trị (hay khoảng giá trị) của các đại lượng ảnh hưởng [VIM] hoặc các thông số thiết bị quy định đối với đo liều của trường bức xạ.

CHÚ THÍCH Khoảng giá trị của nhiệt độ môi trường, áp suất không khí và độ ẩm tương đối là:

- nhiệt độ môi trường: 291,15 K đến 295,15 K;
- áp suất môi trường: 86 kPa đến 106 kPa;
- độ ẩm tương đối: 30% đến 75%.

Làm việc ở ngoài khoảng này có thể dẫn tới kết quả có độ chính xác kém.

3.3

Buồng ion hóa (ionization chamber)

Đầu dò ion hóa gồm buồng chứa khí thích hợp, trong đó có một điện trường, không tạo ra sự khuếch đại khí, để thu gom về các điện cực điện tích của các ion và electron do bức xạ ion hóa tạo ra trong vùng nhạy của đầu dò [3].

CHÚ THÍCH Buồng ion hóa bao gồm thể tích nhạy, các điện cực thu gom và phân cực, điện cực bảo vệ (nếu có), thành buồng, các phần cách điện ở gần thể tích nhạy và bất kỳ nắp đậy cần thiết nào để đảm bảo cân bằng điện tử.

3.4

Khối buồng ion hóa (ionization chamber assembly)

Buồng ion hóa và tất cả các bộ phận khác gắn chặt với buồng ion hóa, ngoại trừ khối đo.

CHÚ THÍCH Với buồng có cáp nối, khối buồng ion hóa bao gồm cả thân máy, bộ phận ghép nối điện và dây cáp hay bộ tiến khuếch đại gắn liền. Với buồng có cửa sổ mỏng, khối buồng ion hóa bao gồm cả khối vật liệu bao bọc buồng ion hóa.

3.5

Khối đo (measuring assembly)

Thiết bị đo dòng hay điện tích từ buồng ion hóa và chuyển đổi thành dạng phù hợp để hiển thị, kiểm soát hay lưu giữ.

3.6

Điểm tham chiếu của buồng ion hóa (reference point of the ionization chamber)

Điểm đo khoảng cách từ nguồn bức xạ đến buồng ion hoá theo một hướng xác định.

CHÚ THÍCH Điểm tham chiếu phải được nhà sản xuất thiết bị đánh dấu trên buồng. Nếu không được đánh dấu thì điểm tham chiếu phải được chỉ rõ trong tài liệu hướng dẫn đi kèm với thiết bị.

3.7

Điểm thử nghiệm (point of test)

Vị trí của điểm tham chiếu trên buồng ion hóa dùng cho hiệu chuẩn và quy ước ở đó đo được suất kerma thực (xem 3.11).

3.8

Ảnh hưởng của hướng buồng ion hoá (chamber orientation effect)

Sự thay đổi dòng ion trong buồng ion hóa do hướng đến của tia bức xạ chuẩn thay đổi.

3.9

Hệ số hiệu chuẩn (calibration factor)

Buồng ion hóa cùng với khối đo đi kèm là tỷ số giữa giá trị thực quy ước của đại lượng mà thiết bị định đo và chỉ số của thiết bị, đã hiệu chỉnh về điều kiện chuẩn.

3.10

Hệ số hiệu chuẩn (calibration factor)

(Buồng ion hóa tự hiệu chuẩn mà không cần khối đo)

Hệ số để chuyển đổi dòng ion hay điện tích, đã được hiệu chỉnh về điều kiện chuẩn, về giá trị thực quy ước của đại lượng liêu ở điểm tham chiếu của buồng.

3.11

Giá trị thực (true value)

Giá trị đặc trưng cho đại lượng được xác định một cách hoàn hảo, trong những điều kiện khi xem xét đại lượng đó.

CHÚ THÍCH Giá trị thực của một đại lượng là một khái niệm lý tưởng, nói chung không thể biết chính xác được. Thực tế, các hiệu ứng lượng tử có thể ngăn trở sự tồn tại của một giá trị thực duy nhất [VIM].

3.12

Giá trị thực quy ước của đại lượng (conventional true value of a quantity)

Giá trị đánh giá tốt nhất của đại lượng được đo, xác định bằng chuẩn sơ cấp hoặc thứ cấp hoặc thiết bị chuẩn đã hiệu chỉnh theo chuẩn sơ cấp hoặc thứ cấp.

VÍ DỤ: Trong một tổ chức, kết quả đo nhận được bằng thiết bị chuẩn thứ cấp có thể được dùng làm giá trị thực quy ước của đại lượng được đo.

CHÚ THÍCH Nói chung, giá trị thực quy ước được xem là đủ gần với giá trị thực với khác biệt không đáng kể theo mục đích đo.

3.13

Đáp ứng (response)

Tỷ số giữa chỉ số của khối đo và giá trị thực quy ước của đại lượng đo tại điểm tham chiếu trong không gian.

CHÚ THÍCH Đáp ứng thường thay đổi theo phân bố phổ và góc của bức xạ tới.

3.14

Thời gian đáp ứng (response time)

Khoảng thời gian giữa thời điểm tức thời khi vật được kích thích thay đổi đột ngột và thời điểm mà ở đó đáp ứng đạt tới và duy trì giá trị ổn định cuối cùng trong giới hạn nhất định [VIM].

3.15**Độ lệch tuyến tính, δ (deviation from linearity)**

Độ lệch phần trăm tuyến tính được tính theo công thức:

$$\delta = 100 \cdot \frac{mQ}{Mq - 1}$$

Trong đó

M và Q lần lượt là chỉ số và đầu vào ở điểm thử đã chọn;

m là chỉ số quan sát được của tín hiệu đầu vào q khác.

CHÚ THÍCH Với các thiết bị có nhiều thang đo thì định nghĩa trên được áp dụng cho mỗi thang đo.

3.16**Dòng rò (leakage current)**

Dòng điện tổng cộng chạy trong đầu dò ở điện áp vận hành khi không có bức xạ [3].

3.17**Độ trôi điểm không (zero drift)**

Sự thay đổi chậm theo thời gian của chỉ số trên khối đo khi lối vào bị đoản mạch.

3.18**Độ lệch điểm không (zero shift)**

Thay đổi đột ngột trên thang đo do phân cực khối đo thay đổi từ chế độ kiểm tra điểm “không” sang chế độ đo với dữ liệu đầu vào được kết nối với buồng ion hoá khi chỉ có bức xạ ion hóa mà không có phòng bức xạ môi trường.

3.19**Chuẩn sơ cấp (primary standard)**

Chuẩn của một đại lượng có chất lượng đo cao nhất trong một lĩnh vực nào đó.

3.20**Chuẩn thứ cấp (secondary standard)**

Chuẩn mà giá trị của nó được xác định bằng cách so sánh trực tiếp hay gián tiếp với chuẩn sơ cấp.

4 Thiết bị**4.1 Khái quát**

Thiết bị dùng để đo bức xạ chuẩn phải là thiết bị chuẩn thứ cấp hoặc thiết bị thích hợp khác. Thông thường bao gồm khối buồng ion hóa và khối đo. Trong một số ứng dụng, ví dụ như xác định các suất

TCVN 7942-2 : 2008

kerma thấp, các thiết bị như liều kế nhấp nháy được sử dụng. Với các năng lượng cao từ 4 MeV đến 9 MeV (xem 10.2 và 10.6.3) thì các thiết bị như TLD và liều kế Fricke cũng được sử dụng.

4.2 Hiệu chuẩn

Thiết bị chuẩn phải được hiệu chuẩn cho khoảng năng lượng và các đại lượng dự định sử dụng.

4.3 Đáp ứng phụ thuộc năng lượng của thiết bị

Ở năng lượng trung bình trên [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)] 30 keV, tỷ số giữa đáp ứng cực đại và cực tiểu của thiết bị không được vượt quá 1,1 trên dải năng lượng mà thiết bị chuẩn được sử dụng. Với các năng lượng trung bình từ 8 keV đến 30 keV, tỷ số này không được vượt quá 1,2.

Khi có thể, thì các bức xạ chuẩn dùng để hiệu chuẩn thiết bị chuẩn thứ cấp phải giống như bức xạ dùng để hiệu chuẩn các thiết bị bảo vệ bức xạ.

4.4 Thiết bị kiểm tra độ ổn định

Nên sử dụng một nguồn phóng xạ kiểm tra để xác nhận thiết bị hoạt động tốt trước khi sử dụng.

5 Quy trình chung

Các quy trình được nêu trong điều này dùng chung cho đo liều lượng của cả bức xạ chuẩn tia X và tia gamma.

5.1 Vận hành thiết bị chuẩn

Chế độ vận hành của thiết bị chuẩn phải tuân thủ chứng chỉ hiệu chuẩn thiết bị và tài liệu hướng dẫn sử dụng thiết bị. Khoảng thời gian giữa các lần hiệu chuẩn định kỳ cho thiết bị chuẩn hoặc giữa các lần thẩm định định kỳ độ ổn định hiệu chuẩn thực hiện với thiết bị chuẩn phải nằm trong khoảng thời gian có thể chấp nhận được theo quy định của quốc gia. Nếu không có những quy định như vậy thì thời gian này không được vượt quá ba năm.

5.2 Kiểm tra độ ổn định

Phải thực hiện các phép đo để kiểm tra độ ổn định bằng cách sử dụng nguồn phóng xạ kiểm tra phù hợp hoặc trường bức xạ hiệu chuẩn nhằm khẳng định rằng khả năng chỉ thị của thiết bị nằm trong khoảng $\pm 2\%$. Cần phải hiệu chỉnh cho sự phân rã phóng xạ của nguồn và những thay đổi của áp suất khí và nhiệt độ so với điều kiện hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH Với thiết bị có nhiều thang đo, nguồn kiểm tra có thể chỉ kiểm tra một thang nhất định của thiết bị. Nếu nguồn kiểm tra có thể dùng để kiểm tra nhiều thang đo thì dùng thang đo cho độ chính xác số đo tốt nhất.

5.3 Thời gian sấy máy và thời gian đáp ứng

Cần phải có đủ thời gian để thiết bị ổn định trước khi tiến hành bất kỳ phép đo nào. Cần phải có đủ thời gian giữa các phép đo để các phép không phụ thuộc vào thời gian đáp ứng của thiết bị. Khi đo suất

kerma, khoảng thời gian giữa các lần đo liên tiếp không được nhỏ hơn năm lần giá trị thời gian đáp ứng của thiết bị ở thang đo đang sử dụng. Nhà sản xuất phải nói rõ thời gian làm nóng và thời gian đáp ứng của thiết bị.

5.4 Thiết lập điểm không

Nếu có kiểm soát thiết lập điểm không thì phải hiệu chỉnh kiểm soát này theo thang đo mà thiết bị đang sử dụng, có nối với đầu dò.

5.5 Số lần đo

Thiết bị chuẩn yêu cầu lấy ít nhất là bốn số đo liên tiếp. Tuy nhiên, cần lấy đủ số lần đo để đảm bảo có được giá trị trung bình của các số đo ấy với độ chính xác phù hợp.

5.6 Đáp ứng phụ thuộc năng lượng của thiết bị chuẩn

Các hệ số hiệu chuẩn của thiết bị chuẩn xác định với các phổ nhất định. Nếu đáp ứng của buồng chuẩn phụ thuộc vào năng lượng thì có thể phải sử dụng hệ số hiệu chỉnh khi phân bố của phổ bức xạ khác xa với phổ dùng để hiệu chuẩn thiết bị chuẩn.

5.7 Thang đo và dải đo phi tuyến tính của thiết bị

Cần phải hiệu chỉnh các thang đo và dải đo phi tuyến tính của thiết bị chuẩn.

5.8 Thời gian di chuyển của sập

Nếu thiết bị chuẩn là loại tích hợp với thời gian chiếu xạ được xác định bởi hoạt động của cửa sập thì có thể cần phải hiệu chỉnh khoảng cách của thời gian chiếu do có thời gian di chuyển của cửa sập [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)]. Ví dụ, thời gian di chuyển của cửa sập Δt có thể được xác định bằng cách dùng kỹ thuật chiếu đa cấp. Kỹ thuật này xác định thời gian chiếu xạ danh định t và hai giá trị kerma phân biệt K_1 và K_n , trong đó K_1 là một lần chiếu xạ đơn lẻ trong khoảng thời gian danh định t , tính bằng giây, và K_n là giá trị tổng cộng của n lần chiếu, mỗi lần chiếu trong một khoảng thời gian danh định t/n , tính bằng giây.

Do đó, thời gian di chuyển của cửa sập, Δt , được xác định bởi công thức sau:

$$\Delta t = \frac{t(K_n - K_1)}{(nK_1 - K_n)}$$

Kỹ thuật này cho kết quả tốt khi hoạt độ nguồn ổn định hoặc phép đo được lặp lại nhiều lần để nhận được giá trị Δt trung bình.

5.9 Chuyển đổi từ đại lượng đo sang đại lượng yêu cầu

Nếu thiết bị chuẩn được hiệu chuẩn theo một đại lượng khác với đại lượng được yêu cầu thì cần áp dụng các hệ số chuyển đổi đối với các giá trị đo được.

6 Quy trình áp dụng cho buồng ion hóa

6.1 Khối buồng ion hóa được hiệu chuẩn riêng biệt với khối đo

Nếu khối buồng ion hóa được hiệu chuẩn riêng biệt với toàn bộ hệ đo thì có thể theo dõi việc hiệu chuẩn khối đo điện tích hay dòng phụ trợ theo các tiêu chuẩn thích hợp về điện.

6.2 Ảnh hưởng bởi góc tới của tia bức xạ lên đáp ứng của buồng ion hóa

Nói chung hướng của buồng ion hoá so với hướng của tia bức xạ tới có ảnh hưởng đến kết quả của phép đo. Sai số do lệch hướng không được vượt quá $\pm 2\%$ (2σ). Hướng chuẩn của buồng phải được nêu trong chứng chỉ.

Nếu có thể được thì phải phù hợp với các đặc trưng kỹ thuật của nhà sản xuất.

6.3 Xác định ảnh hưởng của sự rò rỉ

Với các thiết bị được thiết kế để đo suất kerma, dòng rò của khối đo khi không có bức xạ ngoài bức xạ môi trường ra phải nhỏ hơn 2% số chỉ lớn nhất trên thang đo nhạy nhất. Với các thiết bị được thiết kế để đo kerma, chỉ số độ rò rỉ tích lũy tương ứng phải nhỏ hơn 2% số chỉ tạo bởi bức xạ chuẩn trong khoảng thời gian đo. Nếu rò rỉ nhiều thì phải hiệu chỉnh dòng rò.

CHÚ THÍCH 1 Dưới đây là các ví dụ về nguồn gốc của dòng rò

a) rò rỉ sau chiếu xạ ρ – Hiệu ứng này gây bởi bức xạ và xảy ra trong phần cách điện của buồng hoặc trong phần thân máy hoặc cáp dẫn bị chiếu. Hiệu ứng tiếp tục diễn ra sau khi bức xạ không còn nữa và thường giảm theo hàm mũ với thời gian;

b) rò rỉ trong phần cách điện khi không có bức xạ - Các dòng rò này có thể xuất hiện ở trên bề mặt hoặc trong thể tích vật liệu cách điện dùng để chế tạo buồng, cáp dẫn, đầu nối và các bộ phận đầu vào có trở kháng cao của điện kế và /hoặc bộ tiền khuếch đại;

c) các thiết bị có tín hiệu từ buồng được số hóa có thể không có dòng rò do phân cực ngược với sự phân cực do quá trình ion hóa trong buồng.

Trong trường hợp này không thể xác định được độ lớn của dòng rò trừ khi có sẵn các bức xạ phù hợp đã biết suất kerma hoặc tỷ số suất kerma.

CHÚ THÍCH 2 Còn có các nguồn gây sai số khác cũng tạo ra các hiệu ứng giống như dòng rò, ví dụ:

a) cáp truyền âm: cáp đồng trục có thể tạo ra ồn điện khi bị uốn hoặc biến dạng. Có thể sử dụng cáp có độ ổn thấp, không truyền âm và đợi đủ thời gian để dòng điện cơ học giảm xuống;

b) tín hiệu do tiền khuếch đại: bất cứ khi nào có thể, nên đặt bộ tiền khuếch đại ở ngoài vùng chùm bức xạ để loại bỏ dòng rò cảm ứng. Nếu không thể được thì phải che chắn đầy đủ cho bộ tiền khuếch đại.

6.4 Vị trí và hướng của buồng chuẩn

Phải đặt buồng chuẩn theo quy định của phòng thí nghiệm hiệu chuẩn, trên trục của chùm bức xạ chuẩn ở khoảng cách cần thiết từ nguồn đến điểm tham chiếu của buồng và hướng chuẩn của buồng so với chùm tia phải được nhà sản xuất nêu rõ.

6.5 Điều kiện hình học

Tiết diện ngang của chùm bức xạ chuẩn phải đủ lớn để chiếu buồng chuẩn hoặc thiết bị được hiệu chuẩn, tùy theo đối tượng nào lớn hơn. Thay đổi suất kerma trong tiết diện chùm tia có ích phải nhỏ hơn 5% và đóng góp của bức xạ tán xạ vào suất kerma tổng cộng phải nhỏ hơn 5% [xem TCVN 7942 -1 (ISO 4037-1)]. Cần phải hiệu chỉnh nếu thấy cần thiết.

Kích thước hạn chế của buồng có thể ảnh hưởng đến phép đo bức xạ ở những khoảng cách nguồn - buồng nhỏ [4].

6.6 Tán xạ trên phần hỗ trợ buồng và chạc phân nhánh

Kết cấu hỗ trợ buồng chuẩn trong chùm tia phải được thiết kế nhằm đóng góp bức xạ tán xạ ít nhất. Vì hiệu ứng tán xạ trên thân máy và dòng rò do bức xạ trong thân máy tạo ra trong điều kiện hiệu chuẩn đã được đưa vào hệ số hiệu chuẩn cho thiết bị chuẩn nên không cần phải hiệu chỉnh các hiệu ứng này nữa trừ khi diện tích chùm tia khác xa với diện tích chùm tia sử dụng để hiệu chuẩn thiết bị chuẩn.

Hiệu ứng tán xạ trên thân máy có thể thấy ở các phép đo có và không có thân máy trong các điều kiện hình học phù hợp.

CHÚ THÍCH Tán xạ trên thân máy là hàm của chất lượng bức xạ chuẩn và tiết diện chùm tia. Tuy nhiên, ảnh hưởng của bức xạ tán xạ đối với việc sử dụng chùm tia để hiệu chuẩn thiết bị về sau phụ thuộc vào loại thiết bị và phương pháp hỗ trợ trừ khi thiết bị chuẩn và thiết bị được chuẩn giống hệt nhau.

6.7 Hiệu chỉnh phép đo

Số đo của thiết bị chuẩn phải được hiệu chỉnh khi cần thiết đối với các hiệu ứng nêu trong 5.6 và 5.7 để xác định kết quả của phép đo.

6.7.1 Dịch chuyển điểm không

Hiệu ứng này có thể lớn trên các dải đo nhạy hơn và nếu cần phải được hiệu chỉnh hay tốt hơn là loại bỏ bằng các kỹ thuật đo phù hợp.

6.7.2 Hiệu chỉnh rò điện và rò do bức xạ, kể cả bức xạ phản xạ

Khi thích hợp phải hiệu chỉnh cho hiệu ứng rò nêu trong 6.3.

6.7.3 Hiệu chỉnh sai lệch nhiệt độ không khí, áp suất và độ ẩm so với điều kiện chuẩn

Với buồng ion hóa chuẩn hơ, phải áp dụng các hiệu chỉnh khí lý tưởng sau đây cho bất kỳ khác biệt nào giữa điều kiện đo và điều kiện hiệu chuẩn:

$$M = M_j \times C_{T,p} \times C_h$$

trong đó

M giá trị hiệu chỉnh về các điều kiện hiệu chuẩn p_0 , T_0 và h_0 dưới đây:

p_0 áp suất không khí chuẩn, 101,3 kPa;

T_0 nhiệt độ không khí chuẩn, 293,15 K;

h_0 độ ẩm tương đối chuẩn, 65%;

M_j giá trị nhận được trong điều kiện đo: p , T và h ;

p áp suất không khí trong quá trình đo;

T nhiệt độ không khí trong quá trình đo;

h độ ẩm tương đối trong quá trình đo;

$C_{T,p}$ hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ và áp suất không khí tính theo công thức:

$$C_{T,p} = \frac{p_0 \times T}{p \times T_0},$$

C_h là hệ số hiệu chỉnh cho bất kỳ sai khác nào về độ ẩm tương đối giữa điều kiện chuẩn và điều kiện đo. Giá trị của C_h được xác định từ quan hệ thực nghiệm giữa đáp ứng của các buồng ion hóa là hàm của độ ẩm tương đối [5]. Độ lớn của hệ số hiệu chỉnh này thường nhỏ và được giả thiết là $C_h = 1$ với dải độ ẩm tương đối thường gặp.

Một số loại thiết bị có cơ chế tự động bù nhiệt độ và /hoặc áp suất mà không cần phải hiệu chỉnh, với điều kiện là bù trừ về điều kiện chuẩn.

CHÚ THÍCH Có thể điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong giới hạn các giá trị ở điều kiện kiểm tra chuẩn. Không áp dụng đối với áp suất. Làm việc ở ngoài vùng giá trị cho trong tiêu chuẩn này có thể làm giảm độ chính xác hoặc cần phải xử lý đặc biệt đối với hệ số hiệu chỉnh.

6.7.4 Thu gom ion không hoàn toàn

Khi dùng thiết bị chuẩn ở dải các suất liều cao, có thể cần phải hiệu chỉnh đối với việc thu gom ion không hoàn toàn trong khối buồng ion hóa.

CHÚ THÍCH 1 Nếu có thể thì nên tránh việc sử dụng các tín hiệu điện để xác định độ hiệu chỉnh ở các dải liều cao của thiết bị. Nếu sử dụng tín hiệu điện thì cần hiệu chỉnh sự thu gom ion không đầy đủ trong buồng.

CHÚ THÍCH 2 Nên chiếu toàn bộ khối đầu dò vì phương pháp này sẽ kiểm tra toàn bộ hệ thống đo.

6.7.5 Sự không đồng đều của chùm tia

Phải xác định sự biến thiên của suất kerma trên diện tích chùm tia bằng cách khảo sát chùm tia với đầu dò kích thước nhỏ hoặc nhũ tương ảnh (phim).

7 Quy trình bổ sung và lưu ý riêng đối với đo liều lượng bức xạ gamma sử dụng các nguồn nhân phóng xạ

7.1 Sử dụng nguồn đã biết hoạt độ

Không dùng hoạt độ đã biết của nguồn để hiệu chuẩn trường bức xạ. Việc đo liều lượng của tất cả các trường bức xạ chuẩn đều phải tiến hành bằng cách sử dụng thiết bị chuẩn đã được hiệu chuẩn. Quy trình này tránh được các sai số do khác biệt về điều kiện hình học giữa các phép đo ban đầu của hoạt độ nguồn đã biết và khi sử dụng nguồn về sau.

Tuy nhiên, khi đo các suất kerma môi trường nhỏ hơn xấp xỉ $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ thì việc sử dụng các nguồn phóng xạ chuẩn và các kỹ thuật thích hợp được chấp nhận. Việc đo liều lượng chính xác, và hiệu chuẩn, cho các thiết bị đo kerma /suất kerma môi trường dẫn đến nhiều vấn đề. Nghiên cứu chi tiết về các vấn đề liên quan và các kỹ thuật được khuyến cáo cho việc hiệu chuẩn có trong Tài liệu tham khảo [6].

7.2 Sử dụng nắp cân bằng điện tử

Tất cả các phép đo phải thực hiện với nắp mà đã được dùng tại mỗi năng lượng trong quá trình hiệu chuẩn thiết bị chuẩn; nếu không hệ số hiệu chuẩn của thiết bị chuẩn sẽ không hợp lệ.

7.3 Phân rã nguồn phóng xạ

Khi có yêu cầu, cần phải hiệu chỉnh đối với sự phân rã phóng xạ của nguồn [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)] để biết chi tiết về thời gian bán rã của các đồng vị phóng xạ.

7.4 Tụ bản đồng vị phóng xạ

Vì các nguồn ^{137}Cs vừa mới sản xuất có thể chứa một lượng lớn ^{134}Cs nên việc áp dụng hiệu chuẩn phân rã dựa trên giả thiết tinh khiết đồng vị phóng xạ ^{137}Cs có thể có sai số.

Nhà sản xuất nguồn phải cho biết các đặc trưng về tạp nhiễm của nguồn [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)].

7.5 Nội suy giữa các vị trí hiệu chuẩn

Việc xác định suất kerma bằng cách nội suy cho các khoảng cách chứ không thực hiện các phép đo ở đó chỉ được phép với các khoảng cách có sự sai khác so với quy luật tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách nhỏ hơn $\pm 5\%$ [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)].

8 Quy trình bổ sung và lưu ý riêng đối với đo liều lượng bức xạ tia X

8.1 Thăng giáng cường độ tia X

Khi có sự thay đổi cường độ bức xạ từ máy phát tia X theo thời gian, thì phải theo dõi đầu ra của máy phát bằng buồng ion hóa.

TCVN 7942-2 : 2008

CHÚ THÍCH Vì có một lượng lớn tấm lọc thêm vào dùng để tạo ra các bức xạ được lọc chuẩn trong TCVN 7942-1 (ISO 4037-1), những thay đổi lớn về cường độ có thể xảy ra chỉ với những thay đổi nhỏ của điện áp. Với các suất kerma thấp, thay đổi 1% điện áp ống phát tia X có thể tạo ra thay đổi cường độ chùm tia lọc lên đến 15%. Tuy nhiên, nếu điện áp trung bình không thay đổi thì bất kỳ sự biến thiên nào trong một chu kỳ điện áp cũng sẽ tạo ra những biến thiên rất lớn đối với suất kerma tức thời của bức xạ tia X [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1) để biết đặc trưng kỹ thuật cho các giới hạn về biến thiên điện áp].

8.2 Đầu dò theo dõi

8.2.1 Đầu dò theo dõi phải là khối buồng ion hóa hở truyền qua có khối đo đi kèm.

8.2.2 Phần của buồng ion hóa mà chùm bức xạ đi qua phải có cấu trúc đồng nhất và được đặt ở sau và gần với tấm lọc thêm vào. Buồng đầu dò phải đủ mỏng để không tạo thêm tấm lọc không mong muốn đối với chùm tia [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)]. Hình 1 là một ví dụ về hệ tia X điển hình.

8.2.3 Hiệu suất thu gom ion của buồng không được nhỏ hơn 99% đối với tất cả các suất kerma.

8.2.4 Với một chất lượng bức xạ đã cho, nếu tỷ số số đo của đầu dò và số đo của thiết bị chuẩn cho thấy sự ổn định theo thời gian, nghĩa là thay đổi không quá 0,5% trong khoảng thời gian xác định thì đầu dò có thể dùng làm thiết bị chuyển đổi trong khoảng thời gian đó mà không cần phải so sánh thêm.

8.2.5 Dòng rò của buồng ion hóa phải nhỏ hơn 2% số đo lớn nhất trong thang đo dòng nhạy nhất, và phải áp dụng các hiệu chỉnh nếu thích hợp.

8.2.6 Khi đo suất kerma, hằng số thời gian của hệ đo buồng ion hóa phải tương xứng với và không lớn hơn hằng số thời gian của thiết bị chuẩn.

8.2.7 Phải hiệu chỉnh số đo của hệ đo buồng ion hóa do những sai lệch về nhiệt độ và áp suất so với điều kiện chuẩn (xem 6.7.3).

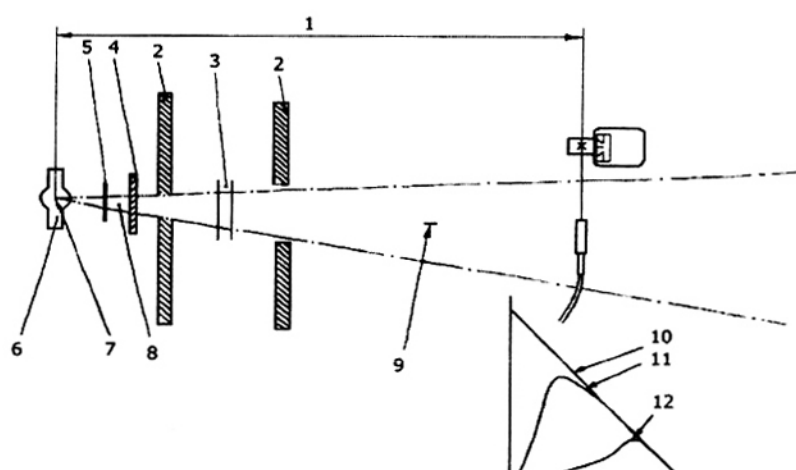
8.2.8 Các đặc trưng vận hành của khối buồng ion hóa và khối đo đi kèm phải tương tự với thiết bị chuẩn.

8.3 Khe tia

Khe tia phải được đặt sau và gần với tấm lọc thêm vào để giới hạn chùm tia theo kích thước yêu cầu. Thiết kế khe tia phải đảm bảo đóng góp tán xạ ít nhất tại điểm kiểm tra. Diện tích chùm tia phải đủ lớn để đảm bảo rằng cả buồng chuẩn và dụng cụ hoặc thiết bị được chuẩn được chiếu xạ hoàn toàn, và phải đủ nhỏ để giảm thiểu chiếu xạ lên thân máy và phần hỗ trợ thân máy. Kích thước chùm tia phải giữ không đổi trong quá trình hiệu chuẩn.

8.4 Cửa sập tia X

Cửa sập phải đặt giữa ống phát tia X và buồng ion hóa. Cửa sập phải đủ dày để làm giảm suất kerma truyền qua chỉ còn 0,1% để sử dụng được bức xạ chuẩn có năng lượng cao nhất (xem 5.8). Khi đo kerma, phải lấy số đo càng sớm càng tốt sau khi ngừng chiếu xạ.



CHÚ GIẢI

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1 Khoảng cách hiệu chuẩn | 7 Vị trí A |
| 2 Chuẩn trực bằng chì | 8 Vị trí B |
| 3 Buồng theo dõi chùm tia | 9 Vị trí C |
| 4 Tấm lọc bổ sung | 10 Không lọc, A |
| 5 Cửa sập | 11 Với tấm lọc sẵn có, B |
| 6 Ống phát tia X | 12 Với tấm lọc bổ sung, C |

Hình 1 - Ví dụ hệ tia X điển hình

8.5 Hiệu chỉnh suất kerma

Với bất kỳ bức xạ chuẩn nào cũng có thể có được các suất kerma khác nhau bằng cách thay đổi dòng trong ống phát tia X hoặc khoảng cách đến bia. Việc lựa chọn điều kiện vận hành là sự dung hòa giữa các yêu cầu đối kháng nhau như tán xạ, độ đồng đều của chùm tia, ổn định đầu ra, thăng giáng điện áp và suy giảm trong không khí.

9 Quy trình đặc biệt và lưu ý riêng đối với bức xạ huỳnh quang tia X - Giới hạn bức xạ bên ngoài trong chùm tia

9.1 Bất cứ khi nào có thể thực hiện được và phù hợp với suất kerma được yêu cầu thì nên hiệu chỉnh điện áp của máy phát tia X để giảm thiểu bức xạ không phải là bức xạ đặc trưng được yêu cầu đối với bộ phận phát bức xạ.

9.2 Trong các ứng dụng sau đó của chùm bức xạ này, cần chú ý tới vai trò của các tạp nhiễu trong phân bố phổ; điều này đặc biệt quan trọng đối với bức xạ huỳnh quang từ lớp K có năng lượng thấp.

9.3 Khi phát bức xạ tia X huỳnh quang từ lớp K của uranium, cả bộ phận phát và tấm lọc thorium đều bức xạ cho nên có thể tạo ra dòng giả lớn trong buồng ion hóa; dòng này phải được hiệu chỉnh khi cần thiết.

10 Đo liều lượng bức xạ chuẩn có năng lượng photon từ 4 MeV đến 9 MeV

10.1 Đại lượng liều lượng

Đại lượng được chọn đặc trưng cho bức xạ chuẩn từ 4 MeV đến 9 MeV ở điểm kiểm tra là (suất) kerma không khí đo trong không khí, tức là trong điều kiện không có thiết bị thu gom, hoặc (suất) liều hấp thụ đối với vật liệu hoặc nước xác định tương đương mô, đo ở các độ sâu cần thiết trong hình nộm chuẩn, tức là khi có thiết bị thu gom. Các đại lượng bảo vệ bức xạ cần thiết sẽ dựa trên đại lượng đã chọn (xem Báo cáo của ICRU: Báo cáo số 39, Báo cáo số 43, Báo cáo số 47, Báo cáo số 51 và ấn phẩm số 74 của ICRP).

10.2 Đo các đại lượng liều

Cả hai đại lượng liều đều có thể xác định bằng phương pháp đo trực tiếp sử dụng thiết bị hiệu chuẩn theo đại lượng đã chọn, hoặc gián tiếp bằng cách đo một đại lượng khác và áp dụng các hệ số chuyển đổi. Các ví dụ về xác định trực tiếp và gián tiếp cho trong 10.2.1 và 10.2.2.

10.2.1 Với (suất) kerma không khí trong điều kiện không có thiết bị thu gom

Trực tiếp

- đo (suất) kerma không khí bằng buồng ion hóa hiệu chuẩn theo (suất) kerma không khí.

Gián tiếp

- từ phép đo phổ (thông lượng) dòng photon (xem 10.5.3);
- từ phép đo phát xạ hạt alpha thứ cấp trong trường hợp trường bức xạ tạo bởi phản ứng $^{19}\text{F}(p, \alpha)^{16}\text{O}$ ở các năng lượng proton gần ngưỡng phản ứng và dòng hạt gần 1 mA (xem 10.5.3.2).

10.2.2 Với (suất) liều hấp thụ trong điều kiện có thiết bị thu gom

Trực tiếp

- đo (suất) liều hấp thụ đối với mô bằng buồng ion hóa hiệu chuẩn theo (suất) liều hấp thụ trong mô.

Gián tiếp

- đo phổ (thông lượng) dòng photon trong điều kiện không có thiết bị thu gom;
- đo (suất) kerma không khí, trong không khí hoặc hình nộm (xem 10.6 về cách xác định trong hình nộm).

Các phương pháp đo được đề cập trong tiêu chuẩn này chỉ giới hạn áp dụng trong hiện tại hoặc xem xét sử dụng cho tương lai gần.

10.3 Hình học đo

Điểm tham chiếu của đầu dò đặt ở điểm kiểm tra.

Khoảng cách từ tâm nguồn đến điểm kiểm tra được chọn sao cho dòng photon đồng đều trong giới hạn 5%:

- trên toàn bộ tiết diện ngang của khối đầu dò dùng để hiệu chuẩn trường bức xạ chuẩn trong điều kiện không có thiết bị thu gom;
- trên toàn bộ tiết diện ngang của khối hình nộm và đầu dò dùng để hiệu chuẩn trường bức xạ chuẩn trong điều kiện có thiết bị thu gom.

Ảnh hưởng của chùm tia phân kỳ lên kết quả đo không được vượt quá 3%. Khi diện tích tiết diện ngang của chùm tia tại điểm kiểm tra nhỏ hơn tiết diện ngang của khối bị chiếu, khối bị chiếu phải được quét ngang khắp chùm tia một cách hợp lý.

10.4 Đầu dò theo dõi

Tất cả các phép đo tại điểm kiểm tra phải được liên hệ với các phép đo tức thời bằng một đầu dò theo dõi được lắp đặt sao cho số đo của nó không bị ảnh hưởng bởi bức xạ tán xạ từ thiết bị đo đặt tại điểm kiểm tra.

Việc lựa chọn thiết bị theo dõi tùy thuộc vào thông lượng. Ví dụ các lựa chọn có thể là các hệ thống sử dụng buồng ion hóa, đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) hoặc nhựa, ống đếm GM, thiết bị đếm hạt thứ cấp hoặc đầu dò bán dẫn. Số đo của đầu dò theo dõi chùm tia phải tỷ lệ trong khoảng 2% so với giá trị thực quy ước của đại lượng được đo.

10.5 Xác định (suất) kerma không khí trong điều kiện không có thiết bị thu gom

Giá trị chuẩn của (suất) kerma không khí phải được xác định tại điểm kiểm tra. Có thể xác định giá trị này một cách trực tiếp hoặc gián tiếp (xem 10.2).

10.5.1 Điều kiện đo

10.5.1.1 Lựa chọn và định vị đầu dò

Nếu có thể được, cần dùng buồng ion hóa có thành buồng gần tương đương với không khí để làm đầu dò. Điểm tham chiếu của đầu dò phải đặt tại điểm kiểm tra. Nếu buồng đặt ở khoảng cách khác với khoảng cách hiệu chuẩn thì cần phải có hệ số hiệu chỉnh cho (suất) kerma không khí đo được.

10.5.1.2 Cân bằng điện tử tạm thời

Để thiết lập cân bằng điện tử tạm thời trên bề mặt đầu dò, đầu dò phải được bao bọc bằng một lớp (nắp) tạm thời làm bằng vật liệu tương đương không khí.

Nếu dùng vật liệu không tương đương không khí thì phải có các hiệu chỉnh cho sự khác nhau về năng lượng hấp thụ (xem Báo cáo ICRU số 37). Độ dày tổng cộng của thành và nắp đầu dò phải nằm trong khoảng 0,4 g/cm² và 0,6 g/cm² khi đo bức xạ gamma từ ¹³⁷Cs hoặc ⁶⁰Co, và 0,4 g/cm² ± 0,1 g/cm² khi đo bức xạ chuẩn năng lượng cao (ISO 4037-3).

10.5.2 Đo trực tiếp bằng buồng ion hóa

Buồng ion hóa sử dụng phải hiệu chuẩn trong không khí theo kerma không khí và phải dùng tổng độ dày thành buồng bằng 0,4 g/cm² ± 0,1 g/cm² cho tất cả các phép đo với photon trong dải năng lượng từ 4 MeV đến 9 MeV.

Nếu có thể, phải hiệu chuẩn buồng ion hóa bằng phổ photon tương tự với bức xạ chuẩn. Sau đó, xác định kerma không khí, $(K_a)_r$, đối với bức xạ chuẩn của năng lượng E_r từ số đo của buồng $M_r^{(3)}$ như sau:

$$(K_a)_r = M_r (N_K)_r \quad (1)$$

trong đó $(N_K)_r$ là hệ số hiệu chuẩn kerma không khí nhận được với photon năng lượng E_r .

Khi không thể hiệu chuẩn cho buồng ion hóa với phổ photon tương tự như bức xạ chuẩn thì buồng được hiệu chuẩn bằng bức xạ gamma của ⁶⁰Co, sử dụng độ dày tổng cộng thông thường của thành buồng giữa 0,4 g/cm² và 0,6 g/cm². Kerma không khí, $(K_a)_r$, của bức xạ chuẩn năng lượng E_r được xác định như sau:

$$(K_a)_r = M_r N_K [(1 - g_a) k_{att} k_m]_r \quad (2)$$

trong đó N_K là hệ số hiệu chuẩn kerma không khí nhận được với tia gamma của ⁶⁰Co, hệ số $(1 - g_a)$ hiệu chỉnh cho sự phát bức xạ hấp thụ trong không khí, hệ số k_{att} hiệu chỉnh cho sự hấp thụ và tán xạ bức xạ sơ cấp trong thành buồng (kể cả nắp tích lũy gần cùng), và hệ số k_m hiệu chỉnh cho sự khác biệt có thể có giữa không khí của thành buồng và nắp. Quá trình biến đổi để nhận được công thức (2) có trong Phụ lục A. Với trường hợp thành buồng và nắp làm từ cùng một loại vật liệu (ký hiệu dưới là Gm) nhưng không nhất thiết phải tương đương với không khí, k_m được xác định bởi:

$$k_m = (\bar{L}/\rho)_{a,m} (\bar{\mu}_{en}/\rho)_{m,a} \quad (3)$$

trong đó $(\bar{L}/\rho)_{a,m}$ là tỷ số công suất dừng và chạm khối giới hạn trung bình của không khí và vật liệu làm thành buồng⁴⁾ và $(\bar{\mu}_{en}/\rho)_{m,a}$ là tỷ số hệ số hấp thụ năng lượng khối trung bình của vật liệu làm thành buồng (và nắp) và không khí. Lưu ý rằng k_m bằng 1 đối với buồng ion hóa có thành buồng và nắp tương đương không khí.

⁴⁾ Ví dụ, Báo cáo ICRU số 37, ký hiệu $\bar{L}/\rho$, thay cho $L(T, \Delta)/\rho$, là công suất dừng và chạm khối giới hạn trung bình cho năng lượng của các điện tử thứ cấp, T , trở xuống một khoảng năng lượng Δ , được nêu trong tiêu chuẩn này, chứ không phải là ký hiệu $\bar{S}_{en}$ được dùng trong Báo cáo Kỹ thuật (Technical Report) Số 277 của IAEA. Điều này loại bỏ khả năng nhầm lẫn với công suất dừng không giới hạn.

Có thể phải tiến hành thêm các hiệu chỉnh trong các điều kiện đo cụ thể, ví dụ như hiệu chỉnh cho hiệu suất thu gom ion không hoàn toàn trong những trường hợp mật độ thông lượng lớn, các hiệu ứng phân cực và tương tác photon với các bộ phận khác của buồng (thân máy, điện cực trung tâm) xảy ra trong một số loại buồng ion hóa nhất định, và sự khác biệt giữa tâm hiệu dụng và tâm hình học của buồng ion hóa trong trường hợp buồng có thể tích tương đối lớn. Thông thường các hệ số hiệu chỉnh bổ sung sai khác với 1 dưới 1%, và do vậy có thể bỏ qua khi sử dụng các trường bức xạ chuẩn trong đo liều lượng bảo vệ bức xạ. Ví dụ các giá trị đại số cần cho việc ước tính (K_a), từ công thức (2) được cho trong các Bảng từ 1 đến 4. Bảng 1 cho các giá trị hiệu chỉnh mất mát do bức xạ hãm trong không khí của buồng ion hóa, nhận được bởi nhiều tác giả khác nhau. Bảng 2 cho, ví dụ, sự so sánh k_{att} cho năm loại và kích thước buồng ion hóa ở năng lượng 1,25 MeV và 7 MeV.

Giá trị các tỷ số giữa công suất dừng và hệ số hấp thụ năng lượng cần để tính toán hệ số hiệu chỉnh k_m cho buồng ion hóa có thành buồng và nắp không tương đương không khí, ví dụ như nước, polymethyl methacrylate (PMMA) và polystyrene, được cho trong các Bảng 3 và 4. Tất cả các tỷ số hệ số hấp thụ năng lượng cho trong Bảng 4 áp dụng đối với các độ dày thành buồng cho cân bằng điện tử và photon đơn năng [15]. Vì rằng hầu hết các tỷ số này thay đổi tương đối chậm theo năng lượng photon nên các giá trị đã cho có thể xem là tương đối đồng đều với các năng lượng photon mà độ dày 0,4 g/cm² lớn hơn độ dày cho cân bằng điện tử. Xem Phụ lục A để biết về các giá trị trong bảng và ứng dụng của chúng.

Bảng 1 - Các giá trị điển hình của hệ số hiệu chỉnh bức xạ hãm

Năng lượng photon MeV	$1 - \bar{g}_a$	Giá trị đề nghị cho $1 - \bar{g}_a$ (Quy về ở 1,25 MeV)
1,0*	0,998	1,001
1,25*	0,997	1,00
1,5*	0,996	0,999
4,0	0,988	0,992
4,4*	0,987	0,990
6,0	0,980	0,983
6,1*	0,980	0,983
7,0*	0,976	0,979
8,0	0,972	0,975
8,5*	0,970	0,973
9,0*	0,968	0,971
10,0	0,963	0,966

H.E Johns và J. R. Cunningham, The Physics of Radiology, trang 723, Charles Thomas, Springfield USA, 1983.

* Các giá trị nhận được bằng nội suy.

* DIN 6814, Thuật ngữ và định nghĩa trong lĩnh vực kỹ thuật X quang. Phần 3: Đơn vị và đại lượng liều (Terms and definitions in the field of radiological technique, Part 3: Dose quantities and units, Deutsches Institut für Normung e.V, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Germany, 1985).

Bảng 2 - Các giá trị hệ số hiệu chỉnh suy giảm và tán xạ, k_{att} , của các loại buồng ion hóa khác nhau

Buồng ion hóa				$k_{att}^{1)}$			
Loại buồng	Thể tích buồng cm^3	Độ dày thành buồng (vật liệu) $g.cm^{-2}$	Kích thước buồng ²⁾ cm	Độ dày thành buồng ở 1,25 MeV		Độ dày thành buồng ở 7,0 MeV	
				$\sim 0,5$ $g.cm^{-2}$ ³⁾	4,0 $g.cm^{-2}$ ⁴⁾	4,0 $g.cm^{-2}$ ⁸⁾	Chuẩn về độ dày thành buồng ở 1,25 MeV 4,0 $g.cm^{-2}$ ⁴⁾
Trụ tương đối nông	0,79	4,0 (PMMA)	$r = 0,325$ $d \approx 2,4$	$\sim 0,99$	$0,98 \pm 0,03$	$0,95^{4), 5)}$ $0,96^{6)}$	$0,98^{5)}$ –
Trụ tương đối nông	3,0	4,0 (PMMA)	$r = 0,630$ $d \approx 2,4$	$\sim 0,99$	$0,97 \pm 0,02$	$0,95^{4)}$ $0,96^{6)}$	0,99 –
Trụ tương đối nông	30	4,0 (PMMA)	$r = 2,0$ $d \approx 2,4$	$\sim 0,99$	$0,96 \pm 0,01$	$0,96^{4)}$ $0,95^{6)}$	1,01 –
Trụ sâu (máy đo)	365	$\sim 4,0$ (PMMA)	$r = 3,5$ $d \approx 10$	–	$0,93 \pm 0,01$	$0,94^{4)}$ $0,95^{6)}$	1,01 –
Trụ rất nông	1,9	4,0 (polystyrene)	$r = 1,75$ $d \approx 0,2$	$\sim 0,99$	$0,97 \pm 0,02$	$0,98 \pm 0,01^{4)}$ $0,97^{4), 7)}$	1,01 $1,00^{7)}$

CHÚ THÍCH Các giá trị tính được sử dụng trong phần này của TCVN 7942 (ISO 4037) thực hiện bởi D.W.O. Rogers thuộc Hội đồng nghiên cứu quốc gia Canada (National Research Council of Canada) sử dụng các phương pháp đã xuất bản trước đó của mình [12, 13]. Liên hệ riêng [1987].

- Được tính cho khoảng cách nguồn đến buồng là 100 cm trừ các trường hợp cụ thể khác.
- Ý nghĩa của các ký hiệu: r = bán kính; d = độ sâu.
- Trung bình các giá trị của 35 buồng có thể tích 1 cm^3 cho trong Bảng XVIII của Các báo cáo kỹ thuật của IAEA (IAEA Technical Report Series) số 277.
- Chiếu xạ liên tục.
- Độc lập với khoảng cách.
- Chiếu xạ từ một bên.
- Chiếu xạ ở khoảng cách 50 cm từ nguồn đến buồng.
- Nếu không có sai số thì lấy giá trị $< \pm 0,005$.

Bảng 3 - Các tỷ số công suất dừng và chạm khối giới hạn trung bình đặc trưng của không khí so với các vật liệu làm thành buồng

Năng lượng photon MeV	$(L/\rho)_{a,w}^{1)}$		$(L/\rho)_{a,PMMA}^{2)}$		$(L/\rho)_{a,polyst}^{3)}$	
	Tỷ số	Quy về 1,25 MeV	Tỷ số	Quy về 1,25 MeV	Tỷ số	Quy về 1,25 MeV
1,25	0,883	1,000	0,907	1,000	0,901	1,000
4,0	0,903	1,023	0,934	1,030	0,928	1,030
4,4	0,906	1,026	0,937	1,033	0,931	1,033
5,0	0,909	1,029	0,942	1,039	0,935	1,038
6,0	0,917	1,039	0,947	1,044	0,941	1,044
7,0	0,920	1,042	0,953	1,051	0,947	1,051
8,0	0,924	1,046	0,956	1,054	0,950	1,054
8,5	0,927	1,050	0,958	1,056	0,951	1,055
9,0	0,929	1,052	0,959	1,057	0,953	1,058

CHÚ THÍCH Năng lượng cắt của điện tử thứ cấp: 10 keV. Ký tự dưới w thay cho nước, PMMA thay cho polymetyl metacrylat, và polyst thay cho polystyrene.

1) Theo P. Andreo và A.E. Nahum, Bảng 1, cột 3 [14].

2) Các giá trị tính được sử dụng trong tiêu chuẩn này thực hiện bởi J.R. Cunningham, Viện Ung thư Ontario, sử dụng các phương pháp đã xuất bản trước đó của mình [10, 11].

Bảng 4 - Các hệ số hấp thụ năng lượng điển hình đối với các vật liệu làm thành buồng không tương đương không khí so với không khí [15]

Năng lượng photon MeV	$(\mu_{en}/\rho)_{w,a}$		$(\mu_{en}/\rho)_{PMMA,a}$		$(\mu_{en}/\rho)_{polyst,a}$	
	Tỷ số	Quy về 1,25 MeV	Tỷ số	Quy về 1,25 MeV	Tỷ số	Quy về 1,25 MeV
1,25	1,112	1,000	1,082	1,000	1,078	1,000
4,0	1,107	0,995	1,070	0,989	1,062	0,984
4,4	1,106	0,995	1,067	0,986	1,057	0,980
5,0	1,104	0,993	1,061	0,981	1,050	0,973
6,0	1,097	0,986	1,048	0,969	1,032	0,957
7,0	1,092	0,982	1,042	0,963	1,024	0,950
8,0	1,089	0,979	1,037	0,959	1,018	0,944
8,5	1,087	0,977	1,034	0,956	1,014	0,940
9,0	1,086	0,976	1,031	0,953	1,010	0,936

CHÚ THÍCH Xem Bảng 3 để biết chú giải cho các ký hiệu dưới.

10.5.3 Xác định (suất) kerma không khí từ (thông lượng) dòng photon

Có thể xác định gián tiếp (suất) kerma không khí từ phổ (thông lượng) dòng photon dựa trên phổ biên độ xung đo bằng đầu dò chất rắn đã hiệu chuẩn (xem 10.5.3.1) hoặc, nếu có thể được, từ (thông lượng) dòng photon tổng có được bằng cách đếm hạt liên kết (xem 10.5.3.2).

Nói chung, khi ϕ_i là dòng photon trong khoảng năng lượng thứ i , E_i , và $(\bar{\mu}_{tr}/\rho)_i$ là hệ số truyền năng lượng khối trung bình trong khoảng này [11], [16], kerma không khí, K_a , được xác định bởi:

$$K_a = \sum_i E_i \phi_i (\bar{\mu}_{tr}/\rho)_i \quad (4)$$

trong đó tổng được lấy trên toàn bộ phổ dòng photon. Hệ số truyền năng lượng khối có thể tính theo $\bar{\mu}_{tr}/\rho = (\bar{\mu}_{en}/\rho)/(1 - \bar{g}_a)$ - xem Báo cáo ICRU số 33 trong đó $\bar{\mu}_{en}/\rho$ là hệ số hấp thụ năng lượng khối [15] và $\bar{g}_a$ là bức xạ hãm tạo ra tính trung bình cho phổ electron do các tương tác ban đầu của photon tạo ra. Xem Bảng 1 để có các giá trị của $(1 - \bar{g}_a)$.

10.5.3.1 Xác định kerma không khí từ các phép đo dòng photon

Có thể sử dụng các đầu dò NaI(Tl), Ge thuần, hoặc Ge(Li). Tâm mặt trước của vỏ bọc đầu dò đặt ở điểm kiểm tra. Nếu bình nitơ được sử dụng thì phải đặt sao cho tránh tạo ra bức xạ tán xạ thừa từ bức xạ trực tiếp. Đầu dò phải hiệu chuẩn theo các hàm đáp ứng, đã biết số đếm ứng với mỗi đơn vị dòng photon trong các khoảng năng lượng liên tiếp, đối với các photon tới có năng lượng khác nhau thuộc dải năng lượng quan tâm. Phải sử dụng các giá trị đã tính, trừ khi trong dải năng lượng quan tâm đã có đồng vị phóng xạ và/hoặc nguồn gia tốc để đo đủ số lượng cho các hàm đáp ứng. Các photon 6,13 MeV có được từ phản ứng $^{19}\text{F}(p,\alpha\gamma)^{16}\text{O}$ tại năng lượng proton bằng hoặc cao hơn một chút so với năng lượng ngưỡng 340 keV khiến chúng phù hợp cho việc xác định hàm đáp ứng của các đầu dò này ở các năng lượng gần 6 MeV, vì ở các năng lượng proton này hơn 97% hạt alpha phát ra có liên quan tới các photon này (xem 10.5.3.2).

Để có được phổ dòng cần để giải công thức (4), có thể phân tích phổ biên độ xung đo được với một trong số các đầu dò này, có xem xét đến ma trận đáp ứng của đầu dò. Kinh nghiệm thực tế về phương pháp xác định kerma không khí trong các chùm bức xạ chuẩn còn hạn chế, nhưng có thể đơn giản hóa vì phổ dòng của các chùm bức xạ này bị giới hạn trong một dải năng lượng tương đối hẹp gần với E_c dùng để hiệu chuẩn đầu dò, công thức (4) trở thành:

$$(K_a)_c = n N_\phi E_c (\mu_{tr}/\rho)_c \quad (5)$$

Trong đó n là tổng số photon tới; N_ϕ xác định bằng $N_\phi = \phi/n$, là hệ số hiệu chuẩn dòng của đầu dò ở năng lượng E_c , trong đó ϕ là dòng photon; và $(\mu_{tr}/\rho)_c$ là hệ số truyền năng lượng khối của không khí, cũng ở năng lượng hiệu chuẩn E_c .

Các ví dụ về sử dụng đầu dò hiệu chuẩn để xác định thông lượng của chùm tia chuẩn có thể tìm thấy trong [17], [18], bao gồm các bước để có được nguồn hiệu chuẩn tuyệt đối có năng lượng photon 6,13 MeV [19].

10.5.3.2 Xác định kerma không khí bằng cách đếm hạt liên kết [19, 20]

Phương pháp này chỉ áp dụng được khi bức xạ chuẩn được tạo ra bởi phản ứng $^{19}\text{F}(p,\alpha\gamma)^{16}\text{O}$ ở năng lượng proton chỉ không quá vài keV với ngưỡng phản ứng 340 keV. Năng lượng thấp của proton đảm bảo rằng độ dày của lớp bia mà proton tới xuyên qua nhỏ hơn quãng chạy của hạt anpha tạo ra bởi proton ở trong bia [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)]; và không làm thay đổi số đếm của đầu dò do các trạng thái kích thích cao hơn của ^{16}O hoặc từ phản ứng cạnh tranh $^{19}\text{F}(p,p)^{19}\text{F}$ [xem TCVN 7942-1 (ISO 4037-1)]. Chú ý rằng, để nhận được cường độ bức xạ chuẩn đủ để hiệu chuẩn các thiết bị bảo vệ bức xạ ở năng lượng proton thấp như vậy thì cần phải có dòng hạt lên đến 1 mA. Các dòng hạt nhỏ hơn vài bậc độ lớn cũng đủ để hiệu chuẩn các đầu dò NaI(Tl) và Ge thuần hoặc Ge(Li) (xem 10.5.3.1).

Hệ đo hạt liên kết bao gồm đầu dò anpha đã hiệu chuẩn (ví dụ đầu dò silic) ở đầu cuối của ống gắn đối diện với bia của ống gia tốc proton và được hút chân không đến cùng áp suất.

Không cần sử dụng thêm bộ theo dõi chùm tia.

Việc lựa chọn góc giữa ống hạt liên kết và ống gia tốc không quan trọng vì hạt anpha phát ra hoàn toàn đẳng hướng [17, 21]. Có thể loại bỏ hoàn toàn ảnh hưởng của sự bất đẳng hướng nhỏ bằng cách sử dụng góc 55° giữa ống hạt liên kết và ống gia tốc (125° giữa trục của chùm proton và trục của chùm hạt anpha cần đo) [19]. Năng lượng của proton đến bia CaF_2 chỉ lớn hơn vài keV so với 340 keV.

Để giữ cho bức xạ hãm ở mức thấp, độ dày và nguyên tử số của giá đỡ bia phải càng nhỏ càng tốt. Phải loại bỏ proton do tán xạ tĩnh điện trong giá đỡ bia sinh ra và proton bị tán xạ bằng cách hấp thụ chúng trong tấm nhôm đặt trước đầu dò hạt liên kết. Độ dày của tấm nhôm phải mỏng, xấp xỉ 1 mg/cm^2 , so với quãng chạy của hạt anpha cần đo. Cần sử dụng bộ chuẩn trực ở gần bia để chắn tất cả các hạt đã tán xạ trên thành của ống hạt liên kết. Từ đó, thông lượng photon, ϕ , tại điểm kiểm tra ở khoảng cách chuẩn d từ bia xác định bởi $\phi = n_\alpha / (\Omega d^2)$, trong đó n_α là tốc độ đếm hạt liên kết và Ω là góc khối của bộ chuẩn trực ở đầu dò hạt anpha đối diện với tâm của bia CaF_2 .

Do vậy, suất kerma không khí được xác định bằng công thức:

$$(K_o)_r = \frac{n_\alpha}{\Omega d^2} E_r (\mu_r / \rho)_r \quad (6)$$

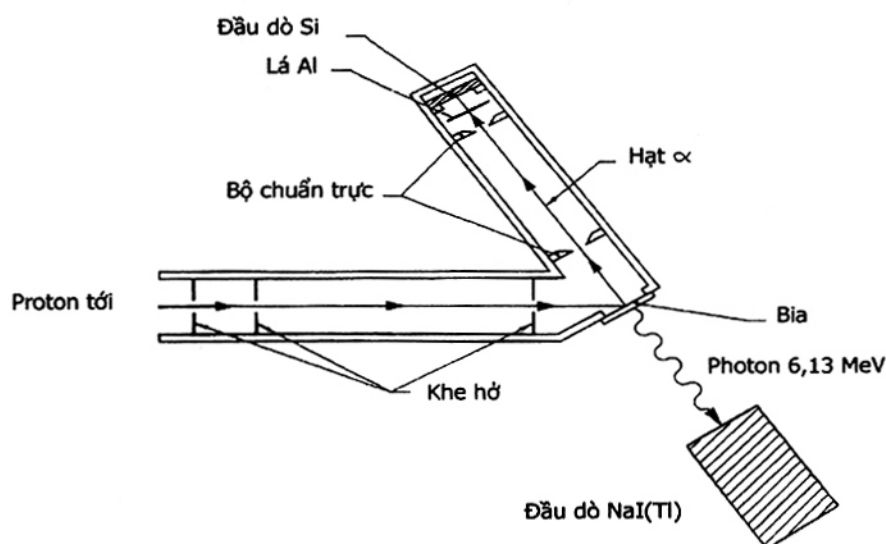
Trong đó $E_r = 6,13 \text{ MeV}$. Photon năng lượng 6,13 MeV phải được đếm đồng thời với các hạt anpha liên kết [19], cần phải hiệu chỉnh phòng tia vũ trụ cho đầu dò photon, bức xạ hủy cặp và các hạt anpha và photon tán xạ còn lại. Hình 2 trình bày ví dụ về hình học đếm hạt liên kết.

10.6 Xác định (suất) liều hấp thụ trong tổ chức mô trong điều kiện có thiết bị thu gom

Giá trị chuẩn của (suất) liều hấp thụ phải được xác định tại điểm kiểm tra. Giá trị này có thể nhận từ các phép đo trực tiếp hoặc gián tiếp (xem 10.2).

10.6.1 Điều kiện đo trực tiếp

Sử dụng hình nộm chuẩn làm bằng vật liệu tương đương mô thích hợp.



Hình 2 – Ví dụ hệ chuẩn đầu dò đo dòng bằng cách đếm hạt liên kết [19]

Đặc trưng của bia: 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ Ca_2 bay hơi lên tấm tantali 0,38 mm. Cả hạt anpha và photon đều được dò theo hướng vuông góc với bề mặt của bia. Bề dày của tấm nhôm ở đầu dò an pha: 0,87 mg/cm^2 . Đầu dò NaI(Tl) trong hình này là đầu dò chuẩn được hiệu chuẩn.

10.6.1.1 Vật liệu làm hình nộm

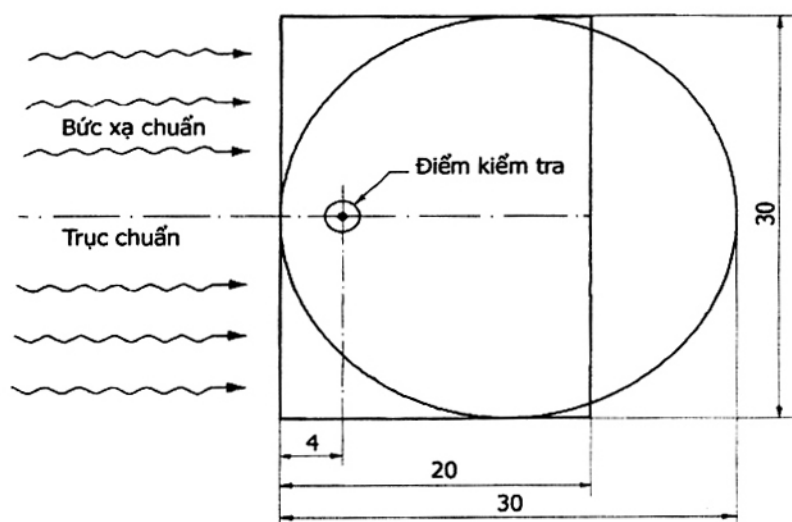
Báo cáo số 47 của ICRU đưa ra tổ chức mô theo ICRU không có thành phần đánh dấu được. Các ví dụ về thành phần thay thế đủ gần với tổ chức mô của ICRU được cho trong các tài liệu [22,23]. Tuy nhiên, với các bức xạ chuẩn có năng lượng cao trong TCVN 7942-1 (ISO 4037-1) thì nước cũng có thể được xem như tương đương mô.

10.6.1.2 Hình dạng và kích thước hình nộm

Để xác định tương đương liều môi trường bằng phương pháp đo liều hấp thụ trong mô, hình nộm chuẩn có dạng hình cầu, đường kính 30 cm (ICRU 47). Để xác định tương đương liều cá nhân, hình nộm có tiết diện ngang 30 cm $\times$ 30 cm và độ sâu 20 cm được sử dụng cho các phép đo.

10.6.1.3 Điểm kiểm tra

Nhằm xác định giá trị chuẩn của liều hấp thụ, tâm hình học của thể tích nhạy của thiết bị đo bức xạ phải đặt ở điểm kiểm tra, dưới bề mặt hình nộm 4,0 g/cm², như trong Hình 3, như trình bày trong ISO 4037-3. Đối với tương đương liều cá nhân, điểm kiểm tra nên tương ứng với vị trí đặt điểm tham chiếu của liều kế trong khi kiểm tra [xem ISO 4037-3].



Hình 3 – Các dạng hình học bức xạ cho các phép đo trong hình nộm, thể hiện các tiết diện ngang của hai loại hình nộm: hình cầu đường kính 30 cm và hình ống song song có kích thước 30 cm × 30 cm × 20 cm

10.6.1.4 Lựa chọn thiết bị đo bức xạ

Tùy thuộc vào mức suất liều hấp thụ của bức xạ chuẩn tại điểm kiểm tra mà có thể sử dụng nhiều loại thiết bị khác nhau. Kích thước và thành phần của thiết bị sử dụng phải đảm bảo ảnh hưởng của thiết bị đến trường bức xạ trong hình nộm đóng góp không đáng kể vào sai số của phép đo.

10.6.2 Các phương pháp đo bằng buồng ion hóa (sử dụng cho các suất liều hấp thụ lớn hơn một vài mGy/h) [24] đến [26]

Các phép đo này phải được thực hiện hoặc là (1) trực tiếp với buồng ion hóa có thể tích nhỏ được hiệu chuẩn theo (suất) liều hấp thụ đối với nước trong hình học chuẩn, với photon có phổ năng lượng tương tự bức xạ chuẩn, hoặc (2) nếu không hiệu chuẩn như vậy được thì thực hiện gián tiếp với buồng được hiệu chuẩn theo (suất) kerma không khí trong không khí trong chùm tia gamma của ⁶⁰Co.

Trong trường hợp đầu, liều hấp thụ của nước, $(D_w)_r$, với năng lượng chuẩn được xác định từ số đo của buồng, M_r :

$$(D_w)_r = M_r (N_{absd})_r \quad (7)$$

Trong đó $(N_{absd})_r$ là hệ số hiệu chuẩn liều hấp thụ trong nước nhận được với photon có năng lượng chuẩn.

Khi sử dụng buồng ion hóa hiệu chuẩn trong không khí theo kerma không khí, (trường hợp thứ hai), liều hấp thụ của nước đối với năng lượng photon E_r của bức xạ chuẩn sẽ nhận được từ số đo trong hình nộm M_r của thiết bị như sau:

$$(D_w)_r = M_r N_K [(L/\rho)_{w,a}]_r [(1 - \bar{g}_a) k_{att} k_m]_r \quad (8)$$

trong đó, giống như trong công thức (2) ở 5.2, N_K là hệ số hiệu chuẩn kerma không khí nhận được với tia gamma từ ^{60}Co , hệ số $(1 - \bar{g}_a)$ hiệu chỉnh cho bức xạ hãm tạo ra trong không khí, hệ số k_{att} hiệu chỉnh cho sự hấp thụ và tán xạ bức xạ sơ cấp trên thành buồng (kể cả nắp tích lũy), và hệ số k_m hiệu chỉnh cho bất kỳ sự khác biệt nào giữa không khí của thành buồng và của nắp. Xem thêm ở Phụ lục A.

Có thể phải có thêm các hiệu chỉnh khác trong một số điều kiện đo nhất định, ví dụ như các hiệu chỉnh tính đến sự thay đổi phổ photon do sai khác giữa vật liệu làm hình nộm và không khí, hiệu suất thu gom ion không hoàn toàn trong trường hợp mật độ thông lượng cao, và các hiệu ứng phân cực và hiệu ứng do tương tác photon với các phần khác của buồng (thân máy, điện cực trung tâm) có thể xảy ra trong một số loại buồng ion hóa. Ví dụ về các giá trị đại số cần cho việc ước tính $(D_w)_r$ từ công thức (8) được cho trong các Bảng từ 1 đến 4. Xem Phụ lục A để biết về các giá trị trong bảng và ứng dụng của chúng. Một lần nữa, các hệ số hiệu chỉnh phụ có thể không đáng kể trong các ứng dụng trường bức xạ chuẩn khi đo liều bảo vệ bức xạ.

10.6.3 Phương pháp đo trực tiếp với dung dịch sắt sunphát (sử dụng cho các liều hấp thụ trong nước từ vài chục đến vài trăm gray) [27] đến [29] (xem thêm các Báo cáo số 34 và 35 của ICRU)

Khi suất liều hấp thụ trong nước quá cao, không thể sử dụng buồng ion hóa cỡ nhỏ, thì phải tiến hành các phép đo bức xạ với dung dịch sắt sunphát (Fricke) truyền thống đựng trong cốc thủy tinh borosilicat kín hoặc có nắp thủy tinh gắn chặt. Vì không làm việc được với bức xạ chuẩn có xung cường độ cao nên phải thêm natri clorua vào để làm giảm độ nhạy của hệ thống do tạp chất hữu cơ. Độ thay đổi hấp thụ quang học, ΔA , của dung dịch có thể đo được với quang phổ kế có trang bị bộ phận đo kiểm soát nhiệt độ, ở đỉnh hấp thụ xấp xỉ 304 nm của ion sắt.

Liều hấp thụ trong nước, D_w , được tính như sau:

$$D_w = \frac{\Delta A}{G (Fe^{+++}) \epsilon \cdot d \cdot \rho [1 + 0,007 (T - 298)]} \quad (9)$$

Trong đó:

- $G(\text{Fe}^{***})$ là lượng hóa bức xạ của phản ứng sắt III và sắt II;
- $\Delta\varepsilon$ là hiệu, $(\text{Fe}^{***}) - (\text{Fe}^{**})$, giữa các hệ số hấp thụ mol (còn được gọi là các hệ số phân hủy mol) của ion Fe^{***} và Fe^{**} ;
- d là độ dài đường đi quang học trong dung dịch của liều kế;
- ρ là mật độ của dung dịch liều kế;
- T là nhiệt độ của dung dịch liều kế trong các phép đo hấp thụ; và hệ số 0,007, theo đơn vị nghịch đảo của nhiệt độ là hệ số nhiệt độ của $\Delta\varepsilon$.

Khi đo độ hấp thụ ở nhiệt độ 298 K, ở đỉnh hấp thụ 304 nm, ở độ dài đường đi quang học 0,01 m, giả thiết rằng mật độ của dung dịch Fricke là 1 024 kg/m³ và tích số $\Delta\varepsilon.G(\text{Fe}^{***}) = 352 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{kg Gy}$, (xem Báo cáo số 35 của ICRU), công thức (9) đơn giản về:

$$D_w = 278\Delta A \quad (10)$$

trong đó D_w tính bằng Gray.

10.6.4 Đo trực tiếp bằng liều kế nhiệt phát quang (TLD) được hiệu chuẩn theo liều hấp thụ trong nước (sử dụng với các suất liều hấp thụ nhỏ hơn một vài mGy/h)

Trong phần dải liều hấp thụ quá nhỏ, không thể sử dụng buồng ion hóa trong hình nộm, thì nên sử dụng TLD trần có khối lượng nhỏ, có nguyên tử số trung bình gần với tổ chức mô hoặc nước và được hiệu chuẩn theo liều hấp thụ. Các ấn phẩm gần đây cho các kết quả hiệu chuẩn vật liệu làm TLD với photon đơn năng trong dải năng lượng từ 4 MeV đến 9 MeV [30].

Tuy nhiên, các phép đo trên hình nộm trong chùm bức xạ hãm trong khoảng điện thế gia tốc từ 4 MV đến 30 MV cho thấy đáp ứng của TLD LiF trên mỗi đơn vị liều hấp thụ trong nước là độc lập với điện thế gia tốc, và bằng với đáp ứng với bức xạ gamma ^{60}Co , nằm trong các giới hạn độ chính xác thực nghiệm nhỏ hơn hoặc bằng 5% [31]. Do vậy, nếu không thể hiệu chuẩn ở năng lượng chuẩn được thì có thể sử dụng các hệ số hiệu chuẩn nhận được từ các phép hiệu chuẩn trên hình nộm theo liều hấp thụ trong nước với bức xạ gamma từ ^{60}Co .

11 Sai số của phép đo

11.1 Khái quát

Sai số được xác định bằng hai phương pháp: sai số ngẫu nhiên nhận được từ phân tích thống kê các phép đo lặp lại cho cùng một đại lượng và thường được tính ở độ tin cậy 95%; sai số hệ thống được đánh giá từ các ước tính tốt nhất hiện có và dựa trên suy luận và kinh nghiệm.

11.2 Các thành phần của sai số

Sai số nhận được là sự kết hợp của các sai số thành phần được trình bày trong 11.2.1 và 11.2.2.

11.2.1 Sai số trong hiệu chuẩn của chuẩn thứ cấp

Các sai số trong hiệu chuẩn của chuẩn thứ cấp có thể là:

- a) sai số tổng thể khi xác định đại lượng sơ cấp;
- b) sai số khi chuyển đổi từ đại lượng sơ cấp sang chuẩn thứ cấp.

11.2.2 Sai số khi đo bức xạ chuẩn do thiết bị chuẩn và việc sử dụng

11.2.2.1 Sai số ngẫu nhiên

Sai số ngẫu nhiên của các phép đo có thể có được từ việc phân tích thống kê các phép đo thực hiện theo 5.5.

11.2.2.2 Sai số hệ thống

Các thành phần của sai số hệ thống sau đây phát sinh từ các hệ số hiệu chỉnh áp dụng cho số đo hoặc do bản thân các hiệu ứng khi không áp dụng các hệ số hiệu chỉnh:

- a) dịch điểm không (xem 6.7.1);
- b) rò rỉ và bức xạ môi trường (xem 6.7.2);
- c) thang của hệ đo và sự không tuyến tính của dải đo (xem 5.7) bất cứ sai số nào trong các hiệu chỉnh này có thể lấy từ chứng chỉ hiệu chuẩn, nếu có;
- d) sai khác năng lượng giữa bức xạ dùng để hiệu chuẩn thiết bị chuẩn thứ cấp và bức xạ chuẩn dùng để hiệu chuẩn thiết bị bảo vệ bức xạ (xem 5.6);
- e) các thang giá trị nhiệt độ, áp suất và độ ẩm không khí (xem 6.7.3) sai số do đo nhiệt độ, áp suất và độ ẩm không khí;
- f) khoảng cách hiệu chuẩn (xem 6.5) sai số này sinh ra do khả năng không đặt được mặt phẳng đo xác định của buồng chuẩn tại điểm yêu cầu trên trục chùm tia chuẩn và khi xác định tâm hình học của nguồn bức xạ; sai số cũng có thể do sử dụng buồng chuẩn có kích thước lớn cho các phép đo ở các khoảng cách từ nguồn đến buồng nhỏ;
- g) định hướng buồng trong chùm tia (xem 6.4) sai số này phát sinh nếu đáp ứng của buồng chuẩn phụ thuộc vào định hướng của nó và nếu buồng được định vị lại trong chùm bức xạ chuẩn;
- h) sự không đồng nhất của chùm tia (xem 6.7.5);
- i) tán xạ trên thân máy, giá đỡ (xem 6.6);
- j) thời gian di chuyển của sập (xem 5.8);

k) tính ổn định lâu dài của toàn bộ thiết bị (xem 5.2) nếu có nguồn kiểm tra thì số đo tại thời điểm sử dụng (sau khi đã có các hiệu chỉnh thích hợp) phải được xác định và so sánh với giá trị trong chứng chỉ;

l) độ phân giải của chỉ số thang đo.

11.3 Xác định sai số (VIM, [31] đến [35])

Việc xác định sai số đo lường cho bức xạ chuẩn phải bao gồm các thành phần được nêu từ 11.3.1 đến 11.3.3.

11.3.1 Sai số ngẫu nhiên

- a) độ lệch chuẩn thực nghiệm;
- b) giới hạn độ tin cậy ở mức tin cậy 95%;
- c) số bậc tự do.

11.3.2 Sai số hệ thống

- a) liệt kê các sai số thành phần chính, độ lớn của chúng và phương pháp đánh giá;
- b) sử dụng phương pháp kết hợp (nghĩa là cộng bậc hai hay số học);
- c) sai số hệ thống tổng cộng.

11.3.3 Sai số tổng cộng

Nếu sai số tổng cộng được thể hiện là kết hợp của sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống thì phải nói rõ phương pháp kết hợp.

Phụ lục A

(tham khảo)

Xác định kerma không khí bằng buồng ion hóa trong điều kiện không có thiết bị thu gom và liều hấp thụ đối với tổ chức mô (nước) trong điều kiện có thiết bị thu gom**A.1 Khái quát**

Phụ lục này đề cập tới việc xác định kerma không khí và liều hấp thụ trong nước bằng cách đo sử dụng buồng ion hóa khi không thể hiệu chuẩn buồng trong trường bức xạ giống với bức xạ chuẩn. Trong trường hợp này, giá trị của các đại lượng này trong trường bức xạ chuẩn có thể tính từ số đo của buồng bằng cách sử dụng hệ số hiệu chuẩn kerma không khí của buồng nhận được theo cách thông thường trong điều kiện không có thiết bị thu gom với bức xạ gamma ^{60}Co , và áp dụng một số hệ thống chuyển đổi và /hoặc hiệu chỉnh.

Để có được các hệ số hiệu chỉnh này, có thể sử dụng một trong số các Quy tắc hoặc Chuẩn được xây dựng để xác định liều hấp thụ trong nước áp dụng cho xạ trị. Trong tiêu chuẩn này, phương pháp trong Báo cáo kỹ thuật số 277 của IAEA được dùng vì đã được chấp nhận rộng rãi.

Phương pháp và ứng dụng nó vào tính toán kerma không khí đo được trong điều kiện không có thiết bị thu gom và liều hấp thụ trong nước trong điều kiện có thiết bị thu gom được trình bày dưới đây. Vì yêu cầu độ chính xác trong đo liều lượng bảo vệ bức xạ thấp hơn nhiều so với yêu cầu trong đo liều xạ trị nên một số hệ số hiệu chỉnh trong Báo cáo kỹ thuật số 227 của IAEA có giá trị gần bằng đơn vị trong vùng năng lượng quan tâm ở trong tiêu chuẩn này không được đưa vào, mặc dù vậy trong một số điều kiện đo nhất định, chúng phải được xem xét cẩn thận.

Vì tiêu chuẩn này chỉ đề cập đến bức xạ chuẩn hoàn toàn đơn năng, trong khi đó xạ trị photon năng lượng cao lại sử dụng phổ bức xạ hãm phân bố rộng nên việc lập bảng các hệ số chuyển đổi và hiệu chỉnh trong các chuẩn liều lượng xạ trị khác nhau chỉ áp dụng cho bức xạ gamma ^{60}Co dùng trong hiệu chuẩn buồng ion hóa.

A.2 Phương pháp

Điểm khởi đầu của phương pháp là hệ số liều hấp thụ của buồng không khí, N_D , xác định như sau:

$$N_D = \overline{D}_a / M \quad (\text{A.1})$$

Trong đó

$\overline{D}_a$ liều hấp thụ trung bình của không khí trong khoảng không của buồng;

M số đo của buồng ion hóa được hiệu chỉnh về nhiệt độ và áp suất chuẩn.

Với sự trợ giúp của lý thuyết Bragg-Gray, và cho rằng, nói chung, liều hấp thụ của vật liệu trong một thể tích là kerma trừ đi bức xạ hãm thoát ra từ thể tích này, công thức (A.1) có thể viết lại như sau

$$N_D = (1/M) K_a (1 - \bar{g}_a) k_{att} k_m \quad (A.2)$$

trong đó

K_a là kerma không khí;

$\bar{g}_a$ là bức xạ hãm trung bình trong không khí;

k_{att} và k_m là các hệ số, như đã đề cập trong mục 10.5.2, có tính đến mức độ hấp thụ và tán xạ trên thành buồng và sự khác biệt giữa hấp thụ và tán xạ trên thành buồng và trong buồng không khí.

N_D được biết là tỷ lệ với W/e chia cho khối lượng không khí có trong buồng và như vậy N_D độc lập với năng lượng bức xạ trong dải năng lượng mà W/e không phụ thuộc vào năng lượng.

Đo kerma không khí bằng buồng ion hóa trong điều kiện không có thiết bị thu gom (10.5.2)

Nếu giả thiết rằng W/e không phụ thuộc vào năng lượng photon trong dải năng lượng quan tâm thì có thể đặt:

$$(N_D)_c = (N_D)_r \quad (A.3)$$

Trong đó các chỉ số dưới c và r lần lượt chỉ các điều kiện chiếu xạ khi hiệu chuẩn và trong chùm bức xạ chuẩn.

Thay công thức (A.2) vào (A.3) và tìm $(K_a)_r$ ta được:

$$(K_a)_r = (M_r / M_c) (K_a)_c [(1 - \bar{g}_a) k_{att} k_m] \quad (A.4)$$

hoặc, sử dụng hệ số hiệu chuẩn kerma không khí $N_K = (K_a)_c / M_c$,

$$(K_a)_r = M_r N_K [(1 - \bar{g}_a) k_{att} k_m] \quad (A.5)$$

chính là công thức (2) của 10.5.2. Trong các công thức (A.4) và (A.5), các chỉ số trên và dưới, c và r, của các biểu thức trong ngoặc vuông là tỷ số của các biểu thức này lần lượt cho điều kiện chuẩn và điều kiện đo trong bức xạ chuẩn.

Khi đã biết N_D của một buồng ion hóa cụ thể thì công thức (A.5) có thể viết lại dưới dạng:

$$(K_a)_r = M_r N_D / [(1 - \bar{g}_a) k_{att} k_m] \quad (A.6)$$

A.3 Đo liều hấp thụ trong nước bằng buồng ion hóa trong điều kiện có thiết bị thu gom (10.6.2)

Theo phương pháp trong Báo cáo số 277 của IAEA, liều hấp thụ trong nước ở năng lượng chuẩn có thể tính như sau:

$$(D_w)_r = M_r N_K \left[(\bar{L}/\rho)_{w,a} k_{pert} \right] \left[(1 - \bar{g}_a) k_{at} k_m \right] \quad (A.7)$$

hoặc

$$(D_w)_r = M_r N_D \left[(\bar{L}/\rho)_{w,a} k_{pert} \right] \quad (A.8)$$

là công thức (8) trong mục 10.6.2 nếu bỏ qua k_{pert} . Với photon có năng lượng trong khoảng từ 4 MeV đến 9 MeV, giá trị của k_{pert} nằm trong khoảng từ 1,000 đến 1,005 đối với hầu hết các vật liệu làm thành buồng ion hóa tương đương không khí (tương đối nhỏ) dùng trong các phép đo trên hình nộm này.

Lập bảng giá trị số của các hệ số cần để tính $(K_a)_r$ và $(D_a)_r$

Trong khi đã có rất nhiều công sức dành cho việc thiết lập các giá trị số của các hệ số cần thiết cho tính toán kerma không khí của bức xạ gamma ^{60}Co thì các giá trị tương ứng cho các photon đơn năng có năng lượng từ 4 MeV đến 9 MeV (không cần cho các ứng dụng điều trị) vẫn còn tương đối hiếm. Dữ liệu hiện có vào thời điểm soạn thảo của tiêu chuẩn này được đưa ra như là các ví dụ trong các Bảng ở trong tài liệu. Người sử dụng sẽ quyết định có thể dùng hoặc bỏ qua chúng vì chúng chỉ khác đơn vị một chút, hoặc chọn các giá trị phù hợp khác, ví dụ như các giá trị trong Báo cáo số 277 của IAEA cho k_{at} và k_m ở các giá trị năng lượng của ^{60}Co và các giá trị năng lượng cao mới khi được đưa ra.

Các Bảng 3 và 4 cho các giá trị số của các tỷ số công suất dừng giới hạn và các hệ số hấp thụ năng lượng cần cho tính toán hệ số k_m cho buồng ion hóa có thành buồng tương đương với không khí. (Với thành buồng tương đương không khí, hệ số k_m bằng đơn vị.) Tất cả các số liệu trong Bảng 3 đều dựa trên công suất dừng và chạm khối trong Báo cáo số 37 của ICRU. Các giá trị của $(\bar{L}/\rho)_{a,w}$ có được bằng cách nội suy từ bảng giá trị của Andreo và Nahum cho bức xạ hãm phát ra từ bia mỏng, (cột 3 của Bảng 1), với sự trợ giúp của các giá trị của photon đơn năng có cùng tỷ số công suất dừng khi chùm bức xạ hãm ở cùng độ sâu trong nước (có trong cùng một bảng). Các tác giả cũng cho thấy (trong hình 3 của cùng ấn phẩm) rằng khi đạt được độ sâu cần bằng điện tử, tỷ số công suất dừng chỉ thay đổi rất chậm theo độ sâu chuẩn trong hình nộm. Do đó không cần thiết phải tính đến việc phải có các nắp có độ dày khác nhau dùng cho các năng lượng hiệu chuẩn và năng lượng chuẩn.

Nghịch đảo của các tỷ số công suất dừng giới hạn cho trong Bảng 3 cũng có thể dùng để tính $(D_a)_r$ từ công thức (A.7) nếu giả thiết rằng vật liệu làm thành buồng giống với hình nộm hoặc có thể bỏ qua tất cả vì chúng tương đương với không khí. Khi cần phải lấy liệu hấp thụ trong nước [công thức (A.7)] từ các phép đo trong hình nộm làm bằng vật liệu không phải là nước thì áp dụng hiệu chỉnh bằng tích số của các tỷ số công suất dừng và các hệ số hấp thụ năng lượng cho vật liệu và nước. Hiệu chỉnh cho PMMA hoặc polystyrene có trong Bảng 3 và 4.

Phụ lục B

(tham khảo)

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ICRU Report 25, 1976, Conceptual Basis for the Determination of Dose Equivalent.
- [2] ICRU Report 39, 1985, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, và ICRU Report 47, 1992, Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations.
- [3] IEC Publication 50(391), 1975, International Electrotechnical Vocabulary Detection and Measurement of Ionizing Radiation by Electric Means.
- [4] Kondo, S. và Randolph, M. L.; Effect of Finite Size of Ionization Chambers on Measurements of Small Photon Sources, Radiation Research, **13**, 1960, trang 37-60.
- [5] ICRU Report 31, 1979, Average Energy Required to Produce an Ion Pair.
- [6] Gibson, J. A. B., Thompson, I. M. G. và Spiers, F. W. ; A Guide to the Measurement of Environmental Gamma Radiation, National Physical Laboratory (British Committee on Radiation Units and Measurements), 1993.
- [7] Evans, R. D., X-ray and Gamma-Ray Interactions; in Radiation Dosimetry I, (biên tập bởi Attix và Roesch), xuất bản lần thứ hai, Academic Press, New York and London, 1968.
- [8] Attix, F. H., Health Phys. **36**, 1979, trang 347-354.
- [9] Greening, J. R., Fundamentals of Radiation Dosimetry, Medical Physics Series, Adam Hilger Ltd., Bristol, 1982, trang 23, Bảng 2.4.
- [10] Cunningham, J. R. và Schulz, R. J., On the Selection of Stopping-Power Ratios and Mass Energy Absorption Coefficient Ratios for High-Energy X-ray Dosimetry, Med. Phys., **11**(5), 1984, trang 618-623.
- [11] Johns, H. E và Cunningham, J. R., The Physics of Radiology, Charles C. Thomas, Springfield, IL, xuất bản lần thứ tư, 1983.
- [12] Bielajew, A. F., Rogers, D. W. O., và Nahum, A. E., The Monte Carlo Simulation of Ion Chamber Response to ^{60}Co - Resolution Anomalies Associated with Interfaces ; Phys. Med. Biol. **30**(5), 1985, trang 419-428.
- [13] Rogers, D.W.O., Bielajew, A. F., và Nahum, A. E., Ion Chamber Response and A_{wall} Correction Factors in a ^{60}Co Beam by Monte Carlo Simulation ; Phys. Med. Biol. **30**(5), 1985, trang 429-444.

- [14] Andreo, P. và Nahum, A. E., Stopping-Power Ratio for a Photon Spectrum as a Weighted Sum of the Values for Mono-energetic Photon Beams, *Phys. Med. Biol.* **30**(10), 1985, trang 1055-1065.
- [15] Higgins, P.D., Attix, F.H., Hubbell, J.H., Seltzer, S.M., Berger, M.J. và Silbata, C.H., Mass Energy-Transfer and Mass Energy-Absorption Coefficients, Including In-Flight Positron Annihilation for Photon Energies 1 keV to 100 MeV, Report NISTIR 4812, Gaithersburg, MD 20899, USA, 1992.
- [16] Xem, Burlin, T. E., Cavity-Chamber Theory; trong *Radiation Dosimetry I*, (do Attix, F. H. và Roesch, W. C biên soạn), Academic press, New York and London, xuất bản lần thứ hai, 1968.
- [17] Mach, H. và Rogers, D.W.O., A Measurement of Absorbed Dose to Water per Unit Incident 7-MeV Photon Fluence; *Phys. Med. Biol.* **29**, 1984, trang 1555-1570.
- [18] Duvall, K. C., Seltzer, S. M., và đồng nghiệp, Dosimetry of a Nearly Monoenergetic 6 MeV to 7 MeV Photon Source by NaI Pulse-Height Analysis; *Nucl. Instr. Meth.* **A272**, 1998, trang 866-870.
- [19] Mach, H. và Rogers, D.W.O., An Absolutely Calibrated Source of 6.13 MeV Gamma-Rays, *IEEE Trans. Nucl. Soc.* **NS-30**, 1983, trang 1514-1517.
- [20] Hall, R. S. và Poole, D. H., A Radiation Source Using a Positive Ion Accelerator ; Report RD/B/N265, Central Electricity Generating Board, Berkeley Nuclear Laboratories, 1967.
- [21] Rogers, D.W.O., A Nearly Mono-Energetic 6-13-MeV Photon Calibration Source, *Health Phys.* **45**, 1983, trang 127-137.
- [22] ICRU Report 44, 1989, Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurements,
- [23] Harder, D. và Hermann, K.-P., Tissue Equivalent Materials and the ICRU Sphere, *Rad. Prot. Dosim.* **12**(2), 1985, trang 125-128.
- [24] A Protocol for the Determination of Absorbed Dose from High-Energy Photon and Electron Beams. Task Group 21, Radiation Therapy Committee, American Association of Physicists in Medicine, *Med. Phys.* **10**, 1983, trang 741-771, 28. Nordic Association of Clinical Physics (NACP): Procedures in External Radiation Therapy Dosimetry with Electron and Photon Beams with Maximum Energies between 1 MeV and 50 MeV ; *Acta Radiol. Oncol.* **19**, 1980, trang 55.
- [25] Hospital Physicists Association, Scientific Committee : Revised Code of Practice for the Dosimetry of 2 to 25 MV X-Ray, and of Cesium-137 and Cobalt-60 Gamma-Ray Beams, *Phys. Med. Biol.* **28**, 1983, trang 1097-1104.
- [26] Fricke, H. và Hart, E. J., Chemical Dosimetry; in *Radiation Dosimetry II*, (do Attix, F. H. và Roesch, W. C. biên soạn). Academic Press, New York and London, xuất bản lần thứ hai, 1966.
- [27] ASTM E 1026-84, 1985, Standard Method for Using the Fricke Dosimeter to Measure Absorbed Dose in Water, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.

- [28] Matthews, R. W., Aqueous Chemical Dosimetry, Int. J. Appl. Radiat. Isot. **33**, 1982, trang 1159-1170.
- [29] Saez Vergara, J.C., Gómez Ros, J.M., Delgado, A. ; High Energy Response of Different Environmental TLDs, Radiat. Dosim., 1993, trang 327-330.
- [30] Soares, C. G. và Ehrlich, M. ; A Thermoluminescence Dosimetry System for use in a Survey of High-Energy Bremsstrahlung Dosimetry, IEEE Trans Nucl. Sci., **NS-28**, 1981, trang 1614-1620.
- [31] ISO 2602-1980, Statistical interpretation of test results Estimation of the mean Confidence interval
- [32] ISO 3534 (tất cả các phần), Statistics Vocabulary and symbols.
- [33] Campion, P. J., Burns, J. E. và Williams, A. ; A Code of Practice for the Detailed Statement of Accuracy, N.P.L., HMSO, 1973.
- [34] Andreo, P., Nahum, A. E., Brahme, A., Chamber-Dependent Wall Correction Factors in Dosimetry, Phys. Med. Biol. **31**, 1986, trang 1189-1199.

CHÚ THÍCH Các thông tin bổ sung hữu ích về liều lượng trong các vùng photon năng lượng cao có thể tìm thấy trong tài liệu của Kramer, H.M. và Schöffler, D., Dosimetry in High-Energy Photon Fields for the Calibration of Measuring Instruments for Radiation Protection Purposes, PTB-Dos-18, Braunschweig, 1989.

- ICRU Report 33:1980, Radiation Quantities and Units
- ICRU Report 34:1982 The Dosimetry of Pulsed Radiation
- ICRU Report 35:1984 Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies between 1 and 50 MeV
- ICRU Report 37:1984 Stopping Powers for Electrons and Positrons
- ICRU Report 43:1988 Determination of Dose Equivalents from External Radiation Sources Part 2
- ICRU Report 44:1989 Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement
- ICRU Report 51:1993 Quantities and Units in Radiation Protection
- IAEA Technical Report Series No. 277 Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams An International Code of Practice, 1987
- ICRP Publication 51:1987 Data for Use in Protection against External Radiation
- ICRP Publication 74:1996 Conversion coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. Annals of the ICRP, Vol. 26, No. 3/4.