

15 Определяне на зависимостта на показателя на пречупване на светлината във въздух от налягането

Теоретична обосновка

При изучаване на оптичните свойства на веществата се използват различни параметри, като един от най-важните е показателят на пречупване n на светлината във веществото.

В молекулната оптика е установено следното съотношение между показателя на пречупване n на даден газ и обемната плътност n_V на молекулите на газа

$$n = 1 + n_V \cdot \frac{\beta}{2} \quad (28.1)$$

където β е поляризуемост на молекулата, която се дава с формулата

$$\beta = \frac{p_e}{\varepsilon_0 E} \quad (28.2)$$

където p_e е диполният момент на молекулата, ε_0 – електрическата константа, E – интензитет на електричното поле.

От термодинамиката е известна зависимостта

$$p = n_V k T$$

където k е константата на Болцман, T – температурата на газа.

От (28.1) и (28.2) се получава изразът

$$n = 1 + \frac{\beta}{2kT} p \quad (28.3)$$

който показва как показателят на пречупване на светлината в газове зависи от налягането и температурата.

Цел на упражнението е да се получи зависимостта $n = n(p)$ при $T = const$ за въздух от обработените опитни резултати и се сравни с теоретичната зависимост

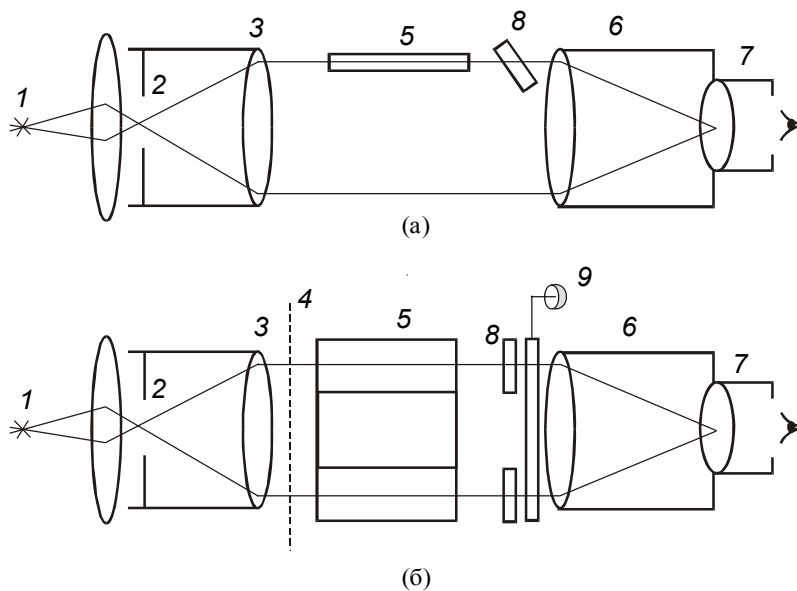
$$n_{теор} \approx 1 + (n_0 - 1) \frac{T_0 p}{T p_0} \quad (28.4)$$

където $n_0 = 1,000292$ е показателят на пречупване на светлината във въздух при нормални условия – $T_0 = 273,15$ К и $p_0 = 101\,325$ Pa. Зависимостта (28.4) е получена с помощта на (28.3) при замяна на n с n_0 , T с T_0 и p с p_0 и сравнена отново с (28.3).

Трудността в изследването е в това, че показателят на пречупване на въздуха (а и на останалите газове) е много близък до единица. С голяма точност търсеното изменение може да се получи с интерферометъра на Рейли. В него интерференчната картина се получава от два кохерентни снопа, отделени чрез два успоредни процепа.

Опитна постановка

Интерферометърът на Рейли може да се използва за определяне показателя на пречупване на светлината в течности и газове, изменение на показателя на пречупване в тях при определени условия.

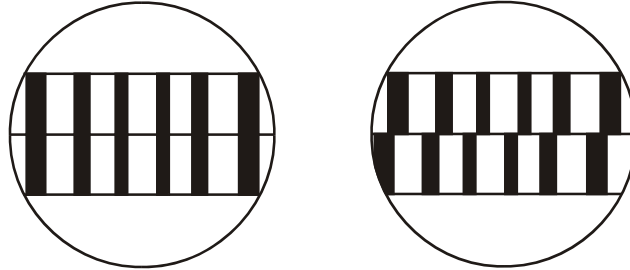


Фиг. 28.1.

Схемата, използвана в интерферометъра е дадена на фиг.28.1. Светлината на нажежаема лампа 1 осветява процепа 2, разположен във фокалната равнина на колиматорния обектив 3. Успоредният сноп лъчи, излизащ от обектива се разделя от двата процепа на диафрагмата 4. Дифрактиралите от тези процепа светлинни снопове преминават през обектива 6, но така, че горната част на сноповете преминава през двете камери на кюветата 5, а долната им част попада направо в обектива 6 (фиг. 28.1 а). Във фокалната равнина на този обектив интерферират двете

двойки кохерентни снопове. Първата, преминаваща през кюветата образува долната система от интерференчни ивици, а втората, преминаваща под кюветата образува горната неподвижна (опорна система) от интерференчни ивици. Окулярът 7 обръща местата на двете системи, като неподвижната (опорната) става долна система от интерференчни ивици.

На фиг. 28.2 са показани наблюдаваните в окуляра 7 системи от ивици при съвпадение и при отместване на горната система спрямо долната.



Фиг. 28.2.

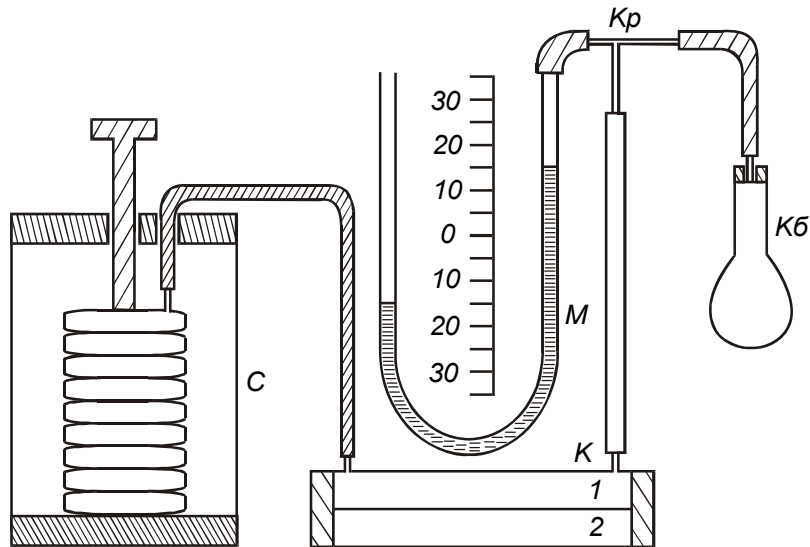
За да се улесни работата при измерването, по пътя на лъчите зад кюветите са поставени успоредни пластинки 8, едната от които се нарича компенсационна и може да се върти чрез микроскопичен винт 9. При завъртане на пластинката се изменя внасяната от нея допълнителна разлика Δ_k в оптичния път и може да се стигне до такова положение, при което тя да компенсира допълнителната разлика Δ в оптичските пътища на сноповете, минаващи през кюветата спрямо сноповете, минаващи под нея и двете системи от ивици напълно да съвпадат. (При $\Delta = \Delta_k$ нулевата ивица се наблюдава в центъра на дифракционната картина). В този случай Δ може да се определи по ъгъла на наклона на пластинката, който е пропорционален на показанието z , отчетено от барабанната скала на микрометричния винт. За целта се прави калибровъчна графика $N = N(z)$, получена при използване на монохроматичен светлинен източник, където N е броят на отместените интерференчни ивици на горната картина спрямо долната опорна картина.

Изменението на показателя на пречупване на въздуха δn се дава с формулата

$$\delta n = \frac{\lambda}{\ell} N \quad (28.5)$$

където λ е дължината на вълната на монохроматичния източник, ℓ – дължината на кюветата.

На фиг. 28.3 е показана затворена система, състояща се от силфон C , едната камера на кюветата K , колба K_B , в която има хигроскопично вещество и живачен манометър M , като връзката между тях е осъществена с маркучи и кранче K_p .



Фиг. 28.3.

Използва се за понижаване на налягането в едната камера на кюветата и измерване на понижението му δp : увеличава се обемът на силфона, налягането на въздуха в системата намалява и изменението му спрямо атмосферното налягане се отчита с манометъра.

Задачи и указания за изпълнението им

Задача: *Да се изследва опитно зависимостта показател на пречупване на светлината във въздух от налягането и да се сравни с теоретичните резултати.*

Измерва се налягането p_{ATM} на въздуха в лабораторията, като се превръща в паскали. Измерва се температурата t на въздуха и се превръща в келвини: $T = t + 273,15$. Налягането в едната камера на кюветата се намалява с δp и се пресмята по формулата $p = p_{ATM} - \delta p$. Горната

картина от интерференчни ивици е отместена спрямо долната (опорната). Върти се микрометричният винт, докато двете картини съвпадат и се отчита показанието му z . От калибровъчната крива се отчита броят на отместените ивици N и по формула (28.5) се изчислява изменението δn на показателя на пречупване на светлината.

Правят се не по-малко от 5 измервания за различни налягания, като е удобно стъпката да е 10 mmHg . Построява се графиката $\delta n = \delta n(\delta p)$, която е права (фиг. 28.4). Изчислява се

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta(\delta n)}{\Delta(\delta p)}.$$

След диференциране на (28.3) се получава

$$\delta n = \frac{\beta}{2kT} \delta p$$

и след сравняване с уравнението на права $n = \operatorname{tg} \alpha \delta p$ имаме

$$\beta = 2kT \operatorname{tg} \alpha = 2kT \frac{\Delta(\delta n)}{\Delta(\delta p)}. \quad (28.6)$$

Замествайки (28.6) в (28.3) се намира връзката

$$n = 1 + \operatorname{tg} \alpha p \quad (28.7)$$

където p е налягането в кюветата. По (28.7) се изчисляват стойности на n за различни налягания в експеримента и се сравняват със съответните теоретични стойности на $n_{\text{теор.}}$ от (28.4). Резултатите се нанасят в подходяща таблица.

№	$\delta p, \text{Pa}$	z , ск.дел.	N	δn	p, mmHg	n	$n_{\text{теор.}}$
1							
2							
...							
6							