



УКРАЇНА

(19) UA (11) 33617 (13) A

(51) 6 G01N21/59

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЕКСТИНКЦІЇ

(21) 99031450

(22) 16.03.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Альохін Олександр Давидович, Остапчук Юрій Леонідович

(73) Київський університет ім. Тараса Шевченка

(57) Спосіб визначення коефіцієнта екстинкції, що включає вимірювання інтенсивності збуджуючого світлового потоку I поблизу критичної точки рідини, направляючи його вздовж оптичної камери з речовиною, та вимірювання інтенсивності розсіяного світла $I(z)$ на різних висотах z камери, встановлюючи приймач розсіяного світла під кутом 90° до напрямку збуджуючого потоку випромінювання, який відрізняється тим, що камеру заповнюють рідиною так, щоб середня густина заповнення дорівнювала критичній густині, вимірюють інтенсивність послабленого світлового потоку I поблизу критичної точки рідини, встановлюючи камеру вертикально, а коефіцієнт екстинкції $\tau(z)$ визнача-

ють для кожного значення висоти камери z , яким відповідають різні густини речовини, включаючи також і критичну густину, за формулою:

$$\overline{\tau(z)} = \overline{I(z)} \frac{\ln I_0 / I}{\int_{-L/2}^{L/2} \overline{I(z)} dz}$$

$\overline{I(z)}$ - симетризована висотна залежність інтенсивності розсіяного світла;

$\overline{I(z)} = \sqrt{i(z < 0) \cdot i(z > 0)}$, де $i(z < 0)$ та

$i(z > 0)$ - експериментальне вимірювана інтенсивність розсіяного світла на висоті z відносно рівня $z=0$ з критичним значенням густини речовини в камері; $\overline{\tau(z)}$ - симетризована висотна залежність коефіцієнту екстинкції.

Винахід відноситься до області оптичних методів дослідження неоднорідних рідин, що знаходяться в гравітаційному полі поблизу критичної точки і може бути використаний для визначення набору коефіцієнтів екстинкції рідини, зобто для різних значень густини по висоті досліджуваної камери з рідиною.

При підході до критичної точки різні оптичні характеристики рідкого середовища, такі як показник заломлення, коефіцієнт екстинкції, та густина, концентрація суттєво змінюються в залежності від висоти досліджуваної камери з рідиною. Така просторова неоднорідність системи впливає на те, що в ній виникає вертикальний градієнт показника заломлення речовини, що суттєво впливає на точність результатів вимірів.

Відомий спосіб визначення коефіцієнту екстинкції τ в просторово однорідному середовищі [1] по

формулі Бугера-Ламберта-Бера $\tau = \frac{1}{W} \ln I_0 / I$,

що включає вимірювання інтенсивності збуджуючого I_0 і пройденого через камеру товщиною W з досліджуваною речовиною послабленого світлового потоку I .

Недоліком цього способу є неможливість використання його для просторово неоднорідних рідин, що обумовлено неврахуванням вертикального градієнту показника заломлення речовини поблизу критичної точки. Це приводить до великих похибок визначення $\tau(z)$, які співрозмірні в окремих випадках із самою величиною τ у зв'язку з малим показником екстинкції в неоднорідному середовищі на висотах $z \geq 1$ см відносно рівня критичної ізохори ($z = 0$).

Відомий спосіб визначення коефіцієнту екстинкції просторово однорідної рідини поблизу критичної точки [2], що включає вимірювання інтенсивності розсіяного світла речовиною $I(x)$ під кутом

(13) A

(11) 33617

(19) UA

90° на різних відстанях x_1 та x_2 від точки входу збуджуючого випромінювання в оптичну камеру за формулою

$$\tau = -\frac{1}{x_1 - x_2} \ln I(x_1)/I_o(x_2).$$

Недоліком цього способу є неможливість використання його для просторово неоднорідних рідин, що обумовлено неврахуванням вертикального градієнту показника заломлення речовини поблизу критичної точки. Неврахування цього приводить також до великих похибок визначення $\tau(z)$, які співрозмірні в окремих випадках із самою величиною τ у зв'язку з малим показником екстинкції в неоднорідному середовищі на висотах $z \geq 1$ см відносно рівня критичної ізохори ($z = 0$). Цей спосіб обраний нами як прототип.

В основу винаходу покладено завдання створити спосіб визначення коефіцієнту екстинкції поблизу критичної точки в просторово неоднорідному середовищі шляхом заповнення оптичної камери досліджуваною речовиною так, щоб середня густина заповнення дорівнювала критичній густині, та вимірювання інтенсивності послабленого світлового потоку поблизу критичної точки рідини, встановлюючи камеру вертикально, а коефіцієнт екстинкції $\tau(z)$ визначити для кожного значення висоти камери, яким відповідають різні густини речовини, включаючи також і критичну густину, за запропонованою формулою. Це дає можливість врахувати наявність вертикального градієнту показника заломлення і в одному експерименті досліджувати залежність коефіцієнта екстинкції від густини та концентрації в речовині, що дозволяє підвищити його точність, експресність та надійність.

Ця задача вирішується тим, що в способі визначення коефіцієнта екстинкції що включає вимірювання інтенсивності збуджуючого світлового потоку I поблизу критичної точки рідини, направляючи його вздовж камери, та вимірювання інтенсивності розсіяного світла $I(z)$, встановлюючи приймач розсіяного світла під кутом 90° до напрямку збуджуючого потоку випромінювання, згідно винаходу, що заявляється, камеру заповнюють рідиною так, щоб середня густина заповнення дорівнювала критичній густині, вимірюють інтенсивність послабленого світлового потоку поблизу критичної точки рідини, встановлюючи камеру вертикально, а коефіцієнт екстинкції $\tau(z)$ визначають для кожного значення висоти камери, яким відповідають різні густини речовини, включаючи також і критичну густину, за формулою:

$$\overline{\tau(z)} = \overline{I(z)} \cdot \frac{\ln I_o/I}{\int_{-L/2}^{L/2} \overline{I(z)} dz}$$

де $\overline{I(z)}$ - симетризована висотна залежність інтенсивності розсіяного світла;

$$\overline{I(z)} = \sqrt{i(z < 0) \cdot i(z > 0)}, \quad \text{де } i(z > 0) \quad \text{та}$$

$i(z > 0)$ - експериментальне вимірювана інтенсивність розсіяного світла на висоті z відносно рівня $z=0$ з критичним значенням густини речовини в камері; $\overline{\tau(z)}$ - симетризована висотна залежність коефіцієнту екстинкції.

Висотна залежність інтенсивності розсіяного світла може бути розрахована за допомогою співвідношень:

$$I(z < 0) = i(z < 0) \cdot \exp\left(\int_{-L/2}^{-z} \tau(z) dz\right) \quad (1)$$

$$I(z > 0) = i(z > 0) \cdot \exp\left(\int_{-L/2}^{-z} \tau(z) dz\right) \quad (2)$$

Тут $i(z)$ - експериментальне вимірювана висотна залежність інтенсивності розсіяного світла; z - висота, яка відрахована вгору від рівня з критичною густиною речовини. Висотам $z > 0$ відповідають густини $\rho < \rho_k$; висотам $z < 0$ - густини $\rho > \rho_k$.

При заповненні камери речовиною так, що середня густина дорівнює критичній густині, критична густина речовини реалізується на половині висоти камери при підході до критичної точки. Цій же висоті відповідає максимум інтенсивності розсіяного світла. Це дає можливість провести симетризацію експериментальне отриманої висотної залежності інтенсивності розсіяного світла $I(z)$ відносно цього максимуму. Інтенсивність розсіяного світла вимірюється для кожного значення висоти камери, включаючи рівень з критичною густиною, який відповідає максимальному значенню інтенсивності розсіяного світла. Визначають експериментальні значення інтенсивності розсіяного світла на однакових відстанях відносно рівня критичної ізохори $\rho = \rho_k, z = 0$, якому відповідає максимум інтенсивності розсіяного світла та критична густина речовини, на основі (1) та (2) знаходять симетризоване значення інтенсивності розсіяного світла по формулі:

$$\overline{I(z)} = [i(z > 0) \cdot i(z < 0)]^{1/2} \cdot \exp\left(\int_0^{L/2} \tau(z) dz\right) \quad (3)$$

де експоненціальний множник

$$\exp\left(\int_0^{L/2} \tau(z) dz\right) = \frac{1}{2} \frac{I_o}{I}$$

У наближенні Релея-Ейнштейна ($I \sim \lambda^{-4}$) інтенсивність однократного розсіяння світла і показник екстинкції зв'язані простим співвідношенням:

$$\overline{\tau(z)} = C \cdot \overline{I(z)} \quad (4)$$

де коефіцієнт C визначається у вигляді

$$C = \frac{\ln I_o / I}{\int_{-L/2}^{L/2} \bar{I}(z) dz} \quad (5)$$

Таким чином, розрахувавши симетризовані значення інтенсивності розсіяного світла, на основі (4) - (5) можна визначити висотну залежність показника екстинкції неоднорідної речовини $\tau(z)$ поблизу критичної точки речовини і тим самим врахувати наявність вертикального градієнту показника заломлення речовини.

Вимірювання інтенсивності розсіяного світла проводять на всіх висотах камери, тобто для цілого набору густин. Це дає можливість за один експеримент знайти коефіцієнти екстинкції для різних густин речовини, що було неможливо для відомих способів при необхідності проведення спеціальних експериментів.

При застосуванні нової формули, запропонованої нами, точність визначення коефіцієнту екстинкції в неоднорідному середовищі значно підвищується у порівнянні із відомими способами визначення коефіцієнта екстинкції для однорідних середовищ, якщо їх застосовувати до неоднорідних систем.

Для проведення експерименту був використаний пристрій, що дозволяє проводити виміри показника екстинкції $\tau(z)$ і інтенсивності розсіяного світла $I(z)$ під кутом 90° на будь-якій висоті системи.

На Фіг. зображено схематичний вигляд оптичної камери пристрою і хід променів при вимірах інтенсивності розсіяного світла.

Тут позначено: термостатуюча оптична камера високих тисків (1) із вертикальним осьовим каналом (2) і боковими вікнами прямокутної форми (3); фотоелектронний помножувач - ФЕП-1 (4), приймаючий світло, що проходить через речовину, установлений зверху над камерою (1); ФЕП-35 (5), розташований під кутом 90° до вертикальної осі камери, що приймає розсіяне речовиною світло з можливістю пересування вздовж камери; самописець (6), за допомогою якого дані ФЕП-35 відображаються на графіку.

Спосіб вимірювання коефіцієнту екстинкції здійснюється наступним чином.

Камеру заповнюють речовиною так, щоб її середня густина дорівнювала критичній густині. Речовину підігрівують до критичної температури та ретельно термостатують до повної рівноваги.

Поляризоване світло інтенсивності I_o послають в камеру з досліджуваною речовиною знизу догори, що дозволяє виключити спотворюючий вплив вертикального градієнта показника заломлення речовини на збуджуючий світловий потік поблизу критичного стану.

За допомогою фотопомножувача (ФЕП-35), що встановлений над камерою, вимірюють повну оптичну густину досліджуваної речовини

$$\int_0^L \tau(z) dz = \ln(I_o \cdot I_n^{-1}).$$

(Тут $\tau(z)$ - висотна залежність показника ек-

стинкції, L - повна висота камери, I_n - інтенсивність світлового пучка на виході камери).

Вимірюють величину розсіяного світла на 90° в кожній точці, що відповідає певній висоті камери за допомогою ФЕП-35, зміщуючи його вздовж вертикальної осі камери. Висотну залежність розсіяного світла отримують за допомогою самописця.

Використовуючи симетризацію експериментальне отриманої кривої інтенсивності розсіяного світла, знаходять симетризоване значення інтенсивності розсіяного світла по формулі: $\bar{I}(z) = [i(z > 0) \cdot i(z < 0)]^{1/2}$, використовуючи експериментальні значення інтенсивності розсіяного світла на однакових відстанях відносно рівня критичної ізохори ($z = 0$). Розраховують значення коефіцієнтів екстинкції за запропонованою формулою.

Приклад:

Реалізація експерименту проводиться наступним чином:

Камеру заповнюють досліджуваною речовиною н-пентан, критична густина якого $\rho_{кр} = 232 \text{ кг/м}^3$. Речовину підігрівують від кімнатної 20°C до критичної температури $T_{кр} = 469,6 \text{ K}$ даної рідини та ретельно термостатують до повної рівноваги.

Проводять вимірювання інтенсивності світлового пучка на вході та виході з камери, і знаходять величину поглинання світла речовиною:

$$\mu = I_o / I = 0,14.$$

Вимірюють величину розсіяного світла на 90° в кожній точці, що відповідає певній висоті камери за допомогою ФЕП-35, зміщуючи його вздовж вертикальної осі камери.

Висотну залежність розсіяного світла отримують графічно за допомогою самописця. Симетризоване значення інтенсивності розсіяного світла знаходять за формулою

$\bar{I}(z) = [i(z > 0) \cdot i(z < 0)]^{1/2}$ для кожного значення висоти камери. Розраховують значення коефіцієнтів екстинкції за запропонованою формулою.

В таблиці наведені дані для інтенсивності розсіяного світла н-пентаном з довжиною хвилі $0,546 \text{ мкм}$ для температури $\Delta T = 1,99^\circ$ та коефіцієнти екстинкції для усіх висот z камери з досліджуваною рідиною. Відлік висоти z ведеться від рівня з максимальним значення інтенсивності розсіяного світла.

Розрахунки показують, що при похибках вимірювання інтенсивності розсіяння світла $I(z)$ поблизу критичної точки $\approx 1 \div 2\%$ похибки розрахунків коефіцієнту екстинкції $\Delta \tau(z)$ в неоднорідному середовищі поблизу критичної точки даним способом в залежності від висоти z і температури ΔT становлять $2 \div 6\%$.

Таким чином, запропонований спосіб визначення коефіцієнту екстинкції $\tau(z)$, який є простим і надійним, може бути успішно використаний для дослідження оптичних властивостей неоднорідних систем в околі критичного стану.

Література:

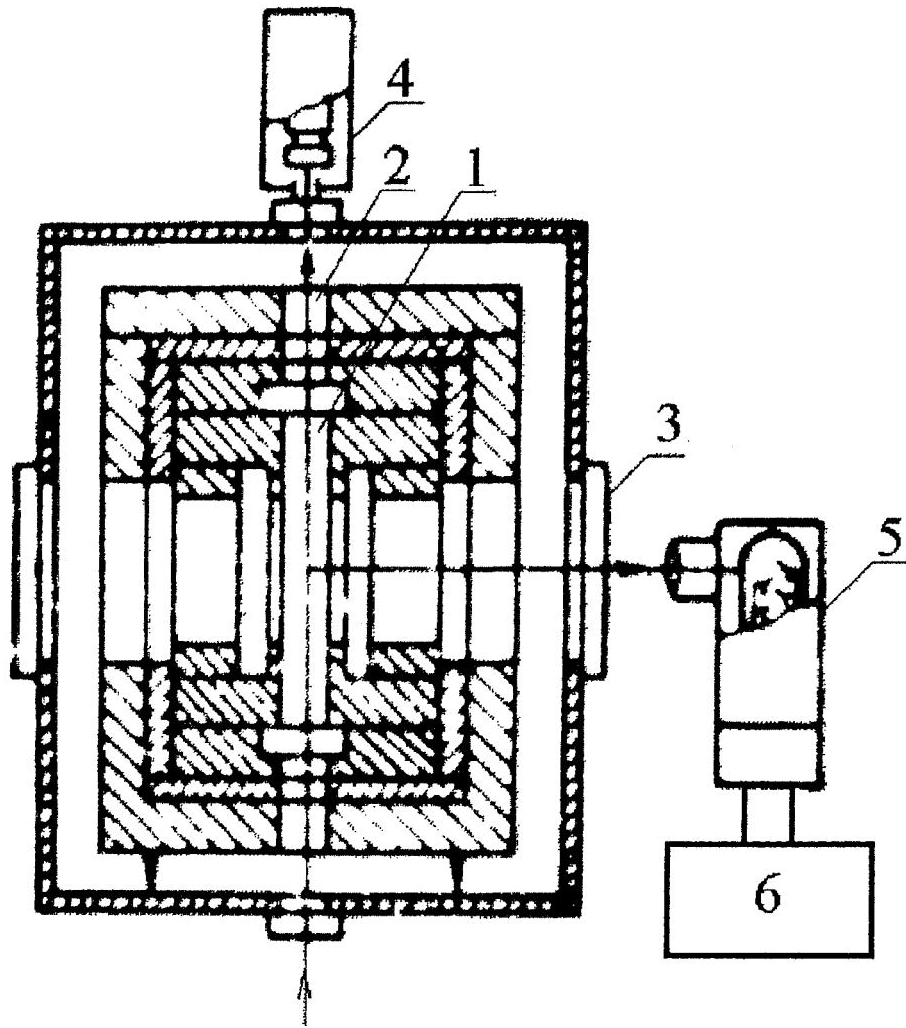
1. Волькенштейн М.В. Молекулярная оптика. -

М.: Гостехиздат, 1944, 744 с.

2. Беридзе Д.К., Шахпаронов М.И. Некоторые результаты исследований релеевского рассеяния света в критической области расслаивания растворов. УФЖ, №7, 1962, 771с.

Таблица.

$z, \text{ мм}$	$I(z)$	$\bar{I}(z)$	$\bar{\tau}(z)$
-18	80	77,97	0,025
-16	88	83,90	0,027
-14	96	90,86	0,029
-12	108	102,35	0,032
-10	120	114,89	0,036
-8	130	127,48	0,040
-6	143	141,49	0,044
-4	156	156,50	0,049
-2	165	165,49	0,052
0	167	167	0,053
2	166	165,49	0,052
4	157	156,50	0,049
6	140	141,49	0,044
8	125	127,48	0,040
10	110	114,89	0,036
12	97	102,35	0,032
14	86	90,86	0,029
16	80	83,90	0,027
18	76	77,97	0,025



ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22