

Bài báo nghiên cứu

**XÁC ĐỊNH MẬT ĐỘ AXIT VỚI ĐƯỜNG CHUẨN MẬT ĐỘ
ĐƯỢC XÂY DỰNG TỪ DỮ LIỆU MÔ PHỎNG MONTE CARLO**

**Nguyễn Thu Hằng, Đặng Hoài An, Trương Thành Sang, Trần Thị Mỹ Duyên,
Lê Quang Vương, Nguyễn Thành Đạt, Lâm Duy Nhất, Hoàng Đức Tâm***

Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

**Tác giả liên hệ: Hoàng Đức Tâm – Email: tamhd@hcmue.edu.vn*

Ngày nhận bài: 19-10-2020; ngày nhận bài sửa: 09-11-2020; ngày duyệt đăng: 28-12-2020

TÓM TẮT

Nghiên cứu trình bày một cách tiếp cận để xác định mật độ của các loại axit phổ biến. Trong cách tiếp cận này, đường chuẩn tuyến tính của tỉ số $\ln R$ (R là tỉ số diện tích đỉnh phổ truyền qua của axit và nước) theo mật độ được xây dựng bằng dữ liệu mô phỏng Monte Carlo để xác định mật độ của các loại axit vô cơ và hữu cơ. Nghiên cứu sử dụng đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) và nguồn phóng xạ ^{137}Cs . Kết quả thu được chỉ ra rằng, cách tiếp cận đề xuất trong nghiên cứu là khả thi với độ lệch tương đối của giá trị mật độ đo được so với mật độ chuẩn của các loại axit cung cấp bởi nhà sản xuất là dưới 6,5% cho tất cả các trường hợp khảo sát. Vì vậy, nghiên cứu đã cung cấp một cách tiếp cận khác đơn giản, hiệu quả và thuận tiện để xác định mật độ của axit.

Từ khóa: mật độ axit; MCNP; NaI(Tl); truyền qua

1. Giới thiệu

Mật độ là một tham số quan trọng của chất lỏng. Trong công nghiệp dầu khí, thông số này được sử dụng để phân loại dầu thô. Trong lĩnh vực công nghiệp thực phẩm, nó được sử dụng để đánh giá lượng chất hòa tan trong nước. Với các loại axit bao gồm vô cơ và hữu cơ, việc biết chính xác mật độ của nó giúp xác định được nồng độ phần trăm của dung dịch. Một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến trước đây để xác định mật độ của các loại chất lỏng là sử dụng các dụng cụ như hydrometer (Aguilera, Wright, & Bean, 2008; Cuckow, 1949; Jones, 1995) hay pycnometer (Roy, Sah, & Pradhan, 2010). Hoạt động của các loại dụng cụ này dựa trên nguyên lý Archimedes. Nhìn chung, độ chính xác của các phương pháp này thường không cao do phụ thuộc vào việc đọc độ chia định sẵn trên dụng cụ. Việc thao tác trực tiếp trên những dụng cụ này trong quá trình chuẩn bị mẫu và quá trình đo đạc tiềm ẩn nguy cơ cho người làm thí nghiệm đặc biệt trong trường hợp axit cần đo là loại axit mạnh.

Một cách tiếp cận khác để đo mật độ chất lỏng là sử dụng phương pháp gamma tán xạ

Cite this article as: Nguyen Thu Hang, Dang Hoai An, Truong Thanh Sang, Tran Thi My Duyen, Le Quang Vuong, Nguyen Thanh Dat, Lam Duy Nhat, & Hoang Duc Tam (2020). Determining the density of acid using the calibration curve constructed by Monte Carlo simulation data. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 17(12), 2219-2228.

và phương pháp gamma truyền qua được trình bày trong nghiên cứu trước đây (Priyada, Margret, Ramar, & Shivaramu, 2012). Tuy nhiên, đáng lưu ý trong nghiên cứu này đó là phương pháp gamma tán xạ cho kết quả khá tốt với độ lệch tương đối lớn nhất giữa mật độ đo được với mật độ tham khảo là dưới 6% thì ngược lại, phương pháp gamma truyền qua cho kết quả không tốt với độ lệch tương đối trong khoảng từ 4 đến 10%, đặc biệt với hexane, độ lệch tương đối lên đến 21,54%. Một phần nguyên nhân của độ lệch lớn trong trường hợp này, theo chúng tôi là do tác giả sử dụng trực tiếp dữ liệu thực nghiệm trong xây dựng đường chuẩn mật độ. Thật vậy, so với phương pháp gamma tán xạ, độ nhạy của tín hiệu theo mật độ chất lỏng của phương pháp truyền qua là tương đối thấp. Ngoài ra, với việc sử dụng đầu dò bán dẫn cần làm lạnh ở nhiệt độ thấp và dùng nguồn hoạt độ lớn làm cho cách tiếp cận này không khả thi. Điều này đặt ra nhu cầu cần phải có cách tiếp cận mới sử dụng nguồn hoạt độ thấp và đầu dò có thể hoạt động được tại nhiệt độ phòng để các phép đo có thể dễ dàng thực hiện trong điều kiện thực tế.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một cách tiếp cận khác sử dụng phương pháp gamma truyền qua. Theo đó, để giảm sự tác động do độ nhạy thấp của phương pháp truyền qua, đường chuẩn của tỉ số cường độ theo mật độ axit được xây dựng bằng mô phỏng Monte Carlo nhằm hạn chế các ảnh hưởng từ các yếu tố môi trường như sự thay đổi nhiệt độ, sự đóng góp của các thành phần tán xạ trong môi trường vào phổ thu nhận được. Tuy nhiên cách tiếp cận này cũng có một vấn đề cần giải quyết đó là sự khác biệt giữa phổ mô phỏng và phổ thực nghiệm. Để có thể sử dụng dữ liệu mô phỏng trong việc xây dựng đường chuẩn, cần thiết phải định nghĩa một đại lượng mới sao cho giá trị của đại lượng này tương ứng với các mật độ khác nhau không có sự khác biệt đáng kể giữa mô phỏng và thực nghiệm. Trong nghiên cứu trước đây (Huynh, Nguyen, & Hoang, 2019), bằng cách định nghĩa tỉ số R là tỉ số giữa cường độ chùm tia đo được với mẫu là chất lỏng và cường độ đo được với mẫu là nước nguyên chất, sự khác biệt giữa mô phỏng và thực nghiệm là không đáng kể khi sử dụng tỉ số này.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Cơ sở lý thuyết

Mối quan hệ giữa cường độ chùm tia truyền qua ống đựng axit khi đến đầu dò (I^{Acid}) và cường độ ban đầu I_0 được xác định theo định luật Beer–Lambert:

$$I^{\text{Acid}} = I_0 \exp[-\mu_p^E \rho d] \quad (1)$$

ở đây: μ_p^E ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) là hệ số suy giảm khối khi chùm photon năng lượng E truyền qua chất lỏng, ρ là mật độ của chất lỏng (g cm^{-3}) và d là đường kính của ống chất lỏng.

Đặt I^{Water} là cường độ chùm tia ghi nhận được tại đầu dò trong trường hợp ống chất lỏng chứa nước nguyên chất. Khi đó phương trình (1) được viết lại như sau:

$$R^{\text{Acid}} = R_0^{\text{Acid}} \exp[-\mu_p^E \rho d] \quad (2)$$

ở đây: $R^{\text{Acid}} = I^{\text{Acid}} / I^{\text{Water}}$ và $R_0^{\text{Acid}} = I_0^{\text{Acid}} / I_0^{\text{Water}}$

Lấy ln hai vế của phương trình (2):

$$\ln R^{\text{Acid}} = \ln R_0^{\text{Acid}} - \mu_p^E dp \quad (3)$$

Trong phương trình (3), với một bố trí thí nghiệm xác định, các đại lượng $\ln R_0^{\text{Acid}}$ và d được xem là hằng số. Do vậy, giá trị $\ln R^{\text{Acid}}$ được xem là tuyến tính với mật độ chất lỏng nếu như hệ số suy giảm khối μ_p^E tương ứng với năng lượng E là không đổi đối với các chất lỏng. Để có cơ sở cho việc xem xét giá trị hệ số suy giảm khối là hằng số ứng với một mức năng lượng, chúng tôi sử dụng cơ sở dữ liệu NIST (Berger, Hubbell, Seltzer, Chang, Coursey, Sukumar, Zucker, & Olsen, 2010) để xác định hệ số suy giảm khối cho các loại axit khác nhau. Cơ sở dữ liệu NIST cung cấp một công cụ cho phép tính toán nhanh các giá trị của hệ số suy giảm khối bằng cách nhập vào giá trị năng lượng cần tính và công thức hoá học của hợp chất. Kết quả tính toán được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Hệ số suy giảm khối đối với năng lượng 661,657 keV của các loại axit

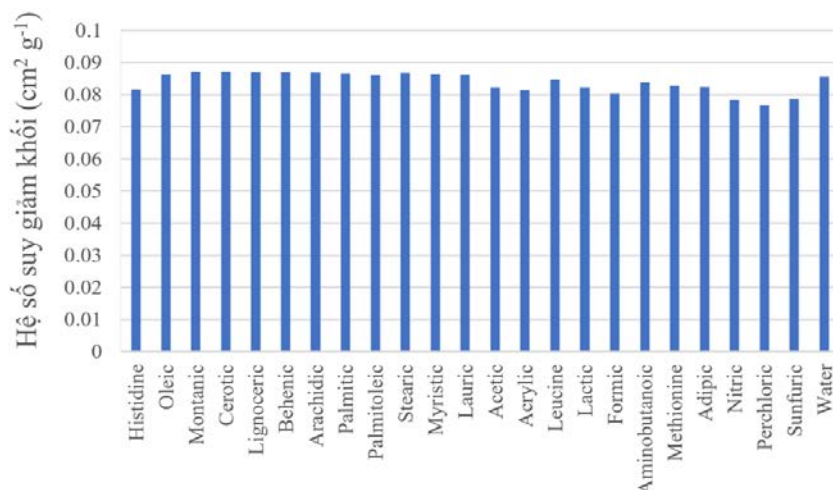
Loại axit	Công thức hóa học	Mật độ (g cm ⁻³)	Hệ số suy giảm khối (cm ² g ⁻¹)
Histidine	C ₆ H ₉ N ₃ O ₂	0,430	0,08155
Oleic	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	0,781	0,08632
Montanic	C ₂₈ H ₅₆ O ₂	0,819	0,0872
Cerotic	CH ₃ (CH ₂) ₂₄ COOH	0,820	0,08714
Lignoceric	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	0,821	0,08707
Behenic	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	0,822	0,087
Arachidic	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0,824	0,0869
Palmitic	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0,852	0,08666
Palmitoleic	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	0,894	0,08613
Stearic	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0,941	0,08679
Myristic	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,990	0,08649
Nước nguyên chất	H ₂ O	1,000	0,08564
Lauric	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1,007	0,08628
Acetic	CH ₃ COOH	1,045	0,08222
Acrylic	C ₃ H ₄ O ₂	1,051	0,08136
Leucine	C ₆ H ₁₃ NO ₂	1,170	0,0847
Lactic	C ₃ H ₆ O ₃	1,206	0,08222
Formic	CH ₂ O ₂	1,220	0,08045
Aminobutanoic	C ₄ H ₉ NO ₂	1,230	0,0838
Methionine	C ₅ H ₁₁ NO ₂ S	1,340	0,08274
Adipic	C ₆ H ₁₀ O ₄	1,360	0,08235
Nitric	HNO ₃	1,513	0,07834
Perchloric	HClO ₄	1,770	0,07681
Sulfuric	H ₂ SO ₄	1,830	0,07866

Từ Bảng 1 có thể thấy rằng giá trị của hệ số suy giảm khối ứng với năng lượng 661,657 keV có sự khác biệt không đáng kể đối với các chất có thành phần hóa học khác nhau. Dựa

trên dữ liệu này, có thể xem hệ số suy giảm khối là không đổi. Do vậy, phương trình (3) được viết lại như sau:

$$\ln R^{\text{Acid}} = A + B\rho \quad (4)$$

với A và B là các hằng số. Phương trình (4) là cơ sở để xác định được mật độ của các axit.



Hình 1. Hệ số suy giảm khối ứng với mức năng lượng 661,657 keV đối với các chất khác nhau

2.2. Mô phỏng Monte Carlo

Trong nghiên cứu này, mô phỏng Monte Carlo được sử dụng để xây dựng đường chuẩn của tỉ số R theo mật độ của các loại axit. Để thực hiện được điều này, chúng tôi sử dụng chương trình MCNP (X-5 Monte Carlo Team, 2005). Đây là một chương trình mô phỏng được sử dụng rộng rãi đặc biệt trong lĩnh vực vật lý hạt nhân. Chương trình MCNP yêu cầu khai báo các thông số hình học của nguồn, đầu dò và đối tượng đo. Trong các nghiên cứu trước đây (Hoang, Nguyen, Le, Huynh, & Tran, 2017; Hoang, Huynh, Tran, & Chau, 2016), chúng tôi đã tiến hành tối ưu các thông số hình học đối với đầu dò NaI(Tl) sử dụng trong nghiên cứu này.

Dữ liệu đầu ra của chương trình MCNP là phổ phân bố độ cao xung. Để phổ thu được có dạng giống với dữ liệu thực nghiệm chúng tôi sử dụng thẻ FT8 với với dạng Gauss của phổ có hàm bề rộng một nửa theo phương trình dưới:

$$\text{FWHM}(\text{MeV}) = a + b\sqrt{E + cE^2} \quad (5)$$

với E là năng lượng của photon (MeV); các hệ số a, b, c lần lượt có giá trị bằng – 0,00526 MeV; 0,06096 MeV^{1/2}; 0,01401 MeV⁻¹. Các giá trị a, b, c thu được bằng cách làm khớp phương trình (5) với dữ liệu FWHM chúng tôi đo được từ thực nghiệm.

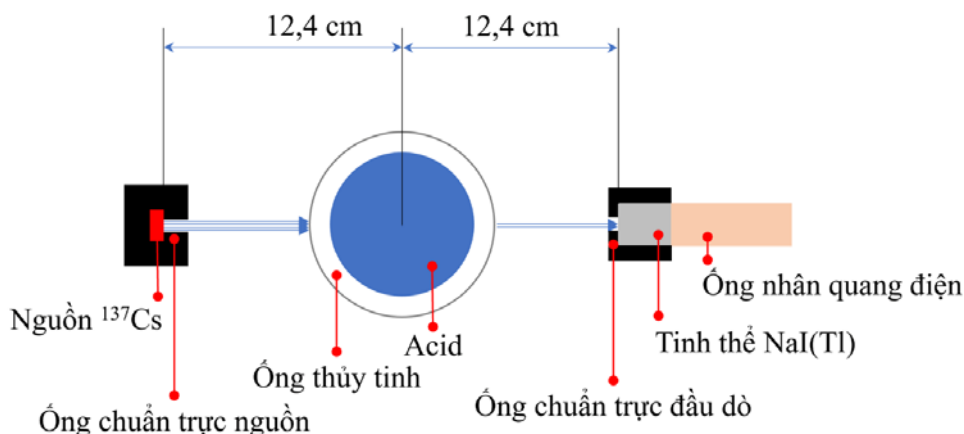
Nghiên cứu sử dụng 23 loại axit như được trình bày trong Bảng 1 với mật độ trong khoảng từ 0,4 g cm⁻³ đến 2,0 g cm⁻³ để mô phỏng và xây dựng đường chuẩn.

2.3. Bố trí thí nghiệm và phương pháp xác định mật độ axit

Nghiên cứu sử dụng đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) kích thước 3 inch × 3 inch được cung

cấp bởi hãng Amptek. Đây là loại đầu dò đa kênh với số kênh tối đa là 8192. Trong phép đo phổ chúng tôi đặt ở chế độ đo này để thu nhận chùm tia truyền qua ống chứa axit. Nguồn sử dụng trong nghiên cứu là nguồn ^{137}Cs có hoạt độ 0,67 μCi . Đây là nguồn phóng xạ được xem là dạng điểm.

Chúng tôi sử dụng 6 loại axit và nước nguyên chất với các thông tin chi tiết được trình bày trong Bảng 2. Các chất này có mật độ được chứng nhận bởi nhà sản xuất và được xem là mật độ chuẩn dùng để đánh giá tính chính xác của việc xác định mật độ axit đo được trong nghiên cứu này. Các axit được chứa trong ống thủy tinh có đường kính trong là 2,68 cm với thành ống có độ dày là 1,85 mm. Ống được đặt tại vị trí sao cho khoảng cách từ tâm ống đến bề mặt nguồn và từ tâm ống tới bề mặt đầu dò là bằng 12,4 cm. Thời gian thực hiện phép đo phổ là 28.800 giây. Toàn bộ bố trí thí nghiệm được trình bày như trong Hình 2.



Hình 2. Bố trí thí nghiệm đo mật độ axit

Bảng 2. Thông tin của các loại axit sử dụng trong thực nghiệm

Loại axit	Công thức hóa học	Mật độ (g cm^{-3})	Nhà cung cấp
Acetic	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	1,052 ¹	Xilong, Trung Quốc
Formic	CH_2O_2	1,201 ²	Xilong, Trung Quốc
Lactic	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	1,209 ³	Xilong, Trung Quốc
Nitric	HNO_3	1,390	Merck, Đức
Phosphoric	H_3PO_4	1,693	VWR Chemicals, Pháp
Sulfuric	H_2SO_4	1,839	Merck, Đức
Nước nguyên chất	H_2O	1,000	Merck, Đức

Các bước xác định mật độ axit được thực hiện như sau:

¹ Mật độ ứng với nồng độ 99%

² Mật độ ứng với nồng độ 88%

³ Mật độ ứng với nồng độ 88%

▪ Đầu tiên chúng tôi sẽ mô phỏng phổ truyền qua của nhiều loại axit như được trình bày trong Bảng 1. Phổ mô phỏng thu được được phân tích để tính diện tích đỉnh và từ đó tính được tỉ số $R_{Sim.}$ và $\ln R_{Sim.}$

▪ Dữ liệu của $\ln R_{Sim.}$ theo mật độ axit được làm khớp với hàm khớp dạng tuyến tính như trình bày trong phương trình (4).

▪ Đo phổ thực nghiệm của nước nguyên chất và loại axit cần xác định mật độ để tính toán tỉ số $R_{Exp.}^{Acid}$ và $\ln R_{Exp.}^{Acid}$.

▪ Thay giá trị $\ln R_{Exp.}^{Acid}$ vào phương trình (6) để tính toán mật độ axit.

$$\rho_{acid} = \frac{\ln R_{Exp.}^{Acid} - A}{B} \quad (6)$$

Sai số của mật độ axit ($\sigma_{\rho_{Acid}}$) được xác định bằng công thức truyền sai số:

$$\sigma_{\rho_{Acid}} = \sqrt{\frac{\sigma_{R_{Exp.}^{Acid}}^2}{B^2} + \frac{\sigma_A^2}{B^2} + \frac{(R_{Exp.}^{Acid} - A)^2}{B^4} \sigma_B^2}, \quad (7)$$

ở đây, σ_A và σ_B tương ứng là sai số của các tham số hàm khớp A và B. Ngoài ra, $\sigma_{R_{Exp.}^{Acid}}$ được xác định theo phương trình sau:

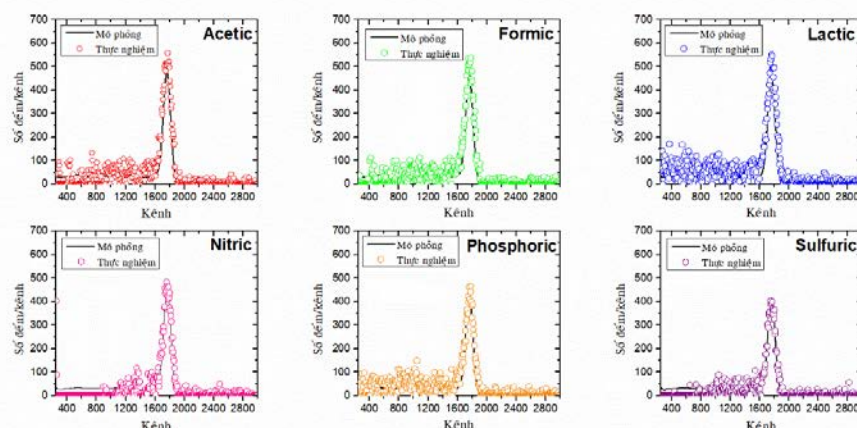
$$\sigma_{R_{Exp.}^{Acid}} = \sqrt{\frac{1}{N_{Water}^2} \sigma_{N_{Acid}}^2 + \frac{N_{Acid}^2}{N_{Water}^4} \sigma_{N_{Water}}^2}, \quad (8)$$

ở đây, $\sigma_{N_{Acid}} = 2,58\sqrt{N_{Acid}}$ và $\sigma_{N_{Water}} = 2,58\sqrt{N_{Water}}$, số 2,58 được sử dụng để đảm bảo độ tin cậy 99%.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đường chuẩn xác định mật độ xây dựng bằng mô phỏng Monte Carlo

Phổ thực nghiệm và mô phỏng trong phép đo truyền qua của 6 loại axit được trình bày trong Hình 3. Cũng trong hình này, chúng tôi tiến hành so sánh dạng đáp ứng phổ mô phỏng và phổ thực nghiệm. Kết quả thu được cho thấy, có sự phù hợp tốt về dạng đáp ứng phổ ở tất cả các axit đã khảo sát. Kết quả này là cơ sở để chúng tôi sử dụng dữ liệu mô phỏng để xây dựng đường chuẩn của tỉ số $\ln R$ theo mật độ axit.



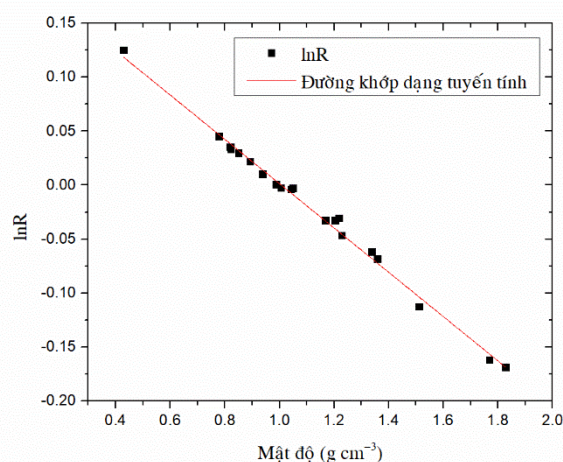
Hình 3. So sánh dạng đáp ứng phổ thực nghiệm và phổ mô phỏng các loại axit

Kết quả tính toán tỉ số R và lnR được trình bày trong Bảng 3. Dữ liệu của lnR theo mật độ được làm khớp với phương trình khớp mô tả trong phương trình (4). Giá trị của các hệ số hàm khớp A và B thu được lần lượt có giá trị bằng $(0,20657 \pm 0,00383)$ và $(-0,20523 \pm 0,00341)$. Kết quả thu được trình bày như trên Hình 4.

Bảng 3. Kết quả tính toán giá trị lnR theo các mật độ khác nhau của các loại axit bằng mô phỏng Monte Carlo

Loại axit	Mật độ (g cm^{-3})	Tỉ số R	Sai số của R	lnR
Histidine	0,430	1,13280	0,00024	0,1247
Oleic	0,781	1,04601	0,00023	0,0450
Montanic	0,819	1,03579	0,00022	0,0352
Cerotic	0,820	1,03575	0,00022	0,0351
Lignoceric	0,821	1,03569	0,00022	0,0351
Behenic	0,822	1,03550	0,00022	0,0349
Arachidic	0,824	1,03353	0,00022	0,0330
Palmitic	0,852	1,02963	0,00022	0,0292
Palmitoleic	0,894	1,02163	0,00022	0,0214
Steararic	0,941	1,01000	0,00022	0,0099
Myristic	0,990	1,00016	0,00022	0,0002
Lauric	1,007	0,99709	0,00022	- 0,0029
Acetic	1,045	0,99588	0,00022	- 0,0041
Acrylic	1,051	0,99679	0,00022	- 0,0032
Leucine	1,170	0,96755	0,00021	- 0,0330
Lactic	1,206	0,96735	0,00021	- 0,0332
Formic	1,220	0,96961	0,00021	- 0,0309
Aminobutanoic	1,230	0,95414	0,00021	- 0,0469
Methionine	1,340	0,93973	0,00021	- 0,0622
Adipic	1,360	0,93374	0,00021	- 0,0686
Nitric	1,513	0,89311	0,00020	- 0,1130
Perchloric	1,770	0,85031	0,00019	- 0,1622
Sulfuric	1,830	0,84459	0,00019	- 0,1689

Có thể thấy rằng, có sự tuyến tính tốt giữa $\ln R$ và mật độ của các axit với hệ số R^2 xấp xỉ 0,994. Sự tuyến tính tốt này là điều kiện cần để có thể xác định được mật độ của các loại axit với độ chính xác cao.



Hình 4. Sự phụ thuộc tuyến tính của $\ln R$ theo mật độ của axit

3.2. Mật độ của các loại axit

Sử dụng đường chuẩn thu được, mật độ của 6 loại axit được xác định bằng cách sử dụng phương trình (6). Kết quả tính toán mật độ axit được trình bày như trong Bảng 4. Có thể thấy rằng, độ lệch mật độ đo được và mật độ chuẩn là dưới 6,5%. Kết quả thu được này chứng tỏ rằng cách tiếp cận sử dụng trong nghiên cứu này có khả năng xác định được mật độ của các loại axit với phạm vi mật độ trải rộng trong khoảng từ 0,4 g cm⁻³ đến 2,0 g cm⁻³. Đây là vùng mật độ đủ rộng để có thể bao phủ số lượng lớn các loại axit cần khảo sát và do vậy cách tiếp cận đề xuất trong nghiên cứu này có tính khả thi. Ngoài ra, phương pháp đo thực hiện trong nghiên cứu này có bố trí thí nghiệm khá đơn giản với nguồn hoạt độ thấp nên có thể áp dụng cho việc xác định mật độ đặc biệt với các loại axit mạnh.

Bảng 4. Kết quả xác định mật độ của một số loại axit

Loại axit	Mật độ chuẩn (g cm ⁻³)	R	Sai số của R	$\ln R$	Mật độ đo được (g cm ⁻³)	Sai số mật độ (g cm ⁻³)	⁴ RD (%)
Acetic	1,052	0,991	0,013	-0,00952	1,053	0,068	0,09
Formic	1,201	0,971	0,014	-0,029117	1,148	0,069	4,38
Lactic	1,209	0,956	0,014	-0,045195	1,227	0,067	1,47
Nitric	1,390	0,933	0,013	-0,069629	1,346	0,066	3,18
Phosphoric	1,693	0,888	0,013	-0,118289	1,583	0,064	6,50
Sulfuric	1,839	0,860	0,012	-0,15091	1,742	0,062	5,28

Sai số của phép đo mật độ axit cũng được tính toán. Theo đó, sai số tương đối của phép

⁴ RD (%) = |Mật độ đo được - Mật độ chuẩn|/Mật độ chuẩn × 100%

đo trong khoảng từ 3,6% đến 6,5%. Trên thực tế, đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) dễ bị ảnh hưởng bởi yếu tố nhiệt độ môi trường, vì vậy sai số tương đối sẽ được cải thiện nếu sử dụng loại đầu dò nhấp nháy ổn định nhiệt. Tuy vậy, với độ lệch lớn nhất giữa mật độ đo được và mật độ chuẩn là 6,5%, phương pháp đo mật độ sử dụng trong nghiên cứu này cho thấy được tính khả thi có thể áp dụng được cho các phép đo mật độ axit trong thực tế.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng phương pháp truyền qua để xác định mật độ của các loại axit với đường chuẩn mật độ được xây dựng hoàn toàn bằng dữ liệu mô phỏng Monte Carlo. Kết quả thu được từ nghiên cứu cho thấy, độ lệch lớn nhất giữa mật độ đo được và mật độ chuẩn là dưới 6,5%. Sai số tương đối của các giá trị đo được là dưới 6,5%. Kết quả này khẳng định rằng, cách tiếp cận để đo mật độ axit áp dụng trong nghiên cứu này là hoàn toàn khả thi. Ưu điểm của nghiên cứu thể hiện ở hai điểm: thứ nhất, đường chuẩn mật độ được xây dựng hoàn toàn bằng mô phỏng Monte Carlo sử dụng chương trình MCNP. Việc sử dụng mô phỏng trong xây dựng đường chuẩn giúp tiết kiệm được chi phí và tăng được độ chính xác do loại bỏ được sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường. Ngoài ra, sử dụng mô phỏng Monte Carlo còn giúp dễ dàng xây dựng được đường chuẩn khi thông số thực nghiệm thay đổi, đây là vấn đề mà nếu dùng phép đo thực nghiệm để xây dựng đường chuẩn khó mà thực hiện được. Ưu điểm thứ hai của cách tiếp cận này liên quan đến nguồn phóng xạ. Việc sử dụng nguồn hoạt độ rất thấp với hoạt độ vào khoảng 0,67 μCi , điều này làm cho phép đo trở nên rất an toàn với người làm thí nghiệm nhưng vẫn đảm bảo được độ chính xác của kết quả đo.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2020-SPS-01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aguilera, J., Wright, J. D., & Bean, V. E. (2008). Hydrometer calibration by hydrostatic weighing with automated liquid surface positioning. *Measurement Science and Technology*, 015104. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/19/1/015104>
- Berger, M. J., Hubbell, J. H., Seltzer, S. M., Chang, J., Coursey, J. S., Sukumar, R., Zucker, D. S., & Olsen, K. (2010). *XCOM: Photon Cross Sections Database* | NIST. Retrieved from <https://www.nist.gov/pml/xcom-photon-cross-sections-database>
- Cuckow, F. W. (1949). A new method of high accuracy for the calibration of reference standard hydrometers. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 68(2), 44-49. <https://doi.org/10.1002/jctb.5000680203>
- Jones, F. E. (1995). A new reference method for testing hydrometers. *Measurement*, 16(4), 231–237.

- [https://doi.org/10.1016/0263-2241\(95\)00036-4](https://doi.org/10.1016/0263-2241(95)00036-4)
- Hoang, D. T., Nguyen, T. H. Y., Le, B. T., Huynh, D. C., & Tran, T. T. (2017). Optimization of the Monte Carlo simulation model of NaI(Tl) detector by Geant4 code. *Applied Radiation and Isotopes*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.09.020>
- Hoang, D. T., Huynh, D. C., Tran, T. T., & Chau, V. T. (2016). A study of the effect of Al₂O₃ reflector on response function of NaI(Tl) detector. *Radiation Physics and Chemistry*, 125, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.03.020>
- Huynh, D. C., Nguyen, T. M. L., & Hoang, D. T. (2019). Semi-empirical method for determining the density of liquids using a NaI(Tl) scintillation detector. *Applied Radiation and Isotopes*, 152(July), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2019.07.005>
- Priyada, P., Margret, M., Ramar, R., & Shivaramu (2012). Intercomparison of gamma ray scattering and transmission techniques for fluid-fluid and fluid-air interface levels detection and density measurements. *Applied Radiation and Isotopes*, 70(3), 462-469. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2011.10.019>
- Roy, M. N., Sah, R. S., & Pradhan, P. (2010). Densities, viscosities, sound speeds, refractive indices, and excess properties of binary mixtures of isoamyl alcohol with some alkoxyethanols. *International Journal of Thermophysics*, 31(2), 316-326. <https://doi.org/10.1007/s10765-010-0719-7>
- X-5 Monte Carlo Team. (2005). *A General Monte Carlo N-Particle Transport Code Version 5, Volume II, User guide*. Los Alamos national Laboratory, LA-CP-03-0245.

**DETERMINING THE DENSITY OF ACID USING
THE CALIBRATION CURVE CONSTRUCTED BY MONTE CARLO SIMULATION DATA**

**Nguyen Thu Hang, Dang Hoai An, Truong Thanh Sang, Tran Thi My Duyen,
Le Quang Vuong, Nguyen Thanh Dat, Lam Duy Nhat, Hoang Duc Tam***

Faculty of Physics, Ho Chi Minh City University of Education, Vietnam

**Corresponding author: Hoang Duc Tam – Email: tamhd@hcmue.edu.vn*

Received: October 19, 2020; Revised: November 09, 2020; Accepted: December 28, 2020

ABSTRACT

In this study, we present an approach to determine the densities of some common acids. This approach requires to construct the linear calibration curve of the ratio $\ln R$ (R is the ratio of the area under a transmitted peak for an acid relative to that for water) versus the density of the liquids based on the Monte Carlo simulation data. This linear calibration curve was then used to determine the densities of acids. The study used the NaI(Tl) scintillation detector and the radioactive source of ^{137}Cs . The study results indicate that the proposed approach is feasible for determining the densities of acids. The relative deviations between the measured and reference densities are less than 6.5% for the investigated samples. Thus, this study provides a different approach to determine the densities of acids, which is simple, effective, and convenient for determining the density of acids.

Keywords: density of acid; MCNP; NaI(Tl); transmission