

TCVN 4354 : 2007
ASTM D 156 – 02^{e1}

Xuất bản lần 2

SẢN PHẨM DẦU MỎ – XÁC ĐỊNH MÀU SAYBOLT
(PHƯƠNG PHÁP SO MÀU SAYBOLT)

Petroleum products – Determination of Saybolt color
(Saybolt chromometer method)

HÀ NỘI - 2007

TCVN 4354 : 2007

Lời nói đầu

TCVN 4354 : 2007 thay thế TCVN 4534 : 1986.

TCVN 4354 : 2007 được xây dựng trên cơ sở hoàn toàn tương đương với *ASTM D 156 – 02^{e1} Standard Test Method for Saybolt Color of Petroleum Products (Saybolt Chromometer Method)* với sự cho phép của ASTM quốc tế, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Tiêu chuẩn ASTM D 156 – 02^{e1} thuộc bản quyền của ASTM quốc tế.

TCVN 4354 : 2007 do Tiểu ban Kỹ thuật Tiêu chuẩn TCVN/TC28/SC2 *Nhiên liệu lỏng – Phương pháp thử* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Sản phẩm dầu mỏ – Xác định màu Saybolt (Phương pháp so màu Saybolt)

*Petroleum products – Determination of Saybolt color
(Saybolt chromometer method)*

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định màu của các loại dầu tinh chế như xăng động cơ và xăng hàng không chưa pha màu, nhiên liệu phản lực, naphta, dầu hoả, sáp dầu mỏ và các loại dầu trắng dùng trong dược phẩm.

CHÚ THÍCH 1 Áp dụng ASTM D 1500 để xác định màu cho các loại sản phẩm dầu mỏ có màu sẫm hơn
Màu Saybolt – 16

1.2 Tiêu chuẩn này báo cáo các kết quả xác định theo phương pháp này và ghi là: “Đơn vị Màu Saybolt”.

1.3 Các giá trị tính theo hệ SI, hoặc đơn vị inch-pound không ghi trong ngoặc đơn là giá trị tiêu chuẩn, giá trị ghi trong ngoặc đơn dùng để tham khảo.

CHÚ THÍCH 2 Các ống dầu và thiết bị dùng trong phương pháp này theo truyền thống đã được chia vạch theo đơn vị inch (quy định ống có vạch chia với giá trị bằng 1/8 in.). Số màu Saybolt được chia tương ứng với 1/2 in., 1/4 in., 1/8 in. thay đổi theo chiều sâu của cột nhiên liệu. Trên các thiết bị đang dùng, các giá trị tính theo inch chưa được chuyển đổi ra hệ đơn vị SI, hầu hết vẫn theo inch, do vậy đơn vị inch/pound được coi là đơn vị tiêu chuẩn. Tuy nhiên phương pháp vẫn áp dụng đơn vị chiều dài theo hệ SI, nhưng chiều dài không liên quan trực tiếp đến các vạch chia trên ống dầu và số màu Saybolt. Trong phương pháp này, nhiệt độ áp dụng đơn vị SI.

1.4 Tiêu chuẩn này không đề cập đến các qui tắc an toàn liên quan đến việc áp dụng tiêu chuẩn. Người sử dụng tiêu chuẩn này phải có trách nhiệm lập ra các quy định thích hợp về an toàn và sức khoẻ, đồng thời phải xác định khả năng áp dụng các giới hạn quy định trước khi sử dụng.

TCVN 4354 : 2007

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết khi 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 phiên bản mới nhất, bao gồm cả các bản sửa đổi (nếu có).

TCVN 6777 : 2007 (ASTM D 4057-06) Dầu mỏ và sản phẩm dầu mỏ – Phương pháp lấy mẫu thủ công.

ASTM D 938 Test method for congealing point of petroleum waxes, including petrolatum (Phương pháp xác định điểm đông đặc của dầu mỏ và sáp dầu mỏ, kể cả petrolatum).

ASTM D 1500 Test Method for ASTM color of petroleum products (ASTM color scale) (Phương pháp xác định màu ASTM của sản phẩm dầu mỏ) (Thang đo màu ASTM).

3 Thuật ngữ

3.1 Định nghĩa các thuật ngữ dùng trong tiêu chuẩn này

3.1.1

Màu Saybolt (Saybolt color)

Đây là định nghĩa theo kinh nghiệm về màu của chất lỏng dầu mỏ sáng, dựa trên thang đo từ -16 (sẫm nhất) đến +30 (sáng nhất). Trị số của màu thu được bằng cách xác định chiều cao cột mẫu nhiên liệu, quan sát chiều dài cột mẫu, nhìn thấy màu phù hợp với một trong ba tấm kính màu chuẩn và tra theo Bảng 1 của tiêu chuẩn này.

4 Tóm tắt phương pháp

Hạ chiều cao của cột mẫu tới các mức phù hợp với số màu cho đến khi nhìn qua cột mẫu, thấy màu của mẫu chắc chắn là sáng hơn màu của tấm kính màu chuẩn. Báo cáo số màu trên mức này là kết quả của phép thử, mặc dù màu của mẫu đó là sẫm hơn, chưa rõ ràng, hoặc có thể phù hợp ở mức cao hơn.

5 Ý nghĩa và sử dụng

Việc xác định màu của sản phẩm dầu mỏ được sử dụng chủ yếu cho mục đích kiểm soát sản xuất, đây cũng là chỉ tiêu chất lượng quan trọng vì người sử dụng dễ dàng nhìn thấy màu của sản phẩm. Trong một vài trường hợp, màu biểu hiện độ tinh chế của sản phẩm. Khi đã biết dải màu cụ thể của sản phẩm, sự thay đổi nằm ngoài phạm vi trên có thể biểu hiện là bị nhiễm với sản phẩm khác. Tuy nhiên, trị số về màu không luôn luôn là chỉ dẫn tin cậy đối với chất lượng và cũng không nên dùng tùy tiện trong các tiêu chuẩn về chất lượng.

6 Thiết bị, dụng cụ

Thiết bị so màu Saybolt bao gồm ống mẫu và ống tiêu chuẩn, hệ thống quang học, nguồn sáng, và các kính màu chuẩn. Các dụng cụ trên được mô tả chi tiết trong Phụ lục A.1 và mô phỏng trên Hình A.1.1.

Bảng 1 – Màu Saybolt theo chiều cao của cột nhiên liệu

Số kính màu chuẩn	Chiều cao của cột nhiên liệu, in. (mm)	Số màu Saybolt	Số kính màu chuẩn	Chiều cao của cột nhiên liệu, in. (mm)	Số màu Saybolt
1/2	20,00 (508)	+ 30	2	6,00 (152)	+6
1/2	18,00 (457)	+ 29	2	5,75 (146)	+5
1/2	16,00 (406)	+ 28	2	5,50 (139)	+4
1/2	14,00 (355)	+ 27	2	5,25 (133)	+3
1/2	12,00 (304)	+ 26	2	5,00 (127)	+2
1	20,00 (508)	+25	2	4,75 (120)	+1
1	18,00 (457)	+24	2	4,50 (114)	0
1	16,00 (406)	+23	2	4,25 (107)	-1
1	14,00 (355)	+22	2	4,00 (101)	-2
1	12,00 (304)	+21	2	3,75 (95)	-3
1	10,75 (273)	+20	2	3,625 (92)	-4
1	9,50 (241)	+19	2	3,50 (88)	-5
1	8,25 (209)	+18	2	3,375 (85)	-6
1	7,25 (184)	+17	2	3,25 (82)	-7
1	6,25 (158)	+16	2	3,125 (79)	-8
2	10,50 (266)	+15	2	3,00 (76)	-9
2	9,75 (247)	+14	2	2,875 (73)	-10
2	9,00 (228)	+13	2	2,75 (69)	-11
2	8,25 (209)	+12	2	2,625 (66)	-12
2	7,75 (196)	+11	2	2,50 (63)	-13
2	7,25 (184)	+10	2	2,375 (60)	-14
2	6,75 (171)	+9	2	2,25 (57)	-15
2	6,50 (165)	+8	2	2,125 (53)	-16
2	6,25 (158)	+7			

7 Chuẩn hoá thiết bị

7.1 Tháo đĩa kính màu ra khỏi đáy của ống mẫu. Làm sạch đĩa, ống mẫu và ống chuẩn. Sau khi lau bằng vải mềm và tráng bằng dung môi mà cặn vẫn còn thì phải rửa bằng xà phòng và nước. Sau khi làm sạch, tráng bằng nước cất hoặc nước khử ion, sau đó bằng axeton hoặc dung môi thích hợp khác và làm khô. Lắp ống mẫu và định vị các ống trên thiết bị.

7.2 Chiếu sáng bằng nguồn sáng quy định, quan sát so sánh cường độ sáng của hai nửa trên trường quang học với cả hai ống không chứa mẫu, khi đã tháo màng chắn 12 mm ra khỏi ống chuẩn. Cường độ sáng quan sát được ở từng nửa trường quang học phải như nhau. Có thể cần điều chỉnh vị trí của nguồn sáng để đạt sự phù hợp.

CHÚ THÍCH 3 Ở một số thiết bị việc tháo màng bịt đáy 12 mm có thể tạo khe hở gây khó khăn (khe hở khoảng 1/4 in.), làm cho phần lớn ánh sáng phân tán ảnh hưởng cường độ sáng khi so sánh hai nửa của trường quang học tại 7.2. Nếu điều này xảy ra, tiến hành theo qui trình tại 7.3 (khi đã lắp lại màng chắn 12 mm) đây là cơ sở đảm bảo nguồn sáng đúng để cung cấp cường độ sáng như nhau trên hai nửa trường quang học.

7.3 Thay màng chắn 12 mm vào dưới ống chuẩn và đổ nước cất hoặc nước khử ion vào ống mẫu đến vạch 508 mm (20 in.). Cường độ ánh sáng quan sát được trên hai nửa trường quang học phải như nhau, các thiết bị thử phải được đánh giá phù hợp để sử dụng. Trong sản xuất thuỷ tinh, các lô khác nhau có thể có các đặc tính quang học khác nhau đáng kể, vì vậy khuyến cáo chỉ dùng các ống của cùng một lô, như nêu trong Phụ lục A.1 là phù hợp cho phép thử này, khi một ống bị vỡ thì cần thay cả đôi bằng các ống từ cùng một lô sản phẩm.

8 Lấy mẫu

Lấy mẫu theo TCVN 6777 (ASTM D 4057).

9 Chuẩn bị mẫu

9.1 Nếu mẫu bị đục thì cần lọc qua giấy lọc định tính phù hợp cho đến khi mẫu trong, sạch.

9.2 Khi chuẩn bị mẫu thử từ sáp dầu mỏ, không đun nóng quá, vì như vậy có thể xảy ra sự oxy hoá, gây mất màu của mẫu thử.

10 Cách tiến hành đối với các loại dầu sáng đã tinh chế và dầu trắng được phẩm

10.1 Lấy một phần mẫu thử để tráng ống mẫu, chú ý dốc hết mẫu trong ống. Đổ mẫu dầu nhiên liệu vào ống, so sánh màu theo số nguyên của kính màu chuẩn. Khi màu của mẫu sáng hơn kính màu chuẩn, thì chuyển và thay bằng kính màu chuẩn nửa đơn vị. Khi màu của mẫu sẫm hơn một

đơn vị tại 6¹/₄ in. (158 mm), thì sử dụng kính màu chuẩn hai đơn vị. (**Cảnh báo** – Chú ý trong ống mẫu không được có các bọt khí).

10.2 Đặt màu hoặc các kính màu chuẩn đúng vị trí, và để mẫu thử trong ống ở mức mà màu của mẫu đó là sẫm hơn so với kính màu chuẩn, dùng vòi xả bớt mẫu dần dần ra sao cho màu của mẫu hơi sẫm hơn so với kính màu chuẩn. Từ điểm này hạ bớt mức mẫu xuống đến độ sâu gần nhất phù hợp với đúng số màu nêu trong Bảng 1. Khi quan sát dầu qua mắt kính, màu mẫu vẫn sẫm hơn kính màu chuẩn thì tiếp tục hạ mức mẫu xuống độ sâu quy định trong Bảng 1, và so sánh. Tiếp tục thao tác như vậy cho đến khi độ sâu của mẫu đạt đến vị trí mà màu của mẫu và kính màu chuẩn như nhau, hoặc khác nhau không đáng kể. Từ điểm này, hạ thấp cột mẫu xuống độ sâu quy định tiếp theo và khi màu mẫu dầu rõ ràng sáng hơn kính màu chuẩn thì ghi màu Saybolt là số màu tương ứng với mức cao hơn gần nhất.

10.3 Kinh nghiệm trong việc sử dụng thiết bị sẽ tránh được sự bắt buộc thực hiện từng bước các thao tác như nêu ở 10.2 để chọn được đúng kính màu chuẩn phù hợp cho từng mẫu. Các ví dụ của qui trình thực hiện được nêu trong Bảng 2.

Bảng 2 – Ví dụ về cách tiến hành

Quan sát	Sử dụng kính màu chuẩn một đơn vị, in. (mm)	Sử dụng kính màu chuẩn hai đơn vị, in. (mm)
Dầu sẫm hơn tại độ sâu bằng	16 (406)	4,5 (102)
Dầu sẫm hơn tại độ sâu bằng	14 (355)	4,25 (107)
Dầu có màu gần như nhau tại độ sâu bằng	12 (304)	4,0 (101)
Dầu sáng hơn tại độ sâu bằng	10,75 (273)	3,75 (95)
Màu Saybolt	+21	- 2

11 Cách tiến hành đối với sáp dầu mỏ

11.1 Làm nóng sơ bộ mẫu sáp đến nhiệt độ cao hơn điểm đông đặc từ 8 °C đến 17 °C, như xác định theo ASTM D 938. Ống mẫu được sấy nóng trước.

11.2 Rót sáp lỏng vào ống mẫu, tắt bộ phận đun, sau khi nhiệt của mẫu ổn định không gợn thành sóng trong mẫu thử, đọc các số đọc như hướng dẫn ở phần 10.

12 Báo cáo kết quả

Báo cáo số màu là “ Màu Saybolt.....”. Nếu mẫu đã được lọc thì ghi thêm “mẫu đã lọc”.

13 Độ chụm và độ chệch

13.1 Độ chụm của phương pháp này chưa được xác định.

13.2 Độ chụm của phương pháp được xác định theo phương pháp thống kê các kết quả liên phòng thử nghiệm như sau:

TCVN 4354 : 2007

13.2.1 *Độ lặp lại* – Sự chênh lệch giữa hai kết quả thử thu được do cùng một thí nghiệm viên trên cùng một thiết bị, với cùng một mẫu thử như nhau trong cùng một thời gian dài trong điều kiện thử không đổi, với thao tác bình thường và chính xác của phương pháp thử, chỉ một trong hai mươi trường hợp được vượt:

1 đơn vị màu

13.2.2 *Độ tái lập* – Sự chênh lệch giữa hai kết quả đơn lẻ và độc lập thu được do các thí nghiệm viên khác nhau làm việc ở các phòng thí nghiệm khác nhau, trên một mẫu thử như nhau trong một thời gian dài trong điều kiện thao tác bình thường và chính xác của phương pháp thử chỉ một trong hai mươi trường hợp được vượt:

2 đơn vị màu

13.3 *Độ chệch* – Phương pháp này không có độ chệch. Giá trị của màu Saybolt mang tính chủ quan và chỉ được xác định theo phương pháp này.

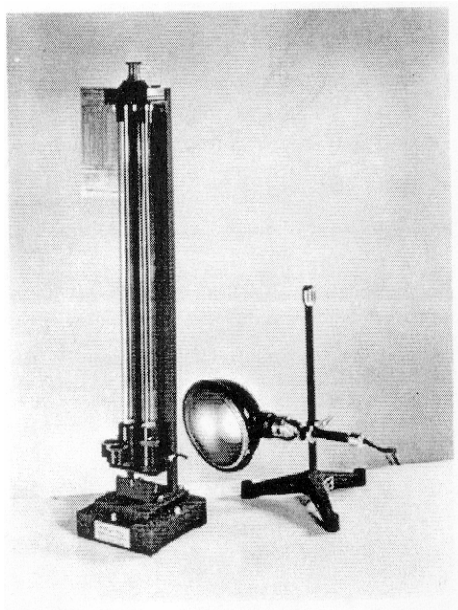
Phụ lục A

(quy định)

A.1 Thiết bị

A.1.1 Máy so màu Saybolt

A.1.1.1 Ống mẫu dầu – Sử dụng các ống thủy tinh Bosilicat để thử nghiệm các chất lỏng, hoặc các loại có đặc tính màu tương đương, ống có đường kính trong không nhỏ hơn 16,5 mm và không lớn hơn 17,5 mm, đường kính ngoài không nhỏ hơn 21,25 mm và không lớn hơn 22,75 mm. Đáy ống bằng đĩa kính quang học phẳng, trong, không có các vết nứt, xước, dày 6,25 mm. Ống có chiều dài khoảng từ 508 mm đến 510 mm, tính từ mặt trên của đĩa kính phẳng đến đỉnh ống. Lắp ống và đĩa kính vào đai ống kim loại có lắp vòi để kiểm soát việc xả chất lỏng trong ống (Hình A.1.1). Đai ống phải có cấu tạo sao cho có thể tháo đĩa kính để làm sạch. Chia ống thành các vạch cách đều nhau 3,2 mm (1/8 in.). Các vạch được khắc vòng quanh chu vi ống và đánh số liên tiếp từ 50 mm (2 in.) trở lên.



Hình A.1.1 - Đèn chiếu sáng nhân tạo và thiết bị so màu saybolt ASTM

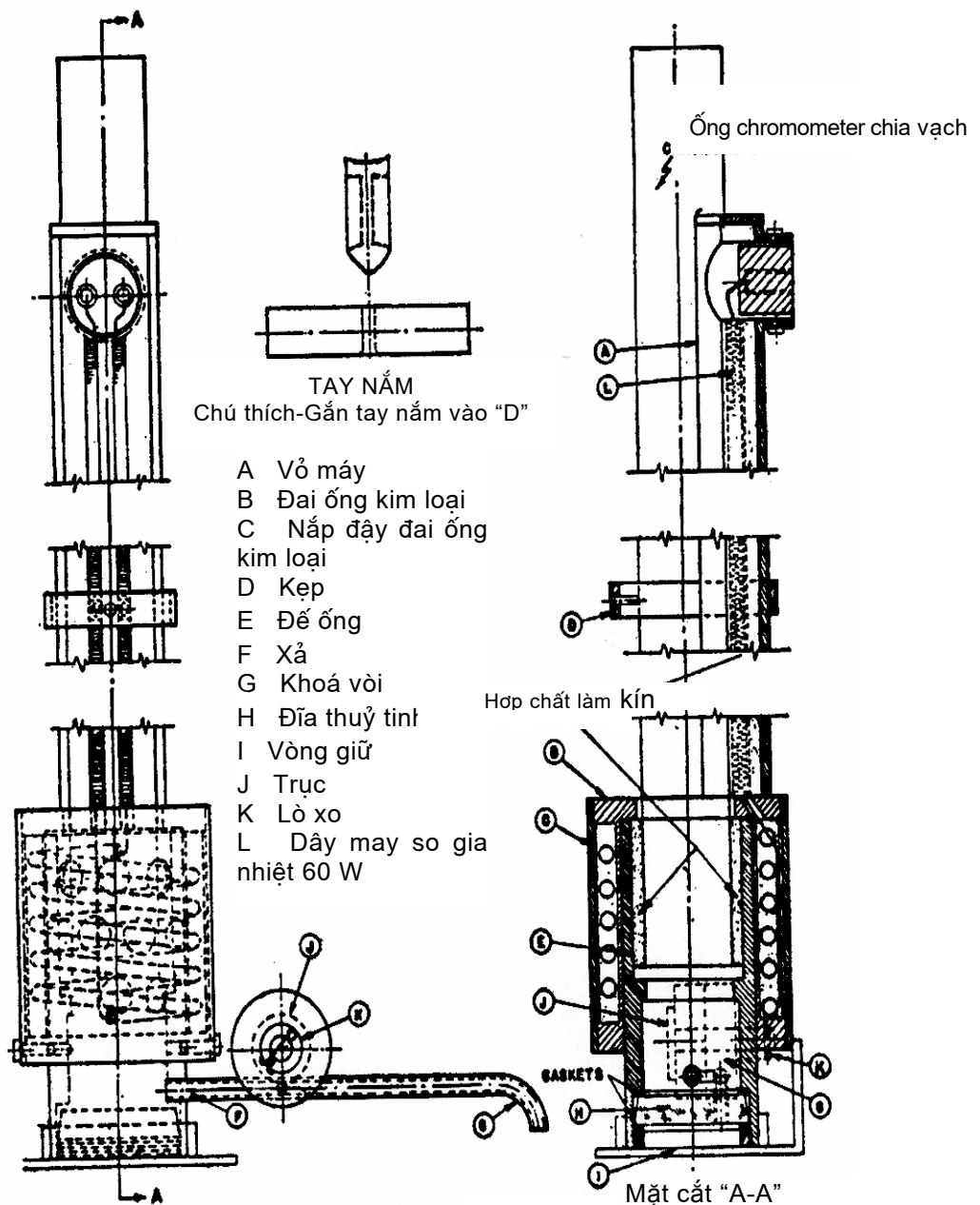
A.1.1.1.1 Trạng thái và màu của các ống thủy tinh phải đảm bảo không khác nhau khi quan sát ống chuẩn và ống mẫu khi rỗng, hoặc khi ống mẫu chứa nước cất hoặc nước đã khử ion. So sánh các ống khi được đặt trong thiết bị theo hướng dẫn ở điều 7.

A.1.1.2 Ống chứa mẫu sáp – Để tiến hành thử nghiệm các loại sáp dầu mỏ, sử dụng ống phù hợp các yêu cầu nêu tại A.1.1.1 và có dây may xo gia nhiệt loại 60 W, quấn đều trên toàn bộ chiều dài ống như thể hiện trên Hình A.1.2. Có thể dùng cách khác để giữ sáp ở dạng lỏng và dụng cụ để đọc được các vạch chia.

TCVN 4354 : 2007

A.1.1.3 Ống chuẩn– Sử dụng ống thủy tinh hoặc ống có đặc tính màu tương đương, dài 483 mm, có đường kính phù hợp các yêu cầu nêu tại A.1.1.1, và hở cả hai đầu, một đầu gắn đai kim loại phù hợp. Tổng chiều dài ống và đai đã lắp bằng khoảng từ 516 mm đến 518 mm. Đai kim loại này tạo chỗ để định vị các kính màu chuẩn và màng kim loại đen, màng này có lỗ hở hình tròn đường kính 12 mm trong vùng quan sát. Xem A.1.1.1.1.

A.1.1.4 Lắp đặt ống – Lắp cẩn thận các ống thẳng đứng vào vị trí trung tâm của bộ phận quan sát. Dùng các nắp kim loại dài khoảng 25 mm đậy đầu trên của các ống. Các nắp này có đường kính phù hợp, dễ dàng trượt được trên các đầu ống. Lỗ nhìn trên màng chắn của nắp có đường kính bằng 14 mm.



Hình A.1.2 - Bộ phận đun nóng ống so màu Saybolt

A.1.1.5 Bộ phận quan sát – Máy so màu được trang bị đầu quan sát màu thích hợp, bao gồm các lăng kính và thị kính có các thấu kính. Các lăng kính có hình dạng thích hợp, phù hợp các vùng và góc khúc xạ, đồng thời được lắp chắc chắn, tránh bị xô dịch. Lắp các lăng kính theo cách sao cho các tia sáng đi qua các ống sẽ được hướng vào đầu quan sát và được nhìn bằng thị kính. Việc lắp đặt phải đảm bảo sao cho vùng quan sát có hình tròn, không bị méo và thị sai (Chú thích A.1.1), một nửa được chiếu sáng bằng ánh sáng truyền từ mẫu, còn nửa kia từ các kính màu chuẩn.

CHÚ THÍCH A.1.1 Dùng một ống có lỗ (Hình A.1.3) định vị để các tia sáng đi dọc qua tâm của thị kính. Ống gồm một đai kim loại có đường kính bằng đường kính ngoài của ống quan sát để lắp vừa khít. Ống dài khoảng 50 mm, một đầu được đậy bằng màng kim loại, ở giữa có lỗ với đường kính bằng 2,5 mm.

A.1.1.6 Chiếu sáng – Bố trí ánh sáng truyền qua các ống bằng cách dùng gương phản xạ bằng kính trắng đục hoặc kính trong được tráng bạc sáng đều trên một mặt. Đặt cố định gương ở một góc thích hợp, điều chỉnh sao cho ánh sáng phản xạ của các tia tán xạ qua ống ở dạng các chùm tia song song có cường độ bằng nhau. Cách khác là cho luồng ánh sáng khuyếch tán từ đáy thiết bị chiếu trực tiếp lên các ống.

A.1.1.7 Nguồn sáng – Để có nguồn sáng, sử dụng đèn có ánh sáng ban ngày nhân tạo, được bố trí sao cho chiếu ánh sáng khuyếch tán lên các ống. ánh sáng khuyếch tán không được chói, hoặc tạo bóng. Tránh sự giao thoa từ các nguồn sáng khác.

A.1.2 Kính màu chuẩn

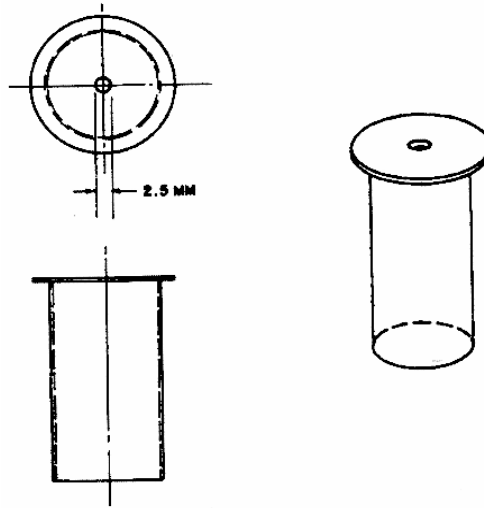
A.1.2.1 Kính màu chuẩn 1 đơn vị và kính màu chuẩn 1/2 đơn vị có các đặc tính nhiệt lượng thể hiện qua các tọa độ ba chiều x, y và z, và độ truyền sáng T_w , khi được tính từ các số liệu truyền phổ, sử dụng *Bảng chiếu sáng chuẩn C⁵* như nêu trong Bảng A.1.1. Việc gắn các tấm kính màu chuẩn trên đĩa đặt ở đai kim loại trên ống chuẩn là thuận tiện nhưng không bắt buộc.

Bảng A.1.1 – Các đặc tính của kính màu chuẩn

Đặc tính màu	Kính màu chuẩn 1 đơn vị	Kính màu chuẩn 1/2 đơn vị
T_w	0,860 đến 0,865	0,888 đến 0,891
x	0,342 đến 0,350	0,327 đến 0,331
y	0,367 đến 0,378	0,344 đến 0,350
z	0,272 đến 0,291	0,319 đến 0,330

Bảng A.1.2 – Các đặc tính của bộ lọc ánh sáng ban ngày

Đặc tính màu	Kính màu chuẩn 1 đơn vị
T_w	0,107 đến 0,160
x	0,314 đến 0,330
y	0,337 đến 0,341
z	0,329 đến 0,349



Hình A.1.3 – Ống định vị các tia sáng

A.1.3 Đèn chiếu sáng

A.1.3.1 Đèn – Sử dụng đèn tóc có công suất 60 W, được chế tạo từ thủy tinh sạch, bên trong tròn, có công suất xấp xỉ 13 lm/W và nhiệt độ nóng sáng (màu) bằng 2750 K. Đèn được lắp vào pha phản xạ chuẩn hình bán cầu, xem Hình A.1.1, mặt trong được gia công bằng bột đồng thau nhôm sáng bóng, không lẫn mica và các chất gây mờ khác, trên toàn bộ bề mặt được phun phủ đều bằng một lớp dung dịch đồng thau chịu nhiệt. Lớp gia công sẽ tránh được sự hấp thụ ánh sáng chọn lọc và có độ phản xạ ban đầu đạt trên 65 %.

A.1.3.2 Kính lọc ánh sáng (Chú thích A.1.2), có dạng lõi lõm, ngăn bụi, lắp vừa khít lên pha phản xạ hình bán cầu, Hình A.1.1. Mặt lõm của kính lọc được gia công bằng cách phun cát và làm nhẵn hoặc gia cường bằng axit. Kính lọc ánh sáng có các đặc tính màu như trong hệ tọa độ ba chiều (x, y và z), và độ truyền sáng (T_w), nếu tính toán từ các số liệu truyền quang phổ, sử dụng chuẩn chiếu sáng A phù hợp với Bảng A.1.2.

CHÚ THÍCH A.1.2 Để bộ lọc được chấp nhận, phép thử quang phổ phải chỉ ra độ truyền năng lượng bức xạ tại bước sóng 410 nm không nhỏ hơn 60 %, với đường cong xuống đều tới độ truyền bức xạ dưới 10 % tại bước sóng 700 nm. Đường cong này không được có chỗ lồi lên rõ rệt, đó là biểu hiện quá nhiều coban. Đường cong coban điển hình có độ truyền qua tăng tại độ dài bước sóng bằng 570 nm, nằm phía trên đường thẳng nối giữa hai điểm 540 nm và 590 nm, và cũng có dải truyền qua trong vùng đỏ đối với chiều dài bước sóng 600 nm và lớn hơn. Sự sai lệch chấp nhận trong bộ lọc tại 570 nm không được vượt quá 0,03 trên đường thẳng nối hai điểm 540 nm và 590 nm, và sự truyền qua tại bước sóng 700 nm so với các sóng ngắn hơn như tại 600 nm cũng không vượt quá 0,03.