

## Задача №1

### Обладнання

#### Групове:

- посудина з невідомою речовиною (летюча рідина),
- кімнатний термометр,
- голки для шприца,
- туалетний папір,
- посудина з водою,
- скотч,
- ведро.

#### Індивідуальне:

- півторалітрова пластикова пляшка,
- шприц медичний (2 мл) без голки,
- кришка з вмонтованою пластиковою трубкою довжиною приблизно 1,5 м і отвором для шприца без голки,
- лінійка на 100 см,
- гумові кільця 2 шт,
- штатив.

#### Завдання:

Визначити молярну масу досліджуваної речовини.

Детально опишіть методику проведення вимірювань, вжиті заходи підвищення точності результату та як саме використовувалось обладнання.

#### Довідкові дані:

Універсальна газова стала  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ ,  
густина рідини  $1,59 \text{ г/см}^3$ ,  
повний об'єм пластикової пляшки 1,53 л.

## Розв'язок

Молярна маса речовини безпосередньо входить до рівняння стану ідеального газу:

$$pV = \frac{m}{M_n} RT. \quad (1)$$

Будь-яка зміна маси газу буде відбиватись на інших параметрах стану. Отже, скористуємось тим, що невідома речовина може швидко випаровуватись: якщо у закриту посудину з певною кількістю повітря додати рідину, то після її випаровування зміниться і кількість газу в посудині.

Розглянемо два можливих варіанти визначення молярної маси рідини.

1) З пластикової трубки можна виготовити простий водяний U-образний манометр, який буде вимірювати зміну тиску газу у посудині. Додавання крапель рідини у замкнену посудину буде підвищувати тиск, виштовхуючи рідину в трубку.

Рівняння стану після випаровування:

$$(p + \Delta p)(V + \Delta V) = \left( \frac{m}{M_{\text{нос}}} + \frac{m_n}{M} \right) RT \quad (2)$$

Порівняємо величини малих поправок  $p\Delta V$  і  $V\Delta p$  для 25 крапель (0,3 мл рідини):

$$\frac{p\Delta V}{V\Delta p} = \frac{p\Delta V}{\rho g V \Delta h} \approx \frac{2,8 \cdot 10^{-1}}{6,74} \approx 0,04,$$

Нехтуючи  $p\Delta V$  у порівнянні з  $V\Delta p$ , молярну масу  $M$  визначаємо, віднімаючи (1) від (2):

$$M = \frac{m_n RT}{V \rho g \Delta h}.$$

Вимірювання дають значення  $M = (165 \pm 5) \text{ г/моль}$ . Якщо врахувати  $V\Delta p$ ,  $M = (159 \pm 5) \text{ г/моль}$

2) Можна побудувати більш просту установку для вимірювання зміни об'єму за сталого атмосферного тиску, фіксуючи переміщення маленької краплі у пластиковій трубці. Рівняння стану після випаровування:

$$(V + \Delta V)p = \left( \frac{m}{M_{\text{нос}}} + \frac{m_n}{M} \right) RT. \quad (3)$$

Віднімаючи (1) від (3), отримаємо формулу для розрахунку молярної маси у цьому варіанті:

$$M = \frac{m_n RT}{p\Delta V}.$$

Вимірювання дають значення молярної маси  $M = (153 \pm 7) \text{ г/моль}$ .

У якості летючої рідини був використаний тетрахлорметан з молярною масою  $M = 154 \text{ г/моль}$ .

## Нотатки до розв'язку задачі №2 експериментального туру

- Обладнання. Групове:** - лазерний випромінювач з довжиною хвилі 532 нм; - білий люмінофорний світлодіод; - лінійка довжиною 1 м.
- Індивідуальне:** - окуляри “Веселка”; - картонний планшет із затискачем; - чистий лист паперу А4; - прозора плівка із міліметровою шкалою.
- Завдання.** 1. Визначіть характеристики окулярів.  
2. Дослідіть спектр білого люмінофорного світлодіода, що складається з напівпровідникового світлодіодного випромінюючого елемента і люмінофора.  
3. Визначіть характеристики випромінювання напівпровідникового елемента світлодіода.

1. Визначення характеристик окулярів із вбудованою дифракційною ґраткою, зокрема періоду або кількості штрихів ґратки на 1 мм) здійснюється за спектром дифракції випромінювання зеленого лазера. Вимірюванням кута відхилення бічних максимумів від напрямку розповсюдження світла, визначається період ґратки: при куті відхилення 1-го максимуму  $\varphi \approx 6^\circ$  період ґратки складає  $d \geq 5 \text{ мкм}$ , а кількість штрихів -  $n \leq 200 \text{ мм}^{-1}$ .

Необхідно відзначити, що дифракційна ґратка є двовимірною, тобто складається з двох лінійних ґраток із орієнтованими перпендикулярно штрихами. Періоди обох підґраток однакові.

Похибка вимірювання періоду складатиметься з похибки вимірювання кута відхилення  $\Delta\varphi=\pm 0,5^\circ$ , який обумовлений похибкою вимірювання лінійної відстані відхилення максимума інтенсивності -  $l=(7\pm 0,1)$  см на відстані  $L=(70\pm 1)$  см. Т.ч., оцінка відносної похибки періоду ґратки складатиме 2% при стаціонарних вимірюваннях і удвічі більше значення - 4% при «ручних», а абсолютної похибки відповідно  $\Delta d=0,1$  або  $0,2$  мкм. Для підвищення точності вимірів можливо визначати період ґратки також із другого чи третього максимумів, але суттєвого підвищення точності це не дасть через сильне зменшення інтенсивності світла в цих максимумах.

2. Характеризувати спектр білого люмінофорного світлодіода найбільш зручно графічно, зобразивши залежність «якісної» інтенсивності від довжини хвилі, яка відраховується по відомій довжині хвилі зеленого лазера. Найбільш очевидними особливостями спектра є найбільша інтенсивність в синій області спектра, провал в області блакитного-бірюзового кольору, збільшення інтенсивності в зеленій області і далі збереження приблизної сталості інтенсивності червоного діапазону зі спадом наприкінці останнього.

Визначення ширини спектра здійснюється по вибраному рівню інтенсивності (найпростіше по краю, де інтенсивність перестає спостерігатись оком).

3. Основна (характеристична) частота випромінювання синього світлодіода) визначається як середина максимуму у синій (фіолетовій) області -  $\lambda\approx 460$  нм.

Похибка частоти випромінювання синього світлодіода визначається головним чином неточністю вимірювання просторового кута напрямку на дифракційний максимум і, в залежності від навиків експериментатора, може складати у кращому випадку від 2% до 4%.