

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього  
середовища та лісового господарства

**05-02-418М**

**Методичні вказівки**

до виконання практичних робіт та самостійної роботи  
з дисципліни «Методи та засоби вимірювання параметрів  
довкілля» для здобувачів вищої освіти першого  
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною  
програмою «Екологія» спеціальності 101 «Екологія»  
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІАЗ  
Протокол № 10 від 23.01.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи з дисципліни «Методи та засоби вимірювання параметрів довкілля» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Екологія» спеціальності 101 «Екологія» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Бедункова О. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 64 с.

Укладач: Бедункова О. О., д.біолог.н., професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 101 «Екологія»

Буднік З. М.

© О. О. Бедункова, 2024  
© НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

стор.

Вступ	3
1 Основні принципи та засоби вимірювання атмосферного тиску.....	4
2 Основні принципи та засоби вимірювання руху повітряних мас.....	9
3 Основні принципи та засоби вимірювання інтенсивності землетрусів.....	17
4 Вологість атмосферного повітря та засоби її вимірювання.....	21
5 Основні шкали та прилади для вимірювання температури об'єктів навколишнього середовища...	27
6 Мікроскопія. Вимірювання розмірів та чисельності об'єктів досліджень.....	35
7 Основні принципи атомно-абсорбційної спектроскопії.....	40
8 Вимірювання рівнів шумового забруднення.....	44
Перелік питань для самостійного опрацювання та підготовки рефератів.....	48
Приклади тестових завдань.....	49
Рекомендована література.....	64

## ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Методи та засоби вимірювання параметрів довкілля» є формування у здобувачів вищої освіти навичок роботи з різними вимірювальними пристроями та засобами, які використовуються для збору даних про параметри довкілля.

Дані методичні вказівки наводять порядок виконання практичних робіт, перелік питань для самоконтролю, написання рефератів і самостійної роботи, рекомендовану літературу, а також приклади тестових завдань, що дозволяють студентам отримати уявлення про вимоги до рівня знань, які необхідні при складанні поточного та підсумкового контролю знань.

## Практична робота №1

**Тема:** Основні принципи та засоби вимірювання атмосферного тиску

**Мета роботи:** ознайомитись з будовою та принципом роботи приладів для вимірювання атмосферного тиску

### Основні поняття

Тиск ( $p$ ) – фізична величина, що характеризує інтенсивність нормальних (перпендикулярних до поверхні) сил, з якими одне тіло діє на поверхню іншого. Середня величина тиску на будь-яку площину дорівнює відношенню середнього значення сили, що діє перпендикулярно цій площині, до її площі:

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{dF}{dS} \quad (1.1)$$

Якщо сили розподілені вздовж поверхні рівномірно, то тиск  $p$  на будь-яку частину поверхні дорівнює:

$$p = \frac{F}{S} \quad (1.2)$$

де  $F$  – сума прикладених перпендикулярно до поверхні сил,  $S$  – площа цієї частини.

Одиниця вимірювання тиску в системі СІ – *паскаль* (Па).  
 $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$ .

Позасистемні одиниці та їх зв'язок з паскалем:

$1 \text{ атм} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1013,25 \text{ мбар} = 760 \text{ мм рт. ст.};$

$1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па} = 1 \text{ гПа} = 0,75006 \text{ мм рт. ст.};$

$1 \text{ мм рт.ст.} = 1 \text{ тор} = 1,3332 \text{ мбар} = 133,32 \text{ Па};$

$1 \text{ Па} = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ атм} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$

Середній атмосферний тиск на рівні моря становить  $1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . У цілому атмосферний тиск залежить від висоти, простору й часу. Горизонтальний розподіл атмосферного тиску визначається рухом поверхневих мас повітря. Густина і температура атмосферного повітря також залежать від висоти (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Залежність густини й температури атмосферного повітря від висоти

Висота, км	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Температура, °С
0	1,225	15,00
2	1,007	2,00
4	0,909	-4,49
6	0,660	-23,96
8	0,526	-36,94
10	0,414	-49,90
12	0,312	-56,50
14	0,228	-56,50
16	0,166	-56,50
18	0,122	-56,50
20	0,089	-56,50
22	0,065	-54,58
24	0,047	-52,59
26	0,034	-50,61
28	0,025	-48,62
30	0,018	-46,64

Прилад для вимірювання тиску називають *манометром*. Манометри бувають *сифонного* (рис. 1.1) або *чашкового* (рис. 1.2) типу.

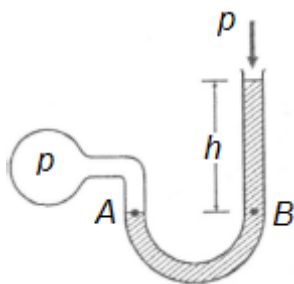


Рис. 1.1. Манометр сифонного типу

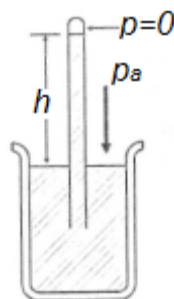


Рис. 1.2. Манометр чашкового типу

Манометр сифонного типу це  $\cup$ -подібна скляна трубка, заповнена водою або ртуттю. Один з кінців манометра запаяний і позбавлений повітря; відкритий кінець сполучений з

атмосферним повітрям. Різниця рівнів рідини у двох колінах трубки проградуєвана в одиницях тиску. Манометр чашкового типу містить вертикальну скляну трубку, запаяну зверху і заповнену рідиною. Тиск, що утворюється стовпчиком рідини у трубці, врівноважується атмосферним тиском. Висока точність вимірювання манометра чашкового типу (0,1 мм рт. ст.) дає змогу використовувати його як стандартний прилад для перевірки анероїдних барометрів та висотомірів.

*Ртутний барометр* – класичний приклад манометра чашкового типу. Атмосферний тиск, що вимірюється ртутним барометром дорівнює:

$$p = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h(T_0) \quad (1.3)$$

де  $h(T_0)$  – висота ртутного стовпчика за нормальної температури.

Ртутний манометр (рис. 1.3) містить скляну трубку, заповнену ртуттю і занурену у резервуар зі ртуттю. Рівень ртуті у резервуарі контролюється за допомогою конусоподібної кісточки. Точність вимірювання тиску ртутного барометра становить 0,1 гПа.

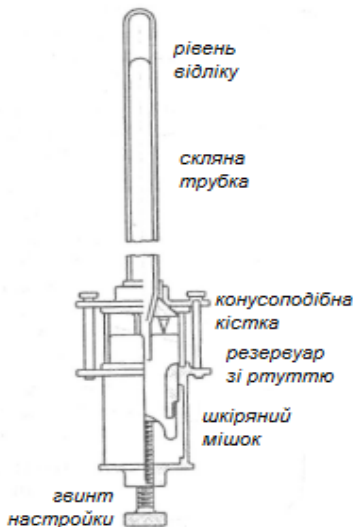


Рис. 1.3. Ртутний манометр

Зміна тиску, що реєструється рідинним манометром, визначається з попереднього рівняння:

$$dp = \rho \cdot g \cdot dh \quad (1.4)$$

де  $\rho$  – густина рідини,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $dh$  – зміна висоти.

Густина рідини  $\rho$  залежить від температури (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Залежність густини води і ртуті від температури

Температура, °С	Густина води, кг/м <sup>3</sup>	Густина ртуті, кг/м <sup>3</sup>
0	999,87	13595,089
5	999,99	13582,764
10	999,73	13570,457
15	999,13	13558,166
20	998,23	13545,892
25	997,07	13533,635
30	995,67	13521,393
35	994,06	13509,167
40	992,24	13496,956
45	990,25	13484,760
50	988,07	13472,579
55	985,73	13460,412

Залежність густини води від температури описується рівнянням:

$$\rho_B = 999,895 + 50,692 \cdot 10^{-3}T - 7,278 \cdot 10^{-3}T^2 + 31 \cdot 10^{-6}T^3 \quad (1.5)$$

тоді як для густини ртуті ця залежність визначається за виразом:

$$\rho_{RT} = 13595,089 - 2,467T + 352 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (1.6)$$

Баланс між тиском, що утворює стовпчик рідини, та атмосферним тиском залежить від прискорення вільного падіння  $g_M$ , яке в свою чергу визначається широтою місцевості  $\varphi$ :

$$C_g = -(2,637 \cdot 10^{-3} \cos 2\varphi + 9,6 \cdot 10^{-8}h + 5 \cdot 10^{-5}) \quad (1.7)$$

де  $h$  – висота розташування приладу над рівнем моря.

Залежність прискорення вільного падіння від широти місцевості наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

### Залежність прискорення вільного падіння від широти місцевості

Широта місцевості $\varphi$ , °	Прискорення вільного падіння $g$ , м/с <sup>2</sup>
0	9,78036
5	9,78075
10	9,78191
15	9,78381
20	9,78638
25	9,78956
30	9,79324
35	9,79732
40	9,80167
45	9,80616
50	9,81065
55	9,81501
60	9,81911
65	9,82281
70	9,82601
75	9,82860
80	9,83051
85	9,83168
90	9,83208

Барограф – прилад, що використовується для безперервної реєстрації тиску повітря. Він складається зі стовпчика анероїдних коробок, з'єднаного зі стрілкою самописа.

#### **Завдання:**

- 1) побудувати графіки залежності густини й температури атмосферного повітря від висоти;
- 2) провести вимірювання атмосферного тиску повітря за допомогою відповідних приладів;
- 3) знайти коригуючий фактор  $C_g$  для ртутного барометра, розташованого на широті  $\varphi$  та висоті  $h$  (згідно варіанту завдань).

#### *Варіанти завдань до практичної роботи №1*

Показники	номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
широта ( $\varphi$ , °)	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
висота ( $h$ , км)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

#### **Контрольні запитання:**



1. Що характеризується фізичною величиною – тиск?
2. В яких одиницях системи СІ вимірюється тиск?
3. Скільком мм рт. ст. дорівнює 1Па?
4. Як змінюються густина і температура атмосферного повітря з висотою?
5. Як називаються прилади для вимірювання тиску?
6. Поясніть принцип роботи сифонного та чашкового манометрів.
7. Для чого призначений ртутний барометр?

## Практична робота №2

**Тема:** Основні принципи та засоби вимірювання руху повітряних мас

**Мета роботи:** ознайомитись з будовою та принципом роботи приладів для вимірювання швидкості вітру

### Основні поняття

Рух повітря відносно земної поверхні називається вітром. Утворення повітряних потоків відбувається завдяки дії таких чинників, як:

1. *Градiєнти тиску*, що забезпечують рух повітря від зони високого тиску до зони низького.

2. *Гравітаційна сила*, що прискорює рух повітря до величини  $9,8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$ . Дія вертикального градієнту тиску врівноважується гравітаційною силою.

3. *Сила тертя*, що визначається як:

$$F = -\mu V \quad (2.1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт внутрішнього тертя, який залежить від характеру підстилаючої поверхні;  $V$  – швидкість вітру. Сила тертя пропорційна швидкості вітру і має протилежний останньому напрямком.

4. *Сила Кориоліса*, що відхиляє напрямком руху повітря (вправо – в Північній півкулі, вліво – в Південній) і визначається за виразом:

$$F_k = 2\rho V\omega \sin \varphi \quad (2.2)$$

де  $\rho$  – густина повітря;  $V$  – швидкість руху повітря;  $\omega$  – кутова швидкість обертання Землі ( $7,3 \cdot 10^{-5}$  рад·с<sup>-1</sup>);  $\varphi$  – широта місцевості.

Звичайно під терміном «вітер» розуміють горизонтальний рух повітря. Баланс сил, що характеризує цей рух має вигляд:

$$2\rho V\omega \sin \varphi = \frac{dp}{dn} \quad (2.3)$$

де  $\frac{dp}{dn}$  – градієнт тиску, тобто зміна тиску, відносно ізобари на відстані  $n$ .

Останнє рівняння визначає появу *геострофічного вітру* – ідеалізованої ситуації, яка близька до реальної на висоті 600-1000 м над землею поверхнею.

Основні параметри вітру – швидкість, напрямок і поривчастість.

Швидкість вітру вимірюється в м·с<sup>-1</sup>, хоча можуть застосовуватись такі одиниці як вузол, або км·г<sup>-1</sup> (табл. 2.1) та оцінюється за допомогою шкали Бофорта (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Зв'язок між одиницями швидкості вітру

м·с <sup>-1</sup>	вузол	км·г <sup>-1</sup>
1,000	1,943	3,600
0,515	1,000	1,853
0,278	0,540	1,000

В Антарктиці швидкість вітру сягає 65 м·с<sup>-1</sup>, у тропіках 110 м·с<sup>-1</sup>. Швидкість вітру  $V$  залежить від висоти  $h$  над рівнем моря:  $V=5$  м·с<sup>-1</sup> ( $h = 20$  м);  $V = 20-25$  м·с<sup>-1</sup> ( $h = 300$  м);  $V = 60-80$  м·с<sup>-1</sup> ( $h = 10-17$  км).

Напрямок вітру визначають щодо сторін світу і позначають або в румбах (всього 16): північний, північно-західний, північно-східний і т.д., або в поділках: одна поділка містить 5° або 10° залежно від необхідної точності вимірювань.

Поривчастість вітру це стрибкоподібні підсилення і послаблення швидкості вітру ( $\Delta V$ ):  $\Delta V = \pm 3$  м·с<sup>-1</sup> при  $V=5-10$  м·с<sup>-1</sup>;  $\Delta V = \pm 5-7$  м·с<sup>-1</sup> при  $V=11-15$  м·с<sup>-1</sup>.

Таблиця 2.2

## Шкала Бофорта

Бал	Характеристика	м·с <sup>-1</sup>	вузол	км·г <sup>-1</sup>
0	Безвітря	0,0 – 0,2	< 1	< 1
1	Легкий вітерець	0,3 – 1,5	1 - 3	1 - 5
2	Легкий бриз	1,6 – 3,3	4 – 6	6 – 11
3	М'який бриз	3,4 – 5,4	7 – 10	12 – 19
4	Помірний бриз	5,5 – 7,9	11 – 16	20 – 28
5	Свіжий бриз	8,0 – 10,7	17 – 21	29 – 38
6	Сильний бриз	10,8 – 13,8	22 – 27	39 – 49
7	Близький до штормового вітер	13,9 – 17,1	28 – 33	50 – 61
8	Штормовий вітер	17,2 – 20,7	34 – 40	62 – 74
9	Сильний штормовий вітер	20,8 – 24,4	41 – 47	75 – 88
10	Шторм	24,5 – 28,4	48 – 55	89 – 102
11	Надзвичайно сильний шторм	28,5 – 32,6	56 – 63	103–117
12	Ураган	> 32,7	> 64	> 118

Розглянемо повітряні потоки, що викликатимуть стресові ситуації.

*Смерч* – сильний вітер у вигляді горловини з вертикальною віссю, що має велику швидкість обертання. В Америці його називають торнадо. Причиною смерчу є великі градієнти тиску, нестійкість нижнього шару атмосфери (до 2 км), що виникає при зіткненні сухих холодних повітряних мас з теплими й вологими. Діаметр смерчу сягає 100 м над водною поверхнею, від кількох десятків метрів до кількох сот метрів – над землею поверхнею. Висота смерчу становить від одного до кількох сот кілометрів. Характерна особливість – спіралеподібний рух повітря навколо вертикальної осі. Швидкість руху становить 50-100 м·с<sup>-1</sup>, а інколи 250 м·с<sup>-1</sup>, при чому є вертикальна компонента швидкості величиною 70-90 м·с<sup>-1</sup>. Тривалість смерчу від кількох хвилин до кількох годин.

*Урагани* – тропічні циклони, швидкість яких досягає 80 м·с<sup>-1</sup>. Термін «ураган» стосується екстремальних вітрів, що виникають у північній Атлантиці; аналогічні явища у Тихому океані називають *тайфунами*. Тривалість ураганів від 1 до 30 днів.

*Суховій* – вітер, що виникає при високій температурі (більше 25 °С) і вкрай низькій відносній вологості (менше 30%).

Спостерігаються суховії в степовій та лісостеповій зонах. Швидкість руху повітря сягає  $5-20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

*Пилові бурі* виникають на оголених земельних ділянках, розпиленому й висушеному ґрунті, на розораних схилах. Основними чинниками, що сприяють пиловій бурі є сильний вітер (понад  $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) і відносна вологість, що не перевищує 50%. В Україні в степовій зоні спостерігають 4-5 днів на рік з пиловими бурями, а в деяких областях 10-15 днів на рік.

*Бора* – сильний холодний і поривчастий вітер, що виникає в області невисоких гірських хребтів і пересувається у бік теплого моря. Утворюється в холодну пору року, коли над холодним континентом виникає зона підвищеного тиску, а над теплим морем – зона низького. Над хребтом переріз повітряного потоку зменшується, а швидкість збільшується. Швидкість вітру під час бори сягає  $40-60 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , температура повітря може знижуватися до  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Тривалість бори 1-3 дні.

Прилади, що визначають швидкість руху повітряних потоків, називаються *анемометрами*. Принцип їх дії полягає в перетворенні енергії поступального руху повітря в механічне обертання різноманітних вітрових коліс або гвинтів.

Найбільш поширеними є анемометри чашкового та пропелерного типів.

*Анемометр чашкового типу* складається з трьох-чотирьох напівсферичних чашок, що обертаються навколо осі, перпендикулярної напрямку вітру (рис. 2.1). Якщо  $C_1$  та  $C_2$  є коефіцієнтами зчеплення з повітрям увігнутої та опуклої поверхонь чашок відповідно, то сили, що діють на діаметрально протилежні чашки (рис. 2.2), визначаються за виразом:

$$F_y = \frac{1}{2} \cdot C_1 \rho S (V - V_t)^2 \quad (2.3)$$

$$F_0 = \frac{1}{2} \cdot C_2 \rho S (V - V_t)^2 \quad (2.4)$$

де  $V$  – швидкість вітру;  $V_t$  – тангенціальна швидкість чашки, що обертається;  $\rho$  – густина повітря;  $S$  – площа поперечного перерізу чашки.

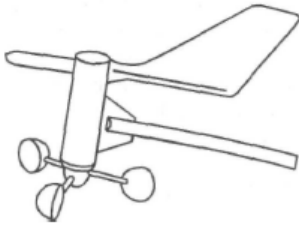


Рис. 2.1. Анемометр чашкового типу

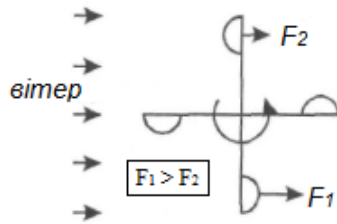


Рис. 2.2. Сили, що діють на чашки анемометра

Обертальна швидкість системи, що знаходиться у рівновазі з повітряним потоком, передбачає рівність сил  $F_u$  та  $F_o$ , звідки:

$$C_1(V - V_t)^2 = C_2(V + V_t)^2 \quad (2.5)$$

Розв'язок останнього рівняння щодо  $V_t$ , призводить до виразу:

$$V_t = V \left( \frac{1 - \sqrt{C_1 C_2}}{C_1 - C_2} \right) \quad (2.6)$$

Для перетворення механічних обертань у сигнал, що інформує про швидкість вітру, використовують електричні генератори, оптоелектричні або ємнісні перетворювачі. Порогова чутливість чашкового анемометра становить  $90 \pm 2,24 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Анемометри цього типу прості й чутливі.

*Анемометр пропелерного типу* має три- чотирилапатовий пропелер, вісь якого показує напрямок вітру (рис. 2.3).

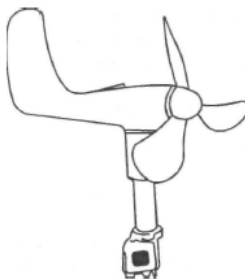


Рис. 2.3. Анемометр пропелерного типу

Гранична чутливість пропелерного анемометра становить  $1,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ; використовують ці прилади для вимірювання швидкості вітру до  $90 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Перевагою анемометра пропелерного типу порівняно з чашковим є його мала вага (пропелер може бути виготовлений з пластмаси), у три рази більша швидкість обертання і здатність вимірювань слабких повітряних мас.

*Трубка Піто* має вигляд циліндра з двома отворами, один з яких спрямований у напрямку руху повітря і призначений для вимірювання загального тиску (статичного  $p$  і динамічного  $pV/2$ ), а інший – збоку, що дає змогу вимірювати тільки статичний тиск  $p$ .

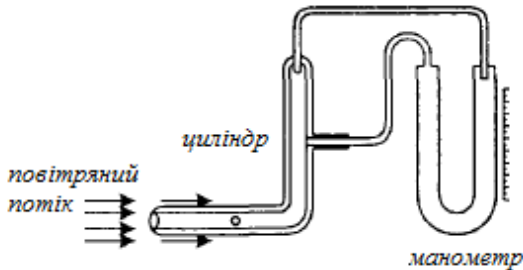


Рис. 2.4. Трубка Піто

Різниця тисків, що вимірюється диференційним манометром дорівнює:

$$\Delta p = \rho v^2 / 2 \quad (2.7)$$

де  $\rho$  – густина повітря;  $v$  – швидкість вітру.

Анемометри цього типу використовують для вимірювань швидкостей вітру у межах  $2-3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Звичайно ці анемометри застосовують в метеорології, а не для вимірювання параметрів навколишнього середовища.

*Термоанемометр* ґрунтується на реєстрації впливу повітряного потоку на температуру нагрітого провідника або тіла. Анемометри цього типу чутливі до зміни як швидкості вітру, так і температури. Типові схеми термоанемометрів наведено на рис. 2.5.

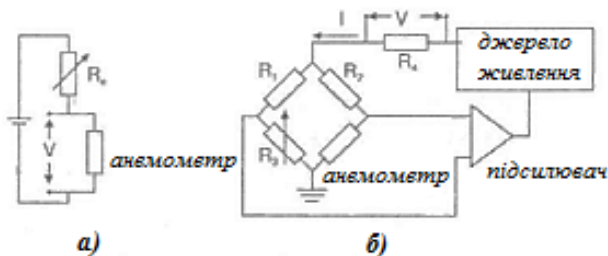


Рис. 2.5. Типові схеми термоанемометрів: а) анемометр сталої інтенсивності; б) анемометр сталої температури

Ультразвуковий анемометр використовує той факт, що звук (ультразвук) поширюється швидше у напрямку, в якому діє вітер. Звичайно ультразвуковий анемометр вимірює три компоненти вітрового вектора у тривимірному просторі. Вздовж кожної осі розташовано дві пари «передавач-приймач» на відстані 0,1-0,5 м. передавач посилає безперервні, або імпульсні ультразвукові хвилі. Залежно від напрямків поширення вітру з ультразвуковою хвилею час проходження хвилею відстані  $d$  між передавачем та приймачем визначається як:

$$t_1 = d / (V_{y3} + V_i); \quad t_2 = d / (V_{y3} - V_i) \quad (2.8)$$

де  $V_{y3}$  – швидкість поширення ультразвукової хвилі;  $V_i$  – швидкість поширення проекції вектора вітру на вісь  $i$ . Різниця в часі проходження відстані  $d$  між передавачем та приймачем двома ультразвуковими хвилями становить:

$$\Delta t = 2dV_i / (V_{y3}^2 - V_i^2) \cong 2dV_i / V_{y3} \quad (2.9)$$

Величина швидкостей вітру, які вимірюють ультразвукові анемометри, сягає  $30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Недоліком ультразвукових анемометрів є залежність швидкості поширення ультразвуку від температури, вологості, атмосферного тиску, що потребує відповідного калібрування приладів. Крім того, електронне обладнання підвищує вартість приладів цього типу.

Для визначення напрямку вітру використовують *флюгери*, що мають вигляд металеві пластини прямокутної форми, яка обертається навколо вертикальної осі. Передача інформації про

напрямок вітру в сучасних приладах здійснюється за допомогою потенціометра (рис. 2.6), зміна положення реохорда в якому спричинює відповідну зміну електричного струму через статор приймальної системи, викликаючи обертання ротора цієї системи та стрілки індикатора. Точність визначення напрямку вітру потенціометричною системою становить  $\pm 3^\circ$ .

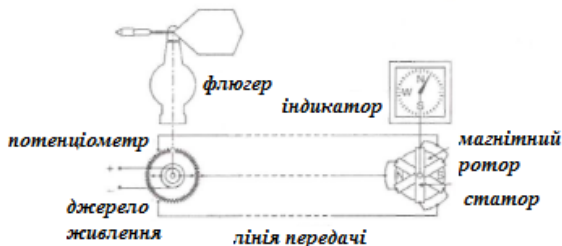


Рис. 2.6. Передача інформації щодо напрямку вітру за допомогою потенціометру

Для одночасного вимірювання швидкості і напрямку руху повітря використовують *анеморумбометр*. Кількість обертань повітряного гвинта цього приладу перетворюється в послідовність електричних імпульсів, частота яких пропорційна швидкості вітру, а фазовий зсув залежить від напрямку.

За нормами міжнародної метеорологічної організації, прилади, призначені для вимірювання напрямку вітру, повинні визначати напрямок вітру в інтервалі швидкостей  $0,5-50 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  з роздільною здатністю  $\pm 2 - \pm 5^\circ$ .

**Завдання:** визначити швидкість геострофічного вітру на рівні та широті місцевості (згідно варіанту завдань), якщо горизонтальний градієнт тиску становить  $10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{м}^{-1}$ .

*Варіанти завдань до практичної роботи №2*

Показники	номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
широта ( $\varphi$ , °)	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
рівень тиску (гПа)	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595

**Контрольні запитання:**

1. Назвати причини, що призводять до утворення вітру.



2. Перевести одиницю вимірювання швидкості вітру «вузол» у «м·с<sup>-1</sup>» та «км·с<sup>-1</sup>».
3. Що являє собою геострофічний вітер?
4. Як називаються прилади, призначені для вимірювання швидкості повітряних потоків?
5. Пояснити принцип дії анемометру чашкового типу.
6. Пояснити принцип дії анемометру пропелерного типу.
7. У чому полягає призначення та принцип дії флюгерів?

### Практична робота №3

**Тема:** Основні принципи та засоби вимірювання інтенсивності землетрусів

**Мета роботи:** ознайомитись з будовою та принципом роботи приладів для вимірювання інтенсивності землетрусів

#### Основні поняття

*Землетруси* є джерелами коливань земної поверхні та підземних поштовхів, що викликаються природними чинниками.

У свою чергу, механічні коливання матеріальних систем, що відбуваються з великою (більше одного коливання за секунду) частотою та невеликою амплітудою називаються – *вібраціями*.

Динамічний вплив джерел вібрації оцінюють швидкістю вібрації, яка вимірюється в мм·с<sup>-1</sup>. Нормою вібраційних впливів є рівень 0,12 мм·с<sup>-1</sup>. Інтенсивність вібраційного поля залежить від відстані до джерела.

Землетруси характеризуються графічним розподілом місць виникнення поштовхів (гіпоцентрів), інтенсивністю, тривалістю, механізмами виникнення та руйнуваннями, які вони спричинюють. Залежно від глибини  $A$  виникнення гіпоцентрів (яка може простягатися до 700 км) землетруси ділять на поверхневі ( $A < 30$  км), проміжні ( $A = 30-300$  км) і глибокі ( $A > 300$  км). Розміщена над гіпоцентром ділянка земної поверхні, в межах якої інтенсивність поштовхів досягає найбільшої величини, називається епіцентром.

Є два підходи до оцінки інтенсивності землетрусів. Перший пов'язаний з вимірюванням енергії, що вивільнюється під час геофізичного процесу. Для цього використовують шкалу Ріхтера. Інтенсивність землетрусів змінюється в широких межах – від тих, що викликають легкі тремтіння земної кори, які реєструються лише чутливими приладами, до тих, що спричинюють руйнування будинків. Енергія вимірюється *сейсмографом* – приладом, шкала якого побудована у логарифмічному масштабі. Згідно з шкалою Ріхтера (табл. 3.1), амплітуда  $M$  землетрусу оцінюється за виразом:

$$M = \lg A \sim \lg A_g \quad (3.1)$$

де  $A$  – максимальні амплітуда коливання, що вимірюється сейсмографом,  $A_g$  – функція, яка відповідає амплітуді землетрусу певної інтенсивності, що зареєстрована на певній відстані від гіпоцентру.

Таблиця 3.1

Шкала Ріхтера оцінки інтенсивності землетрусів

Бал	Енергія, Дж
1-2	$4,47 \cdot 10^5$
3	$7,94 \cdot 10^7$
4	$2,51 \cdot 10^9$
5	$7,94 \cdot 10^{10}$
6	$2,51 \cdot 10^{12}$
7	$7,94 \cdot 10^{13}$
8	$2,51 \cdot 10^{15}$

Так, інтенсивність 2 бали звичайно відповідає мікроземлетрусам; вони не відчуваються людиною, а лише апаратурою. Землетруси інтенсивністю 4,5 бали й більше реєструються сейсмографами. Великі землетруси мають інтенсивність 8 балів і більше. Але шкала Ріхтера не враховує пошкоджень й руйнувань, спричинених землетрусом. Крім того, логарифмічний масштаб, покладений в основу шкали Ріхтера, призводить до певних непорозумінь за спроби інтерпретувати землетруси населенням: так, землетрус інтенсивністю 6 балів може бути оцінений як вдвоє більший, ніж землетрус інтенсивністю 3 бали.

У світі, в т.ч. і в Україні для оцінки інтенсивності землетрусів найбільш широко використовується 12-бальна шкала MSK-64 (Медведева-Шпонхойера-Карніка) (табл. 3.2), в країнах Латинської Америки прийнята 10-бальна шкала Россі-Фореля (1883), в Японії - 7-бальна шкала.

Таблиця 3.2

Шкала оцінки інтенсивності землетрусів, в основу якої покладені його побутові наслідки

Бал	Прояви
1	Не відчувається ніким, реєструється тільки сейсмічними приладами
2	Відчувається іноді людьми, що знаходяться в спокійному стані
3	Відчувається небагатьма, більш сильно проявляється в приміщеннях на верхніх поверхах
4	Відчувається багатьма (особливо в приміщенні), у нічний час дехто прокидається. Можливий дзвін посуду, деренчання скла в вікнах, хлопки дверей
5	Відчувається майже всіма, багато хто вночі прокидається. Хитання висячих предметів, тріщини в шибках і штукатурці
6	Відчувається всіма, осипається штукатурка, легкі руйнування будівель
7	Тріщини в штукатурці і відколювання окремих шматків, тонкі тріщини в стінах. Поштовхи відчуваються в автомобілях
8	Великі тріщини в стінах, падіння труб, пам'ятників. Тріщини на крутих схилах і на сирому ґрунті
9	Обвалення стін, перекриттів покрівлі в деяких будівлях, розриви підземних трубопроводів
10	Обвали багатьох будівель, викривлення залізничних рейок. Зсуви, обвали, тріщини (до 1 м) в ґрунті
11	Численні широкі тріщини в землі, обвали в горах, обвалення мостів, тільки деякі кам'яні будівлі зберігають стійкість
12	Значні зміни рельєфу, відхилення течії річок, предмети підлітають в повітря, тотальне руйнування споруд

Основу типового приладу для оцінки землетрусів (*сейсмографа*) приладу складає котушка, приєднана до тіла маятника, що рухається у магнітному полі. Цей рух

супроводжується виникненням у котушці електричного струму, що вимірюється.

Модифікація сейсмографа передбачає застосування допоміжної котушки, всередині якої розміщено дзеркальце гальванометра (рис. 3.2), на яке подається світловий промінь.

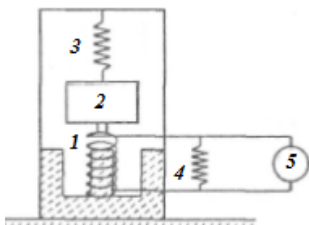


Рис. 3.1. Схема типового сейсмографа: 1 – котушка; 2 – тіло; 3 – пружина; 4 – магніт; 5 – система реєстрації

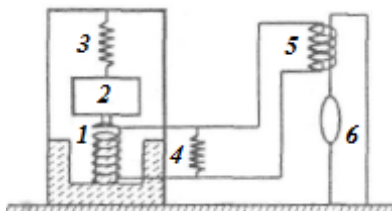


Рис. 3.2. Схема модифікованого сейсмографа: 1 – котушка; 2 – тіло; 3 – пружина; 4 – магніт; 5 – додаткова котушка; 6 – дзеркальце

За виникнення електричного струму дзеркальце обертається, що викликає зміну кута відбивання світлового променя. Таким чином, коливання рухомої частини сейсмографа фіксуються системою реєстрації приладу у вигляді сейсмограми, яка демонструє значне підсилення амплітуди коливань під час землетрусу (рис. 3.2).

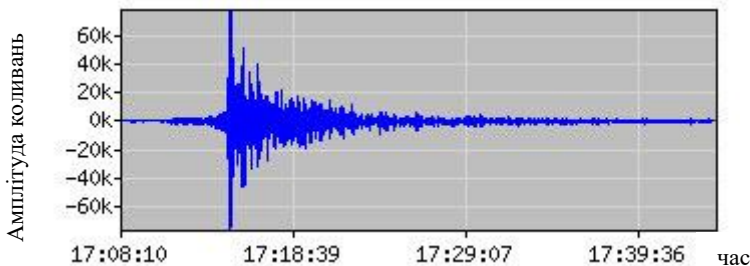


Рис. 3.3. Підсилення амплітуди коливань, що реєструє сейсмограф, під час землетрусу

**Завдання:**

1) знайдіть у літературі та занотуйте в зошит інші шкали оцінки інтенсивності землетрусів;

2) знайдіть у літературі приклади найбільш руйнівних землетрусів ХХ століття. Дайте розгорнуту відповідь на запитання: «Чи можна запобігти землетрусам?».

**Контрольні запитання:**

1. Що таке вібрації?
2. Яка величина відповідає нормі вібраційних впливів та від чого залежить інтенсивність вібраційного поля?
3. Поясніть природу виникнення землетрусів.
4. Чим характеризуються землетруси?
5. Як називаються прилади для вимірювання інтенсивності землетрусів і який їх принцип дії?

**Практична робота №4**

**Тема:** Вологість атмосферного повітря та засоби її вимірювання

**Мета роботи:** освоїти основні поняття та принципи вимірювання вологості атмосферного повітря

**Основні поняття**

Вода може існувати в атмосфері в трьох фазах – рідкій, газоподібній і твердій. Газоподібна фаза води називається парою. Пара, яка знаходиться в термодинамічній рівновазі з рідиною (тобто стані, коли число молекул, що переходить із рідини в пару, дорівнює числу молекул, що повертаються в рідину за одиницю часу), називається *насиченою*.

Під вологістю повітря розуміють наявність у ньому водяної пари. Повітря, що містить водяну пару, називають *вологим*, а те, що не містить – *сухим*. Розглянемо основні параметри вологості.

*Абсолютна вологість повітря* – кількість водяної пари у грамах, що знаходиться в 1 м<sup>3</sup> повітря (г · м<sup>-3</sup>).

*Пружність водяної пари e* (парціальний тиск) – тиск, який матиме водяна пара, що знаходиться в газовій суміші, якщо б вона одна займала об'єм, що дорівнює об'єму суміші при тій самій температурі.

Максимальна пружність водяної пари  $E$  – граничне значення тиску, що відповідає рівновазі між паром і водою, тобто насиченому стану пари.

Відносна вологість повітря  $r$  – відношення пружності водяної пари  $e$  до максимальної пружності  $E$  при даній температурі:

$$r = \frac{e}{E} 100\% \quad (4.1)$$

Дефіцит вологості  $d$  – різниця між максимальною насиченістю  $U$  і фактичною пружністю  $e$  при даній температурі:

$$d = E - e \quad (4.2)$$

Точка роси  $T_d$  – температура, при якій повітря, якщо його охолодити при сталому тиску, стає насиченим водяною паром.

Найчастіше, для вимірювання вологості повітря користуються аспіраційним психрометром (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Зовнішній вигляд аспіраційного психрометра

Прилад містить два термометри – сухий і зволожений; ціна поділки термометрів становить  $0,2$  °С. термометри розташовані у металевих трубках, з'єднаних далі в одну.

Резервуар одного з термометрів обмотаний батистом, що зволожується. При вимірювання вологості психрометр встановлюють горизонтально і обдувають повітрям обидва термометри за допомогою вентилятора. З поверхні резервуару

зволоженого термометра випаровується вода, що залежить від вологості навколишнього повітря. За допомогою аспіраційного психрометра можна оцінити парціальний тиск  $e$  за психрометричною формулою:

$$e = E_t - A(t_c - t_{зм})p_A \quad (4.3)$$

де  $E_t$  – максимальна пружність водяної пари, що відповідає температурі зволоженого термометра;  $A=6,62 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$  – психрометричний коефіцієнт (для швидкості вітру  $3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ );  $t_c$  – температура сухого термометра;  $t_{зм}$  – температура зволоженого термометра;  $p_A$  – атмосферний тиск (в мм рт. ст. або Па). Максимальну пружність водяної пари  $E_t$ , що відповідає температурі зволоженого термометра, та максимальні насиченість водяної пари  $E$ , яка відповідає температурі сухого термометра визначають у мм рт. ст. або Па за відповідними таблицями.

Недоліком аспіраційного психрометра є те, що вентилятор захоплює повітря тільки на відстані кількох сантиметрів, що не дає змоги точно визначити вологість на певних ділянках. Крім того, величина психрометричного коефіцієнта  $A$  залежить від швидкості вентиляції, температури та типу психрометра.

*Волосяний гігрометр.* Дія приладу ґрунтується на здатності знежиреної волосини змінювати свою довжину зі зміною вологості. Водяна пара здатна конденсуватися в капілярних порах людської волосини. Збільшення вологості призводить до зменшення менісків води в порах, завдяки чому волосина видовжується. Видовження волосини відбувається пропорційно логарифму відносної вологості. Схеми типових конструкцій волосяних гігрометрів наведено на рис. 4.2.

Пучок таких волосин використовують в гігрографі – приладі для безперервного запису відносної вологості повітря (рис. 4.3).

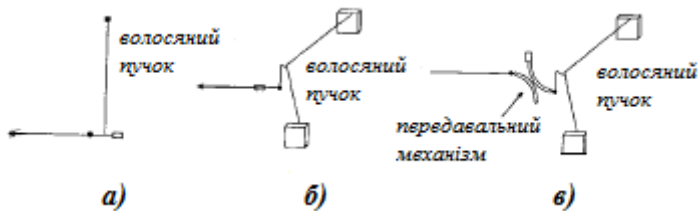


Рис. 4.2. Схеми типових конструкцій волосяних гігрометрів

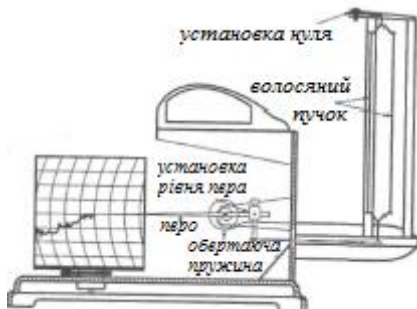


Рис. 4.3. Схема гігророфа

Інші матеріали, що можуть бути застосовані як сенсори в гігрометрах – нейлон, бавовна, кишкова мембрана корови або свині. Перевагою волосяних гігрометрів є незалежність результатів вимірювань від температури – при зміні температури від  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  величина похибки вимірювань знаходиться в інтервалі 1-3%; кишкова мембрана демонструє найбільшу чутливість до зміни вологості. Волосяні гігрометри мають просту конструкцію та невисоку ціну. Недоліком волосяних гігрометрів є збільшення часового проміжку до реакції залежно від температури. Зниження температури призводить до значного збільшення відгуку (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Вплив температури на часовий відгук (в секундах) різних гігрометрів

тип сенсора	20 °C	10 °C	0 °C	-10 °C	-20 °C	-30 °C
звичайна волосина	30	40	55	175	400	800
ламінована волосина	10	10	12	15	20	30
кишкова мембрана	6	10	20	50	100	200



Ще одним недоліком гігрометрів є явище гістерезису – якщо гігрометр зберігають протягом кількох днів у сухому приміщенні, результати вимірювання вологості можуть значно (до 15%) відрізнятись від тих, що отримані за допомогою гігрометра, який тримали в вологому приміщенні. Через це гігрометри такого типу потребують постійного калібрування.

Вимірювання вологості за допомогою номограм. Взаємозв'язок між параметрами вологості подано графічно за допомогою номограми (рис. 4.4). Розглянемо приклад визначення цих параметрів.

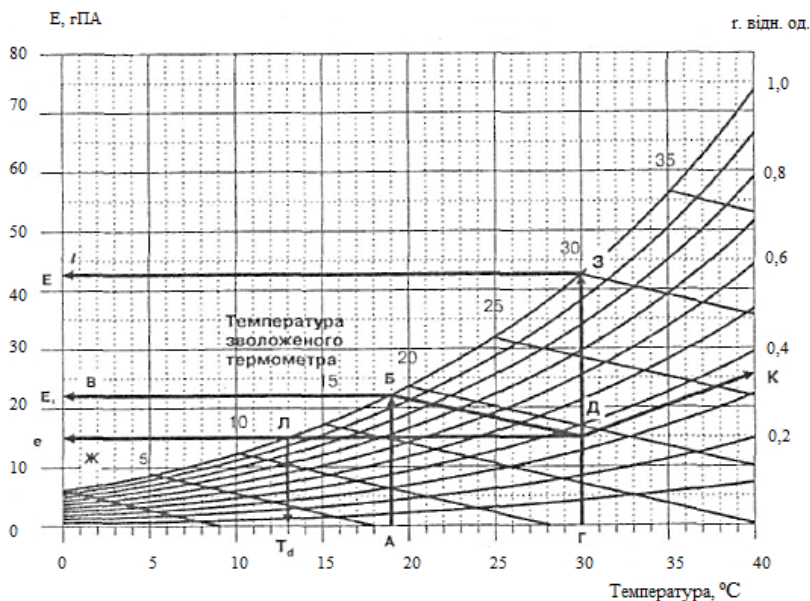


Рис. 4.4. Номограма для вимірювання параметрів вологості

### Завдання

Визначити насиченість  $e$  водяної пари, максимальну насиченість  $E$ , що відповідає температурі сухого термометра, та максимальну насиченість  $U$ , що відповідає температурі зволоженого термометра, відносну вологість  $г$  і дефіцит вологості  $d$ , якщо температура сухого термометра та температура зволоженого термометра (згідно варіанту завдань).

Варіанти завдань до практичної роботи №4

Температура, °С	номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
сухого термометра	25	33	35	32	34	30	32	35	36	30
вологого термометра	18	20	24	17	18	20	16	22	21	17

**Приклад розв'язку**

1. На горизонтальній осі номограми з точки, що відповідає температурі зволоженого термометра  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$  (точка *A*), проводимо вертикальну лінію *AB* до перетину з кривою  $r=1,0$  (точка *B*).

2. З точки *B* проводимо горизонтальну лінію *BB* до перетину з лівою вертикальною віссю номограми (точка *B*). на цій осі визначаємо максимальну пружність  $E_t$ , що відповідає температурі зволоженого термометра  $E_t = 22,5$  гПа.

3. З точки *B* проводимо похилу лінію *BD* до перетину з вертикальною лінією *ГД*, що відповідає температурі сухого термометра  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (точка *D*).

4. З точки *D* проводимо горизонтальну лінію *ДЖ* до перетину з лівою віссю номограми (точка *Ж*), що дає значення пружності  $e$  водяної пари при даній температурі:  $e = 15$  гПа.

5. З точки *Г*, що відповідає температурі сухого термометра, проводимо вертикальну лінію *ГЗ* до перетину з кривою  $I = 1$  (точка *З*).

6. З точки *З* проводимо горизонтальну лінію *ЗІ* до перетину з лівою вертикальною віссю номограми (точка *І*). На цій осі визначаємо максимальну пружність  $E$ , що відповідає температурі сухого термометра:  $E = 42,5$  гПа.

7. З точки *Д* проводимо лінію *ДК*, паралельну найближчій кривій номограми, до перетину з правою вертикальною віссю номограми (точка *А*), що дає значення відносної вологості при даній температурі:  $r=0,35$ .

8. На лівій вертикальній осі визначаємо різницю між значеннями  $E$  та  $E_t$  (відстань *ІБ*), що відповідає дефіциту вологості:  $d = 42,5 - 22,5 = 20$  гПа.

9. Знаходимо точку *Л* перетину прямої *ДЖ* з кривою  $r=1,0$  і визначаємо на горизонтальній осі номограми точку роси:  $Td = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Контрольні запитання:**

1. Що розуміють під вологістю повітря?
2. Що таке абсолютна та відносна вологість повітря та в яких одиницях виражаються ці величини?
3. Дати визначення понять пружність та максимальна пружність водяної пари.
4. Якими приладами вимірюють вологість атмосферного повітря?
5. Які переваги та недоліки мають аспіраційні психрометри?
6. Які види сенсорів використовуються у гігрометрах?

### **Практична робота №5**

**Тема:** Основні шкали та прилади для вимірювання температури об'єктів навколишнього середовища

**Мета роботи:** ознайомитись з будовою та принципом роботи приладів для вимірювання температури

#### **Основні поняття**

*Температура* – фізична величина, що характеризує стан термодинамічної рівноваги макроскопічної системи. Кількісне вимірювання температури можливе завдяки впровадженню температурних шкал. Одна з них, міжнародна стоградусна температурна шкала (Цельсія) використовує як 0 °С температуру плавлення льоду і як 100 °С температуру кипіння води при нормальному тиску. Інша – термодинамічна температурна шкала (Кельвіна) – використовує потрійні точки речовини – точки на діаграмі стану, що відповідають рівноважному існуванню трьох фаз речовини. Так, потрійна точка води дорівнює 273,15 К, а температура кипіння води 373,15 К. між двома шкалами існує зв'язок:

$$^{\circ}\text{C} = K - 273,15 \quad (5.1)$$

На сьогоднішній день прийнято міжнародну температурну шкалу (МТШ), яка ґрунтується на використанні певної кількості

станів рівноваги, що відтворюються, або фіксованих точок (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Фіксовані точки МТШ та вторинні опорні точки

Стан рівноваги	Температура, К	Температура, °С
Фіксовані точки МТШ		
Потрійна точка аргону	83,798	-189,352
Потрійна точка води	273,16	+0,01
Кипіння води при нормальному тиску	373,15	100
Плавлення олова при нормальному тиску	505,078	+231,958
Вторинні опорні точки		
Температура сублімації двоокису вуглецю	194,674	-78,476
Плавлення ртуті при нормальному тиску	234,288	-38,862
Плавлення льоду при нормальному тиску	273,15	0,0
Потрійна точка дефенілового ефіру	300,02	26,87

В основі найпоширеніших приладів для вимірювання температури лежить теплове розширення газів (газовий термометр), рідин (рідинний термометр) або твердих тіл (біметалевий термометр).

Дія газового термометру ґрунтується на залежності тиску (при сталому об'ємі) від температури згідно з законом ідеального газу ( $pV = RT$ ) Залежність тиску від температури лінійна:

$$\frac{dp}{dT} = \beta p_0 \quad (5.2)$$

де  $\beta$ - коефіцієнт об'ємного розширення газу;  $p_0$  – початковий тиск.

*Газовий термометр* (рис. 5.1) використовується як первинний термометричний прилад для визначення фіксованих точок МТШ. Інтервал температур, що вимірюється газовим термометром становить 2-300 К. гранична точність, залежно від температури, що вимірюється може сягати  $3 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$  К.

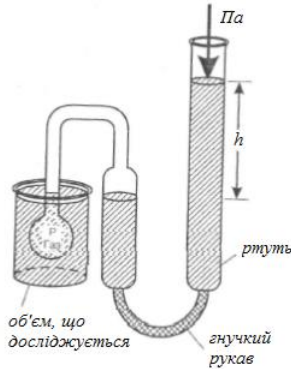


Рис. 5.1. Газовий термометр

Газові термометри досить складні в експлуатації через необхідність враховувати неідеальність газу, зміну об'єму з температурою, наявність у газі домішок, взаємодію газів зі стінками балона, залежність показань приладу від початкового атмосферного тиску.

*Рідинний термометр* – прилад для вимірювання температури, заснований на тепловому розширенні рідини. Явище теплового розширення рідин описується рівнянням:

$$\Delta V = \beta V \Delta T \quad (5.3)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення рідини;  $\Delta V$  - зміна об'єму;  $\Delta T$  - зміна температури.

Рідина в термометрі підіймається завдяки тому, що коефіцієнт об'ємного розширення  $\beta$  рідини та скла значно відрізняється:  $1,81 \cdot 10^{-4} (\text{°C})^{-1}$  у ртуті;  $10,6 \cdot 10^{-4} (\text{°C})^{-1}$  у спирту;  $9,16 \cdot 10^{-4} (\text{°C})^{-1}$  у толуена;  $0,25 \cdot 10^{-4} (\text{°C})^{-1}$  у скла.

Рідинний термометр складається з тонкостінного скляного резервуара, сполученого зі скляним капіляром; для вимірювання температури термометр обладнаний шкалою. Частина простору в капілярі, не зайнята рідиною, заповнена сухим інертним газом, що запобігає розриву рідини. В капілярі може бути також внутрішнє розширення (скорочувальна камера), що дає можливість скоротити довжину капіляра; ще одне розширення капіляра (розширювальна камера) у кінці захищає термометр від перегрівання (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Рідинний термометр

Процес вимірювання температури полягає в зануренні термометра в рідину; це занурення може бути частковим, повним або абсолютним (рис. 5.3).

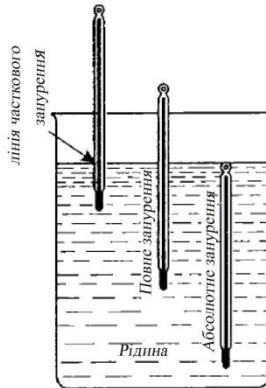


Рис. 5.3. Варіанти занурення термометрів у рідину

Більшість термометрів використовується в режимі повного занурення. Робочою рідиною в таких термометрах є ртуть, спирт, або толуен. Ртуть використовується найчастіше, оскільки вона існує в чистій формі, не погіршується з часом і не взаємодіє зі склом. Діапазон температур, у межах якого можливе застосування ртуті становить від  $-38,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+356,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При вимірюванні низьких температур перевагу мають спирт (від  $-117,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), або толуен (від  $-95,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+110,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Проте, останні речовини не такі стійкі, як ртуть і можуть повільно розкладатись на сонці.

*Біметалевий термометр* ґрунтується на тепловому розширенні твердих тіл, зокрема, на деформації біметалевої

пластини (наприклад, інвар і сталь) під впливом температури (рис. 5.4).

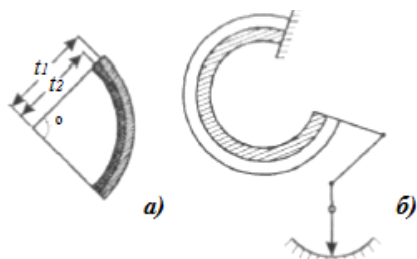


Рис. 5.4. Біметалевий термометр: а) біметалева пластина; б) деформаційний термометр

Оскільки метали мають різні значення коефіцієнтів об'ємного розширення, пластина при зміні температури деформується. Переміщення вільного кінця  $\Delta X$  під час зміни температури  $\Delta t$  описується формулою:

$$\Delta X = k \Delta t \quad (5.4)$$

де  $K$ - коефіцієнт пропорційності, що залежить від розмірів пластина та коефіцієнтів об'ємного розширення металів.

Як бачимо, залежність переміщення кінця біметалевої пластина від температури лінійна, а шкала приладу — рівномірна. Схему типового біметалевого термографа наведено на рис. 5.5.

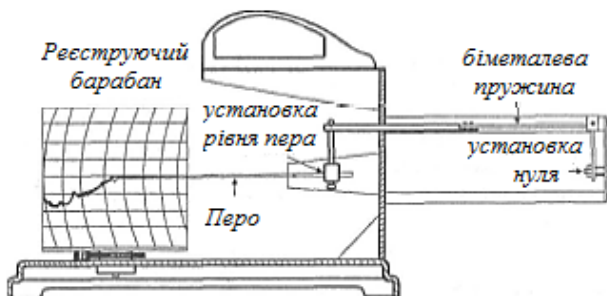


Рис. 5.5. Біметалевий термограф

*Термометри опору* – прилади, принцип дії яких ґрунтується на властивості матеріалів змінювати електричний

опір під впливом температури. Провідники в таких вимірюваннях називаються – терморезисторами, а напівпровідники – термісторами.

Для провідників залежність опору від температури має вигляд:

$$r = R_0(I + \alpha\Delta T) \quad (5.5)$$

де  $R$  – опір провідника при температурі  $T$ ;  $R_0$  – опір при температурі  $T_0$ ;  $\alpha$  - температурний коефіцієнт опору провідника;  $\Delta T = T - T_0$ , де  $T_0 - 273,16 \text{ K} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для терморезисторів використовують платину, нікель, мідь. Платина характеризується стабільністю параметрів в умовах корозії, дії хімічних сполук. Вона не окислюється, піддається механічній обробці, має високу температуру плавлення і відзначається високим рівнем чистоти. Всі ці фактори впливають на стабільність залежності опору платинового провідника від температури. Перевагою мідних терморезисторів є широкі зміни опору при зміні температури та практично лінійний відгук на температуру. Нікель має нелінійний характер залежності опору від температури. Нікель і мідь характеризуються меншою вартістю, порівняно з платиною.

Конструкція терморезистора (рис. 5.6) складається з чистого платинового провідника діаметром 0,1 мм і довжиною близько 2 м, який намотаний у вигляді спіралі навколо слюдяного каркасу, що розміщується у скляній трубці.



Рис. 5.6. Конструкція терморезистора

Тиск усередині трубки дорівнює 0,5 атм. Загальна довжина терморезистора становить 1 м. зміна температури впливає на



величину опору  $R_{\text{сeнc}}$ ; змінюючи опір реостата  $R_p$ , досягають нульового значення на шкалі гальванометра і визначають величину опору сенсора за виразом:

$$R_{\text{сeнc}} = \left( \frac{R_A}{R_B} \right) R_p \quad (5.6)$$

### Завдання

1. Ртутний термометр, конструкцію якого наведено на рис. 5.7, має капіляр діаметром 0,004 см та колбу діаметром 0,25 см. Знайти зміну висоти стовбчика ртуті в капілярі, якщо температура змінилася на (згідно варіанту завдань °C).

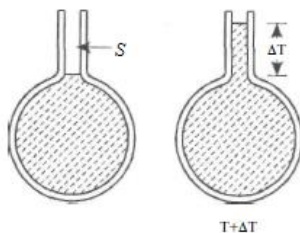


Рис. 5.7. Ртутний термометр

2. Провідник терморезистора має опір (згідно варіанту завдань) Ом при температурі 0 °C і (згідно варіанту завдань) Ом при температурі 231,97 °C. Знайти  $R_0$  і  $\alpha$  провідника.

### Варіанти завдань до практичної роботи №5

#### Завдання 1

Зміна температури	номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
°C	25	33	35	32	34	31	22	28	36	37

#### Завдання 2

опір терморезистора, за температури	номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 °C	35	37	40	43	45	47	55	60	63	65
231,97 °C	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265

### Приклад розв'язку

#### Завдання 1

Для прикладу прийемо, що температура змінилась на 30 °С. Об'єм колби знаходимо з виразу:

$$V = 8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3.$$

Зміна об'єму зі зміною температури описується рівнянням:

$$\Delta V = \beta V \Delta T = 1,82 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 30 = 436,8 \cdot 10^7 \text{ см}^3.$$

Об'єм капіляра дорівнює:

$$V_{\text{цил}} = \frac{\pi D^2}{h} \cdot h.$$

Звідси знаходимо зміну висоти стовпчика ртуті:

$$h = \frac{V_{\text{цил}} \cdot 4}{\pi B^2} = \frac{\Delta V \cdot 4}{\pi D^2} = \frac{436,810^{-7} \cdot 4}{3,14 \cdot 0,004^2} = 3,4 \text{ см}.$$

### *Завдання 2*

Для прикладу прийемо, що провідник терморезистора має опір 50 Ом при температурі 0 °С і 71,5 Ом при температурі 231,97 °С.

Використовуємо рівняння 5.5, в яке підставляємо числові дані, що відповідають температурі 0 °С.

$$50 = R_0[1 + \alpha(0 - 0)] = R_0$$

Звідси  $R_0 = 50$  Ом.

Підставляємо числові дані, що відповідають температурі 231,97 °С:

$$71,5 = R_0[1 + \alpha(231,97 - 0)] = 50(1 + \alpha 231,97).$$

Звідси

$$\alpha = (71,5 - 50) / 231,97 \cdot 50 = 1,85 \cdot 10^3 (0 \text{ } ^\circ\text{C})^{-1}.$$

### **Контрольні запитання:**

1. Назвіть найбільш широко вживані прилади для вимірювання температури об'єктів навколишнього середовища.
2. Який принцип дії має ртутний термометр?
3. Що означає повне занурення термометра в рідину?
4. Які терморезистори використовуються в біметалевих термометрах?
5. Надати опис конструкції терморезистора.

### **Практична робота №6**

**Тема:** Мікроскопія. Вимірювання розмірів та чисельності об'єктів досліджень

***Мета роботи:*** Щознайомитись зі складовими та принципом роботи мікроскопу, приладами і принципами вимірювання об'єктів під мікроскопом.

### **Основні поняття**

У кожному світловому мікроскопі розрізняють три основних частини: механічну, освітлювальну та оптичну (рис. 6.1).

*Механічна частина* мікроскопа складається з штатива, тубуса, револьвера, предметного столика, мікрометричного гвинта (або кремальєри) і мікрометричного гвинта. Штатив складається з масивної підковоподібної ніжки, на якій кріпиться весь мікроскоп і тубосотримач. До тубосотримача прикріплено тубус (зорова труба), який пересувається вгору і вниз за допомогою мікрометричного і мікрометричного гвинтів. До штативу прикріплено предметний столик. У центрі столика є отвір, над яким кладуть предметне скло. Воно фіксується двома затискачами (клемами). Знизу до тубуса рухомо прикріплено револьвер-пластинку з трьома-чотирма об'єктивами.

*Освітлювальна частина* мікроскопа складається з дзеркала, конденсора та діафрагми. Дзеркало закріплене рухомо під предметним столиком. З одного боку воно плоске, а з другого – увігнуте. Плоскою і увігнутою поверхнею користуються залежно від джерела світла і особливостей об'єкта. Конденсор, що знаходиться між предметним столиком і дзеркалом, складається з кількох лінз. Діафрагма закріплена на нижній поверхні конденсора. Промені від джерела світла відбиваються дзеркалом і спрямовуються в конденсор. Лінзи конденсора концентрують світлові промені і спрямовують їх через отвір предметного столика на досліджуваний предмет та в об'єktiv. Діафрагма регулює ширину пучка, збільшує або зменшує освітлення предмета.

*Оптична частина* мікроскопа складається з системи лінз, окуляра і об'єktivів. Окуляр встановлений у тубус зверху. На оправі окуляра є цифри, які показують його збільшення

(наприклад 7х, 10х, 15х). Об'єктив - це система лінз, вправлених у трубку-гільзу. Об'єктиви закріплені у револьвері. Вони можуть давати від малого (7х, 8х, 10х) до великого (40х, 90х) збільшення. Щоб знати загальне збільшення мікроскопа, слід перемножити цифри, що стоять на оправі окуляра і об'єктива.

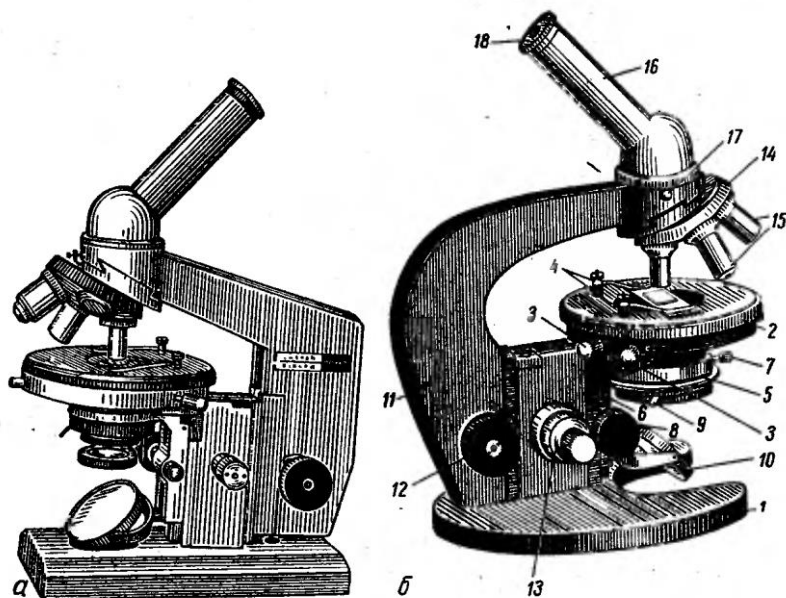


Рис. 6.1. Мікроскопи: а – загальний вигляд мікроскопа “Біолам”; б – схема мікроскопу МБР-1: 1 – основа мікроскопу; 2 – предметний столик; 3 – гвинти для переміщення предметного столика; 4 – клеми (затискачі); 5 – конденсор; 6 – кронштейн конденсора; 7 – гвинт, що закріплює конденсор у гільзі; 8 – гвинт переміщення конденсора; 9 – гвинт переміщення ірисової частини конденсора; 10 – дзеркало; 11 – тубусотримач; 12 – макрометричний гвинт; 13 – мікрометричний гвинт; 14 – револьвер-пластинка; 15 – об'єктиви; 16 – тубус; 17 – гвинт для кріплення тубусу; 18 – окуляр.

Збільшення – вказано на оправі об'єктива. Об'єктиви малого збільшення (х8 і х10) мають максимальну робочу відстань

та велике поле зору, тому дослідження препарату починають із невеликого збільшення.

Роздільна здатність об'єктива - здатність давати роздільне зображення двох сусідніх елементів препарату чи величина найменшого діаметра видимих частинок або це найменша відстань між двома елементами препарату.

Роздільна здатність ( $\alpha$ ) залежить від числової апертури об'єктива (NA) та довжини хвилі світла, що застосовується для освітлення об'єкта ( $\lambda$ ) та визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{\lambda}{NA} \quad (6.1)$$

При бічному освітленні об'єкта (ефект Тіндаля: у темній кімнаті при бічному освітленні в промені світла видно порошинки), роздільна здатність підвищується:

$$\alpha = \frac{\lambda}{2NA} \quad (6.2)$$

Числова чи нумерична апертура (NA) характеризує світло збиральну здатність об'єктива і визначається за формулою:

$$NA = n \cdot \sin \beta \quad (6.3)$$

де  $n$  – показник заломлення середовища між фронтальною лінзою об'єктива та покривним склом,  $\beta$  – половина апертурного кута конуса променів, що виходить із точки об'єкта та обмеженого вхідною зіницею об'єктива. Значення числової (нумеричної) апертури постійно для об'єктиву та зазначено на його оправі.

Оскільки показник заломлення повітря дорівнює 1,0, то NA у сухих об'єктивів дорівнює значенню синуса кута  $\beta$  (наприклад,  $\beta=40^\circ$ ,  $\sin 40^\circ=0,64$  та  $NA=0,64$ ). Чим вище значення NA, тим краще роздільна здатність об'єктиву.

Вимірювання мікроскопічних об'єктів здійснюють за допомогою спеціальних лінійок-окуляр-мікрометра та об'єкт-мікрометра. Шкала окуляр-мікрометра має довжину 0,5 чи 0,1 см і розділена відповідно на 50 чи 100 частин. Окуляр-мікрометр або вставляють в окуляр, або він буває вмонтований у спеціальний вимірювальний окуляр. Обертаючи окуляр, підводять вимірюваний об'єкт під шкалу окуляр-мікрометра та вимірюють об'єкт. Проте ціна поділу окуляр-мікрометра буває різною залежно від того, з яким об'єктивом розглядають об'єкт. Для того щоб визначити ціну поділки окуляр-мікрометра при різних

об'єктивах та окулярах, користуються спеціальною лінійкою – так званим об'єкт-мікрометром. Об'єкт-мікрометр вмонтований у металеву оправу. Шкала його має довжину 1 мм та розділена на 100 частин. Інтервали між поділками зазвичай дорівнюють 0,01 мм, тобто 10 мікрометрів (скорочене позначення мкм) - це ціна однієї поділки об'єкт-мікрометра.

Ціну поділки окуляр-мікрометра визначають за формулою:

$$Z = \frac{m}{N} \cdot 10 \quad (6.3)$$

де:  $Z$  – ціна поділки, мкм;  $m$  – число поділок об'єкт-мікрометра;  $N$  – число поділок окуляр-мікрометра.

Для цього на столик мікроскопа поміщають об'єкт-мікрометр – лінійку і, пересуваючи об'єкт-мікрометр гвинтами предметного столика, домагаються збігу одного зі штрихів шкали об'єкт-мікрометра зі штрихом окуляр-мікрометра (рис. 6.2).

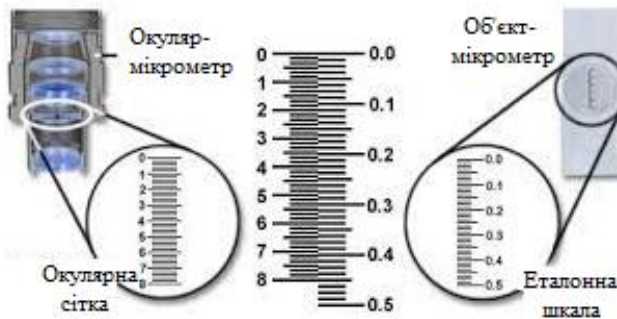


Рис. 6.2. Співставлення шкали в окуляр-мікрометрі зі шкалою об'єкт-мікрометра

Отримані при різних оптичних комбінаціях дані заносять у таблицю (табл. 6.1).

У прикладі на рис. 6.2 – 8 повних поділів шкали окуляра відповідають 0,45 мм. Таким чином, кожен повний поділ шкали окуляра дорівнює 0,056 мм або 56 мкм.

Таблиця 6.1

Ціна поділки окуляр-мікрометра за різних оптичних комбінацій		
	Число поділок	

Збільшення об'єктива	Окуляр-мікрометра (N)	Об'єкт-мікрометра (m)	Ціна поділки, мкм
X8			
X10			
X20			
X40			

На готових препаратах проводять вимірювання довжини, і ширини клітин різних ділянок препарату. Для цього отриману величину об'єктів у поділках шкали окуляр-мікрометра множать на числове значення ціни поділи та отримують величину об'єкта в мкм.

### **Завдання**

Визначити ціну поділки окуляр-мікрометра при малому та великому збільшенні об'єктива, результати представити у вигляді таблиці 6.1. Провести вимірювання товщини волосини на приготованому тимчасовому препараті.

#### **Контрольні запитання:**

1. Які складові входять до оптичної частини мікроскопа?
2. Які складові входять до механічної частини мікроскопа?
3. Як визначити загальне збільшення мікроскопа?
4. Від чого залежить роздільна здатність мікроскопу?
5. Якою є формула визначення ціни поділки окуляр-мікрометра?
6. Чи буде відрізнятись фактичний розмір одного і того ж об'єкта при різних збільшеннях окуляра мікроскопа?
7. Яким чином проводиться вимірювання об'єктів під мікроскопом та які інструменти використовуються?
8. Як вимірюється об'єкт під мікроскопом?
9. Як визначається ціна поділки окуляр-мікрометра?

### **Практична робота №7**

**Тема:** Основні принципи атомно-абсорбційної спектроскопії

**Мета роботи:** Засвоїти основні принципи методів атомно-абсорбційної спектрометрії. Провести серію вимірювань елементів важких металів у демо-версії.

### Основні поняття

Атомна абсорбція – сучасний загально визнаний метод аналізу хімічного складу майже всіх технічних або природних об'єктів за атомними спектрами поглинання і використовується в даний час для визначення близько 80 елементів, які мають резонансні лінії в області спектру від 190 до 900 нм.

Перевагою методу атомної абсорбції є його селективність. Це дозволяє вести визначення елементів у складних об'єктах з одного розчину.

Метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ААС) базується на здатності вільних незбуджених атомів хімічного елементу поглинати (абсорбувати) світло строго визначеної для кожного типу елементів довжини хвиль. При вимірюванні абсорбції спостерігається селективне поглинання на такій довжині хвиль: Мідь 324,7 нм; Свинець 283,3 нм; Кадмій 228,8 нм; Цинк 213,9 нм.

При виконанні підготовки проби та проведенні вимірювань за даною методикою використовують такі засоби вимірювання, обладнання реактиви та матеріали:

- атомно-абсорбційний спектрофотометр типу С-600 з графітовим електротермічним атомізатором;
- лампи спектральні з порожнистим катодом;
- комплекти графітових виробів, які мають посвідчення з чистоти по елементах;
- терези аналітичні типу АДВ-2000М 3 клас,  $e=0,2$  мг;
- балон з аргоном чистим;
- склянки лабораторні місткістю 25-50  $\text{см}^3$ ;
- колби мірні 2-го класу місткістю 50, 100, 200, 1000  $\text{см}^3$ ;
- піпетки мірні з поділками 2-го класу точності 1,2,5,10  $\text{см}^3$ ;
- піпетки дозуючі типу ШІ-01 -20;
- лійки лабораторні;
- фільтри знесолені "синя стрічка";



- вода знесолена, дистильована, пропущена через катіоніт КУ-2-8;

- стандартні зразки розчину металів ГСОПМ-пк-1, ГСОПМ-23;

- кислота азотна концентрована, х.ч.;

- кислота соляна концентрована, х.ч.

Перехід хімічного елемента з іонного в атомний стан відбувається в графітовому електротермічному атомізаторі при температурах від 1400 °С до 2400 °С, залежно від хімічного елемента. Для усунення перешкоджаючого впливу деяких сполук (неселективне поглинання) використовується попереднє нагрівання проби до температури 250 °С – 800 °С, залежно від елемента.

Максимальне (пікове) або інтегральне значення абсорбції пропорційне концентрації хімічного елемента, який визначають. Цей метод полягає у порівнянні величини інтегралу абсорбції аналізованої проби з величиною інтегралу абсорбції розчину порівняння.

Вимірювання ведуть за допомогою піпетки дозуючої на об'ємі 10 мкл, який набирають з стаканчика об'ємом 25 або 50 см в такій послідовності:

- введення програми нагріву та аналізу;
- видалення залишків хімічного елемента з графітової печі;
- градуювання приладу по концентрації елемента;
- перевірка дистильованої води або розчину розведення;
- цикл аналізу (серія з 3 вимірювань);
- перевірка наявності залишків хімічного елемента і якщо необхідно - видалення залишків хімічного елемента;
- проведення другого циклу аналізу;
- проведення n-го циклу аналізу;
- перевірка наявності залишків хімічного елемента;
- перевірка градуювання приладу по розчину порівняння і якщо необхідно градуювання приладу по концентрації елемента;
- проведення шостого циклу аналізу (серія з 3 вимірювань);
- і т.д.

При розрахунках за методом пропорцій концентрацію елемента в пробі обчислюють за формулою:

$$C_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (7.1)$$

де n – кількість вимірювань;  $C_i$  – показ приладу.

При розрахунках за методом граничних концентрації концентрацію елемента в розчині обчислюють за формулою:

$$C_x = C_{0,5} + (C_2 - C_{0,5}) * (A_x - A_{0,5}) / (A_2 - A_{0,5}) \quad (7.2)$$

де  $C_x$  - концентрація елемента в пробі,  $A_x$  - значення піку оптичної густини в мБ в аналізованій пробі,  $C_{0,5}$ ,  $C_2$  - концентрації елемента в граничних розчинах.

Результат аналізу дорівнює середньому значенню з n паралельних вимірювань.

Відповідне програмне забезпечення (рис. 7.1) значно полегшує роботу, а саме дозволяє одержати більш стабільні результати, полегшує та прискорює роботу оператора, автоматично будує калібрувальний графік, проводить розрахунок концентрації, при введенні наважки і коефіцієнту розведення розраховує концентрацію проби в розмірності: мг/кг, мкг/кг, мг/см<sup>3</sup> та інших, надає додаткові функції, допомоги.

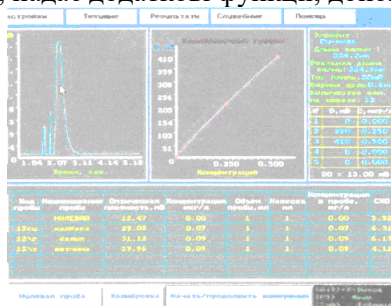


Рис. 7.1. Фрагмент комп'ютерної програми до роботи на атомно-абсорбційному спектрофотометрі типу С-600

Програма створює протокол результатів вимірювань заданої, користувачем форми. При цьому можливе введення шифру та назви проби, коефіцієнту розведення, наважки. Проби мають суцільну нумерацію в межах однієї, лабораторії, що дозволяє використовувати їх для створення бази даних. Це дає можливість робити статистичну та цільову вибірки за датою аналізів або за іншими параметрами. База даних дозволяє

включати результати аналізів, отримані на атомно-абсорбційному приладі, до загальних висновків за даним типом сировини (при цьому виключається переписування результатів вручну). База даних, яку створює наша програма, розрахована для роботи.

### ***Завдання***

Засвоїти основні принципи методів атомно-абсорбційної спектроскопії. Провести серію вимірювань елементів важких металів у демо-версії роботи з атомно-абсорбційним спектрофотометром С-600.

#### ***Контрольні запитання:***

1. Що є основною перевагою методу атомно-абсорбційної спектроскопії?
2. В якій області спектру знаходяться резонансні лінії елементів, вміст яких визначають методом атомно-абсорбційної спектроскопії?
3. Який перелік додаткового обладнання необхідний для роботи на атомно-абсорбційному спектрометрі?
4. Поясніть відмінність у проведенні розрахунків концентрації елемента за методом пропорцій та за методом граничних концентрацій.
5. З якою метою використовують розчин порівняння при проведенні аналізів методом атомно-абсорбційної спектроскопії?
6. З якою метою при проведенні аналізів проводять попереднє нагрівання проби до температури 250-800 °С?

### **Практична робота №8**

***Тема:*** Вимірювання рівнів шумового забруднення

***Мета роботи:*** Ознайомитись із принципом дії шумомірів різних конструкцій. Провести серію вимірювань портативним шумоміром.

## Основні поняття

Однією з найгостріших екологічних проблем сучасності є проблема шумового забруднення навколишнього середовища. Для вимірювання рівнів стаціонарних, неімпульсних звуків (шумів) щодо порогового значення в лабораторних і виробничих умовах використовують прилади – шумоміри. Прилад шумомір, як правило, складається з мікрофона, попереднього підсилювача, аттенюатора вхідного підсилювача, фільтрів, крайового підсилювача, перетворювача і генератора каліброваного сигналу. Електрична частина шумоміра зібрана в малогабаритному металевому корпусі. Для усунення заважаючих дії відбитих від корпусу звуків верхня частина його має конусоїдальну форму. У верхній частині корпусу розташований вимірювальний мікрофон. Задня кришка шумоміра знімна. На ній може бути розташована втулка з різьбою для кріплення шумоміра на штативі.

Електронна схема приладу шумомір переважно збирається на друкованих платах, попередній підсилювач – на платах з контактами для електричного з'єднання з електронною схемою шумоміра. До попереднього підсилювача за допомогою різьблення кріпиться капсуль конденсаторного вимірювального мікрофона. На лицьовій панелі знаходяться найбільш важливі органи управління: перемикач діапазонів вимірюваних рівнів, перемикач режиму роботи, вимірювальний прилад і ручка калібрування.

При роботі з приладом дотримуються стандартних умов:

- Для правильного застосування шумоміра необхідно уважно ознайомитися з конструкцією та призначенням усіх його елементів та органів управління.

- Для підвищення точності вимірювань або тривалих вимірювань слід закріпити шумомір у штативі. При вимірі оператор повинен знаходитись за приладом на відстані 1-1,5 м. Можливо, проводити вимірювання на витягнутій ручці.

- Встановлюють перемикач рід роботи у положення Вимк., перемикач ДІАПАЗОН у положення 120 або 110.

- Перемикач ШВИДКО-ПОВІЛЬНО в положення ШВИДКО (кнопка натиснута).

- Виймають електронний блок із футляра.
- Знімають кришку на задній панелі шумоміра та вставляють у батарейний відсік відповідно до зазначеної полярності дві батареї “Крона-ВЦ”.
- Знімають з капсуля та електронного блоку захисні ковпачки. Встановлюють капсуль мікрофона на електронний блок.
- Підключають, при необхідності, до роз’єму ВИХІД зовнішні реєструючі та аналізуючі прилади. Повний вхідний навантажувальний опір цих приладів має бути не менше 10 кОм.
- При тривалій перерві у роботі необхідно обов’язково вийняти батареї з відсіку.
- Переводять перемикач РОБОТА в положення БАТ. Якщо стрілка вимірювального приладу знаходиться лівіше за чорний сектор на шкалі – батареї замінити.
- Переводять перемикач РОБОТА в положення КАЛІБР і обертанням ручки КАЛІБР встановлюють стрілку вимірювального приладу на позначку, що відповідає настановному рівню капсуля мікрофона (КФ) за нижньою шкалою приладу.
- Встановлюють поворотом перемикач ДІАПАЗОН у положення, що відповідає очікуваному рівню звуку.
- За потреби, для вимірювання переривчастих сигналів перемикач ШВИДКО-ПОВІЛЬНО переводять у положення ПОВІЛЬНО (шляхом відтискання кнопки).

Досить поширеними за задіяними в реальних дослідженнях є компактні портативні шумоміри, призначені для вимірювання рівня шуму за кривими дБ (А) і дБ (С). Сфера їх застосування досить велика: від контролю рівня шуму на виробництві, до перевірки відповідності санітарно-гігієнічних норм в житлових і офісних приміщеннях. В корпус професійного шумоміру вбудований виносний мікрофон з ковпачком для захисту від поривів вітру. Прилад визначає шум по кривій дБ (А), яка відповідає чутливості людського вуха, і по дБ (С), яка застосовується для низькочастотних шумів. Перевагами є: невеликі габарити; можливість щоденних експрес-вимірювань

рівня шуму; простота у використанні; широкий діапазон вимірювань від 32 до 130 дБ; великий інформативний дисплей.

При проведенні вимірювання рівнів шуму, в кожній точці проводять трикратну повторність вимірювань зі встановленням мінімальних, максимальних та середніх значень. Результати визначень піддають статистичному обробітку для визначення похибки вимірювань:

Достовірність середніх величин визначали з використанням критерію Стьюдента. Для цього обчислювали значення:

Розрахунок середнього арифметичного:

$$x_{cp} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)/n = \frac{\sum x_i}{n} \quad (8.1)$$

де:  $x_1, x_2, x_3, x_n$  - варіанти вибірки,  $n$  – обсяг вибірки;

Розрахунок середньоквадратичного відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_{cp})^2}{n-1}} \quad (8.2)$$

Розрахунок помилки середнього арифметичного:

$$m_x = \delta / \sqrt{n} \quad (8.3)$$

Для оцінки достовірності значення середньої арифметичної обчислюють критерій достовірності (фактичний):

$$t_\phi = \frac{x_{cp}}{m_x} \quad (8.4)$$

і порівнюють його зі значенням критерію Стьюдента (стандартного)  $t_{ст}$ , яке знаходять у таблиці 8.1, для числа ступенів свободи  $K = n - 1$  і довірчих ймовірностей  $P = 0,95; 0,99$  та  $0,999$  (або рівнів значимості відповідно  $0,05; 0,01$  та  $0,001$ ).

Таблиця 8.1

Значення критерію Стьюдента

Число ступенів свободи (К)	Довірчі ймовірності (P)			Число ступенів свободи (К)	Довірчі ймовірності (P)		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	636,62	18	2,10	2,88	3,92
2	4,30	9,92	31,60	19	2,09	2,86	3,88
3	3,18	5,84	12,92	20	2,09	2,85	3,85

4	2,78	4,60	8,61	21	2,08	2,83	3,82
5	2,57	4,03	6,87	22	2,07	2,82	3,79
6	2,45	3,71	5,96	23	2,07	2,81	3,77
7	2,37	3,50	5,41	24	2,06	2,80	3,75
8	2,31	3,36	5,04	25	2,06	2,79	3,73
9	2,26	3,25	4,78	26	2,06	2,78	3,71
10	2,23	3,17	4,59	27	2,05	2,77	3,69
11	2,20	3,11	4,44	28	2,05	2,76	3,67
12	2,18	3,05	4,32	29	2,05	2,76	3,66
13	2,16	3,01	4,22	30	2,04	2,75	3,65
14	2,14	2,98	4,14	40	2,02	2,70	3,55
15	2,13	2,95	4,07	60	2,00	2,66	3,46
16	2,12	2,92	4,02	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,97	$\infty$	1,96	2,58	3,29

Якщо  $t_{\phi} > t_{ст}$ , значення середньої арифметичної  $x_{ср}$  достовірне (значиме).

### **Завдання**

Провести серію вимірювань рівнів шуму в різних точках приміщення та вулиці. Оцінити достовірність середніх значень отриманих результатів. Результати звести в таблицю:

#### *Результати вимірювання рівнів шуму*

№	Назва точки	Min	$x_{ср}$	$m_x$	P	Middle	$x_{ср}$	$m_x$	P	Max	$x_{ср}$	$m_x$	P
1													
2													

### **Контрольні запитання:**

1. Наведіть приклади основних комплектуючих шумоміру.
2. Які основні дії по налаштуванню шумоміру повинен виконати користувач?
3. У чому полягають переваги портативних приладів для вимірювання рівнів шуму?
4. У якій повторності проводять вимірювання рівнів шуму в окремих точках спостережень?

5. З якою метою проводиться статистичний обробіток отриманих результатів вимірювання рівнів шуму?

### **Перелік питань для самостійного опрацювання та підготовки рефератів**

1. Методи радіаційного контролю довкілля.
2. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання.
3. Нормування якості навколишнього середовища. Державні стандарти, санітарно-гігієнічні та науково-технічні нормативи.
4. Електричні поля природного походження. Вимірювання електричних полів.
5. Магнітне поле та його характеристики. Електричні, магнітні та електромагнітні поля антропогенного походження. Методи вимірювання магнітних полів.
6. Параметри оптичного випромінювання.
7. Закони теплового випромінювання.
8. Параметри сонячного випромінювання.
9. Атмосферне випромінювання та випромінювання земної поверхні. Методи вимірювання природних випромінювань.
10. Класифікація та дозиметрія іонізуючого випромінювання.
11. Радіоактивні забруднення. Вимірювання іонізуючого випромінювання.
12. Парниковий ефект і вимірювання його впливу.
13. Водний баланс атмосфери.
14. Параметри опадів. Вимірювання параметрів аерозолів.
15. Методи вимірювання параметрів стічних вод.
16. Системна динаміка. Принципи та методи системної динаміки.
17. Біологічне забруднення навколишнього середовища.
18. Методи та принципи вимірювання рівнів біологічного забруднення. Біобезпека.
19. Попередня обробка результатів вимірювань.



20. Способи виявлення і усунення систематичних похибок. Визначення границь не виключених залишків систематичної похибки.

### Приклади тестових завдань

#### *Змістовий модуль №1*

1. Похибка вимірювання, яка істотно перевищує очікувану за даних умов похибку називається:
  - а) Грубою похибкою;
  - б) Випадковою похибкою;
  - в) Статичною похибкою;
  - г) Динамічною похибкою;
  - д) Відносною похибкою.
2. Вимірювальний пристрій, що проводить порівняння однорідних фізичних величин називається:
  - а) Компаратором;
  - б) Вимірювально обчислювальним комплексом;
  - в) Вимірювальним приладом;
  - г) Вимірювальним перетворювачем;
  - д) Поправочним засобом.
3. Як називають тілесний кут з вершиною в центрі сфери:
  - а) Стерадіаном;
  - б) Радіаном;
  - в) Метром;
  - г) Кельвіном;
  - д) Ампером.
4. Вимірювання, які здійснюються одноразово за один прийом називаються:
  - а) Багаторазові вимірювання;
  - б) Одноразове вимірювання;
  - в) Динамічне вимірювання;
  - г) Сумісне вимірювання;
  - д) Статичне вимірювання.
5. Зазначте рядок, у якому наведені види вимірювальних перетворювачів:
  - а) Аналоговий і цифровий;

- б) Первинні і Вторинні;
  - в) Цифрові і первинні;
  - г) Вторинні і аналогові;
  - д) Датчиковий та стрічковий.
6. Вимірювальні прилади, які відтворюють одне або декілька перетворень сигналу вимірювальної інформації в одному напрямку ланцюга перетворень називають:
- а) Приладами прямого перетворення;
  - б) Приладами зрівняння;
  - в) Приладами не прямого перетворення;
  - г) Приладами вимірювання;
  - д) Приладами закріплення.
7. Що є одиницею виміру часу в системі СІ:
- а) Доба;
  - б) Хвилина;
  - в) Година;
  - г) Секунда;
  - д) Рік.
8. Зазначте одиницю виміру сили струму в системі СІ:
- а) Ампер;
  - б) Вольт;
  - в) Ват;
  - г) Ньютон;
  - д) Маса.
9. Які групи складають електровимірювальні аналогові прилади з прямим перетворенням:
- а) Електромеханічні, електромеханічні з перетворювачами і електронні;
  - б) Механічні, електричні і електронні;
  - в) Електрохімічні і Електромеханічні;
  - г) Електродинамічні і електростатичні;
  - д) Статичні, електронні та механічні з перетворювачами.
10. Для видалення з розчину речовин, здатних до комплексоутворення застосовується метод:
- а) Видалення заважаючих йонів в осад;
  - б) Екстракція органічними розчинниками;
  - в) Окиснення і відновлення речовин;

- г) Адсорбції;
  - д) Екстракції.
11. Чи можна значення величини об'єкта ототожнювати з його розміром:
- а) Так;
  - б) Ні.
12. З якої кількості основних одиниць складається система одиниць СІ:
- а) 3;
  - б) 4;
  - в) 8;
  - г) 9;
  - д) 7.
13. Скільки додаткових одиниць в системі СІ:
- а) 3;
  - б) 2;
  - в) 4;
  - г) 1;
  - д) 5.
14. Зазначте в яких одиницях вимірюється щільність:
- а)  $\text{м/с}^2$ ;
  - б)  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;
  - в)  $\text{кг/м}^3$ ;
  - г)  $\text{кг/м/с}$ ;
  - д)  $\text{м}^3$ .
15. Які вимірювання є складовою частиною прикладної метрології:
- а) Механічні вимірювання;
  - б) Технічні вимірювання;
  - в) Технологічні вимірювання;
  - г) Прикладні вимірювання;
  - д) Електронні вимірювання.
16. Яка техніка є однією зі складових матеріально-технічної бази забезпечення якості продукції:
- а) Вимірювальна;
  - б) Обчислювальна;
  - в) Прикладна;

- г) Технічна;
  - д) Випробувальна.
17. Зазначте дату прийняття Декрету про реформу системи мір;
- а) 9 травня 1971 р.;
  - б) 12 червня 1792 р.;
  - в) 8 травня 1790 р.;
  - г) 12 вересня 1890 р.;
  - д) 23 травня 1791 р.
18. Зазначте дату створення Комітету мір, ваги і монет:
- а) 1866 р.;
  - б) 1877 р.;
  - в) 1865 р.;
  - г) 1867 р.;
  - д) 1876 р.
19. Яким може бути пристрій для відображення вимірювальної інформації:
- а) Показуючим і пишучим;
  - б) Вимірювальним і автоматизованим;
  - в) Автоматизованим і пишучим;
  - г) Показовим і ручним;
  - д) Ручним і вимірювальним.
20. Зазначте існуючі види вимірювальних перетворювачів:
- а) Аналогові вимірювальні первинні перетворювачі;
  - б) Аналого-цифрові вимірювальні перетворювачі;
  - в) Вимірювальні перетворювачі;
  - г) Первинні вимірювальні перетворювачі;
  - д) Всі відповіді вірні.
21. Вимірювальні прилади поділяються на:
- а) Цифрові та механічні;
  - б) Датчикові та аналогові;
  - в) Механічні та датчикові;
  - г) Аналогові та цифрові;
  - д) Немає правильної відповіді.
22. За скількома групами діапазону робочих температур та відносної вологості поділяються електронні прилади:
- а) 2;
  - б) 6;

- в) 5;
  - г) 9;
  - д) 27.
23. За ступенем захисту від зовнішніх магнітних та електричних полів прилади поділяються на:
- а) 1 і 2 категорії;
  - б) 1, 2, 3 категорії;
  - в) 1-4 категорії;
  - г) 1-5 категорії;
  - д) 1-6 категорії.
24. Температура кипіння води при шкалі (Кельвін) дорівнює:
- а) 373,15 К;
  - б) 273,15 К;
  - в) 365 К;
  - г) 100 К;
  - д) 200 К.
25. При 2 класі небезпеки речовин періодичність відбору проби становить:
- а) Не рідше 1 разу на 10 днів;
  - б) Не рідше 1 разу за 1 місяць;
  - в) Не рідше 1 разу за 3 місяці;
  - г) Не рідше 10 разів за 4 місяці;
  - д) Не рідше 5 разів за 1 рік.
26. Основне завдання, що здійснюється аспіратором:
- а) Протягування повітря;
  - б) Поглинання повітря;
  - в) Аспірація;
  - г) Протягування повітря з певною швидкістю;
  - д) Протягування повітря певного об'єму з певною швидкістю через поглинальну систему.
27. Метод визначення концентрації газоподібних речовин у повітрі за допомогою універсального газоаналізатора відноситься до лінійно-колориметричних. До якої ще групи методів він відноситься:
- а) Вагових;
  - б) Седиментаційних;
  - в) Об'ємних;

- г) Нефелометричних;
  - д) Експресних.
28. Методика комплексної гігієнічної оцінки забруднення навколишнього середовища полягає в:
- а) Підсумовуванні часток забруднення всіх чинників в загальному рівні забруднення;
  - б) Підсумовуванні часток забруднення всіх чинників в атмосферному повітрі;
  - в) Виявленні пріоритетних забруднювачів в навколишньому середовищі;
  - г) Визначенні лімітуючих речовин-забруднювачів в оточуючому середовищі;
  - д) Нівеляції суми забруднення всіх чинників в загальному рівні антропогенного забруднення навколишнього середовища.
29. Крім висоти джерела викиду, на дальність розповсюдження промислових викидів впливає:
- а) Температура газоповітряної суміші;
  - б) Погодні умови місцевості;
  - в) Величина викиду, рельєф земної поверхні;
  - г) Ефективність роботи очисного обладнання;
  - д) Всі відповідні правильні.
30. Назвіть біотичні фактори навколишнього середовища, які чинять вплив на здоров'я людини:
- а) Кліматичні;
  - б) Радіаційні;
  - в) Фітогенні, антропогенні;
  - г) Виробничі;
  - д) Фізичні, хімічні.
31. Прилади вимірювання атмосферного тиску поділяються на (оберіть кілька правильних варіантів):
- а) Рідинні;
  - б) Газові;
  - в) Деформаційні;
  - г) Механічні;
  - д) Електричні.

32. Перетворювачі поділяють на групи (оберіть кілька правильних варіантів):
- а) Параметричні;
  - б) Генераторні;
  - в) Концентративні;
  - г) Неелектричні;
  - д) Статичні.
33. До генераторних перетворювачів відносяться (оберіть кілька правильних варіантів):
- а) Ті, які під впливом дії неелектричної величини змінюють свій параметр;
  - б) Ті, які під впливом дії неелектричної величини змінюють свій струм або напругу;
  - в) Ті, які під впливом дії електричної величини змінюють свій параметр;
  - г) Швидкість повітря, індуктивність;
  - д) Ті, які під впливом дії електричної величини не змінюють свій параметр.
34. За Фізичним принципом дії розрізняють такі системи електровимірювальних приладів (оберіть кілька правильних варіантів):
- а) Магнітоелектрична, електромагнітна, електродинамічна;
  - б) Феродинамічна, індукційна, електростатична;
  - в) Магнітна та механічна;
  - г) Відлікова;
  - д) Немає правильної відповіді.
35. Які бувають сигнали вимірювальних приладів (оберіть кілька правильних варіантів):
- а) Неперервні;
  - б) Дискретні;
  - в) Перервні;
  - г) Гармонійні;
  - д) Немає правильної відповіді.

*Змістовий модуль №2*

36. Суть якого методу становить вимірювання енергетичного параметру потоків сонячної енергії:

- а) Теплового;
  - б) Квантового;
  - в) Термоелектричного;
  - г) Електростатичного;
  - д) Газоповітряного.
37. З якою метою використовується максимальний термометр:
- а) Для визначення найвищої температури за період між визначеннями найнижчих температур;
  - б) Для визначення найвищої температури за період між визначеннями середніх температур;
  - в) Для визначення найвищої температури;
  - г) Для будь-яких визначень;
  - д) Для визначення найменшої температури.
38. Вага повітряного стовпа, довжина якого дорівнює відстані від поверхні землі до верхньої межі атмосфери називається:
- а) Стандартним атмосферним тиском;
  - б) Густиною сухого повітря;
  - в) Температурою поверхні;
  - г) Атмосферним тиском;
  - д) Щільністю рідини.
39. Як у метрології позначається атмосферний тиск:
- а) P;
  - б) B;
  - в) H;
  - г) Q;
  - д) E.
40. Стрибкоподібні зміни швидкості вітру за певний інтервал часу називається:
- а) Роза вітрів;
  - б) Параметри вітру;
  - в) Зона повітряних мас;
  - г) Повітряні масиви;
  - д) Поривчастість вітру.
41. Вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК) являє собою:
- а) Використання автоматизації системи контролю;



- б) Автоматизований засіб обробки інформації, призначений для досліджування властивостей складних об'єктів;
  - в) Засіб обробки інформації про забруднення навколишнього середовища;
  - г) Автоматизовану систему інформації та зв'язку;
  - д) Засіб комунікації між операторами, які проводять вимірювання.
42. Вимірювальний прилад, показом якого є безперервна функція зміни вимірюваної величини, називається:
- а) Цифровий вимірювальний прилад;
  - б) Аналоговий вимірювальний прилад;
  - в) Прямий вимірювальний прилад;
  - г) Електровимірювальний прилад;
  - д) Магнітно-кондукційний прилад.
43. Максимальний термометр застосовують для:
- а) Визначення найнижчої температури за період між спостереженнями;
  - б) визначення найвищої температури за період між спостереженнями;
  - в) Визначення середньої температури за період між спостереженнями;
  - г) Перебою температур вимірювання;
  - д) Динаміки температурного режиму між спостереженнями.
44. Якою є середня точність вимірювання об'єктів навколишнього середовища за допомогою хімічних методів аналізу?
- а) 0,01-0,05%;
  - б) 0,1-0,5%;
  - в) 1-5%;
  - г) 0,02-0,06%;
  - д) 50-70%.
45. Якою є середня точність вимірювання об'єктів навколишнього середовища за допомогою фізико-хімічних методів аналізу:
- а) 0,1-0,5%;
  - б) 1-5%;

- в) 0,02-0,06;
  - г) 50-70%;
  - д) 1-10%.
46. Яку якісну ознаку має селективність хімічного методу аналізу об'єктів навколишнього середовища:
- а) Дуже добра;
  - б) Добра;
  - в) Дуже погана;
  - г) Погана;
  - д) Посередня.
47. Яку якісну ознаку має селективність фізичного методу аналізу об'єктів навколишнього середовища:
- а) Висока;
  - б) Добра;
  - в) Низька;
  - г) Дуже низька;
  - д) Дуже висока.
48. Якою може бути тривалість фізичного аналізу без підготовки проби об'єкту навколишнього середовища, хв.:
- а) 50-300;
  - б) 10-15;
  - в) 60-500;
  - г) 10-30;
  - д) 0,5-1,5.
49. Як називаються прилади, що слугують для встановлення швидкості руху повітря при відборі проб:
- а) Термометри;
  - б) Батометри;
  - в) Реометри;
  - г) Психрометри;
  - д) Аспіратори.
50. За якої швидкості вітер вважається помірним:
- а) 5-8 м/с;
  - б) 14 м/с;
  - в) 20-30 м/с;
  - г) >30 м/с;
  - д) <5 м/с.

51. Прилад, який призначений для дистанційного вимірювання миттєвої, максимальної і середньої швидкостей і напряму вітру в стаціонарних умовах називається:

- а) Анеморумбометр;
- б) Анеморумбограф;
- в) Флюгер Вільда;
- г) Анемометр;
- д) Анемометр механічний (чашковий).

52. Якою є якісна характеристика автоматизації процесів вимірів при хімічному методі аналізу об'єктів навколишнього середовища:

- а) Висока;
- б) Дуже висока;
- в) Низька;
- г) Дуже низька;
- д) Правильна відповідь серед запропонованих відсутня.

53. Випромінювання являє собою:

- а) Здатність ядер атомів самовільно перетворюватися в інші ядра;
- б) Середньоквадратичне або пікове значення щільності потоку магнітної індукції;
- в) Потік позитивно заряджених частинок що мають масове число 4 і заряд який дорівнює 2;
- г) Відносну похибку вимірювань;
- д) Люмінісцентні властивості.

54. Унаслідок  $\alpha$ -розпаду початкове ядро перетворюється на:

- а) Два нових ядра;
- б) Три нових ядра;
- в) Чотири нових ядра;
- г) Нове ядро з атомним номером на дві одиниці;
- д) Розірване навпіл ядро.

55. Прилад, що призначений для реєстрації вологості (відносної) на протязі тривалого часу (години, доби) при систематичному спостереженні називається:

- а) Волосяний гігрометр;
- б) Гігрограф;
- в) Барометр-анероїд;

- г) Дощомір;
  - д) Румбометр.
56. Загальна похибка вимірювання,  $\alpha$ -випромінювання становить:
- а) 20%;
  - б) 30%;
  - в) 10%;
  - г) 1%;
  - д) 0%.
57. Який прилад вимірює пряме сонячне випромінювання:
- а) піргеліометр
  - б) піранометр
  - в) колориметр
  - г) термометр
  - д) немає правильної відповіді
58. Як називається система, яка містить два піранометри для вимірювання падаючої (сумарної) і відбитої радіації:
- а) Альбедометр;
  - б) Піранометр;
  - в) Колориметр;
  - г) Термометр;
  - д) Немає правильної відповіді.
59. Що використовують для вимірювання радіаційного балансу горизонтальної поверхні Землі:
- а) Балансоміри;
  - б) Геморафи;
  - в) Піранометр;
  - г) Колориметр;
  - д) Термометр.
60. Що використовують для вимірювання тривалості сонячного саява:
- а) Балансоміри;
  - б) Геморафи;
  - в) Піранометри;
  - г) Колориметри;
  - д) Термометри.

61. За допомогою яких спеціальних пристроїв вимірюють температуру, як теплофізичну властивість об'єктів навколишнього природного середовища?

- а) Балансоміри;
- б) Геморафи;
- в) Піранометр;
- г) Колориметр;
- д) Термометри.

62. Які прилади використовують для вимірювання надзвичайно високих або помірних температур в умовах, несприятливих для розміщення в об'ємі з контрольованою температурою первинних термоперетворювачів:

- а) Балансомірів;
- б) Пірометрів;
- в) Піранометрів;
- г) Колориметрів;
- д) Термометрів.

63. Чому дорівнює стандартний атмосферний тиск.:

- а) 760 мм.рт.ст.;
- б) 928 мм.рт.ст.;
- в) 321 мм.рт.ст.;
- г) 666 мм.рт.ст.;
- д) 765мм.рт.ст.

64. Для безперервної реєстрації рідких атмосферних опадів на метеостанціях використовують:

- а) Опадомір Третьякова;
- б) Дощомір Давітая;
- в) Плювіограф;
- г) Сифонний дощомір;
- д) Психрометр аспіраційний МВ-4М.

65. Максимальну приземну концентрацію забруднення атмосферного повітря визначають від поверхні землі на відстані:

- а) Одного метра;
- б) Двох метрів;
- в) Трьох метрів;
- г) Шести метрів;
- д) Десяти метрів.

66. Перетворювачі неелектричних величин на електричні за принципом дії можна поділити на (оберіть кілька правильних варіантів):

- а) Резистивні, електростатичні, електромагнітні;
- б) Теплоелектричні, електрохімічні;
- в) оптико-електричні, йонізаційні, атомні;
- г) Хімічні, динамічні;
- д) Немає правильної відповіді.

67. За фізичним принципом дії розрізняють (оберіть кілька правильних варіантів):

- а) Магнітноелектричні, електромагнітні;
- б) Електродинамічні, феродинамічні;
- в) Індукційні, електростатичні;
- г) Всі відповіді неправильні;
- д) Електричні, статичні.

68. За класом точності електровимірювальні прилади випускаються таких класів (оберіть кілька правильних варіантів):

- а) 0,05; 0,1; 0,2;
- б) 0,5; 1; 1,5;
- в) 2,5; 4;
- г) 3; 0,0;
- д) немає правильної відповіді.

69. За типом відлікового пристрою та призначенням електровимірювальні прилади поділяють на (оберіть кілька правильних варіантів):

- а) показуючі, реєструючі, самопишучі;
- б) друкуючі, інтегруючі, підсумовуючі;
- в) всі відповіді правильні;
- г) електрично-друкуючі;
- д) механічні.

70. За стійкістю до механічних впливів прилади поділяють на групи (оберіть кілька правильних варіантів):

- а) Звичайні з підвищеною міцністю, не чутливі до вібрації, віброміцні;
- б) Не чутливі до трясінні, міцні до трясіння, ударноміцні;
- в) Ударні, просто міцні;

- г) Всі відповіді неправильні;  
 д) Чутливі до трясіння.

### Ключі до тестових завдань

№	відповідь	№	відповідь	№	відповідь	№	відповідь
1	а	19	а	37	а	55	б
2	а	20	д	38	г	56	в
3	а	21	г	39	а	57	а
4	б	22	в	40	г	58	а
5	а	23	а	41	б	59	а
6	а	24	а	42	б	60	б
7	г	25	б	43	б	61	д
8	а	26	д	44	а	62	б
9	а	27	д	45	д	63	а
10	б	28	а	46	б	64	в
11	а	29	д	47	д	65	б
12	д	30	в	48	г	66	а, б, в
13	б	31	а, б, в	49	в	67	а, б, в
14	в	32	а, б	50	а	68	а, б, в
15	б	33	а, б	51	в	69	а, б
16	а	34	а, б	52	в	70	а, б
17	в	35	а, б	53	в	-	-
18	г	36	б	54	г	-	-

## Рекомендована література

1. Козій І. С., Пляцук Л. Д. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : конспект лекцій. Суми : Сумський державний університет, 2023. 168 с.
2. Жигуц Ю. Ю., Цигика В. В. Інженерна екологія (для студентів технічних спеціальностей) / видання 3-є, випр. і доп. Ужгород : ПП «Інватор», 2020. 204 с.
3. Ткачук О. П. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: курс лекцій та лабораторний практикум : навчальний посібник. Вінниця : РВ ВНАУ. 2014. 157 с.
4. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Гринь Г. І., Мохонько В. І., Суворін О. В., Кузнецов П. В., Гринь С. О., Ожередова М. А., Кошовець М. В., Зубцов Є. І., Пономарьов В. О., Кравченко І. В., Азаров М. І. Сєверодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. 420 с.
5. Нестерчук Д. М., Квітка С. О., Галько С. В. Основи метрології та засоби вимірювань : навчальний посібник. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс». 2017. 256 с.
6. Солтис І. В., Деревянчук О. В. Основи метрології : навчальний посібник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-тет. 2021. 152 с.
7. Міхеєнко Л. А., Мамута М. С. Оптичні вимірювання : навчальний посібник. К. : «КП», 2014. 190 с.
8. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій будинків і споруд від шуму. Київ, 2014. 54 с.
9. Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови : Наказ МОЗ від 22.02.2019 № 463 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19#Text> (дата звернення: 22.09.2023).