

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 8231 : 2009  
ISO/ASTM 51540 : 2004**

Xuất bản lần 1

**TIÊU CHUẨN THỰC HÀNH SỬ DỤNG  
HỆ ĐO LIỀU CHẤT LỎNG NHUỘM MÀU BỨC XẠ**

*Standard Practice for Use of Radiochromic Liquid Dosimetry System*

**HÀ NỘI – 2009**

**Lời nói đầu**

TCVN 8231 : 2009 hoàn toàn tương đương với ISO/ASTM 51540:2004;

TCVN 8231 : 2009 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 đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Tiêu chuẩn thực hành sử dụng hệ đo liều chất lỏng nhuộm màu bức xạ <sup>1)</sup>

*Standard Practice for Use of a Radiochromic Liquid Dosimetry System*

### 1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn thực hành này bao gồm các qui trình chuẩn bị, xử lý, thử nghiệm và sử dụng hệ đo liều chất lỏng nhuộm màu bức xạ với dung dịch nhuộm màu bức xạ đựng trong các vật chứa được hàn kín hoặc đậy kín (ví dụ: ống, lọ nhỏ). Nó cũng gồm việc dùng thiết bị đọc bằng quang phổ hoặc đo quang để đo liều hấp thụ trong vật liệu được chiếu xạ bằng photon hoặc electron.

1.2 Tiêu chuẩn thực hành này áp dụng cho các dung dịch liều kế chất lỏng nhuộm màu bức xạ có thể sử dụng cho một phần hoặc tất cả các dải cụ thể sau đây:

1.2.1 Dải liều hấp thụ từ 0,5 Gy đến 40 000 Gy đối với các electron và photon.

1.2.2 Suất liều hấp thụ từ  $10^{-3}$  Gy/s đến  $10^{11}$  Gy/s.

1.2.3 Dải năng lượng bức xạ đối với các photon từ 0,01 MeV đến 20 MeV.

1.2.4 Dải năng lượng bức xạ đối với các electron từ 0,01 MeV đến 20 MeV.

CHÚ THÍCH 1 Vì các electron có năng lượng nhỏ hơn 0,01 MeV không thể xuyên qua được vật chứa dung dịch, nên dung dịch có thể được khuấy trong cốc hồ để các electron đi thẳng vào dung dịch (1) <sup>2)</sup>.

1.2.5 Dải nhiệt độ chiếu xạ của liều kế từ - 40 °C đến + 60 °C.

<sup>1)</sup> Tiêu chuẩn thực hành này nằm trong phạm vi thẩm quyền của ASTM Ban E 10 Công nghệ và ứng dụng hạt nhân và thuộc trách nhiệm của Tiểu Ban E10.01 Đo liều quá trình bức xạ và cũng thuộc phạm vi thẩm quyền của ISO/TC 85/WG 3.

Ấn bản hiện hành được thông qua vào ngày 5 tháng 4 năm 2004, được xuất bản ngày 15 tháng 6 năm 2004, nguyên bản là ASTM E 1540-93. ASTM E 1540-93 được ISO thông qua vào năm 1998 với số hiệu tiêu chuẩn là ISO 15565:1998. Tiêu chuẩn ASTM/ISO 51540:2004 hiện hành là bản soát xét chính của ISO 15565.

<sup>2)</sup> Số in đậm trong dấu ngoặc đơn viện dẫn trong Tài liệu viện dẫn ở cuối Tiêu chuẩn này.

## TCVN 8231 : 2009

1.3 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 khỏe và xác định khả năng áp dụng các giới hạn luật định trước khi sử dụng.

## 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 phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

### 2.1 Tiêu chuẩn ASTM

ASTM C 912 *Practice for Designing a Process for Cleaning Technical Glasses* (Thực hành thiết kế quy trình làm sạch các dụng cụ thủy tinh kỹ thuật).

ASTM E 170 *Terminology Relating to Radiation Measurements and Dosimetry* (Thuật ngữ liên quan đến các phép đo bức xạ và đo liều).

ASTM E 275, *Practice for Describing and Measuring Performance of Ultraviolet, Visible and Near Infrared Spectrophotometers* (Thực hành sử dụng máy đo quang phổ tử ngoại, nhìn thấy và vùng hồng ngoại gần để mô tả và đo đạc).

ASTM E 666, *Practice for Calculating Absorbed Dose from Gamma or X-Radiation* (Thực hành về tính toán liều hấp thụ của bức xạ gamma hoặc tia X).

ASTM E 668 *Practice for Application of Thermoluminescence-Dosimetry (TLD) Systems for Determining Absorbed Dose in Radiation-Hardness Testing of Electronic Devices* (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 electron).

ASTM E 925, *Practice for the Periodic Calibration of Narrow Band-Pass Spectrophotometers* (Thực hành hiệu chuẩn định kỳ các máy đo quang phổ truyền qua dải hẹp).

ASTM E 958, *Practice for Measuring Practical Spectral Bandwidth of Ultraviolet-Visible Spectrophotometers* (Thực hành đo thực tế dải thông phổ của máy đo quang phổ tử ngoại và nhìn thấy).

ASTM E 1026, *Practice for Using the Fricke Reference Standard Dosimetry System* (Thực hành về cách sử dụng hệ liều kế chuẩn Fricke).

### 2.2 Tiêu chuẩn ISO/ASTM

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 xử lý bằng bức xạ)<sup>3)</sup>.

ISO/ASTM 51400, *Practice for Characterization and Performance of a High-Dose Radiation Dosimetry Calibration Laboratory (Thực hành xác định các đặc tính và chất lượng vận hành của phòng thử nghiệm hiệu chuẩn liều cao)* <sup>3)</sup>.

ISO/ASTM 51707, *Guide for Estimating Uncertainties in Dosimetry for Radiation Processing (Hướng dẫn đánh giá độ không đảm bảo đo đối với các phép đo liều trong công nghệ xử lý bằng bức xạ)* <sup>3)</sup>.

### 2.3 Báo cáo của Cơ quan Quốc tế về các Đơn vị và các Phép đo liều bức xạ (ICRU) <sup>4)</sup>

ICRU Report 14, *Radiation Dosimetry: X-Rays and Gamma Rays with Maximum Photon Energies Between 0.6 MeV and 50 MeV (Đo liều bức xạ: tia X và gamma với năng lượng photon tối đa từ 0,6 MeV đến 50 MeV)*.

ICRU Report 17, *Radiation Dosimetry: X Rays Generated at Potentials of 5 to 150 kV (Đo liều bức xạ: Đối với tia X được sinh ra tại các hiệu điện thế từ 5 kV đến 150 kV)*.

ICRU Report 34, *The Dosimetry of Pulsed Radiation (Đo liều bức xạ xung)*.

ICRU Report 35, *Radiation Dosimetry: Electron with Energies Between 1 and 50 MeV (Đo liều bức xạ đối với chùm electron với năng lượng trong khoảng từ 1 MeV đến 50 MeV)*.

ICRU Report 37, *Stopping Powers for Electrons and Positrons (Năng lượng hãm đối với electron và positron)*.

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 (Đại lượng và đơn vị cơ bản đối với bức xạ ion hoá)*.

## 3 Thuật ngữ và định nghĩa

### 3.1 Định nghĩa

#### 3.1.1

**Đường chuẩn** (Calibration curve)

Biểu diễn bằng đồ thị hàm đặc trưng độ nhạy của hệ đo liều.

#### 3.1.2

**Mẻ liều kế** (Dosimeter batch)

Số liều kế được sản xuất từ một khối vật liệu nhất định có thành phần đồng nhất, được chế tạo trên một dây chuyền sản xuất riêng được khống chế theo các điều kiện nhất định và có mã nhận dạng duy nhất.

<sup>3)</sup> Sổ tay tiêu chuẩn ASTM tập 12.02.

<sup>4)</sup> Ủy ban quốc tế về các phép đo và các đơn vị đo bức xạ (ICRU). 7910 Woodmont Ave., Bethesda, MD 20814, Mỹ.

## TCVN 8231 : 2009

### 3.1.3

#### Hệ đo liều (Dosimetry system)

Hệ thiết bị được sử dụng để xác định liều hấp thụ bức xạ, bao gồm các liều kế, các dụng cụ đo, các chuẩn so sánh có liên quan và các qui trình hướng dẫn sử dụng hệ đo liều.

### 3.1.4

#### Kế hoạch đảm bảo chất lượng phép đo (Measurement quality assurance plan)

Kế hoạch đối với quá trình đo được lập thành văn bản nhằm đảm bảo rằng độ không đảm bảo mở rộng của phép đo liều luôn đáp ứng các yêu cầu của ứng dụng cụ thể. Kế hoạch này yêu cầu liên kết với chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận.

### 3.1.5

#### Hệ số hấp thụ tuyến tính phân tử gam ( $\epsilon_m$ ) (Molar linear absorption coefficient ( $\epsilon_m$ ))

Hằng số liên hệ giữa sự hấp thụ quang phổ,  $A_\lambda$ , và hình thái phân tử hấp thụ quang phổ ở một bước sóng nhất định ( $\lambda$ ) trên đơn vị quãng chạy ( $d$ ) đối với nồng độ phân tử gam,  $c$ , của các loại dung dịch đó (2-4):

$$\epsilon_m = \frac{A_\lambda}{d \times c}$$

Đơn vị SI:  $\text{m}^2 \text{mol}^{-1}$ .

### 3.1.6

#### Số gia độ hấp thụ, ( $\Delta A$ ) [Net absorbance, ( $\Delta A$ )]

Sự thay đổi độ hấp thụ quang đo được tại bước sóng đã lựa chọn, xác định bởi sai số tuyệt đối giữa độ hấp thụ trước chiếu xạ,  $A_o$  và độ hấp thụ sau chiếu xạ,  $A$ , như sau (2, 3):

$$\Delta A = |A - A_o|$$

### 3.1.7

#### Liều kế chất lỏng nhuộm màu bức xạ (Radiochromic liquid dosimeter)

Dung dịch chứa các thành phần cụ thể bị thay đổi độ hấp thụ quang dưới tác dụng của bức xạ. Sự thay đổi độ hấp thụ quang này có thể liên quan đến liều hấp thụ trong nước.

### 3.1.8

#### Hàm đặc trưng độ nhạy (Response function)

Mối quan hệ toán học giữa độ nhạy của liều kế và liều hấp thụ đối với hệ đo liều đã biết.

**3.1.9**

**Số gia độ hấp thụ riêng ( $\Delta k$ )** [(Specific net absorbance ( $\Delta k$ ))]

Số gia độ hấp thụ,  $\Delta A$ , tại một bước sóng đã chọn chia cho độ dài quang học,  $d$ , của vật liệu làm liều kế:

$$\Delta k = \Delta A / d$$

**3.2** Định nghĩa về các thuật ngữ khác dùng trong tiêu chuẩn này có liên quan đến phép đo bức xạ và đo liều có thể tham khảo ở tài liệu ASTM E 170. Định nghĩa trong ASTM E 170 phù hợp với ICRU 60, do đó, ICRU 60 có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo thay thế.

**4 Ý nghĩa và ứng dụng**

**4.1** Hệ đo liều chất lỏng nhuộm màu bức xạ là phương tiện đo liều hấp thụ trong vật liệu (5-7). Dưới ảnh hưởng của bức xạ ion, phản ứng hoá học xảy ra gây nên sự thay đổi biên độ các dải hấp thụ quang của dung dịch nhuộm màu bức xạ (8-10). Giá trị hấp thụ quang được đo ở bước sóng xác định trong số dải hấp thụ chịu ảnh hưởng này (xem hướng dẫn ISO/ASTM 51261).

**4.2** Khi sử dụng một hệ liều kế xác định thì đường chuẩn hoặc hàm độ nhạy liên quan đến độ đáp ứng của liều kế với liều hấp thụ liên kết chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận (11,12).

**4.3** Liều hấp thụ được đo thường được qui định là liều hấp thụ trong nước. Liều hấp thụ trong các vật liệu khác thường được đánh giá bằng các hệ số biến đổi được thảo luận trong ISO/ASTM Guide 51261.

CHÚ THÍCH 2 Để hiểu các phương pháp đo liều khác nhau có thể áp dụng cho các loại bức xạ và các loại năng lượng được thảo luận trong tiêu chuẩn này, xem Báo cáo ICRU 14, 17, 34, 35 và 37.

**4.4** Hệ đo liều này có thể dùng trong xử lý bức xạ qui mô công nghiệp cho nhiều sản phẩm khác nhau, ví dụ tiệt trùng dụng cụ y tế và xử lý thực phẩm (5, 7, 13).

**4.5** Dải đo trong 1.2.1 đạt được bằng cách sử dụng các loại chất nhuộm màu bức xạ không màu (Bảng 1) trong các loại dung dịch khác nhau (Bảng 2).

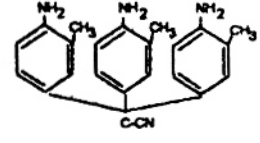
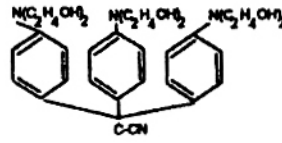
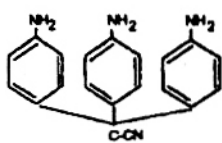
**4.6** Các thành phần của dung dịch, đặc biệt là dung môi, có thể được thay đổi sao cho giống một số vật liệu về hệ số hấp thụ năng lượng khối lượng của photon ( $\mu_{en}/\rho$ ), đối với tia gamma, tia X và năng lượng dừng va chạm khối electron  $[(1/\rho) dE/dx]$ , trên toàn bộ dải phổ năng lượng từ 0,01 MeV đến 100 MeV (18). Đối với các ứng dụng đặc biệt, dung dịch nhuộm màu bức xạ tương đương tế bào được tạo ra giống các vật liệu khác nhau và tế bào cơ thể, là giá trị ( $\mu_{en}/\rho$ ) đối với photon và  $[(1/\rho) dE/dx]$  đối với electron (18) (xem báo cáo ICRU 14). Bảng giá trị ( $\mu_{en}/\rho$ ) đối với nước (19), tế bào cơ thể (17,19) và ba loại dung dịch nhuộm màu bức xạ đặc biệt, đối với photon trên toàn dải năng lượng từ 0,01 MeV đến 20 MeV, và bảng giá trị  $[(1/\rho) dE/dx]$  (17) đối với nước, tế bào và các dung dịch nhuộm màu bức

xạ đối với electron trên toàn dải năng lượng từ 0,01 MeV đến 20 MeV được đưa ra trong tài liệu tham khảo (12, 13, 18). Xem các thông tin thêm trong ISO/ASTM Guide 51261, ASTM E 666 và các báo cáo ICRU 14, 17, 35, 37 và 44.

**Bảng 1 – Ba loại chất nhuộm màu bức xạ không màu có sẵn, cấu trúc phân tử, khối lượng phân tử, giá trị  $\epsilon_m$  và số chất chỉ màu của chất không màu gốc (14,15)**

Chất nhuộm màu bức xạ không màu (mã)	Cấu trúc phân tử	Khối lượng phân tử	Hệ số hấp thụ phân tử tuyến tính <sup>A</sup> (L mol <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Số chỉ thị màu
Pararosanilin xyanua (PRC)	Xem cấu trúc ở bên trái	314,376	140 000 ( $\lambda = 550$ nm)	42 500
Hexa(hydroxyetyl)pararosanilin xyanua (HHEVC)	Xem cấu trúc ở giữa	578,715	100 000 ( $\lambda = 600$ nm)	chưa đưa ra
Fucsin xyanua mới (NFC)	Xem cấu trúc ở bên phải	356,455	130 000 ( $\lambda = 560$ nm)	42 500

<sup>A</sup> Các giá trị này của hệ số hấp thụ phân tử tuyến tính được đưa ra trong tài liệu tham khảo (14,16) đối với dung dịch 2-methoxyetanol chứa 17 mM axit axetic. Các giá trị này có thể thay đổi một chút trong các dung môi khác và với các chất phụ gia khác.



## 5 Thiết bị, dụng cụ

5.1 Các thiết bị, dụng cụ được dùng để đo liều với hệ đo liều chất lỏng nhuộm màu bức xạ như sau:

5.1.1 Mè hoặc một phần của mè chất lỏng nhuộm màu bức xạ.

5.1.2 Máy đo quang phổ hoặc máy đo quang, có khả năng bao phủ các bước sóng phân tích, có độ chính xác của bước sóng đã chọn, xác định độ hấp thụ, phân tích độ rộng bước sóng và loại bỏ ánh sáng lạc. Máy đo quang phổ cần có khả năng đọc được các giá trị hấp thụ quang phổ nhìn thấy tới 2 với độ không bảo đảm đo không lớn hơn  $\pm 1\%$ .

5.1.3 Cuvet thủy tinh, có các cửa sổ quang và chiều dài đường quang từ 5 mm đến 100 mm, phụ thuộc vào dải liều cần quan tâm và kích thước ống liều kế dùng để chiếu xạ. Các cột dòng chảy bằng thủy tinh với các cửa sổ quang song song có thể được chọn để đựng dung dịch cho máy đo quang phổ.



**Bảng 2 – Công thức dung dịch chất nhuộm màu bức xạ xác định và Hệ số bức xạ hóa học của cation không màu trong dung dịch**

Chất nhuộm màu bức xạ không màu (xem Bảng 1)	Công thức dung dịch	Nồng độ chất nhuộm màu bức xạ không màu ( $\text{mmol L}^{-1}$ )	Bước sóng đối với máy đo quang phổ nm	Hiệu suất hóa học bởi bức xạ $\mu\text{mol J}^{-1}$	Dài liều thông thường Gy	Tài liệu tham khảo
HHEVC	Hòa tan trong 2-methoxy etanol chứa $17 \text{ mmol L}^{-1}$ axit axetic	5	599	0,025	10-1000	(5)
PRC	Hòa tan trong 2-methoxy etanol chứa $51 \text{ mmol L}^{-1}$ axit axetic	5	549	0,033	10-3000	(1)
NFC	Hòa tan trong 2-methoxy etanol chứa $17 \text{ mmol L}^{-1}$ axit axetic	0,1	554	0,0031	100-30 000	(14)
PRC	Hòa tan trong 2-methoxy etanol chứa $17 \text{ mmol L}^{-1}$ axit axetic và $30 \text{ mmol L}^{-1}$ nitrobenzen	5	554	0,0040	3-40000	(11)
HHEVC	Hòa tan trong hỗn hợp 85 % n-propanol và 15 % triethylphosphat (thể tích), chứa $34 \text{ mmol L}^{-1}$ axit axetic, 500 phần triệu axit nitrobenzoic và 10 % polyvinyl bytyral (khối lượng)	2	605	0,0051	50 - 5000	(15)
NFC	Hòa tan trong hỗn hợp 85 % triethylphosphat và 15 % dimetyl sulfoxit (thể tích), chứa 68 nM axit axetic, 500 phần triệu axit nitrobenzoic và 10 % polyvinyl bytyral (khối lượng)	2	557	0,0055	100-10 000	(12)
HHEVC	Hòa tan trong hỗn hợp 85 % triethylphosphat và 15 % dimetyl sulfoxit (thể tích), chứa 68 nM axit axetic, 500 phần triệu axit nitrobenzoic và 10 % polyvinyl bytyral (khối lượng)	100	608	0,28	0,5-10	(17)

**5.1.4 Các vật chứa bằng thủy tinh được làm sạch**, có thể được dùng để đựng hoặc chiếu xạ dung dịch.

**5.1.4.1** Các vật chứa dung dịch cần phải được làm bằng thủy tinh, nhôm hoặc có lớp lót polyetylen có nắp đậy. Các nắp đậy cần phải phù hợp với dung dịch chứa chiếu và đã chiếu xạ.

**5.1.4.2** Sử dụng các ống thủy tinh đã được hàn kín bằng lửa để chứa dung dịch trong khi chiếu xạ, hoặc chọn các lọ nhỏ bằng thủy tinh có nắp đậy với lớp lót bằng nhôm hoặc bằng polyetylen, hoặc các lọ nhỏ bằng nhựa dùng một lần, chỉ dùng vật liệu polyme chịu được ảnh hưởng hoá học của dung môi được dùng. Loại vật chứa khác có thể là cuvet có nắp đậy được vặn chặt. Dung dịch cần bảo quản dưới 30 °C ở nơi tối.

**CHÚ THÍCH 3** Bất kỳ vật chứa bằng thủy tinh nào cũng cần phải được làm sạch bằng nước cất và chất tẩy phòng thử nghiệm, tráng sạch bằng nước cất 2 lần và sau đó tráng bằng ethanol, làm khô ở nhiệt độ trên (> 300 °C) và làm nguội đến nhiệt độ môi trường trước khi dùng để chứa dung dịch liều kế. Chi tiết về qui trình làm sạch dụng cụ thủy tinh, xem ASTM Practice C 912.

**CHÚ THÍCH 4** Các ống thủy tinh hoặc lọ nhỏ để chiếu xạ thông thường có dung tích từ 2 ml đến 5 ml. Thủy tinh nên có màu hổ phách để bảo vệ dung dịch tránh ánh sáng tử ngoại.

## **6 Kiểm tra tính năng của thiết bị**

**6.1** Kiểm tra và lưu hồ sơ tính năng của máy đo quang phổ và máy đo quang. (Thông tin chi tiết về việc kiểm tra tính năng này, xem ASTM E 275, ASTM E 925 và ASTM E 958). Dùng tiêu chuẩn tham khảo được liên kết đo lường chuẩn quốc gia hoặc quốc tế.

**6.1.1** Khi dùng máy đo quang, cần phải đánh giá và lưu hồ sơ độ chính xác của độ hấp thụ định kỳ không quá một tháng trong khoảng thời gian sử dụng, hoặc bất kỳ lúc nào có dấu hiệu tính năng của thiết bị giảm.

**6.1.2** Khi dùng máy đo quang phổ, cần phải đánh giá và lưu hồ sơ độ chính xác của bước sóng và độ hấp thụ ở hoặc gần bước sóng phân tích đã chọn định kỳ không quá một tháng trong khoảng thời gian sử dụng, hoặc bất kỳ lúc nào có dấu hiệu tính năng của thiết bị giảm.

**6.1.3** Hồ sơ so sánh thông tin thu được trong 6.1.1 hoặc 6.1.2 với đặc tính kỹ thuật thiết bị gốc để xác nhận tính năng duy nhất và thực hiện hiệu chỉnh phù hợp nếu cần.

## **7 Chuẩn bị liều kế**

### **7.1 Dung môi**

Các dung môi để hoà tan chất nhuộm màu bức xạ bao gồm một số dung môi hữu cơ lỏng phân cực, có độ tinh khiết phân tích cao. Ví dụ gồm: etanol, isopropanol, *n*-propanol, 2-methoxyetanol, 2-etoxy-etanol,

*N,N*-dimetylformamit, dimetylsulforxit, trietylphosphat (1, 9-11, 14-16, 18). Sự lựa chọn dung môi phụ thuộc công thức liều kế cần để đưa ra sử dụng (xem 7.3). Sử dụng các dung môi từ chai chưa được mở trước nếu dung môi có khả năng biến chất sau khi mở (ví dụ: sự tạo thành peroxit).

## 7.2 Chất nhuộm màu

Chất nhuộm màu bức xạ hoà tan để làm dung dịch liều kế bao gồm các chất nhuộm không màu đưa ra trong Bảng 1.

## 7.3 Công thức, hệ số hấp thụ phân tử tuyến tính và hiệu suất hoá học bức xạ

Sự khác nhau khi kết hợp các dung môi, chất nhuộm màu bức xạ, và các chất phụ gia được ghi trong tài liệu. Bảng 1 liệt kê các giá trị biểu kiến của hệ số hấp thụ phân tử tuyến tính, và từ tài liệu tham khảo (14, 16).

## 7.4 Chuẩn bị dung dịch liều kế

Bảng 2 liệt kê các công thức đại diện của liều kế dung dịch nhuộm màu bức xạ.

**7.4.1** Dung dịch này được chuẩn bị ở nhiệt độ phòng trong bình nón có nắp đậy kín, dùng máy khuấy từ hoặc hệ thống khuấy tự động khác. Thời gian khuấy phải đủ dài để đảm bảo dung dịch hoà tan hoàn toàn. Tốt nhất trong từng trường hợp hòa tan từng chất phụ gia (ví dụ: axit axetic, axit nitrobenzoic, polyvinyl butyral) trước khi thêm chất nhuộm không màu.

**7.4.2** Tiến hành cẩn thận khi đổ dung dịch vào ống liều kế để tránh làm đầy dung dịch vào cổ ống. Tác động nhiệt khi hàn có thể gây ra sự thay đổi hoá học không mong muốn trong dung dịch liều kế khi dung dịch bị dính trên cổ ống. Với lý do như vậy, khi thực hiện hàn cần tránh đốt nóng thân ống. (**CẢNH BÁO** – Một số chất nhuộm không màu hoà tan và một số dung môi có thể dễ cháy hoặc độc hoặc có thể gây dị ứng khi tiếp xúc lâu). Theo khuyến cáo từ các nhà cung cấp các thành phần, nên thực hiện các biện pháp phòng ngừa thích hợp.

**CHÚ THÍCH 5** Một số dung dịch liệt kê trong Bảng 2 được cung cấp như các liều kế chuẩn đối chứng, với độ nhạy tuyến tính trên toàn bộ dải liều đã định, giá trị phụ thuộc nhiệt độ chiếu xạ, hiệu suất hoá học bức xạ và hệ số hấp thụ phân tử tuyến tính (12, 16). Dung dịch đó không cần hiệu chuẩn và có thể dùng với hiệu suất hoá học bức xạ hợp lý và giá trị  $\epsilon_m$  ở bước sóng của máy đo quang phổ đã ấn định để xác định liều hấp thụ trong nước (xem (16) và ASTM E 1026). Khi chuẩn bị dung dịch từ thành phần mô tả trong Bảng 2, mỗi dung dịch mới cần được hiệu chuẩn vì các mẻ chất nhuộm thương mại có thể khác nhau về chất lượng (5, 9, 11, 13).

## 8 Hiệu chuẩn hệ đo liều

**8.1** Trước khi sử dụng, hệ đo liều (bao gồm các mẻ liều kế cụ thể và các dụng cụ đo chuyên dụng) cần phải được hiệu chuẩn theo qui trình hướng dẫn sử dụng trong đó qui định chi tiết quá trình hiệu chuẩn và yêu cầu đảm bảo chất lượng. Quy trình hiệu chuẩn này phải được định kỳ lặp lại để đảm bảo

## **TCVN 8231 : 2009**

độ chính xác của phép đo liều hấp thụ được duy trì trong giới hạn quy định. Các phương pháp hiệu chuẩn được nêu trong ISO/ASTM Guide 51261.

### **8.2 Chiếu xạ hiệu chuẩn liều kế**

Chiếu xạ là một khâu quan trọng của quá trình hiệu chuẩn hệ đo liều. Việc hiệu chuẩn bằng cách chiếu xạ liều kế phải được thực hiện theo một trong ba cách sau:

**8.2.1** Chiếu xạ liều kế tại một phòng hiệu chuẩn được công nhận, cung cấp liều hấp thụ (hoặc suất liều hấp thụ) có liên kết chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận;

**8.2.2** Chiếu xạ liều kế tại một thiết bị hiệu chuẩn tại chỗ cung cấp liều hấp thụ (hoặc suất liều hấp thụ) có liên kết chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận;

**8.2.3** Chiếu xạ liều kế tại một thiết bị chiếu xạ sản xuất hoặc nghiên cứu cùng với các liều kế chuẩn hoặc liều kế truyền chuẩn và có liên kết chuẩn đo lường quốc gia hoặc quốc tế được công nhận.

**8.3** Khi liều kế chất lỏng nhuộm màu bức xạ được dùng như liều kế truyền chuẩn hoặc liều kế chuẩn đối chứng, thì chiếu xạ hiệu chuẩn có thể chỉ cần thực hiện như mô tả trong 8.2.1 hoặc 8.2.2 tại một thiết bị đáp ứng các yêu cầu nêu trong ISO/ASTM Guide 51400.

### **8.4 Hiệu chuẩn và xác nhận hiệu năng của dụng cụ đo**

Việc hiệu chuẩn và việc xác nhận hiệu năng của các dụng cụ đo giữa các lần hiệu chuẩn xem ISO/ASTM Guide 51261 và/hoặc sổ tay hướng dẫn thực hiện thiết bị cụ thể

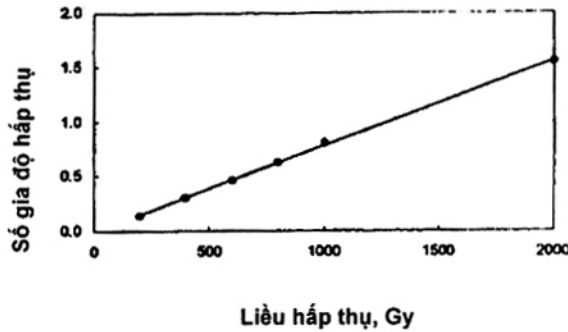
**8.5** Hình 1 chỉ ra đường chuẩn đối với liều kế chất lỏng nhuộm màu bức xạ điển hình.

## **9 Đo và phân tích**

**9.1** Phụ thuộc vào dung dịch nhuộm màu bức xạ được dùng (xem Bảng 1 và Bảng 2), đặt máy đo quang phổ ở bước sóng thích hợp. Sử dụng cùng một khe rộng của chùm tia để hiệu chuẩn và đo thường xuyên.

**9.2** Chỉnh máy đo quang phổ về không trong không khí (không có cuvet hoặc cột dòng chảy) trong đường quang.

**CHÚ THÍCH 6** Đối với công thức trong Bảng 2, kiểm soát nhiệt độ trong khi đo quang phổ là không cần thiết vì hệ số nhiệt độ trong phép đo quang phổ giữa 0 % và -0,01% trên 1 °C. Do vậy, nhiệt độ trong khi đo phải nằm trong dải nhiệt độ từ 20 °C đến 30 °C.



**Hình 1 – Đường chuẩn của liều kế chất lỏng nhuộm màu bức xạ điển hình [2 mM HHEVC trong hỗn hợp của TEP 85 % (thể tích) và DMSO 15 % (thể tích), chứa 68 mmol.L<sup>-1</sup> axit axetic và 500 ppm axit nitrobenzoic và PVB 10 % (khối lượng)], giới hạn của  $\Delta A_{608 \text{ nm}}$  dựa theo D (19)**

**9.3** Chọn cuvet sạch với độ rộng đường quang đã chọn. Đổ dung môi (hoặc hỗn hợp dung môi) vào cuvet được dùng để hiệu chuẩn dung dịch nhuộm màu bức xạ và đo độ hấp thụ (chỉ với không khí trong chùm tia chuẩn của máy đo quang phổ). Ghi giá trị này ( $A_{s,0}$ ).

CHÚ THÍCH 7 Chọn đường quang cuvet phụ thuộc vào độ hấp thụ tối đa có thể đo được chính xác bằng máy đo quang phổ và phụ thuộc vào dải liều và nồng độ dung dịch liều kế được chọn đối với việc hiệu chuẩn đã cho.

**9.4** Đổ hết dung dịch trong cuvet và tráng ít nhất một lần với dung dịch ống liều kế. Loại bỏ dung dịch tráng và đổ một lượng dung dịch nhiều hơn từ cùng ống đó vào cuvet đến mức hợp lý. Lau cẩn thận dung dịch dính vào mặt ngoài của cuvet và đo độ hấp thụ. Lặp lại trình tự này đối với tất cả dung dịch chưa chiếu xạ và đã chiếu xạ, tráng bằng dung môi phép thử tráng hoặc dung dịch giữa các ống.

CHÚ THÍCH 8 Tráng cuvet không đúng cách có thể dẫn đến sai số do dung dịch bị nhiễm chéo. Kỹ thuật để hạn chế hiệu ứng này được thảo luận trong các tài liệu tham khảo (13) và (14).

**9.5** Định kỳ trong quá trình đo, đo lại độ hấp thụ của dung môi (hoặc hỗn hợp dung môi),  $A_s$ , trước tiên phải tráng rửa cuvet bằng dung môi (hoặc hỗn hợp dung môi). So sánh giá trị  $A_s$  và  $A_{s,0}$  để phát hiện và hiệu chỉnh bất kỳ sự trôi giá trị zero của máy đo quang phổ hoặc sự nhiễm bẩn của cuvet.

**9.6** Luôn kiểm tra số đọc zero trong không khí, trong đường quang của thiết bị.

**9.7** Dùng độ hấp thụ trung bình,  $A_0$ , của liều kế chưa chiếu xạ, tính số gia của độ hấp thụ,  $\Delta A_i$ , đối với mỗi liều kế đã chiếu xạ.

## 10 Sử dụng hệ đo liều

**10.1** Dùng tối thiểu hai liều kế cho mỗi phép đo liều. Số liều kế yêu cầu cần để đo liều hấp thụ ở vị trí trên hoặc trong vật liệu được xác định bằng độ không đảm bảo đo của hệ đo liều và độ không đảm bảo

## **TCVN 8231 : 2009**

đo chấp nhận được kết hợp với sử dụng. Phụ lục X3 của tiêu chuẩn ASTM E 668 mô tả phương pháp thống kê để xác định số lượng này.

**10.2** Kiểm soát hoặc kiểm tra nhiệt độ của liều kế trong khi chiếu xạ. Tính đến sự thay đổi nhiệt độ mà ảnh hưởng đến độ nhạy liều kế (tức là số gia độ hấp thụ thực cụ thể). Đối với công thức trong Bảng 2, sự phụ thuộc của nhiệt độ vào độ nhạy liều kế trong khi chiếu xạ ở nhiệt độ từ 20 °C đến 50 °C là  $-0,2 \%/^{\circ}\text{C}$  (13).

**10.3** Xác định giá trị liều hấp thụ từ số gia độ hấp thụ và đường chuẩn hoặc hàm độ nhạy.

**10.4** Ghi lại giá trị liều hấp thụ và tất cả các số liệu liên quan khác theo chỉ dẫn trong Phần 11.

## **11 Yêu cầu tối thiểu về hồ sơ**

### **11.1 Hiệu chuẩn**

**11.1.1** Lưu hồ sơ loại liều kế và số mẻ liều kế (mã).

**11.1.2** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn ngày chiếu xạ, nhiệt độ chiếu xạ, sự thay đổi nhiệt độ (nếu có), dải liều, nguồn bức xạ và các thiết bị liên quan dùng để hiệu chuẩn và phân tích liều kế.

### **11.2 Áp dụng**

**11.2.1** Lưu hồ sơ ngày và nhiệt độ chiếu xạ, sự thay đổi nhiệt độ (nếu có), ngày và nhiệt độ đo độ hấp thụ của mỗi liều kế.

**11.2.2** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn loại nguồn chiếu xạ và đặc tính.

**11.2.3** Lưu hồ sơ độ hấp thụ, giá trị số gia độ hấp thụ, nhiệt độ hiệu chỉnh (nếu có thể) và kết quả liều hấp thụ đối với mỗi liều kế. Đường chuẩn viện dẫn hoặc hàm độ nhạy sử dụng để thu được các giá trị liều hấp thụ.

**11.2.4** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn độ không đảm bảo đo trong giá trị liều hấp thụ.

**11.2.5** Lưu hồ sơ hoặc viện dẫn kế hoạch đảm bảo chất lượng đo được áp dụng cho hệ đo liều.

## **12 Độ không đảm bảo đo**

**12.1** Phép đo liều hấp thụ cần phải kèm theo độ không đảm bảo đo mới có giá trị.

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

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

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

**12.3** Các cách khác về phân loại độ không đảm bảo đo đã được dùng rộng rãi và có thể có ích 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.

**12.4** Nếu thực hiện đánh giá độ không đảm bảo đo theo tiêu chuẩn này, thì việc đánh giá độ không đảm bảo đo mở rộng của liều hấp thụ được xác định bởi hệ đo liều này phải nhỏ hơn 6 % với hệ số phủ  $k = 2$  (tương ứng với độ tin cậy khoảng 95 % đối với phân bố chuẩn).

CHÚ THÍCH 9 Nhận biết độ không đảm bảo đo loại A và loại B dựa trên phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo xuất bản năm 1995 bởi tổ chức tiêu chuẩn quốc tế (ISO) trong tài liệu hướng dẫn về biểu thức độ không đảm bảo đo trong phép đo (20). Mục đích dùng loại đặc trưng này là để tăng cường sự hiểu biết về độ không đảm bảo đo được xây dựng như thế nào và cung cấp cơ sở để so sánh quốc tế về kết quả đo.

CHÚ THÍCH 10 ISO/ASTM Guide 51707 xác định các khả năng về độ không đảm bảo đo trong phép đo liều thực hiện trong thiết bị xử lý chiếu xạ và đưa ra quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo của phép đo liều hấp thụ sử dụng hệ đo liều. Tài liệu này đưa ra và bàn luận các khái niệm cơ bản về phép đo, bao gồm 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 độ không đảm bảo đo chuẩn kết hợp và độ không đảm bảo đo mở rộng (tổng thể).

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- (1) Kosanic, M., Nenadovic, M. T., Radak, B. B., Markovic, V. M., and McLaughlin, W. L., "Liquid Radiochromic Dye Dosimetry for Continuous and Pulsed Radiation Fields over a Wide Range of Energy Flux Densities," *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, Vol 28, 1977, p. 313.
- (2) Holm, N. W., and Zagorski, Z. R., "Aqueous Chemical Dosimetry," *Manual on Radiation Dosimetry*, edited by Holm, N. W., and Berry, R. I, Marcel Dekker, New York, NY, 1970, pp. 87-104.
- (3) Matthews, R. W., "Effect of Silver Ions in Dichromate Dosimetry," *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, Vol 32, 1981, p. 861.
- (4) Ellis, S. C., "The Dissemination of Absorbed Dose Standards by Chemical Mechanism and Use of the Fricke Dosimeter," *Ionizing Radiation Metrology*, Editrice Compositori, Bologna, 1977, pp. 163-180.
- (5) McLaughlin, W. L., Hussmann, E. K., Eisenlohr, H. II., and Chalkley, L., "A Chemical Dosimeter for Monitoring Gamma-Radiation Doses of 1-100 krad," *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, Vol 22, 1971, p. 135.
- (6) Hjortenber, P., and McLaughlin, W. L., "Use of a Radiochromic Dye System for Dosimetry," *Proceedings of Conference of the Nordic Confederation for Clinical Physics*, Gausdal, Norway, June 1973, p. 145.
- (7) Kantz, A. D., and Humpherys, K. C., "Radiochromics: A Radiation Monitoring System," *Radiation Processing Transactions of the 1st International Meeting*, Puerto Rico, 1976. Vol 2 edited by Silverman, J., and Van Dyken, A., *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 9, 1977, p. 737.
- (8) McLaughlin, W. L., "Microscopic Visualization of Dose Distributions," *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, Vol 17, 1966. p. 85.
- (9) McLaughlin, W. L., and Kosanic, M. M., "The Gamma-Ray Response of Pararosaniline Cyanide Dosimeter Solutions" *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, Vol 25, 1974, p. 249.
- (10) Bobrowski, K., Dzierzkowska, G., Grodkowski, J., Stuglik, Z., Zagorski, Z. P., and McLaughlin, W. L., "A Pulse Radiolysis Study of the Leucocyanide of Malachite Green Dye in Organic Solvents," *Journal of Physical Chemistry*, Vol 89, 1985, p. 4358.
- (11) El-Assy, N. B., Roushdy, H. M., Rageh, M., McLaughlin, W. L., and Levine, H., "[gamma]-Ray Dosimetry Using Pararosaniline Cyanide in Dimethyl Sulfoxide Solutions," *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, Vol 33, 1982, p. 641.
- (12) Farahani, M., and McLaughlin, W. L., "Radiochromic Dye Dosimeter Solutions as Reference Measurement Systems" *Radiation Physics and Chemistry*, Vol 32, 1988, p. 683.
- (13) McLaughlin, W. L., Boyd, A. W., Chadwick, K. H., McDonald, J. C., and Miller, A., *Dosimetry for Radiation Processing*, Taylor and Francis, London, 1989, p. 151.



- (14) Rativanich, N., Radak, B. B., Miller, A., and McLaughlin, W. L. "Liquid Radiochromic Dosimetry," *Trends in Radiation Processing. Vol 3, Transactions of 3rd International Meeting, Tokyo, 1980*, edited by Silverman, J.; *Radiation Physics and Chemistry, Vol 18, 1981*. p. 1001.
- (15) NIST, Standard Reference Material 4500 "Radiochromic Solution for Reference Dosimetry," National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, 1989.
- (16) McLaughlin, W. L., "Radiochromic Dye-Cyanide Dosimeters." *Manual on Radiation Dosimetry*, edited by Holm, N. W., and Berry. R. J., Marcell Dekker, New York, NY, 1970, p. 377.
- (17) Farahani, M., Liang, J. H., and McLaughlin, W. L., "Radiochromic Solutions for Reference Dosimetry," *International Journal of Applied Radiation and Isotopes, Vol 41, 1990*, p. 5.
- (18) McLaughlin, W. L., Miller, A., Uribe, R. M., Kronenberg, S., and Siebentritt, C. R., "Energy Dependence of Radiochromic Dosimeter Response to X- and [gamma]-Rays," *High-Dose Dosimetry. Proceedings of Symposium, Vienna, 1984*, IAEA Publication STI/PUB/671, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1985, p. 397.
- (19) Hubbell, J. H., "Photon Mass Attenuation and Energy-Absorption Coefficients from 1 keV to 20 MeV," *Trends in Radiation Dosimetry*. edited by McLaughlin, W. L., Pergamon Press, New York, NY: *International Journal of Applied Radiation and Isotopes, Vol 33, 1982*, p. 1269.
- (20) "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement," International Organization for Standardization, 1995, ISBN 92-67-10188-9."
-