

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ  
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Методичні вказівки**  
до виконання лабораторних робіт

для магістрів спеціальності  
192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітня програма «Водопостачання  
та водовідведення»

Київ 2022

УДК 628.1  
Х46

Укладачі: О. В. Терновцев, канд. техн. наук, доцент,  
О.В. Зоря, канд. техн. наук, доцент,  
Рецензент: Павлов Є.І., канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.П. Хоружий, докт. техн. наук,  
професор

*Затверджено на засіданні кафедри водопостачання та  
водовідведення, протокол № 8 від 22 лютого 2022 р.*

В авторській редакції.

**Водопостачання та водовідведення промислових підприємств:**  
Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / уклад.: Терновцев  
О.В., Зоря О.В. – Київ: КНУБА, 2022. – 28. с.

Подано загальні положення, рекомендації, порядок оформлення до  
виконання лабораторних робіт з курсу.

Призначено для магістрів спеціальності 192 «Будівництво та  
цивільна інженерія» освітня програма «Водопостачання та  
водовідведення».

© КНУБА, 2022

## ЗМІСТ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Загальні положення                                                        | 4  |
| Порядок виконання та правила безпеки при проведенні лабораторних робіт.   | 4  |
| Загальні відомості                                                        | 7  |
| Лабораторна робота №1. Визначення іонів міді                              | 7  |
| Лабораторна робота №2. Визначення вмісту іонів нікелю                     | 14 |
| Лабораторна робота №3. Оволодіння методикою визначення іонів хрому у воді | 17 |
| Лабораторна робота №4. Визначення іонів цинку.                            | 19 |
| Лабораторна робота №5. Визначення іонів кадмію.                           | 24 |
| Список літератури                                                         | 27 |

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Здобувачі освітнього рівня магістр за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Водопостачання та водовідведення» поряд вивчають дисципліну «Водопостачання та водовідведення промислових підприємств», за програмою якої передбачено виконання лабораторних робіт. Мета лабораторних робіт – ознайомити студентів з властивостями стічних вод, які утворюються в різних галузях народного господарства, розумінні фізико-хімічних процесів, засвоєнні основних понять, законів і закріплення теоретичних знань. Кваліфікований спеціаліст в галузі підготовки води повинен володіти методикою проведення технологічних аналізів води, обробки і оцінки її результатів, підбором очисних споруд і впровадженням нових ресурсоощадних технологій очистки води.

У методичних вказівках наведені основні методики проведення лабораторних робіт, контрольні запитання для самостійної роботи. Виконання лабораторних робіт допоможе студентам вивчити і засвоїти сутність технологічних процесів підготовки води для промислових підприємств і набути навичок, необхідних для проведення самостійних наукових досліджень.

## **ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

При виконанні лабораторних робіт студенти дотримуються вимог, що встановлені інструкцією з охорони праці в Лабораторії води, яка розроблена у відповідності до діючих в Україні нормативних документів з охорони праці та техніки безпеки, затверджена у встановленому порядку і містить розділи з пожежної безпеки, електробезпеки та безпеки при роботі з хімічними та токсичними речовинами, легкозаймистими речовинами, концентрованими кислотами та лугами.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично-допустимі концентрації, встановлені ГОСТ 12.1.005.

Лабораторне приміщення повинно бути обладнане припливно-втяжною вентиляцією з відповідною кратністю обміну повітря.

До виконання вимірювань і обробки результатів допускаються студенти, які пройшли інструктаж з охорони праці, прослухали курс лекцій з дисципліни

«Водопостачання та водовідведення промислових підприємств.» та допущені до роботи в установленому в Лабораторії води порядку.

Перед виконанням роботи слід ознайомитись з методикою проведення експерименту, вивчити принцип дії приладів і установок, зрозуміти мету роботи. Виконанню лабораторної роботи передуює співбесіда з викладачем. Підготовку рекомендовано починати з вивчення теоретичного матеріалу, що відноситься до даної роботи.

Лабораторні роботи слід виконувати в присутності викладача, який проводить заняття, та інженера Лабораторії води.

1. Робоче місце тримайте в чистоті та порядку.

2. Не допускайте потрапляння хімічних реактивів на шкіру та одяг. Заборонено брати речовини руками і пробувати на смак.

3. Заборонено користуватися реактивами без етикеток або з сумнівними етикетками.

4. В усіх дослідах використовуйте дистильовану воду. Сухі реактиви беріть чистим шпателем. Не плутайте пробки від склянок з різними реактивами. Залишки реактивів не висипайте і не виливайте в склянки, з яких вони відібрані.

5. При роботі в Лабораторії води студенти особливу увагу повинні звертати на техніку безпеки і дотримуватися правил безпечної роботи - вміти користуватися хімічним посудом, реактивами, розчинами і нагрівальними приладами.

6. Застосований в лабораторії посуд у більшості випадків скляний, тонкостінний і тендітний, вимагає дбайливого користування, тому що при недбалому поводженні з ним можливі різні поранення (порізи рук склом). При роботі хімічний посуд варто тримати в руках обережно (не стискати сильно пальцями). При його митті необхідно стежити за тим, щоб не пробити стінки чи дно.

7. Виконання дослідів в пробірках проводиться наступним чином - використовують чисту пробірку. Не закривати пальцями пробірку. Перемішування реакційної системи в пробірках проводити за допомогою скляної палички. Заборонено класти скляну паличку на лабораторний стіл. Її опускають в пробірку з дистильованою водою.

8. При роботі з крапельницями, закритими пробками з піпеткою, їх слід брати за крапельницю, а не пробку. Не торкатися піпеткою стінок пробірки при додаванні реагентів по краплям з піпетки в пробірку.

9. При необхідності добавляти декілька крапель кислоти, луг або іншого реактиву в пробірку слід використовувати крапельниці або піпетки, не забувати промивати їх у воді.

10. При нагріванні рідини в пробірці необхідно тримати її так, щоб у випадку розбризкування рідина не потрапила на експериментатора і на поряд працюючих студентів, тобто отвір пробірки повинен бути направлений в сторону від себе і товаришів. Краще всього направити цього на стінку витягувальної шафи. Не забувайте використовувати при цьому тримач.

11. Особливої уваги дотримуйтесь при роботі з отруйними і шкідливими речовинам, з концентрованими кислотами та лугами. Роботу з ними слід виконувати у витягувальній шафі.

12. При роботі з реактивами варто завжди пам'ятати, що наповнення піпеток для виміру малих обсягів лугів, кислот і інших речовин виконують тільки за допомогою гумової груші. Засмоктування ротом категорично забороняється!

13. Не торкайтесь, не вмикайте і не вимикайте без дозволу викладача електричних приладів.

14. В Лабораторії води дотримуйтесь тиші, не займайтеся сторонніми справами, не проводьте дослідів, які не стосуються даної лабораторної роботи і не описані в методичних вказівках. Під час виконання дослідів заборонено використовувати мобільні телефони.

16. При виконанні вимірювань дотримуються таких умов:

- температура оточуючого повітря  $(20 \pm 2)^{\circ} \text{C}$ ;
- атмосферний тиск від 630 до 800 мм рт.ст.;
- відносна вологість повітря (при температурі  $25^{\circ} \text{C}$ ) не більше 80 %;
- напруга в електричній мережі (220 або 380) В при частоті струму  $(50 \pm 1)$  Гц.

17. В разі отримання травм під час виконання лабораторних робіт звернутися за допомогою до інженера Лабораторії води.

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Постійне збільшення кількості техногенних відходів, в тому числі стічних вод, що містять іони важких металів, створює підвищену потенційну небезпеку для навколишнього середовища.

На сьогодні із недостатньо очищеними стічними водами промислових підприємств в природні водні об'єкти щороку потрапляють тисячі тон високотоксичних важких металів, таких як цинк -3,3тис.т., нікель -2,4 тис.т, хром -0,5 тис.т, мідь-3,6тис.т та інші, ускладнюючи екологічну ситуацію в країні.

Потрапляння у водойми без належного ступеня очистки таких стічних вод навіть у малих концентраціях порушує природні біологічні процеси, шкодить флорі і фауні, погіршує якість природних вод. Для розробки і впровадження ефективних технологій очистки води необхідно точно знати, які забруднення знаходяться у воді і в якій кількості. При створенні замкнених водооборотних систем промислових підприємств водопідготовка і очистка стічних вод повинні розглядатися як єдина система.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### Визначення іонів міді

**Мета роботи:** ознайомити студентів з методикою визначення міді у воді.

### Підготовка до тесту

Завжди проводьте аналізи в комірках для зразків або AccuVac Ampuls. Не занурюйте прилад у зразок і не заливайте зразок у тримач комірки. Переконайтеся, що кювети для зразків чисті і не мають подряпин в місцях проходження світла.

Переконайтеся, що на зовнішній поверхні кювет для зразків або ампул AccuVac Ampuls немає відбитків пальців або рідини. Перед вимірюванням протріть безворсовою тканиною.

Холодна вода може призвести до утворення конденсату на кюветі для зразків або бульбашок в комірці для зразків під час кольорового проявлення. Перевірте кювету для зразків на наявність конденсату або бульбашок.

Видаліть конденсат безворсовою тканиною. Переверніть кювету для зразків, щоб видалити бульбашки.

Встановіть кришку приладу на тримач кювети перед тим, як натиснути кнопку ZERO або READ.

Після тестування негайно спорожніть і промийте кювету для зразків. Тричі промийте кювету для зразка і кришку дистильованою водою.

Для отримання найкращих результатів вимірюйте значення холостого реагенту для кожної нової партії реагентів. Замініть зразок дистильованою водою в процедурі тестування для визначення значення холостого реагенту. Відніміть значення холостого реагенту від результатів зразка.

Ознайомтеся з паспортами безпеки (MSDS/SDS) хімічних речовин, які використовуються. Використовуйте рекомендовані засоби індивідуального захисту.

### Необхідні матеріали для проведення тесту

#### Пакети з порошком

| Найменування                                           | Кількість |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| CuVer 1 Порошковий реагент для мідних реактивів, 10 мл | 1 шт.     |
| Кювети для зразків, 25-мм (10 мл)                      | 2 шт.     |

#### AccuVac ампули

| Найменування                                | Кількість |
|---------------------------------------------|-----------|
| CuVer 2 Реагент AccuVac ампула              | 1 шт.     |
| Склянка, 50 мл                              | 1 шт.     |
| Пробка для 18-мм пробірок та AccuVac Ampuls | 1 шт.     |
| Кювета для зразків, 25-мм (10 мл)           | 1 шт.     |

### Відбір та зберігання зразків

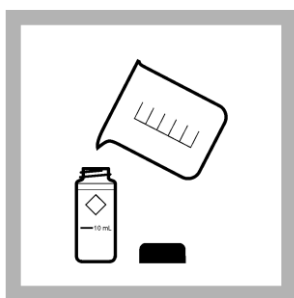
- Збирайте зразки в чисті скляні або пластикові пляшки, які були очищені соляною кислотою 6,0 N (1:1) і промиті дистильованою водою.
- Щоб зберегти зразки для подальшого аналізу, відрегулюйте рН зразка до рівня менше 2, за допомогою концентрованої азотної кислоти (приблизно 2 мл на літр). Додавання кислоти не потрібне, якщо зразок тестується негайно.
- Якщо потрібно визначити лише розчинену мідь, відфільтруйте зразок перед додаванням кислоти.

- Зберігайте законсервовані зразки при кімнатній температурі максимум 6 місяців.
- Перед аналізом відрегулюйте рН до 4-6 за допомогою стандартного розчину гідроксиду калію (не перевищуйте рН 6, оскільки мідь може випасти в осад).

### Процедура з порошковим реагентом (метод 8506)



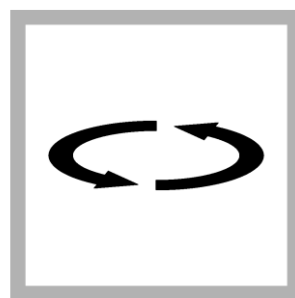
1. Встановіть прилад на канал 1. Оберіть документацію про прилад.



2. Підготуйте зразок: Наповніть кювету до позначки 10 мл зразком



3. Додайте один CuVer 1. Порошок з мідним реагентом додайте до кювети для зразків.



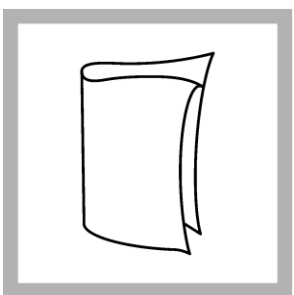
4. Перемішувати обертальними рухами



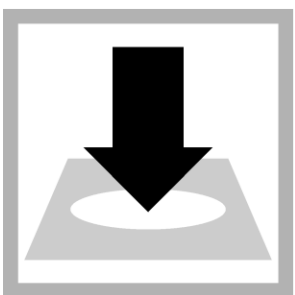
5. Встановіть і запустіть таймер на 2 хв. Починається 2-хвилинний відлік часу реакції.



6. Підготуйте заготовку: Наповніть кювету для зразків до позначки 10 мл зразком. Закрийте кювету для зразка.



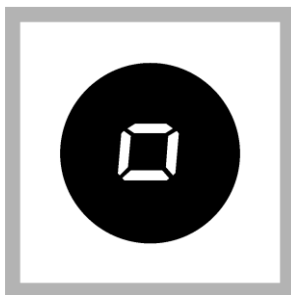
7. Коли таймер закінчиться, очистіть порожню комірку для зразків



8. Вставте заготовку в тримач комірки. Спрямуйте ромбоподібною позначкою на кюветі для зразка в напрямку клавіатури.



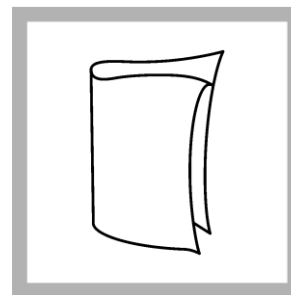
9. Встановіть кришку приладу над тримачем комірки.



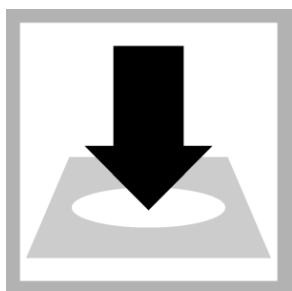
10. Натисни ZERO. На дисплеї показує "0.00".



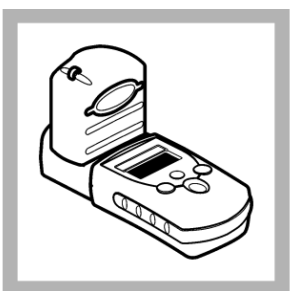
11. Вийміть кювету зі зразком з тримача комірки



12. Очистіть підготовлену кювету для зразка



13. Вставте підготовлений зразок у тримач комірки. Спрямуйте ромбовидну мітку на кюветі для зразка в напрямку клавіатури.

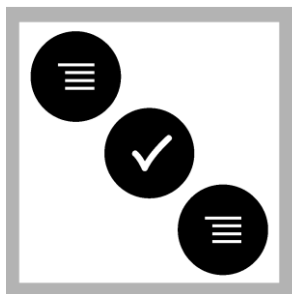


14. Встановіть кришку приладу на тримач кювети.



15. Натисніть READ. Результати відображаються в мг/л міді (Cu).

### Процедура з ампулами AccuVac (метод 8026)



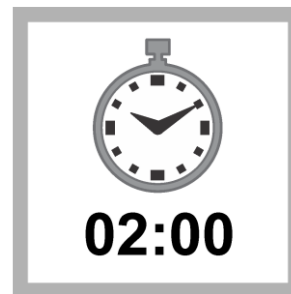
1. Встановіть прилад на канал 2. Оберіть



2. Підготуйте зразок: Відберіть 40 мл зразка в склянку на 50 мл. Заповніть



3. Переверніть AccuVac Ampul



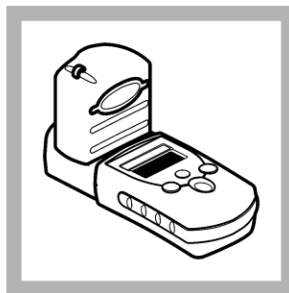
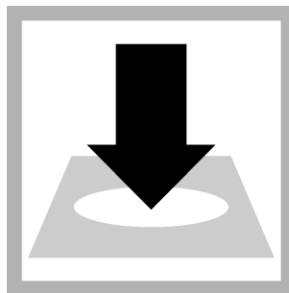
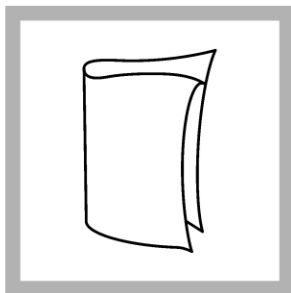
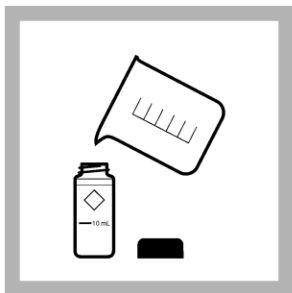
4. Встановіть і запусіть таймер на 2 хв. Починається 2-

документацію про  
прилад.

ампулу AccuVac  
зразком. Тримайте  
наконечник  
зануреним, поки  
AccuVac Ampul  
повністю  
заповниться.

кілька разів, щоб  
перемішати.

хвилинний відлік  
часу реакції.

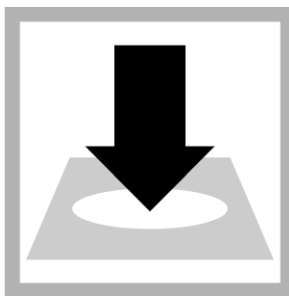
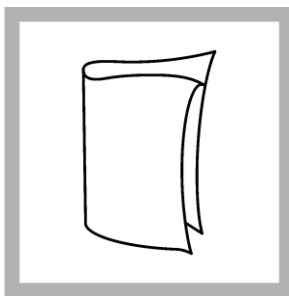
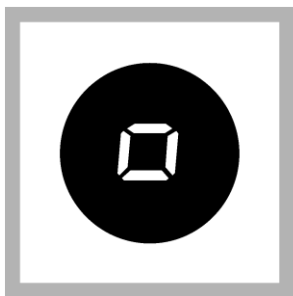


5. Підготуйте  
заготовку:  
Наповніть кювету  
для зразків до  
позначки 10 мл  
зразком. Закрийте  
кювету для зразка.

6. Коли таймер  
закінчиться, очистіть  
порожню кювету для  
зразка.

7. Вставте  
підготовлений  
зразок у тримач  
комірки. Спрямуйте  
ромбовидну мітку на  
на кюветі для зразка  
в напрямку  
клавіатури.

8. Встановіть  
кришку приладу на  
тримач кювети.

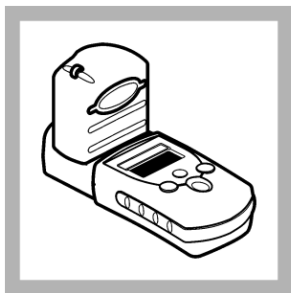


9. Натисни ZERO.  
На дисплеї показує  
"0.00".

10. Вийміть кювету  
зі зразком з тримача  
комірки.

11. Очистіть  
AccuVac Ampul

12. Вставте  
підготовлений  
зразок AccuVac  
Ampul у тримач  
кювет.



13. Встановіть кришку приладу на тримач кювети.

14. Натисніть READ.  
Результати відображаються в мг/л міді (Cu).

### Перешкоди , що можуть виникати під час проведення дослідів

Таблиця 1. Речовини, що заважають, та запропоновані способи вирішення з використанням порошкових реагентів

| Речовина, що заважає | Рівень перешкод                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кислотність          | Якщо зразок дуже кислий (рН 2 або менше), може утворитися осад. Додайте розчин гідроксиду калію. Стандартний розчин добавляйте по краплях, поки рН зразка не буде між 4 і 6, після чого розпочніть тест                                                                                                                                               |
| Алюміній, $Al^{3+}$  | Використовуйте порошковий реагент, але додайте порошок з мідним реагентом CuVer 2 до зразка у 25-мл змішувальний циліндр, а не CuVer 1 Pillow. Після прояву кольору перенесіть цей розчин у кювету для зразків об'ємом 10 мл для вимірювання міді. Отримані результати включатимуть загальну кількість розчинених речовин мідь (вільна та комплексна) |
| Ціанід, $CN^-$       | Перешкоджає повному проявленню кольору. Перед додаванням порошкового реагенту CuVer 1 Powder Pillow, додайте 0,2 мл формальдегіду до 10 мл зразка. Зачекайте 4 хвилини, потім зніміть показання. Помножте результати тесту на 1,02 , щоб врахувати розведення зразка формальдегідом.                                                                  |
| Жорсткість           | Використовуйте порошковий реагент, але додайте порошковий реагент CuVer 2 до зразка в 25-мл циліндр для змішування, а не CuVer 1 Pillow. Після появи забарвлення перенесіть цей розчин в 10-мл кювету для зразків для вимірювання міді. Отримані результати будуть включати загальний вміст розчиненої мідь (вільна і комплексна)                     |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Залізо, $\text{Fe}^{3+}$ | Використовуйте порошковий реагент, але додайте порошковий реагент CuVer 2 до зразка в 25-мл циліндр для змішування, а не CuVer 1 Pillow. Після появи забарвлення перенесіть цей розчин в 10-мл кювету для зразків для вимірювання міді. Отримані результати будуть включати загальний вміст розчиненої мідь (вільна і комплексна) |
| Срібло, $\text{Ag}^+$    | Якщо помутніння залишається і стає чорним, ймовірним є наявність срібла. Додайте 10 крапель насиченого розчину хлориду калію до 75 мл зразка, потім відфільтруйте через тонкий або високотримуючий фільтр. Використовуйте відфільтрований зразок у процедурі.                                                                     |

Таблиця 2. Речовини, що заважають, та запропоновані способи вирішення з використанням AccuVac Ampuls

| Речовина, що заважає       | Рівень перешкод                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кислотність                | Якщо зразок дуже кислий (рН 2 або менше), може утворитися осад. Додайте розчин гідроксиду калію. Стандартний розчин добавляйте по краплях, поки рН зразка не буде між 4 і 6, після чого розпочніть тест                                                                                 |
| Алюміній, $\text{Al}^{3+}$ | Реагенти працюють при високих рівнях                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ціанід, $\text{CN}^-$      | Перешкоджає повному проявленню кольору. Додайте 0,8 мл формальдегіду на 40 мл зразка, потім використовуйте CuVer 2 Reagent AccuVac Ampul. Зачекайте 4 хвилини, потім зніміть показання. Помножьте результати тесту на 1,02, щоб врахувати поправку на розведення зразка формальдегідом. |
| Жорсткість                 | Реагенти працюють при високих рівнях                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Залізо, $\text{Fe}^{3+}$   | Реагенти працюють при високих рівнях                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Срібло, $\text{Ag}^+$      | Якщо помутніння залишається і стає чорним, ймовірним є наявність срібла. Додайте 10 крапель насиченого розчину хлориду калію до 75 мл зразка, потім відфільтруйте через тонкий або високотримуючий фільтр. Використовуйте відфільтрований зразок у процедурі.                           |

## Контрольні питання

1. Як мідь впливає на здоров'я людини?
2. Назвіть виробництва, стічні води яких містять мідь.
3. Назвіть методи вилучення міді з стічних вод.
4. Назвіть ГДК міді для водойм господарсько-питного та культурно-побутового призначення.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### Визначення вмісту іонів нікелю у стічній воді

**Мета роботи:** ознайомлення з методикою визначення іонів нікелю у стічній воді.

#### Підготовка до тесту

У таблиці 1 наведено всі прилади, які мають програму для цього тесту. У таблиці також вказані вимоги до кювети і орієнтації зразка для тестів з додаванням реагентів, таких як тести з порошковим реагентом або сипучими реагентами.

Щоб скористатися таблицею, виберіть інструмент, а потім прочитайте, щоб знайти відповідну інформацію для цього тесту.

**Таблиця 1. Інформація для конкретного інструменту**

| Прилад                                              | Положення кювети з зразком | Кювета для зразку                                                                                |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DR 6000<br>DR 3800<br>DR 2800<br>DR 2700<br>DR 1900 | Мітка праворуч             | 2495402<br> |
| DR 5000<br>DR 3900                                  | Мітка рівня до оператора   |                                                                                                  |
| DR 900                                              | Мітка рівня до оператора   | 2401906<br> |

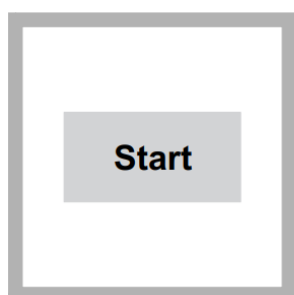
Необхідні матеріали для проведення тесту:

| Найменування                                       | Кількість |
|----------------------------------------------------|-----------|
| Порошкова подушка EDTA                             | 2 шт.     |
| Порошкова подушка для фталатно-фосфатних реагентів | 2 шт.     |
| Розчин індикатора PAN 0,3%                         | 1 мл.     |
| Дистильована вода                                  | 25 мл.    |
| Пробки                                             | 2 шт.     |
| Кювети                                             | 2 шт.     |

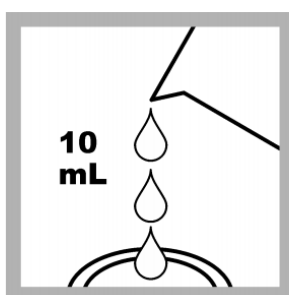
## Відбір та зберігання зразків

- Збирайте зразки в чисті скляні або пластикові пляшки, які були очищені 6,0 N (1:1) соляною кислотою і промиті дистильованою водою.
- Якщо температура зразка менше 10 °C (50 °F), перед аналізом нагрійте його до кімнатної температури.
- Щоб зберегти зразки для подальшого аналізу, відрегулюйте рН зразка до рівня менше 2 за допомогою концентрованою азотною кислотою (приблизно 2 мл на літр). Додавання кислоти не потрібне, якщо зразок тестується негайно.
- Зберігайте законсервовані зразки при кімнатній температурі максимум 6 місяців.
- Перед аналізом відрегулюйте рН до 3-8 за допомогою 5,0 N стандартного розчину гідроксиду натрію. Не перевищуйте рН 8, щоб запобігти осадженню металу.

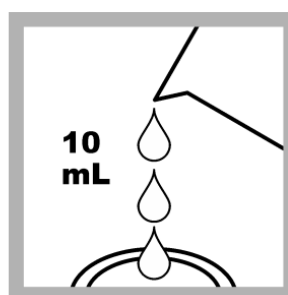
## Хід процедури



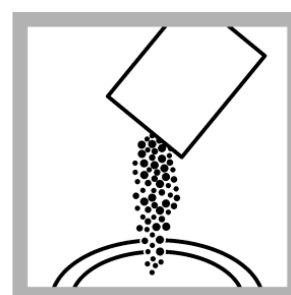
1. Старт програми 340 Nickel, PAN.



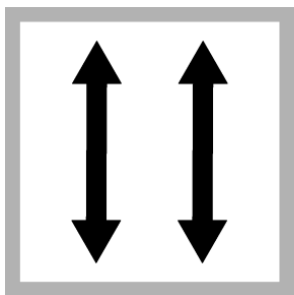
2. Підготуйте зразок: Наповніть кювету до позначки 10 мл дистильованою водою



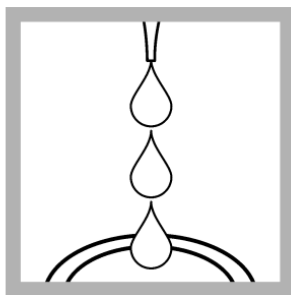
3. Підготуйте зразок: Наповніть другу кювету для зразків 10 мл зразка.



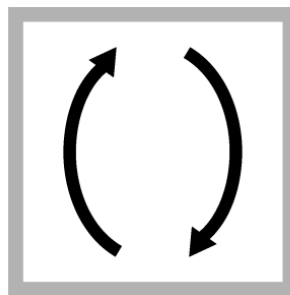
4. Додайте вміст одного фталат-фосфат порошкового реагенту в кожну кювету.



5. Закрийте кювети для зразків. Перемішайте, щоб реагент розчинився. Якщо зразок містить залізо, переконайтеся, що весь порошок розчиняється до того, як додається розчин індикатора PAN.



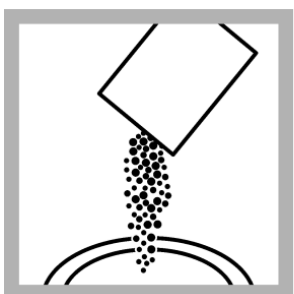
6. Додайте 0,5 мл 0,3% PAN розчин індикатора в кожен кювету.



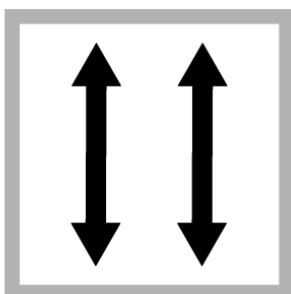
7. Закрийте пробкою кювету. Перемішайте.



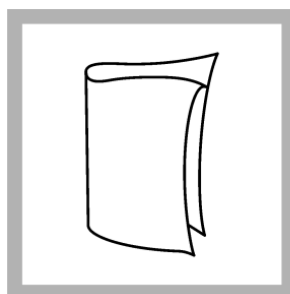
8. Запустіть таймер приладу. Починається 15-хв. час реакції. Під час досліду колір розчину зразка може змінюватися від жовто-оранжевого до темно-червоного залежно від хімічного складу зразка. Заготовка буде жовтого кольору.



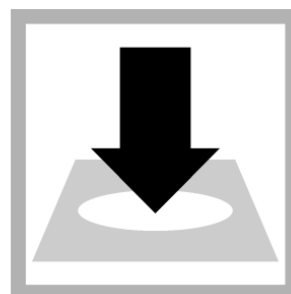
9. Коли таймер закінчиться, додайте вміст одного порошкового реагенту ЕДТА в кожен кювету.



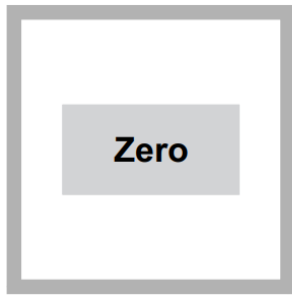
10. Закрийте кювети для зразків. Перемішайте, щоб розчинити порошковий реагент.



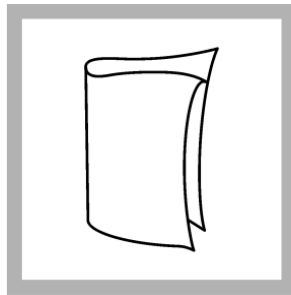
11. Очистіть порожню кювету для зразка.



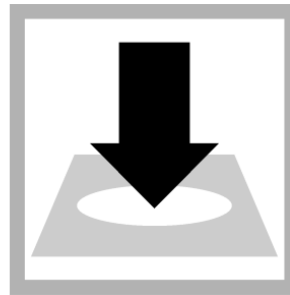
12. Вставте заготовку в тримач комірки.



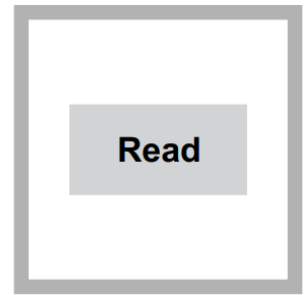
13. Натисни ZERO.  
Дисплей показує  
0,00 мг/л Ni і Co  
(спектрофотометри)  
або мг/л Ni  
(колориметри) \*



14. Очистіть  
підготовлену кювету  
для зразків.



15. Вставте  
підготовлений  
зразок у тримач  
кювети.



16. Натисніть READ.  
Результати  
показують в мг/л Ni і  
Co  
(спектрофотометри)  
або мг/л Ni  
(колориметри)

### Контрольні запитання

1. Назвіть шляхи надходження нікелю у стічну воду.
2. Навіщо нікель використовують у виробництві.
3. Як нікель впливає на організм людини?
4. Назвіть методи очищення води від нікелю.
5. Суть методу визначення нікелю

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### Оволодіння методикою визначення іонів хрому у воді

**Мета роботи:** оцінити екологічний стан води по величинам визначених концентрацій хрому.

#### Підготовка до тесту

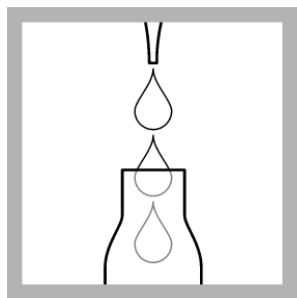
Температура зразка води та реагентів повинна бути в межах 15-25 °C.

Високі концентрації хрому (більше 350 г/л) викликають помутніння при попередньому розведенні розчином А (LCK 213 А). У цьому випадку замість розчину А (LCK 213 А) необхідно використовувати дистильовану воду.

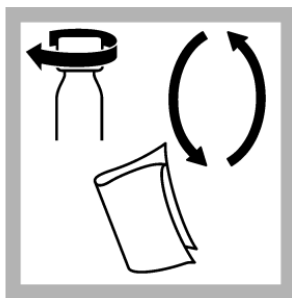
Результати вимірювань необхідно перевіряти на достовірність (розбавляти та/або відбирати зразки). Ознайомтеся з інформацією щодо безпеки та терміном придатності реагентів на упаковці.

Використовуйте рекомендовані засоби індивідуального захисту. Утилізуйте розчини, що прореагували, відповідно до місцевих, державних норм.

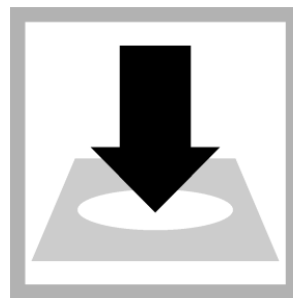
### Діапазон вимірювання процедури I



1. Обережно наберіть піпеткою 0,2 мл зразка

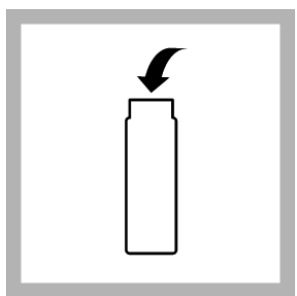


2. Закрийте кювету і переверніть кілька разів, ретельно очистіть зовнішню поверхню кювети та проведіть оцінку.

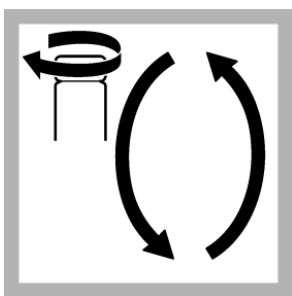


3. Вставте кювету в тримач кювети. DR 1900: Перейдіть до методи LCK/TNTplus. Виберіть тест, натисніть READ

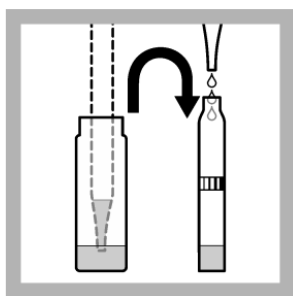
### Діапазон вимірювання процедури II



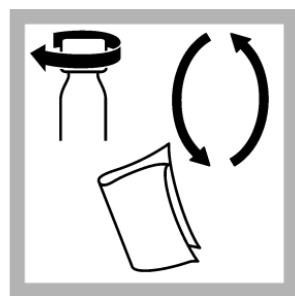
1. Попереднє розведення (1:20) Додайте в суху реакційну пробірку: 3,8 мл розчину А та 0,2 мл зразка



2. Закрийте реакційну пробірку і переверніть кілька разів.



3. Обережно внесіть піпеткою в Cuvette Test: 0,2 мл попередньо розведеного зразка.



4. Закрийте кювету і переверніть кілька разів, ретельно очистіть зовнішню поверхню кювети.



5. Вставте кювету в тримач кювети. DR 1900: Перейдіть до методів LCK/TNTplus. Виберіть тест, натисніть READ.

#### Опис методу

Хромовою кислота (триоксид хрому –  $\text{CrO}_3$ ) розчиняється в розведених кислотах, утворюючи хромати інтенсивного жовтого кольору. Жовтий колір оцінюють фотометрично.

#### Контрольні запитання

1. Назвіть методи вилучення хрому, які використовують у практиці очистки промислових стічних вод.
2. Назвіть реагенти, які використовують для вилучення хрому.
3. Назвіть ГДК хрому(III) та хрому(VI) для рибогосподарських водойм.
4. Чим небезпечна вода з підвищеним вмістом хрому?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### Визначення іонів цинку

**Мета роботи:** ознайомити студентів з методами визначення цинку у воді.

#### Підготовка до тесту

Очистіть весь скляний посуд 6,0 N (1:1) соляною кислотою, а потім повністю промийте дистильованою водою, щоб видалити забруднення. У цій

процедурі використовуйте тільки скляні циліндри зі скляною пробкою. Переконайтеся, що піпетка, яка використовується в цій процедурі, пластикова. Піпетка з гумовими грушами можуть забруднити реагент.

Не використовуйте для цього тесту комірку Pour-Thru або сипперний модуль (для відповідних інструментів). Реагенти, які використовуються в цьому тесті, містять ціанід калію. Зберігайте розчини ціаніду при  $\text{pH} > 11$ , щоб запобігти впливу ціаністого водню.

Зберіть зразки, що прореагували, для безпечної утилізації. Завжди проводьте тести в кюветах для зразків. Не занурюйте інструмент в зразок і не заливайте зразок в тримач кювети.

Переконайтеся, що кювети для зразків чисті і не мають подряпин в місцях проходження світла. Промийте кювету для зразка і кришку зі зразком тричі перед тим, як заповнити кювету для зразка. Переконайтеся, що на зовнішній поверхні комірок для зразків немає відбитків пальців або рідини. Протріть безворсовою тканиною перед вимірюванням.

Холодна вода може призвести до утворення конденсату на кюветі або бульбашок в кюветі під час проявлення кольору. Перевірте кювету для зразків на наявність конденсату або бульбашок. Видаліть конденсат безворсовою тканиною. Переверніть кювету для зразків, щоб видалити бульбашки.

Встановіть кришку приладу на тримач комірки до натискання кнопки ZERO або READ. Після тесту негайно спорожніть і промийте кювету для зразків. Тричі промийте кювету для зразка і кришку дистильованою водою.

Використовуйте рекомендовані засоби індивідуального захисту. Утилізуйте розчини, що прореагували, відповідно до місцевих, державних норм.

Необхідні матеріали для проведення тесту:

| Найменування                         | Кількість |
|--------------------------------------|-----------|
| Циклогексанон                        | 0,5 мл.   |
| ZipcoVer 5 реагентний порошок, 20 мл | 1 шт.     |
| Циліндр, градуйований, 25 мл         | 1 шт.     |
| Кювети                               | 2 шт.     |

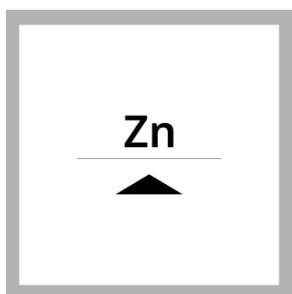
### Відбір та зберігання зразків

- Збирайте зразки в чисті скляні або пластикові пляшки, які були очищені 6 N (1:1) соляної кислоти та промиті дистильованою водою;
- Щоб зберегти зразки для подальшого аналізу, відрегулюйте рН зразка до рівня менше 2 за допомогою концентрованою азотною кислотою

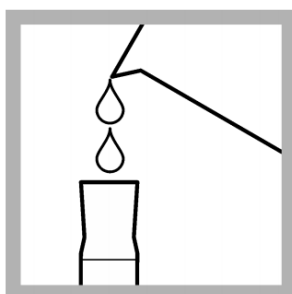
(приблизно 2 мл на літр). Додавання кислоти не потрібне, якщо зразок тестується негайно;

- Зберігайте законсервовані зразки при кімнатній температурі максимум 6 місяців;
- Перед аналізом відрегулюйте рН до 4-5 за допомогою 5 N розчину гідроксиду натрію. Не перевищуйте рН 5, оскільки цинк може випасти в осад. Не додавайте реагент до зразків з рН менше 4, оскільки реагент містить ціанід.

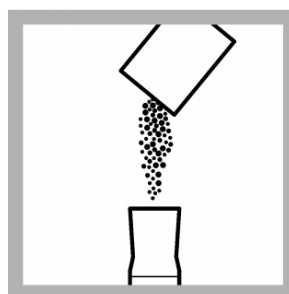
### Процедура з порошковим реагентом



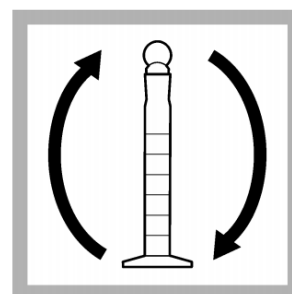
1. Налаштуйте прилад на цинк (Zn). Для DR300 натисніть кнопку зі стрілкою вгору. Для РСІІ натисніть кнопку меню, поставте галочку, а потім кнопку меню ще раз.



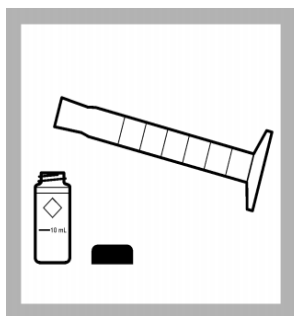
2. Наповніть градуйований змішувальний циліндр об'ємом 25 мл 20 мл зразка.



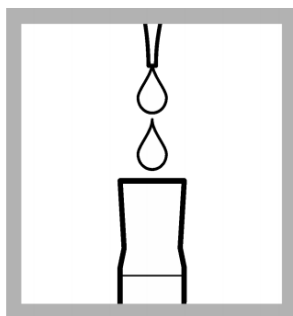
3. Додайте вміст однієї подушки порошку реагенту ZincoVer 5 до циліндра для змішування.



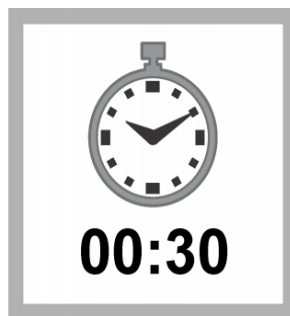
4. Закрийте циліндр. Переверніть циліндр кілька разів, щоб порошок повністю розчинився. Зразок повинен бути помаранчевого кольору. Якщо зразок коричневого або синього кольору, то концентрація цинку занадто висока або присутній метал, що заважає. Розбавте зразок і повторіть тест ще раз.



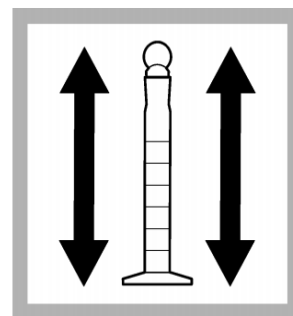
5. Підготуйте зразок: наповніть кювету розчином до позначки 10 мл.



6. Підготуйте зразок: За допомогою пластикової піпетки додайте 0,5 мл циклогексанону до розчину в циліндрі для змішування.



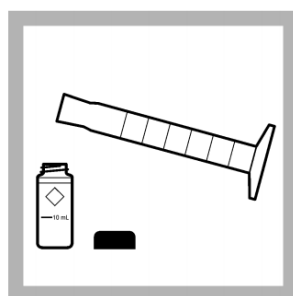
7. Встановіть і запустіть таймер на 30 секунд. Починається 30-секундний відлік часу реакції.



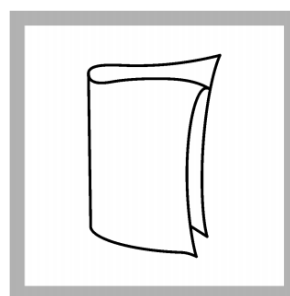
8. Протягом періоду реакції закрийте змішувальний циліндр і збовтайте підготовлений зразок. Зразок має стати червонувато-помаранчевим, коричневим або синім. Колір залежить від концентрації цинку.



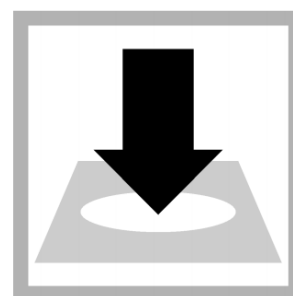
9. Встановіть і запустіть таймер на 3 хв. Починається 3-хвилинний відлік часу реакції. Протягом періоду реакції виконайте наступний крок.



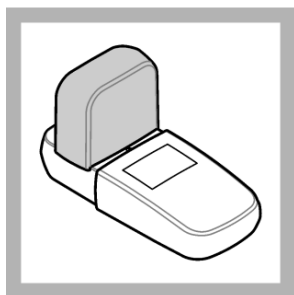
10. Наповніть кювету до позначки 10 мл приготованим розчином зразка.



11. Коли таймер закінчиться, очистіть порожню кювету для зразків.



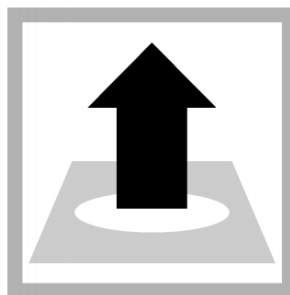
12. Вставте заготовку в тримач кювети. Направте ромбоподібну позначку на кюветі в напрямку клавіатури



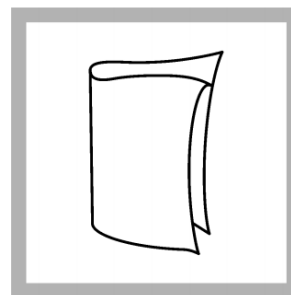
13. Встановіть кришку приладу на тримач кювети.



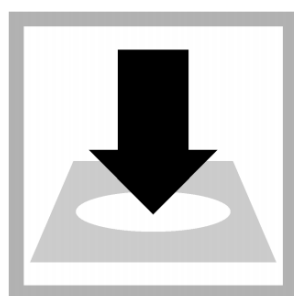
14. Натисніть ZERO. На дисплеї відображається «0.00»



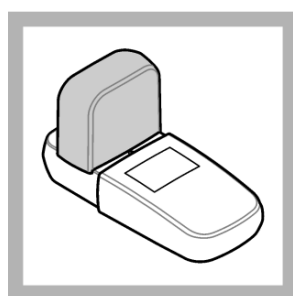
15. Вийміть кювету для зразка з тримача кювети.



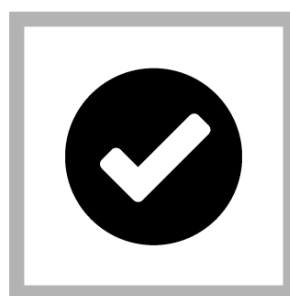
16. Очистіть підготовлену кювету для зразка.



17. Вставте підготовлений зразок у тримач комірки. Спрямуйте ромбовидну мітку на кюветі в напрямку клавіатури.



18. Встановіть кришку приладу на тримач кювети.



19. Натисніть READ. Результати показують у мг/л Zn.

## Контрольні запитання

1. Назвіть виробництва, стічні води яких містять цинк.
2. Як за концентраціями цинку поділяються промислові стічні води?
3. Який метод застосовується для визначення алюмінію?
4. Поясніть поняття екологічного критерію (ЕК).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

### Визначення іонів кадмію

**Мета роботи:** визначення мінеральних речовин, розчинених у воді.

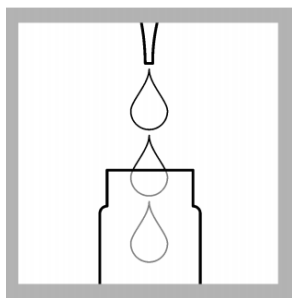
#### Підготовка до тесту

Рівень рН зразка води має бути в межах рН 3–10. Температура зразка води та реагентів має бути в межах 15–25 °С.

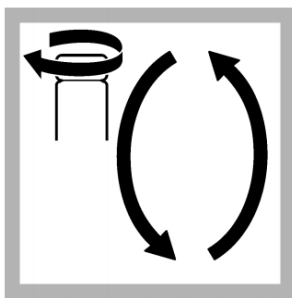
Нерозчинений кадмій або кадмій, зв'язаний у комплекси, можна визначити лише після розкладання за допомогою Crack-Set LCW902. Перегляньте інформацію про безпеку та термін придатності на упаковці реагентів. Перегляньте паспорти безпеки (MSDS/SDS) для хімічних речовин, які використовуються.

Використовуйте рекомендовані засоби індивідуального захисту. Утилізуйте прореаговані розчини відповідно до місцевих, державних правил. Інформацію про утилізацію невикористаних реагентів див. у Паспортах безпеки.

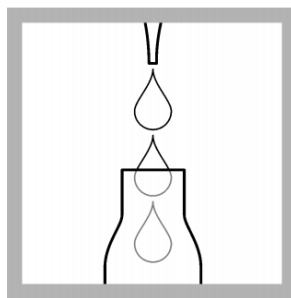
#### Хід процедури



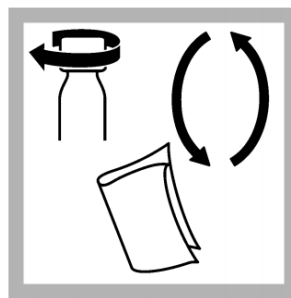
1. Додайте в суху реакційну пробірку: 10 мл зразка та 1,0 мл розчину А.



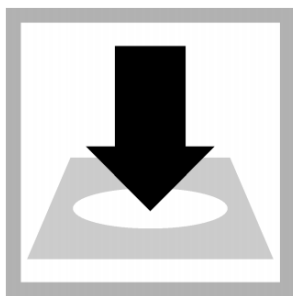
2. Закрийте реакційну пробірку та перемішайте кілька разів.



3. Обережно внесіть піпеткою в кюветний тест: 0,4 мл розчину В.



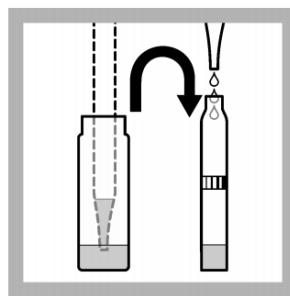
4. Закрийте кювету та переверніть кілька разів, ретельно очистіть зовнішню сторону кювети.



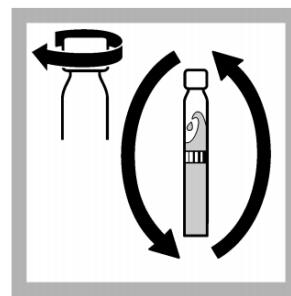
5. Вставте кювету в тримач кювети.  
DR1900: перейдіть до методів LCK/TNTplus.  
Виберіть тест, натисніть READ 1.



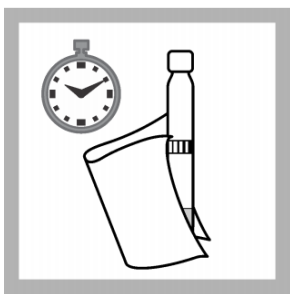
6. Зніміть кювету.



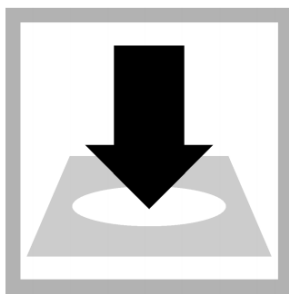
7. Обережно прокачайте в ту саму кювету: 4,0 мл попередньо обробленого зразка



8. Закрийте кювету та переверніть кілька разів.



9. Через 30 секунд ретельно очистіть кювету зовні.



10. Вставте кювету в тримач кювети.  
DR1900: натисніть READ 2.

### Перешкоди під час проведення дослідів

Іони, перелічені в таблиці, були індивідуально перевірені на відповідність зазначеним концентраціям і не спричиняють інтерференції. Кумулятивні ефекти та вплив інших іонів не були визначені. Результати вимірювань повинні бути перевірені на достовірність.

| Рівень інтерференції | Речовина, що заважає                                                                                                                                               |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1000 мг/л            | $\text{SO}_4^{2-}$                                                                                                                                                 |
| 50 мг/л              | $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$                                                                                                                                |
| 25 мг/л              | $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ag}^+$ , $\text{Au}^+$ , $\text{Cr}^{6+}$ |
| 2 мг/л               | $\text{Mn}^{2+}$                                                                                                                                                   |

### Опис методу

Катіон утворює комплекс з кадмієм. Для визначення кадмію використовують зниження інтенсивності забарвлення катіону.

### Контрольні запитання

1. Чому наявність кадмію у воді загрожує здоров'ю людини?
2. Які реагенти використовують для вилучення іонів кадмію із стічних вод?
3. Які методи вилучення іонів кадмію найбільш поширені в Україні?
4. На чому заснований метод гіперфільтрації для вилучення іонів кадмію?
5. Назвіть ГДК кадмію для водойм господарсько-питного та культурно-побутового призначення.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Державні санітарні правила і норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».* – К.: ІЖКГ Держбуду України, 1999. – 55 с.
2. *ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.* – Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. – 280 с.
3. *Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Підручник.* К.: Вища школа, 2005. 671 с.
4. *Запольський А.К. та інші. Фізико-хімічні основи очищення стічних вод. Підручник.* Київ: Лібра, 2000. 367 с.
5. *Терновцев В.Е., Пухачев В.М. Очистка промышленных сточных вод.* К.: Будівельник, 1986.-120с.
6. *Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання. Навчальний посібник-К.: КНУБА, 2001.-256с.*

Навчально-методичне видання

## **ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
для магістрів спеціальності  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
освітня програма «Водопостачання та водовідведення»

Укладачі: **Терновцев** Олексій Віталійович  
**Зоря** Олена Віталіївна