

**TCVN 8770:2011**

**ISO/ASTM 51631:2003**

Xuất bản lần 1

**TIÊU CHUẨN THỰC HÀNH  
SỬ DỤNG HỆ ĐO LIỀU NHIỆT LƯỢNG  
ĐỂ ĐO LIỀU CHùm TIA ĐIỆN TỬ VÀ HIỆU  
CHUẨN LIỀU KẾ ĐO THƯỜNG XUYÊN**

*Standard practice for use of calorimetric dosimetry systems  
for electron beam dose measurements and routine dosimeter calibration*

## **Lời nói đầu**

TCVN 8770:2011 hoàn toàn tương đương với ISO/ASTM 51631:2003;

TCVN 8770:2011 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/F5 Vệ sinh thực phẩm và chiếu xạ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## **Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều nhiệt lượng để đo liều chùm tia điện tử và hiệu chuẩn liều kế đo thường xuyên<sup>1)</sup>**

*Standard practice for use of calorimetric dosimetry systems*

*for electron beam dose measurements and routine dosimeter calibration*

### **1 Phạm vi áp dụng**

**1.1** Tiêu chuẩn thực hành này bao gồm chuẩn bị và sử dụng các dụng cụ đo nhiệt lượng bán đoạn nhiệt để đo liều hấp thụ và hiệu chuẩn liều kế đo thường xuyên khi được chiếu xạ bằng điện tử để xử lý bức xạ. Dụng cụ đo nhiệt lượng cũng được vận chuyển bằng băng chuyền qua chùm tia điện tử được quét hoặc được để yên trong chùm tia mở rộng.

**1.2** Tiêu chuẩn này áp dụng cho các chùm tia điện tử trong dải năng lượng từ 1,5 MeV đến 12 MeV.

**1.3** Dải liều hấp thụ phụ thuộc vào vật liệu hấp thụ, các điều kiện chiếu xạ và các điều kiện đo. Liều tối thiểu khoảng 100 Gy và liều tối đa khoảng 50 kGy.

**1.4** Suất liều hấp thụ trung bình thường phải lớn hơn  $10 \text{ Gy.s}^{-1}$ .

**1.5** Dải nhiệt độ sử dụng của các dụng cụ đo nhiệt lượng này phụ thuộc vào độ bền nhiệt của vật liệu, dải hiệu chuẩn của bộ cảm nhiệt và độ nhạy của dụng cụ đo.

**1.6** Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề liên quan đến an toàn. Trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là phải tự xác lập các tiêu chuẩn thích hợp về thực hành an toàn và sức khoẻ và xác định khả năng áp dụng các giới hạn luật định trước khi sử dụng.

<sup>1)</sup> Tiêu chuẩn này thuộc thẩm quyền của Ban kỹ thuật ASTM E 10 Công nghệ và ứng dụng hạt nhân, thuộc trách nhiệm của Tiểu ban kỹ thuật E10.01 Hệ đo liều và Ứng dụng và cũng thuộc thẩm quyền của ISO/TC 85/WG 3.

Ấn bản hiện hành được ASTM thông qua vào ngày 28 tháng 5 năm 2003, được xuất bản ngày 15 tháng 6 năm 2003. Nguyên bản là E 1631-94. ASTM E 1631-96 được ISO thông qua vào năm 1998 với số hiệu tiêu chuẩn là ISO 51631:2003. Tiêu chuẩn ASTM/ISO 51631:2003 hiện hành là bản soát xét chính của ISO/ASTM 51631:2002 và thay thế ISO 15568.

## 2 Tài liệu viện dẫn

### 2.1 Tiêu chuẩn ASTM

ASTM E 170, *Terminology relating to radiation measurements and dosimetry* (Thuật ngữ liên quan đến các phép đo bức xạ và đo liều)<sup>2)</sup>.

ASTM E 666, *Practice for calculating absorbed dose from gamma or X radiation*<sup>2)</sup> (Thực hành về tính toán liều hấp thụ của bức xạ gamma và tia X).

ASTM E 668, *Practice for application of thermoluminescence-dosimetry (TLD) systems for determining absorbed dose in radiation-hardness testing of electronic devices*<sup>2)</sup> (Thực hành đối với việc ứng dụng các hệ đo liều nhiệt huỳnh quang (TLD) để xác định liều hấp thụ trong việc thử nghiệm khả năng chịu bức xạ của các thiết bị điện tử).

### 2.2 Tiêu chuẩn ISO/ASTM

TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431), *Tiêu chuẩn thực hành đo liều áp dụng cho thiết bị chiếu xạ chùm tia điện tử và tia X (bức xạ hãm) dùng để xử lý thực phẩm*<sup>2)</sup>.

ISO/ASTM 51261, *Guide for selection and calibration of dosimetry systems for radiation processing* (Hướng dẫn lựa chọn và hiệu chuẩn các hệ đo liều trong công nghệ bức xạ)<sup>2)</sup>.

ISO/ASTM 51649, *Practice for dosimetry in an electron beam facility for radiation processing at energies between 300 keV and 25 MeV* (Thực hành đo liều trong thiết bị chiếu xạ chùm tia điện tử ở năng lượng từ 300 keV đến 25 MeV trong Công nghệ bức xạ)<sup>2)</sup>.

ISO/ASTM 51707, *Guide for estimating uncertainties in dosimetry for radiation processing* (Hướng dẫn đánh giá sai số đối với các phép đo liều trong công nghệ xử lý bằng bức xạ)<sup>2)</sup>.

### 2.3 Báo cáo của Ủy ban quốc tế phép đo và đơn vị bức xạ (ICRU)<sup>3)</sup>

ICRU Report 34, *The dosimetry of pulsed radiation* (Đo liều bức xạ xung).

ICRU Report 35, *Radiation dosimetry: Electron beams with energies between 1 and 50 MeV* (Đo liều bức xạ: Chùm tia điện tử có năng lượng từ 1 MeV đến 50 MeV).

ICRU Report 37, *Stopping powers for electrons and positrons* (Các năng lượng dừng đối với electron và positron).

<sup>2)</sup> Sổ tay tiêu chuẩn ASTM, Tập 12.02.

<sup>3)</sup> Ủy ban quốc tế về các phép đo và các đơn vị đo bức xạ (ICRU). 7910 Woodmont Ave., Bethesda, MD 20814, Mỹ.

ICRU Report 44, *Tissue substitutes in radiation dosimetry and measurements* (Chuỗi thay thế trong phép đo liều chiếu xạ và các phép đo).

ICRU Report 60, *Fundamental quantities and units for ionizing radiation* (Các đơn vị và các loại cơ bản của bức xạ ion hoá).

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

#### 3.1 Định nghĩa

##### 3.1.1

**Đoạn nhiệt** (adiabatic)

Không có sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh.

##### 3.1.2

**Dụng cụ đo nhiệt lượng** (calorimeter)

Bao gồm thân đo nhiệt lượng (bộ phận hấp thụ), bộ phận cách nhiệt và bộ cảm biến nhiệt độ có dây dẫn.

##### 3.1.3

**Thân đo nhiệt lượng** (calorimetric body)

Khối lượng của vật liệu hấp thụ năng lượng bức xạ và có nhiệt độ cần đo.

##### 3.1.4

**Phản ứng hấp thụ nhiệt** (endothermic reaction)

Phản ứng hóa học đốt cháy năng lượng.

##### 3.1.5

**Phản ứng tỏa nhiệt** (exothermic reaction)

Phản ứng hóa học giải phóng năng lượng.

##### 3.1.6

**Sai số nhiệt lượng** [heat defect (thermal defect)]

Lượng năng lượng giải phóng hoặc bị đốt cháy bởi phản ứng hóa học gây ra do hấp thụ năng lượng bức xạ.

##### 3.1.7

**Liều kế chuẩn đầu** (primary standard dosimeter)

Loại liều kế có chất lượng cao nhất được dùng để thiết lập và duy trì như chuẩn quốc gia hoặc quốc tế.

##### 3.1.8

**Công suất nhiệt lượng riêng** (specific heat capacity)

Lượng nhiệt cần để làm tăng nhiệt độ 1 kg vật liệu lên nhiệt độ 1 K.

### **3.1.9**

#### **Điện trở nhiệt (thermistor)**

Điện trở bằng điện có mối liên quan xác định giữa độ bền và nhiệt độ.

### **3.1.10**

#### **Cặp nhiệt điện (thermocouple)**

Mạch nối tiếp của hai loại kim loại tạo ra điện áp liên quan đến nhiệt độ.

### **3.1.11**

#### **Liều kế truyền chuẩn (transfer-standard dosimeter)**

Thông thường liều kế chuẩn chính thích hợp để vận chuyển từ các địa điểm khác nhau được sử dụng để so sánh các phép đo liều hấp thụ.

**3.2** Định nghĩa về các thuật ngữ khác dùng trong tiêu chuẩn này liên quan đến phép đo bức xạ và đo liều có thể tham khảo ở ASTM E170. Định nghĩa trong E170 phù hợp với ICRU 60; do đó, ICRU 60 có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo.

## **4 Đặc điểm và ứng dụng**

**4.1** Tiêu chuẩn này có thể áp dụng cho việc sử dụng dụng cụ đo nhiệt lượng đối với phép đo liều hấp thụ trong chùm tia điện tử, tính năng của các thiết bị chiếu xạ điện tử, định kỳ kiểm tra các thông số vận hành của thiết bị chiếu xạ điện tử và hiệu chuẩn các liều kế khác trong chùm tia điện tử.

**CHÚ THÍCH 1** Các thông tin bổ sung của việc sử dụng hệ đo liều trong các thiết bị gia tốc điện tử, xem TCVN 7249 (ISO/ASTM 51431) và ISO/ASTM 51649, các báo cáo của ICRU số 34, 35 và Tài liệu tham khảo (1-3)<sup>4)</sup>.

**4.2** Các dụng cụ đo nhiệt lượng được mô tả trong tiêu chuẩn này không phải là liều kế chuẩn đầu. Chúng có thể được sử dụng như liều kế truyền chuẩn hoặc các chuẩn nội tại ở cơ sở chiếu xạ chùm tia điện tử, hoặc có thể sử dụng làm liều kế đo thường xuyên trong các phép đo liều thường xuyên. Các dụng cụ đo nhiệt lượng được hiệu chuẩn bằng cách so sánh với các liều kế truyền chuẩn.

**4.3** Phép đo liều này được dựa trên phép đo sự gia tăng nhiệt độ trong bộ phận hấp thụ (thân dụng cụ đo nhiệt lượng) được chiếu xạ bằng chùm tia điện tử. Có thể sử dụng các vật liệu có độ hấp thụ khác nhau, nhưng độ nhạy thường được xác định theo liều hấp thụ trong nước.

**4.4** Có thể tính được liều hấp thụ trong các vật liệu chiếu xạ khác nhau trong các điều kiện tương đương. Các qui trình tính toán được đưa ra trong ASTM Practice E 666 và E 668, ISO/ASTM Guide 51261 và Tài liệu tham khảo (1).

---

<sup>4)</sup> Số in đậm trong dấu ngoặc đơn viện dẫn trong Tài liệu tham khảo ở cuối Tiêu chuẩn này.

**4.5** Có thể đo được liều hấp thụ trung bình theo thể tích của thân dụng cụ đo nhiệt lượng. Các gradient liều có thể xuất hiện trong thể tích này và có thể cần được xem xét khi đánh giá liều trong các vật liệu khác.

**4.6** Các thân đo nhiệt lượng của dụng cụ đo nhiệt lượng mô tả trong tiêu chuẩn này được làm từ các vật liệu có số lượng nguyên tử thấp. Dòng điện tử trong các thân đo nhiệt lượng này sẽ xấp xỉ bằng nhau khi được chiếu xạ bằng chùm tia điện tử 1,5 MeV hoặc cao hơn. Có thể sử dụng việc hiệu chuẩn theo thuật ngữ liều hấp thụ trong nước cho các dụng cụ đo nhiệt lượng này.

**4.6.1** Các dụng cụ đo nhiệt lượng dùng cho máy gia tốc điện tử công nghiệp được chế tạo sử dụng ống graphit, polystyren hoặc đĩa Petri đổ đầy nước giống như thân đo nhiệt lượng (4-10). Độ dày của thân đo nhiệt lượng sẽ nhỏ hơn dài điện tử đối với vật liệu đã qui định.

**4.6.2** Có thể sử dụng các vật liệu polyme thay cho polystyren trong phép đo nhiệt lượng. Polystyren được sử dụng vì nó được biết là chịu được bức xạ (11) và không gây ra phản ứng tỏa nhiệt hoặc hấp thụ nhiệt (12).

## 5 Các thành phần gây cản trở

**5.1 Phép ngoại suy:** Các dụng cụ đo nhiệt lượng mô tả trong tiêu chuẩn này không đo nhiệt do sự thay đổi nhiệt với môi trường xung quanh hoặc trong bộ dụng cụ đo. Nhiệt độ tối đa đạt được của thân đo nhiệt lượng khác với nhiệt độ đạt được khi không có sự trao đổi nhiệt. Sự thăng giáng nhiệt độ trước và sau chiếu xạ được ngoại suy theo điểm giữa của chu kỳ chiếu xạ trước để xác định nhiệt độ tăng thực do liều hấp thụ.

**5.2 Thiếu hụt nhiệt:** Các phản ứng hóa học trong vật liệu chiếu xạ (kết quả này được gọi là thiếu hụt nhiệt lượng hoặc nhiệt độ) có thể tỏa nhiệt hoặc hấp thụ nhiệt và có thể làm thay đổi nhiệt độ đo được. Trong nước, ví dụ, có sự thiếu hụt hoặc dư thừa nhiệt tương ứng, liên quan đến sự tăng nhiệt độ do hấp thụ năng lượng bức xạ trong nước. Các ảnh hưởng này phụ thuộc vào độ tinh khiết hoặc hàm lượng khí của nước và các ảnh hưởng hóa học bất kỳ do vật chứa nước. Ở các liều hấp thụ và suất liều thường thấy trong các dụng cụ đo nhiệt lượng này, thì các ảnh hưởng này là không đáng kể (3).

**5.3 Hiệu ứng nhiệt độ từ cấu trúc của máy gia tốc:** Các dụng cụ đo nhiệt lượng thường được chiếu xạ trên băng chuyền dùng để chuyển sản phẩm và mẫu qua vùng chiếu xạ. Nhiệt bức xạ từ cấu trúc máy móc của cơ sở chiếu xạ và từ băng chuyền có thể góp phần làm tăng nhiệt độ đo được trong dụng cụ đo nhiệt lượng.

**5.4 Cân bằng nhiệt:** Hầu hết các kết quả tái lập đều thu được khi các dụng cụ đo nhiệt lượng được cân bằng nhiệt trước khi chiếu xạ.

**5.5 Các vật liệu khác:** Các bộ cảm biến nhiệt độ, dây điện.v.v.. của dụng cụ đo nhiệt lượng có mặt các tạp chất có thể làm ảnh hưởng đến việc tăng nhiệt độ của thân đo. Phải hạn chế các thành phần này, đến mức tối thiểu có thể.

**5.6 Gradient liều:** Gradient liều tồn tại trong thân đo nhiệt lượng khi được chiếu xạ bằng điện tử. Cần tính đến các gradient này, ví dụ khi hiệu chuẩn các liều kế khác bằng các so sánh với các dụng cụ đo nhiệt lượng.

## 6 Thiết bị và dụng cụ

**6.1 Dụng cụ đo nhiệt lượng có dạng đĩa graphit:** Là một đĩa graphit đặt trong vật liệu cách nhiệt như nhựa xốp (4-6). Nhiệt điện trở hoặc cặp nhiệt điện đã hiệu chuẩn được lắp vào trong đĩa. Xem ví dụ ở Hình 1 về dụng cụ đo nhiệt lượng. Một vài ví dụ điển hình về độ dày và khối lượng của đĩa graphit được nêu trong Bảng 1 (2).

**Bảng 1 – Độ dày và kích thước của một số thân đo nhiệt lượng dạng đĩa graphit được NIST thiết kế để sử dụng tại các năng lượng điện tử cụ thể**

| Năng lượng<br>điện tử<br>MeV | Dải năng lượng<br>trong Graphit <sup>A</sup> có<br>tỷ trọng: 1,7 g cm <sup>-3</sup> | Đĩa dụng cụ đo nhiệt lượng (đường kính 30 mm) |      |                    |      |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|--------------------|------|
|                              |                                                                                     | Độ dày                                        |      | Khối lượng, g      |      |
|                              |                                                                                     | g cm <sup>-2</sup>                            | cm   | g cm <sup>-2</sup> | cm   |
| 4                            | 2,32                                                                                | 1,36                                          | 0,84 | 0,49               | 5,9  |
| 5                            | 2,91                                                                                | 1,71                                          | 1,05 | 0,62               | 7,5  |
| 6                            | 3,48                                                                                | 2,05                                          | 1,25 | 0,74               | 8,9  |
| 8                            | 4,59                                                                                | 2,70                                          | 1,65 | 0,97               | 11,7 |
| 10                           | 5,66                                                                                | 3,33                                          | 2,04 | 1,20               | 14,4 |
| 11                           | 6,17                                                                                | 3,63                                          | 2,22 | 1,31               | 15,7 |
| 12                           | 6,68                                                                                | 3,93                                          | 2,40 | 1,41               | 16,9 |

<sup>A</sup> đây là dải giảm liên tục (CSDA)  $r_0$  của các điện tử đối với chùm tia tới rộng trên chất hấp phụ nửa vô hạn. Nó được tính từ:

$$r_0 = \int_0^{E_0} (1/(S/\rho)_{\text{tot}}) dE$$

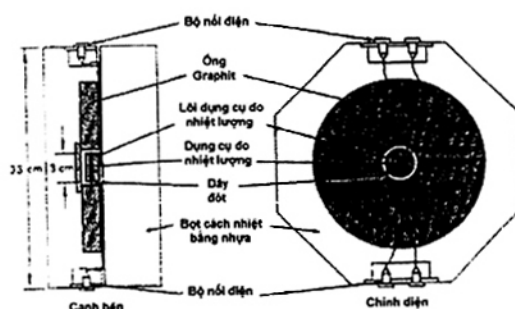
trong đó:

$E_0$  năng lượng điện tử ban đầu, và

$(S/\rho)$  công suất khối lượng dừng tổng số ở năng lượng điện tử đã cho (1).

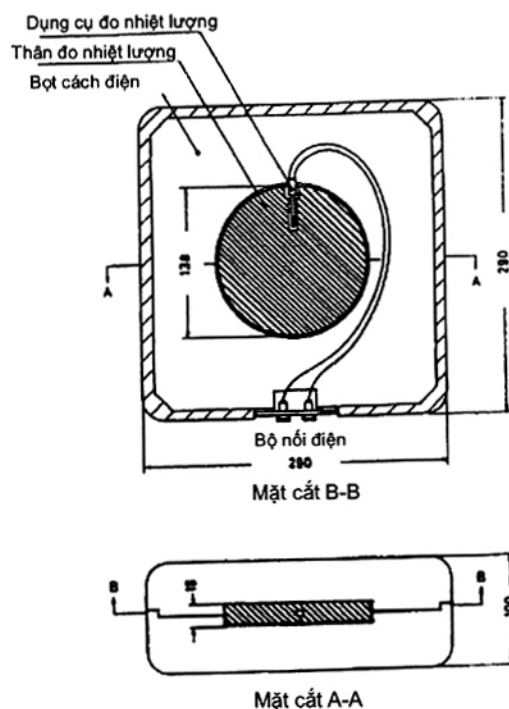
<sup>B</sup> độ dày qui định bằng 0,36  $r_0$ .

**6.2 Dụng cụ đo nhiệt lượng bằng nước điển hình:** còn được gọi là đĩa Petri polystyren đổ đầy nước được hàn kín và đặt trong nhựa xốp cách nhiệt (4). Bộ cảm ứng nhiệt độ (nhiệt điện trở) hiệu chuẩn được đặt qua mặt đĩa vào nước.



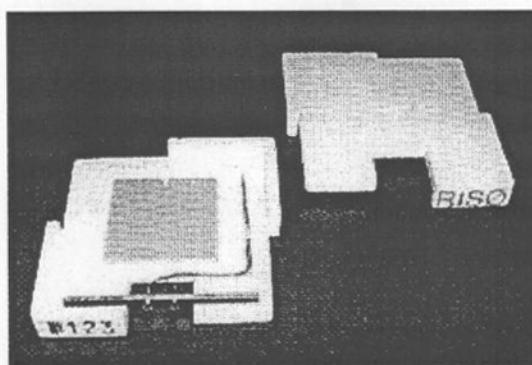
**Hình 1 – Ví dụ về dụng cụ đo nhiệt lượng sử dụng đĩa graphit ở máy gia tốc điện từ công nghiệp 10 MeV (5)**

**6.3 Dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa polystyren điển hình:** là đĩa polystyren được đặt trong nhựa xốp cách nhiệt. Nhiệt điện trở hoặc cặp nhiệt điện đã hiệu chuẩn được lắp vào trong đĩa. Kích thước đĩa polystyren có thể giống với kích thước của đĩa của dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa graphit và nước (9). Xem ví dụ ở Hình 2 về dụng cụ đo nhiệt lượng 10 MeV. Hình 3 là ví dụ về dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa polystyren được thiết kế cho máy đo gia tốc điện từ từ 1,5 MeV đến 4 MeV.



CHÚ THÍCH: Tất cả các kích thước được tính bằng mm.

**Hình 2 – Ví dụ về dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa polystyren trong phép đo thường xuyên ở máy đo gia tốc điện từ công nghiệp 10 MeV**



**Hình 3 – Ví dụ về dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa polystyren trong máy đo gia tốc điện tử công nghiệp ở 1,5 MeV đến 4 MeV (13)**

**6.4** Độ dày của thân đo nhiệt lượng phải nhỏ hơn dải điện tử chiếu xạ, thường không vượt quá 1/3 dải điện tử đối với vật liệu qui định. Điều này sẽ hạn chế sự thay đổi gradient liều trong thân đo nhiệt lượng.

**6.5** Các thành phần bền bức xạ cần được dùng cho các bộ phận của dụng cụ đo nhiệt lượng tiếp xúc với chùm tia điện tử. Điều này cũng được áp dụng để cách nhiệt các dây điện.

**6.6** Giữa bộ cảm biến nhiệt độ và thân đo nhiệt lượng phải có sự tiếp xúc nhiệt tốt. Đối với các dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa graphit và polystyren, thì cần bổ sung một lượng nhỏ hợp chất dẫn nhiệt khi lắp bộ cảm biến nhiệt.

**6.7** Đọc dữ liệu: Các dụng cụ đo nhiệt lượng được đọc bằng cách đo nhiệt độ của thân đo nhiệt lượng. Nhiệt độ này được ghi lại nhiệt điện trở hoặc cặp nhiệt điện.

**6.7.1** Nhiệt điện trở: Dùng máy đo điện trở có độ chính xác cao để đo độ bền của nhiệt điện trở. Dụng cụ đo cần có độ tái lập lớn hơn  $\pm 0,1 \%$  và độ chính xác lớn hơn  $\pm 0,2 \%$ . Tốt nhất là cần được trang bị cho các phép đo điện trở kiểu bốn dây, đặc biệt nếu điện trở của nhiệt điện trở nhỏ hơn  $10 \text{ k}\Omega$ . Với kỹ thuật đo bốn dây, thì hiệu quả của điện trở trong các dây đo và tiếp xúc điện sẽ được giảm tối thiểu.

**6.7.2** Có thể sử dụng các thiết bị thích hợp khác để đo điện trở của nhiệt điện trở, ví dụ dùng cầu đo điện trở hoặc máy đọc nhiệt điện trở đã hiệu chuẩn có bán sẵn (5). Điều quan trọng cho cả hai phép đo điện trở và cầu đo điện trở là để giảm tối thiểu nguồn tán xạ trong nhiệt điện trở, tốt nhất là thấp hơn  $0,1 \text{ mW}$ .

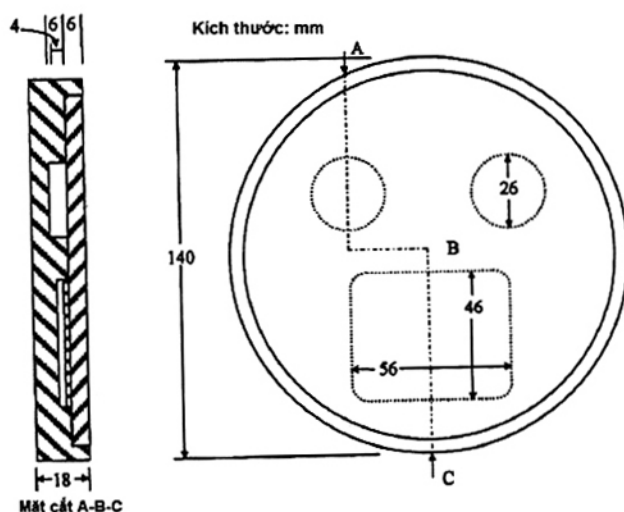
**6.7.3** Cặp nhiệt điện: Sử dụng von kế hiện số có độ chính xác cao hoặc máy đọc số có bán sẵn (2). Độ tái lập của von kế phải lớn hơn  $0,1 \mu\text{V}$  và có độ chính xác phải lớn hơn  $\pm 0,2 \%$ .

## 7 Quy trình hiệu chuẩn

**7.1** Trước khi sử dụng, hệ thống đo liều nhiệt lượng (bao gồm dụng cụ đo nhiệt lượng và các thiết bị đo) phải được hiệu chuẩn theo các quy trình đã lập thành văn bản của người sử dụng, theo các qui định chi tiết quá trình hiệu chuẩn và các yêu cầu đảm bảo chất lượng. Quy trình hiệu chuẩn này phải được lập lại theo định kỳ để đảm bảo rằng độ chính xác của phép đo liều hấp thụ được duy trì trong các giới hạn qui định. Phương pháp hiệu chuẩn được mô tả trong ISO/ASTM Guide 51261.

**7.2** Các dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa graphit, nước hoặc polystyren có thể được hiệu chuẩn bằng cách so sánh với các liều kế truyền chuẩn từ các phòng thử nghiệm hiệu chuẩn đã được công nhận đối với dụng cụ đo nhiệt lượng dùng để chiếu xạ và các liều kế và dụng cụ đo nhiệt lượng liên tiếp (hoặc đồng thời) ở máy gia tốc điện từ. Trường bức xạ trên vùng mặt cắt của thân đo nhiệt lượng sẽ phải đồng nhất trong khoảng  $\pm 2\%$  và không đổi trong thời gian cần để chiếu xạ các dụng cụ đo nhiệt lượng và các liều kế truyền chuẩn.

**7.3** Phải đảm bảo rằng các liều kế truyền chuẩn và các dụng cụ đo nhiệt lượng được chiếu xạ ở liều giống nhau. Cần có các chất hấp thụ được thiết kế đặc biệt để chiếu xạ các liều kế truyền chuẩn, xem ví dụ ở Hình 4.



CHÚ THÍCH: Tất cả các kích thước được tính bằng mm.

**Hình 4 – Chất hấp thụ chiếu xạ của liều kế đo thường xuyên và liều kế truyền chuẩn (10).**

**7.4** Nhiệt dung riêng của polystyren và graphit đều phụ thuộc vào nhiệt độ, trong khi nhiệt dung riêng của nước là một hằng số trong dải nhiệt độ thông thường sử dụng trong phép đo nhiệt lượng chùm tia điện từ. Do đó chức năng hiệu chuẩn của dụng cụ đo nhiệt lượng được đánh giá theo nhiệt độ trung bình của thân đo nhiệt lượng (xem Chú thích 2).

**CHÚ THÍCH 2** Các phép đo lặp lại của nhiệt dung riêng theo các kiểu dùng đĩa graphit khác nhau được tiến hành trên dải từ 0 °C đến 50 °C, cho biết giá trị  $c_G (J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}) = 644,2 + 2,86 T$ , trong đó  $T$  là nhiệt độ trung bình (°C) của graphit. Tuy nhiên giá trị này không được coi là giá trị thông dụng (6).

**7.5** Độ nhạy liều đối với dụng cụ đo nhiệt lượng dùng nước xấp xỉ bằng  $3,4 \text{ kGy} \cdot ^\circ C^{-1}$  và đối với dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa polystyren thì độ nhạy xấp xỉ bằng  $1,4 \text{ kGy} \cdot ^\circ C^{-1}$ . Đối với dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa graphit, thì độ nhạy xấp xỉ bằng  $0,75 \text{ kGy} \cdot ^\circ C^{-1}$ .

**7.6** Việc hiệu chuẩn tất cả các loại dụng cụ đo nhiệt lượng được sử dụng như liều kế đo thường xuyên, phải được kiểm tra bằng cách so sánh với liều kế chuẩn chính hoặc liều kế truyền chuẩn ở tần suất do người sử dụng xác định.

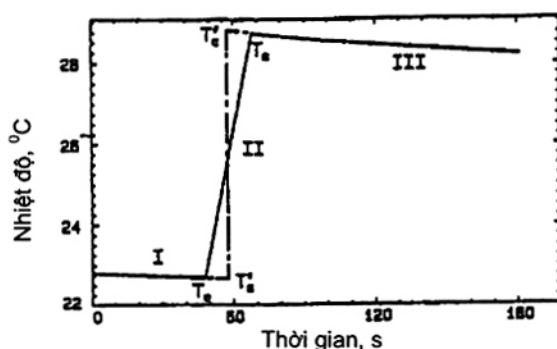
**7.7** Các dụng cụ đo nhiệt lượng có thể được hiệu chuẩn bằng cách chiếu xạ ở phòng thử nghiệm hiệu chuẩn. Việc hiệu chuẩn thu được bằng cách này phải được đánh giá xác nhận bằng cách chiếu xạ liên tục các dụng cụ đo nhiệt lượng và liều kế truyền chuẩn trong cơ sở chiếu xạ.

**7.8** Đánh giá xác nhận chất lượng vận hành và hiệu chuẩn dụng cụ đo: Hiệu chuẩn các dụng cụ đo và đánh giá chất lượng vận hành thiết bị giữa các lần hiệu chuẩn, xem ISO/ASTM Guide 51261 và/hoặc các sổ tay thao tác qui định cho thiết bị cụ thể.

## 8 Quy trình đo liều

**8.1** Chiếu xạ bằng chuyển: Đối với các dụng cụ đo nhiệt lượng được tiến hành trên băng chuyển qua chùm điện tử được quét, dụng cụ đo nhiệt lượng thường không được nối với hệ thống đo nhiệt độ trước khi chiếu xạ và được nối lại để đọc chỉ sau khi chiếu xạ (7).

**8.1.1** Trước khi chiếu xạ, đo nhiệt độ của thân đo nhiệt lượng và kiểm tra nhiệt độ duy trì ổn định cho giai đoạn trước ít nhất 10 min (thường chênh lệch nhỏ hơn  $0,1 ^\circ C$ ), xem Hình 5.



**CHÚ THÍCH** Vùng I, II, và III là các vùng trước, trong và sau chiếu xạ tương ứng. Đường cong nhiệt độ ngoại suy theo  $T_0$  và  $T_c$  tới điểm giữa của thời điểm chiếu xạ ở  $T_0'$  và  $T_c'$ , tương ứng.  $\Delta T = T_c' - T_0'$  được dùng để tính liều.

**Hình 5 – Ví dụ về phép đo liên tục của dụng cụ đo nhiệt lượng bằng graphit (5)**

**8.1.2** Ngắt các dây đo và đặt dụng cụ đo năng lượng trên băng chuyền khi vận chuyển qua vùng chiếu xạ.

**8.1.3** Vận chuyển dụng cụ đo nhiệt lượng qua vùng chiếu xạ trên hệ thống băng chuyền.

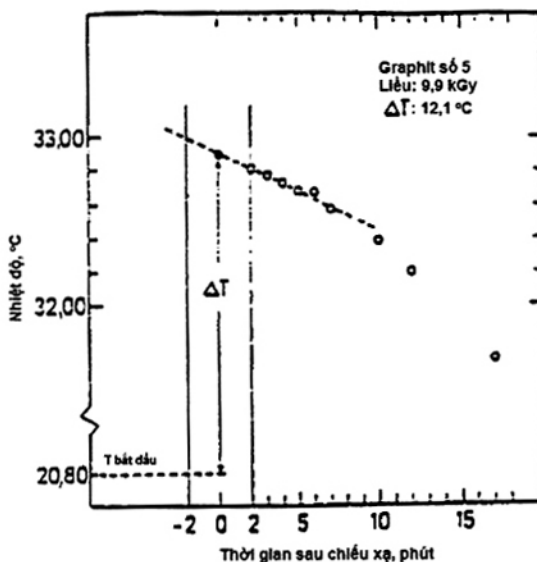
**8.1.4** Trong suốt quá trình chiếu xạ, ghi lại thời gian chiếu và các thông số chiếu xạ (năng lượng điện tử, dòng điện tử, độ rộng chùm tia quét và tốc độ băng chuyền).

**8.1.5** Sau khi dụng cụ đo nhiệt lượng qua vùng chiếu xạ, nối lại dây để đo nhiệt độ và ghi lại thời gian từ điểm kết thúc chiếu xạ đến khi bắt đầu đo nhiệt độ. Ghi lại sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian từ 10 min đến 20 min sau khi chiếu xạ, đủ để thiết lập các đặc tính phân hủy nhiệt của dụng cụ đo nhiệt lượng.

**8.1.6** Vẽ đồ thị các giá trị nhiệt độ theo thời gian trước và sau chiếu xạ.

**8.1.7** Ngoại suy các đường cong trước và sau chiếu xạ đến điểm giữa của thời điểm chiếu xạ. Hai giá trị nhiệt độ thu được từ phép ngoại suy được sử dụng là nhiệt độ trước chiếu xạ ( $T_1$ ) và sau chiếu xạ ( $T_2$ ) phản ánh việc tăng nhiệt độ là do liều hấp thụ. Ví dụ về dữ liệu thu được bằng kỹ thuật đo này được nêu trong Hình 6.

**8.1.8** Dựa trên sự chênh lệch nhiệt độ,  $T_2 - T_1$ , xác định liều hấp thụ trung bình trong thân đo nhiệt lượng từ hàm số hiệu chuẩn được thiết lập trong Điều 7.



**CHÚ THÍCH**  $\Delta T$  là sự tăng nhiệt độ tính được bằng phép ngoại suy và dùng cho phép tính liều (xem 8.1.8). Không nối các dây điện trong suốt quá trình chiếu xạ.

**Hình 6 – Ví dụ về phép đo nhiệt độ của dụng cụ đo nhiệt lượng dùng đĩa graphit trước và sau chiếu xạ (7)**

**8.1.9** Qui trình ngoại suy 8.1.7 có thể không cần đến khi các điều kiện chiếu xạ được lặp lại tốt. Chỉ cần thực hiện một phép đo nhiệt độ trước chiếu xạ và một phép đo nhiệt độ sau chiếu xạ sau là đủ và ghi lại chênh lệch nhiệt độ ở thời điểm chiếu xạ bằng cách sử dụng hệ số hiệu chuẩn thu được trong suốt quá trình thiết lập qui trình chiếu xạ (4,5,7,8). Cần qui định thời điểm đo.

**8.2** Chiếu xạ liên tục trên băng chuyền: Có thể đo nhiệt độ của thân đo nhiệt lượng trong suốt quá trình chiếu xạ vì dụng cụ đo nhiệt lượng được vận chuyển qua vùng chiếu xạ trên băng chuyền có dây đo được kết nối. Tốt nhất là dùng phép đo bốn dây (xem 6.7.1) để giảm độ không đảm bảo đo.

**8.3** Chiếu xạ tĩnh: Các dụng cụ đo nhiệt lượng được mô tả trong tiêu chuẩn này cũng có thể được sử dụng trong cấu hình tĩnh thay vì được vận chuyển trên hệ thống băng chuyền qua chùm tia điện tử. Trong việc sắp xếp này chùm tia có thể tạo ra chùm tia đồng nhất trên vùng thân đo nhiệt lượng bằng cách sử dụng các lá phân tán bằng kim loại hoặc trường quét. Kiểm soát giai đoạn chiếu xạ từ khi bật chùm tia điện tử lên và khi tắt.

**8.3.1** Số đọc nhiệt độ của dụng cụ đo nhiệt lượng trong cấu hình tĩnh có thể được tiến hành trước, trong và sau chiếu xạ, tốt hơn là chỉ đo trước và sau chiếu xạ như mô tả trong 8.1.

**8.3.2** Khi tắt chùm tia điện tử, đặt dụng cụ đo nhiệt lượng trên trục trùm tia ở khoảng cách thích hợp với cửa sổ đi ra của chùm tia sao cho mặt nghiêng của chùm tia phải đồng nhất trong khoảng  $\pm 2\%$  ngang qua đường kính đĩa của dụng cụ đo nhiệt lượng. Cần phải đo được mặt nghiêng của chùm tia và nếu nó thay đổi nhiều hơn  $\pm 2\%$  ngang qua dụng cụ đo nhiệt lượng thì tiến hành hiệu chỉnh độ không đồng nhất. Nối các dây cảm biến nhiệt độ với dụng cụ đo nhiệt lượng. Hệ thống đọc nhiệt độ được đặt ngoài vùng chiếu xạ và các dải kết nối dài tạo ra bản chất của các phép đo bốn dây.

**8.3.3** Đo nhiệt độ của thân đo nhiệt lượng theo thời gian để đảm bảo rằng tốc độ trôi ban đầu nhỏ hơn các giới hạn mong muốn (xem 8.1.1).

**8.3.4** Trong khi nhiệt độ của thân đo nhiệt lượng được ghi lại liên tục, bật chùm tia điện tử trong thời gian chiếu xạ qui định. Sau khi ngắt chùm tia, tiếp tục ghi lại nhiệt độ trong một khoảng thời gian đủ để thiết lập các đặc tính phân rã nhiệt của dụng cụ đo nhiệt lượng cụ thể được sử dụng.

**8.3.5** Ngoại suy thời gian theo đường cong nhiệt độ trước và sau chiếu xạ từ điểm giữa của thời gian chiếu xạ theo cùng một cách như trong 8.1.7. Liều hấp thụ trung bình trong thân đo nhiệt lượng được tính như trong 8.1.8 hoặc 8.1.9. Ví dụ về dữ liệu thu được bằng kỹ thuật đo này đưa ra trong Hình 5 (2, 5).

## **9 Hiệu chuẩn các liều kế khác**

**9.1** Liều hấp thụ đo được bằng dụng cụ đo nhiệt lượng là liều trung bình trong thân đo nhiệt lượng.

**9.2** Các dụng cụ đo nhiệt lượng có thể được sử dụng để hiệu chuẩn các liều kế khác. Các liều kế này phải được chiếu xạ sao cho nhận được cùng liều hấp thụ trung bình như dụng cụ đo nhiệt lượng khi được đặt ở độ sâu qui định trong bộ hấp thụ tương tự thân đo nhiệt lượng, xem Hình 4. Các liều kế để hiệu chuẩn phải đủ nhỏ để gắn vào bên trong độ dày của vật liệu hấp thụ (1,5).

**9.3** Chiếu xạ liên tục (hoặc đồng thời) vật liệu hấp thụ và dụng cụ đo nhiệt lượng trong các điều kiện giống nhau, các liều kế hiệu chuẩn được chiếu xạ từ các liều đã biết chính xác.

**9.4** Có thể thiết lập mối quan hệ giữa liều trung bình trong thân dụng cụ đo nhiệt lượng và liều ở điểm giữa của liều kế được hiệu chuẩn, nếu đã biết sự phân bố liều qua thân đo nhiệt lượng. Sự phân bố liều này có thể đo được bằng cách chiếu xạ vật liệu hấp thụ nhiệt lượng giả chứa liều kế màng mỏng đã hiệu chuẩn được đặt ở góc trực tiếp với chùm tia và phân tích màng mỏng bằng cách quét tỷ trọng (7, 14).

**9.5** Cần phải xác định nhiệt độ trung bình của các liều kế trong suốt quá trình chiếu xạ để hiệu chuẩn (5). Điều này là cần thiết nếu có hiệu chỉnh nhiệt độ.

## **10 Lưu hồ sơ**

**10.1** Đối với phép hiệu chuẩn và ứng dụng dụng cụ đo nhiệt lượng, lưu hồ sơ hoặc viện dẫn dữ liệu hiệu chuẩn của bộ cảm ứng nhiệt độ và dữ liệu hiệu chuẩn đối với các dụng cụ đo nhiệt lượng.

**10.2** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn ngày chiếu xạ, nhiệt độ và thời gian chiếu xạ, thiết bị phân tích, liều thể hiện trên dữ liệu đo nhiệt lượng, các đặc tính của chùm tia điện tử và các thông số vận hành của máy gia tốc.

## **11 Độ không đảm bảo đo**

**11.1** Phép đo liều phải kèm theo độ không đảm bảo đo mới có giá trị.

**11.2** Thành phần độ không đảm bảo đo sẽ được phân thành hai loại sau đây:

**11.2.1** Loại A - Được đánh giá bằng phương pháp thống kê, hoặc

**11.2.2** Loại B - Được đánh giá bằng phương pháp khác.

**11.3** Do đó các cách khác phân loại độ không đảm bảo đo được dùng rộng rãi và tạo thuận tiện cho báo cáo về độ không đảm bảo đo. Ví dụ, thuật ngữ độ chụm và độ chệch hoặc sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống (không ngẫu nhiên) được dùng để mô tả các loại độ không đảm bảo đo khác nhau.

**11.4** Nếu thực hiện đánh giá độ không đảm bảo theo tiêu chuẩn này, thì việc đánh giá độ không đảm bảo mở rộng của liều hấp thụ được xác định bởi hệ đo liều này không được nhỏ hơn 4 % đối với hệ số phủ  $k = 2$  (xấp xỉ độ tin cậy 95 % đối với các dữ liệu được phân bố thông thường). Bảng 2 (9) đưa ra ví dụ về các thành phần độ không đảm bảo đo đối với hệ thống đo nhiệt lượng cụ thể. Các giá trị

trong bảng này không đánh giá được sự đại diện cho hệ thống đo nhiệt lượng khác hoặc các loại khác và chỉ có mục đích minh họa.

**Bảng 2 - Độ không đảm bảo đo của dụng cụ đo nhiệt lượng dùng polystyren thông thường từ phòng thử nghiệm chuẩn liều cao Riso (tính bằng phần trăm, ở k = 2) (9)**

CHÚ THÍCH Ở mức liều cao hơn 10 kGy, (2) và (3) được giảm đến 0,2 %.

|   | Các nguồn của độ không đảm bảo đo                                | Loại B | Loại A |
|---|------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| 1 | Phép hiệu chuẩn                                                  |        | 3,2    |
| 2 | Phép đo nhiệt độ của dụng cụ đo nhiệt lượng (ở 3 kGy)            | 1,0    |        |
| 3 | Phép ngoại suy nhiệt độ của dụng cụ đo nhiệt lượng (ở 3 kGy)     | 1,0    |        |
| 4 | Sự thay đổi độ nhạy nhiệt độ của nhiệt dung riêng của polystyren |        | 0,5    |
| 5 | Hiệu ứng nhiệt                                                   | 0,5    |        |
|   | Tổng bình phương                                                 | 1,5    | 3,2    |
|   | Tổ hợp                                                           | 3,6 %  |        |

CHÚ THÍCH 3 Việc nhận biết độ không đảm bảo đo loại A và loại B dựa trên phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo do Tổ chức Tiêu chuẩn hoá quốc tế (ISO) xuất bản năm 1995 trong Hướng dẫn về biểu thị độ không đảm bảo đo (15). Mục đích là để tăng cường sự hiểu biết về độ không đảm bảo được xây dựng như thế nào và cung cấp cơ sở để so sánh quốc tế về các kết quả đo.

CHÚ THÍCH 4 ISO/ASTM Guide 51707 xác định các nguồn gốc về độ không đảm bảo đo trong phép đo liều trong thiết bị xử lý chiếu xạ và đưa ra quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo trong phép đo liều sử dụng hệ đo liều. Tài liệu này đưa ra và bàn luận các khái niệm cơ bản về phép đo, bao gồm việc đánh giá giá trị định lượng, giá trị "đúng", sai số và độ không đảm bảo đo. Thành phần của độ không đảm bảo đo được xem xét và đưa ra phương pháp đánh giá chúng. Tài liệu này cũng đưa ra các phương pháp tính toán độ không đảm bảo đo chuẩn kết hợp và độ không đảm bảo đo mở rộng (tổng thể).

## **Phụ lục A**

(Tham khảo)

### **A1. Các nhà cung cấp dụng cụ đo nhiệt lượng**

**A1.1** Có ba nhà cung cấp dụng cụ đo nhiệt lượng được liệt kê dưới đây:

#### **A1.1.1** Phòng thử nghiệm chuẩn liều cao

Phòng nghiên cứu bức xạ

Phòng thử nghiệm quốc gia, Riso DK 4000 Roskilde, Đan mạch

#### **A1.1.2** Tương tác bức xạ và hệ đo liều bức xạ vật lý C229

Viện tiêu chuẩn và công nghệ quốc gia, Gaithersburg, MD 20899-0001, Mỹ

#### **A1.1.3** Hiệp hội GEX, 7330 S. Alton Way, Suite 12-I, Centennial CO 80112, Mỹ

**A1.1.4** Có thể tham khảo các nhà cung cấp này, nhưng các tổ chức ASTM hoặc ISO không chỉ định hoặc xác nhận cho sản phẩm của họ.

# Thư mục tài liệu tham khảo

- (1) McLaughlin, W. L., Boyd, A. W., Chadwick, K.A., McDonald, J. C., and Miller. A., *Dosimetry for Radiation Processing*. Taylor and Francis, London. 1989.
- (2) Burns. D. T., and Morris, W. T., "Recent Developments in Graphite and Water Calorimeters for Electron Beam Dosimetry at NPL," *NRC Workshop on Water Calorimetry*, NRC Report 29637, National Research Council, Ottawa, Canada, 1988. p. 25.
- (3) Miller. A., "Dosimetry for Electron Beam Applications," Risø-M-2401, Risø National Laboratory. DK-4000 Roskilde. Denmark, 1983.
- (4) Miller, A., and Kovacs, A. "Calorimetry at Industrial Electron Accelerators," *Applications of Accelerators in Research and Industry '84*, Part II. Proceedings of 8th Conference, Denton, Texas. Nuclear Instruments and Methods. B10/11. 1985. p. 994.
- (5) Humphreys, J. C., and McLaughlin, W. L., "Calorimetry of Electron Beams and the Calibration of Dosimeters at High Doses," in *Radiation Processing: State of the Art. Proceeding of 7th International Meeting*. Noordwijkerhout. The Netherlands. 1989, Leemhorst J. G. and Miller. A., Eds., *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 35. 1990. p, 744.
- (6) Burns, D. T., and Morris. W. T., "A Graphite Calorimeter for Electron Beam Dosimetry." *High Dose Dosimetry for Radiation Processing*. IAEA, Vienna. 1991. p. 123.
- (7) Miller. A., and Kovacs. A., "Calibration and Routine Dosimetry for Industrial Electron Accelerators." *Proceedings of 4<sup>th</sup> Conference on Applications of Radioisotopes and Radiation Processing in Industry*, Leipzig, 1988.
- (8) Miller. A., and Kovacs. A., "Application of Calorimeters for Routine and Reference Dosimetry at 4-10 MeV Industrial Electron Accelerators," *Radiation Processing: State of the Art*, Vol II. Proceeding of 7th International Meeting, Noordwijkerhout. The Netherlands, 1989. Leemhorsk, J. G. and Miller, A., Eds., *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 35. 1990. p. 774.
- (9) Miller. A., "A Polystyrene Calorimeter for Electron Beam Dose Measurements," *Proceedings of the 9th International Meeting for Radiation Processing*. Istanbul. Turkey. Sept. 12-16. 1994. *Radiation Physics and Chemistry*. Vol 46, No. 4-6, 1995. p. 1243.
- (10) Sharpe, P. H. G. and Miller, A., "Guidelines for the Calibration of Dosimeters for Use in Radiation Processing." CIRM-29, National Physical Laboratory. Teddington. UK. 1999.
- (11) Skens. W. E., "Sterilizing Radiation Effects on Selected Polymers." *Radiation Physics, and Chemistry*. Vol 15. 1980, p. 47.
- (12) Domen, S R., "Advances in Calorimetry for Radiation Dosimetry." *The Dosimetry of Ionizing*

*Radiation*, Vol II (eds. Kase. Bjärngard and Attix, 1987, p 425.

- (13) Miller, A., Kovacs. A., and Kuntz, F, "Development of Polystyrene Calorimeter for Application at Electron Energies Down to 1.5 MeV," *Rad Phys Chem.*, Vol 63, 2002. p 739.
- (14) Miller. A., Kovacs. A., Wieser. A., and Regulla, D. F, "Measurement with Alanine and Film Dosimeters for Industrial 10 MeV Electron Reference Dosimetry." *ESR Dosimetry and Applications*, Proceedings of 2nd International Symposium. Munich. 1988, Regulla, D. F., Scharmann. A., and McLaughlin. W. L., Eds., *Applied Radiation and Isotopes*, Vol 40, 1989, p. 967.
- (15) "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement," International Organization for Standardization, 1995. ISBN 92-67-1018-9. Availabe from The International Organization for Standardization, 1 rue de Varembé, Case Postale 56. CH-1211, Geneva 20, Switzerland.

---