

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАФТИ І ГАЗУ

Методичні вказівки та завдання
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології»
денної та заочної форм навчання

Київ 2026

УДК 547
Ф11

Укладачі: Ю.І. Ковальчук, канд. техн. наук, доцент;
В.Г. Гречанюк, д-р хім. наук, професор

Рецензент А.В. Козирєв, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск Ю.І. Ковальчук, канд. техн. наук,
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри хімії, протокол №4 від 27
травня 2025 року.*

В авторській редакції.

Фізико-хімічні властивості нафти і газу : методичні вказівки та
Ф11 завдання до виконання лабораторних робіт / уклад. : Ю.І. Ковальчук,
В.Г. Гречанюк. – Київ : КНУБА, 2026. – 32 с.

Містять зміст, порядок виконання і оформлення лабораторних
робіт.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології»
денної та заочної форм навчання.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ТА ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ.....	6
Лабораторна робота № 1. ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ НАФТИ АЕРОМЕТРОМ.....	8
Лабораторна робота № 2. ВИМІРЮВАННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ.....	12
Лабораторна робота № 3. ВИЗНАЧЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ НАФТОПРОДУКТУ КРІОСКОПІЧНИМ МЕТОДОМ.....	17
Лабораторна робота № 4. ФРАКЦІЙНА ПЕРЕГОНКА НАФТИ.....	21
Лабораторна робота № 5. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЧИННИХ КИСЛОТ ТА ЛУГІВ У НАФТОПРОДУКТАХ.....	25
Лабораторна робота № 6. ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ ЗРАЗКІВ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАЛАГМОМЕТРА.....	27
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	30

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Навчальна дисципліна «Фізико-хімічні властивості нафти і газу» є однією із складових освітнього процесу в системі підготовки фахівців у галузі нафтогазової інженерії та технологій.

Засвоєння курсу «Фізико-хімічні властивості нафти і газу» вимагає не лише глибокого розуміння основних закономірностей, що описують зміну властивостей нафти, газу, газоконденсату від ряду факторів та знань їх фізико-хімічних властивостей, але і потребує набуття навичок їх експериментального визначення. Це сформує у студентів знання та вміння, які дозволять правильно обрати методи видобутку, інтенсифікації, очистки, переробки нафти, газу, газоконденсату, складання матеріальних балансів деяких процесів.

Метою викладання навчальної дисципліни «Фізико-хімічні властивості нафти і газу» є надання студентам знань щодо теоретичних основ, принципів та законів нафтохімії, ознайомлення студентів із сучасними тенденціями та напрямками розвитку хімії нафти, газу, газоконденсату, демонстрація практичного значення цієї науки.

У посібнику переважно знайшли відображення ті експериментальні методи курсу фізико-хімічних властивостей нафти і газу, які тією чи іншою мірою можуть бути використані в науковій та інженерній діяльності майбутнього фахівця нафтогазової інженерії та технологій.

Завдання даного курсу полягає в розвитку професійного мислення студентів, що мають базову освіту I рівня акредитації, забезпеченні свідомого розуміння фізико-хімічних властивостей нафти і газу, а також чинників, що обумовлюють їх зміну.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати :

- основні поняття про походження нафти і газу;
- особливості фізико-хімічних властивостей нафти і газу;
- методи визначення фізико-хімічних властивостей нафти і газу;
- методи очистки та умови забезпечення стабільності нафти і газу;

вміти :

- визначати фізико-хімічні властивості нафти і газу;
- класифікувати досліджувані зразки нафти і газу за фізико-

хімічними властивостями;

– застосовувати теоретичні знання щодо властивостей нафти і газу під час розв'язування практичних задач.

Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни «Фізико-хімічні властивості нафти і газу» дозволяють покращити теоретичний рівень знань студентів з дисципліни, закріпити ці знання шляхом проведення лабораторних дослідів та написання протоколів лабораторних робіт. Готуючись до проведення лабораторних робіт, студент має обов'язково опрацювати відповідний матеріал, що навчить його працювати з підручником та довідковою літературою. У методичних вказівках наведено основні методики проведення лабораторних робіт, контрольні запитання для самостійної роботи.

З перших днів роботи в лабораторії студент має відповідально ставитися до всіх стадій експерименту, що передбачає теоретичну та практичну підготовку, добір необхідних реактивів, розрахунок їх кількостей з урахуванням необхідних концентрацій, проведення самого дослідів, ретельний нагляд за його протіканням, описання та пояснення побаченого під час експерименту. Аналіз та осмислення одержаних результатів сприяють більш ефективному засвоєнню студентами хімічних закономірностей процесів, що спостерігаються в дослідів, а також дають можливість краще запам'ятовувати фізико-хімічні властивості нафти і газу.

Перелік загальних правил підготовки та проведення лабораторних робіт:

1) опрацювання конспекту лекцій та відповідного матеріалу підручника, який стосується теми лабораторної роботи;

2) ознайомлення зі змістом лабораторної роботи. Заповнення протоколу в робочому журналі має бути таким, щоб, керуючись ним, можна було виконати лабораторну роботу;

3) перед початком роботи студент повинен організувати своє робоче місце. Перевірити наявність необхідних для роботи реактивів, посуду, приладів;

4) виконання лабораторної роботи проводиться згідно з інструкцією, без відхилень від умов, наведених в описі. Умови проведення дослідів можна змінювати тільки з дозволу викладача;

5) у процесі виконання лабораторної роботи необхідно ретельно дотримуватись всіх правил техніки безпеки;

6) у результаті виникнення будь-якої неясності під час проведення досліду роботу слід припинити та звернутися до викладача за роз'ясненнями;

7) після закінчення досліду записати в звіт результати досліджень, а також надати їм пояснення та зробити висновки;

8) після закінчення роботи прибрати робоче місце, вимити та здати одержаний хімічний посуд;

9) оформлений протокол слід подати для контролю викладачеві. Тільки після цього робота вважається завершеною;

10) протокол лабораторної роботи повинен містити назву теми, назву роботи, мету роботи і хід її виконання, експериментальні дані та звіт з результатами їх обробки, які включають у таблицю. Кожна робота повинна завершуватися висновками по суті проведеного дослідження.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ТА ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ

1. Охорона праці – сукупність заходів для запобігання нещасним випадкам, отруєнням і професійним захворюванням. Вона нерозривно пов'язана з технологією нафтогазопромислових процесів й обладнанням.

2. Проведення лабораторних робіт відбувається згідно з планом. Дослідницька група студентів має бути навчена та проінструктована щодо питання безпечного проведення робіт.

3. Під час роботи необхідно чітко дотримуватись порядку і послідовності операцій, вказаних у даних вказівках.

4. Склянки з реактивами загального користування необхідно тримати на визначеному місці; забороняється їх переносити на робочі столи.

5. Працювати в лабораторії необхідно обережно, без зайвої квапливості, не проливати і не просипати реактиви. Надлишки реактивів забороняється зсипати назад у склянку з чистими реактивами.

6. Досліди з токсичними або леткими речовинами слід проводити тільки у витяжній шафі.

7. Усі досліди необхідно виконувати в такій кількості та

концентрації реактивів, у тому хімічному посуді та приладах, як це вказано у відповідних методичних вказівках. Забороняється виконувати додаткові досліди без дозволу викладача.

8. Забороняється зливати в раковину залишки нафти, нафтопродуктів, кислот, лугів, вогнебезпечних речовин та рідин з сильним запахом; їх треба зливати в спеціальні склянки.

9. Категорично забороняється пробувати на смак і запах хімічні речовини або пити воду з хімічного посуду. Зі всіма речовинами в лабораторії слід поводитись так, як із небезпечними.

10. Під час нагрівання рідин та твердих речовин в пробірках не спрямовувати їх отвором на себе або в сторону студентів, які знаходяться поруч; забороняється нахилитись над склянками або заглядати в пробірку зверху, щоб уникнути нещасного випадку в разі можливого викиду нагрітої речовини.

11. Прилади, які необхідно нагрівати або з яких будуть виділятися гази, не слід залишати закритими.

12. Під час усіх робіт, коли можливе розбризкування їдких речовин (переливання кислот, лугів або подрібнення чи розтирання в ступках, сплавлення та ін.), необхідно одягати захисні окуляри.

13. Для попередження бурхливого закипання та викиду рідини, яка нагрівається до кипіння, необхідно користуватись «кипілками» (шматочками подрібненого фарфору). «Кипілки» забороняється додавати в нагріту до кипіння рідину, їх слід вносити тільки в холодну рідину.

14. Роботи зі скляними трубками, капілярами та посудом необхідно виконувати обережно, застерігатися від поранень. Вставляти скляну трубку в отвір скляного посуду слід без надмірних зусиль.

15. Під час розведення концентрованих кислот, особливо сірчаної, слід лити її у воду, а не навпаки.

16. Усі досліди з легкозаймистими, леткими, вогнебезпечними речовинами слід проводити подалі від відкритого полум'я і за можливості у витяжній шафі.

17. У разі виникнення непорозумінь стосовно виконання дослідів лабораторної роботи необхідно припинити роботу та звернутися до викладача.

18. На робочому місці категорично забороняється вживати їжу, пити воду, палити. Після закінчення роботи необхідно ретельно вимити руки.

19. У разі нещасного випадку необхідно негайно звернутися до викладача!

20. Після закінчення роботи необхідно привести в порядок своє робоче місце.

21. Схема збирання відповідного обладнання чи приладу повинна бути узгоджена і затверджена керівником досліджень.

22. Лабораторні дослідження проводять за наявності достатнього освітлення, яке має бути вибухозахищеним.

23. Слід пам'ятати, що нафта та вуглеводневий газ – вибухонебезпечні й легкозаймисті речовини. Вибух чи пожежа можуть виникнути у разі визначеного співвідношення палива і повітря та появи джерела спалаху. Вибух можливий і під час накопичення газу у визначеній ділянці приміщення. Більшість нафтових газів важчі, ніж повітря, внаслідок чого вони стеляться по землі, заповнюючи заглиблення.

24. Температура спалаху нафт коливається від 35 °С до 34 °С, а температура самоспалаху – від 260 °С до 375 °С. Вибух суміші вуглеводневого газу з повітрям відбувається за концентрації газу 4 – 13 % (для метану – 5 – 15 %), а з підвищенням тиску до 35 МПа нижня і верхня межі спалаху розширюються й становлять 2 та 65 % відповідно. Імовірними причинами спалаху можуть бути: відкрите полум'я, сильне нагрівання, іскри від електрообладнання, ударів, тертя, розрядів статичного та атмосферного струмів, самозаймання термофорів (відкладення сірчаного заліза, промаслена ганчірка й ін.).

25. Лабораторія і робочі місця студентів повинні утримуватись у чистоті. Розлиті нафту та нафтопродукти необхідно прибирати, а забруднену площу – відмити, попередньо засипавши піском.

Лабораторна робота № 1. **ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ НАФТИ АЕРОМЕТРОМ**

Мета роботи: визначення густини нафтопродуктів аерометром за різних температур.

Прилади і реактиви: аерометри для нафти; скляні циліндри для аерометрів; термометр; термостат або водяна баня, розчинники, зразки нафтопродуктів.

Теоретична частина

Абсолютною густиною речовини називають кількість маси, яка міститься в одиниці об'єму. У системі СІ густина виражається в $\text{кг}/\text{м}^3$. За одиницю густини приймається маса 1 м^3 дистильованої води за температури $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Відносною густиною речовини називається відношення маси даного об'єму рідини за температури $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ($60 \text{ }^\circ\text{F}$) до маси такого ж об'єму чистої води, під час запису результатів вказують стандартну температуру, наприклад: відносна густина $(60/60) \text{ }^\circ\text{F}$. Числові значення абсолютної і відносної густини співпадають, але відносна густина – величина безрозмірна.

Густина в градусах API – спеціальна функція відносної густини, яку обраховують за формулою:

$$\text{густина в градусах API} = \left(\frac{141,5}{\text{відносна густина} \left(\frac{60}{60} \right)^\circ \text{F}} \right) - 131,5,$$

під час запису результатів стандартну температуру не вказують, бо у визначення включена температура $60 \text{ }^\circ\text{F}$.

Експериментально встановлено, що нафтопродукти і вода мають неоднакові коефіцієнти розширення. Тому треба під час визначення густини вказувати температуру води і нафтопродукту, за якої проводилось визначення. Густину нафти і нафтопродуктів визначають за температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносять до густини води – за $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (ρ_4^{20}). На практиці визначають густину за температури, яка відрізняється від $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Перерахунок здійснюють за формулою:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^m + \gamma (T - 20), \text{ кг}/\text{м}^3,$$

де ρ_4^m – густина за температури дослідження, $\text{кг}/\text{м}^3$; γ – середня температурна поправка густини на $1 \text{ }^\circ\text{C}$; (див. табл.1); T – температура, за якої здійснюється дослідження, $^\circ\text{C}$.

Проведення досліду

Перед початком досліду слід перевірити температуру випробовуваного зразка відповідно до вимог безпеки.

Циліндр для ареометра встановити на рівній поверхні. Висота циліндра має бути такою, щоб відстань від дна циліндра до ареометра була не менше 25 мм. Пробу продукту, який досліджується, налити у циліндр, котрий має таку ж температуру, що і проба, не доливаючи до верху, щоб під час занурення ареометра не відбулось переливання нафтопродукту. Уникнути виникнення бульбашок. Бульбашки повітря, які утворилися на поверхні, знімають фільтрувальним папером.

Температуру проби, яка досліджується, вимірюють до і після заміру густини по термометру. Температуру підтримують постійно з похибкою не більше 0,2 °С.

Чистий і сухий ареометр повільно й обережно опускають у циліндр з дослідженою пробую, підтримуючи ареометр за верхній кінець, не дозволяючи змочування верхньої частини стрижня.

Коли ареометр установиться, відраховують показники по верхньому краю меніска, при цьому око знаходиться на рівні меніска (рис.1).

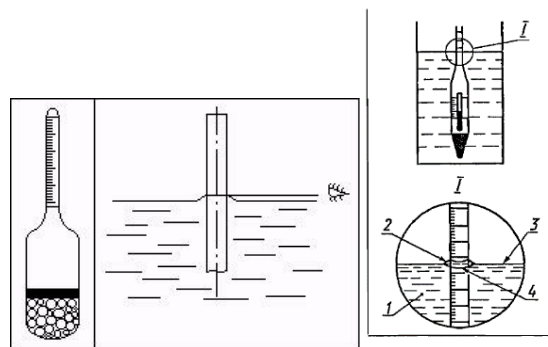


Рис. 1. Ареометр і зняття показників:

- 1 – досліджувана рідина; 2 – точка заміру показників;
- 3 – горизонтальна поверхня рідини; 4 – нижній меніск рідини

Показник за шкалою ареометра відповідає густині нафтопродукту за температури випробування ρ_4^m (маса продукту, яка міститься в одиниці його об'єму).

За округленим значенням температури і густини, визначеними за шкалою ареометра, підраховують густину досліджуваного продукту за

температури 20°C ρ_4^{20} за вище наведеною формулою, використовуючи дані табл. 1.

Результати вимірів і обрахунків записують у зошит згідно з табл. 2.

Таблиця 1

Температурні поправки під час визначення густини

Густина, кг/м ³	Поправка на 1 °С, кг/м ³	Густина, кг/м ³	Поправка на 1 °С, кг/м ³
700–710	0,897	821–830	0,738
711–720	0,884	831–840	0,725
721–730	0,870	841–850	0,712
731–740	0,857	851–860	0,699
741–750	0,844	861–870	0,686
751–760	0,831	871–880	0,673
761–770	0,818	881–890	0,660
771–780	0,805	891–900	0,647
781–790	0,792	901–910	0,633
791–800	0,778	911–920	0,620
801–810	0,765	921–930	0,607
811–820	0,752	931–940	0,594
		941–950	0,581

Таблиця 2

Результати виконаних вимірювань

№ пор.	Назва проби нафтопродукту	Виміряна густина за аерометром, ρ_4^m	ρ_4^{20}	ρ_{API}

На основі отриманих даних зробити висновок про густину досліджуваних нафтопродуктів: встановити, до якого класу нафтопродуктів за густиною належать досліджувані зразки.

Контрольні запитання

1. Як класифікують нафту за густиною?
2. Від чого залежить густина нафтопродуктів?
3. На чому ґрунтується метод визначення густини нафтопродуктів?
4. З якою метою необхідно знати густину нафтопродукту?
5. Які існують методи визначення густини нафтопродуктів і в чому їх сутність?
6. Як привести густину до стандартних умов?
7. В чому особливості визначення густини в'язких нафтопродуктів?

Лабораторна робота № 2. ВИМІРЮВАННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ

Мета: ознайомитися з методами визначення в'язкості рідких нафтопродуктів.

Обладнання та реактиви: віскозиметри типів ВПЖТ-1, ВПЖТ-2, ВПЖТ-4; паперовий фільтр; термометр; термостат; секундомір; лійка; гумова трубка; гумова груша; гліцерин; зразки нафтопродуктів (50 мл).

Теоретична частина

В'язкість рідини можна визначити як опір її течії, який чинить рідина під час переміщення одного шару відносно іншого під дією зовнішніх сил.

В'язкість визначають для рідких нафтопродуктів, напруга зрушення яких пропорційна швидкості деформації так званих ньютонівських рідин. В'язкість їх не залежить від дотичного напруження та градієнта швидкості. Розрізняють динамічну й кінематичну в'язкості.

Динамічна в'язкість служить мірою опору рідини плинину. Коефіцієнт динамічної в'язкості – це відношення діючого дотичного напруження до градієнта швидкості.

За одиницю динамічної в'язкості у системі СІ прийнята в'язкість такої

рідини, що чинить опір в 1 Н взаємному переміщенню двох шарів рідини, площею 1 м², що перебувають один від іншого на відстані 1 м і переміщуються з відносною швидкістю 1 м/с.

Схема взаємного переміщення прошарків рідини показана на рис. 2. Одиницею динамічної в'язкості в системі СІ є паскаль-секунда (Па·с). На практиці застосовують МПа·с = 10⁻³ Па·с, а також сантипуаз (сП = МПа·с).



Рис. 2. Схема взаємного переміщення прошарків рідини:
а – стан спокою; б – початок руху

Динамічну в'язкість η знаходять як добуток кінематичної в'язкості рідини ν на її густину ρ за тієї ж температури, $\eta = \nu \cdot \rho$ (Па·с), тобто кінематична в'язкість ν – це відношення динамічної в'язкості η рідини до густини ρ за тієї ж температури:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} .$$

Кінематична в'язкість служить мірою опору рідини плинущу під впливом гравітаційних сил.

Метод визначення кінематичної в'язкості полягає у вимірі часу витікання певного обсягу випробуваної рідини під впливом сили ваги.

У системі СІ одиницею кінематичної в'язкості є м²/с. На практиці застосовується інша одиниця – 100 мм²/с = 10⁻⁴ м²/с, а також сантистокс (сСт = мм²/с).

Кінематичну в'язкість знаходять як добуток обмірюваного часу витікання рідини та постійної приладу, використовуючи віскозиметри Освальда, Пинкевича, ВПЖТ-4, ВПЖ-4, показані на рис. 3. Віскозиметр представляє собою V-подібну трубку 1, в одному коліні якої є дві калібровані кульки 4, що переходять у капілярну трубку, а в іншому коліні – розширена ємність 5, широка трубка 2 і відвідний відросток 3.

Віскозиметри випускають із різним діаметром капілярів. Чим вища

в'язкість нафтопродуктів, тим більший діаметр капіляра використовується. До кожного віскозиметра додається паспорт, у якому зазначається номер віскозиметра, його діаметр постійна величина C , виражена в $\text{мм}^2/\text{с}^2$ (Ст). Діаметр віскозиметра вибирають таким, щоб час руху рідини був не менш 200 і не більше 600 с. Якщо постійну віскозиметра K помножити на час τ у секундах витікання рідини в обсязі кульки, то маємо значення кінематичної в'язкості ν за температури визначення:

$$\nu = K \times \tau,$$

де ν – кінематична в'язкість рідини, сСт ($\text{мм}^2/\text{с}$);

$\tau_{\text{ср}}$ – середнє значення часу закінчення рідини, с.

Як термостат віскозиметра використовують прозору посудину (рис. 3). Нафтопродукт, що перебуває у віскозиметрі, занурюють не менш ніж на 20 мм нижче рівня рідини в термостаті й на 20 мм над дном.

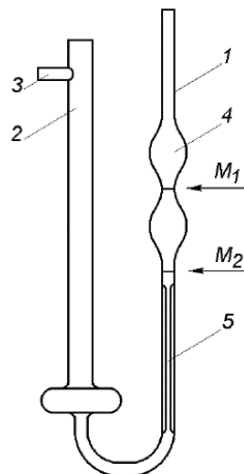


Рис. 3. Віскозиметр Освальда (ВПЖТ-2, ВПЖТ-4):

1 – V-подібна трубка; 2 – широка трубка; 3 – відвідний відросток; 4 – калібровані кульки; 5 – капілярна трубка; M_1 і M_2 – мітки вимірювального обсягу

Для заповнення термостата використовують такі рідини: технічний етиловий для температури від -0 до $+15^\circ\text{C}$; дистильовану воду – для температури від 15 до 60°C ; гліцерин або розчин гліцерину з водою 1:1 чи світле нафтове масло – для температури понад 60°C .

Увага! Під час роботи з віскозиметром варто бути обережним, щоб не зламати його. Для цього слід дотримуватися наступних правил:

- під час заповнення та розташування віскозиметра треба тримати його за одне коліно, на яке надівається або знімається гумова трубка;

- не допускати потрапляння повітря у віскозиметр;
- під час закріплення віскозиметра в штативі не затягувати затискач надмірно сильно.

Проведення досліду

Перед кожним вимірюванням віскозиметр слід промивати розчинниками (бензин-розчинник для гумової промисловості, етиловий спирт тощо).

Пробу нафтопродукту фільтрують крізь сито, скляний або паперовий фільтр. Інколи нафтопродукт просушують безводним сульфонатом натрію або прожареною повареною сіллю, а вже потім фільтрують через паперовий фільтр. Випробуваний нафтопродукт (без домішок води або механічних домішок) залити в стаканчик у кількості 30 – 40 мл. Сухий і чистий віскозиметр заповнити обраним нафтопродуктом, для чого на відвідну трубку 3 (рис. 3) надягти гумову трубку. Далі, затиснувши пальцем коліно 2 і перевернувши віскозиметр, занурити коліно 1 у посудину з нафтопродуктом і засмоктати його (за допомогою гумової груші, водоструминного насоса або іншим способом) до мітки М2, стежачи за тим, щоб у рідині не утворилися бульбашки повітря. Вийняти віскозиметр із посудини, швидко повернувши його в нормальне положення. Зняти із зовнішньої сторони кінця коліна 1 надлишок рідини, надягнувши на його кінець гумову трубку. Віскозиметр розмістити в термостат таким чином, щоб розширення 4 було нижче рівня рідини.

Віскозиметр заповнюють досліджуваним нафтопродуктом і розміщують у термостат 6 (рис. 4), встановлюючи необхідну температуру.

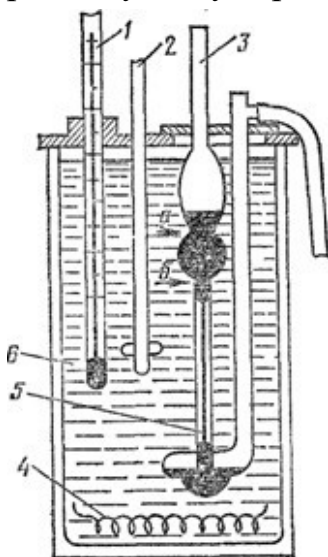


Рис. 4. Термостат для вимірювання кінематичної в'язкості нафтопродукту:

1 – термометр; 2 – мішалка; 3 – віскозиметр; 4 – електропідігрівач; 5 – капіляр віскозиметра; б – термостат

У термостаті виставити і весь час підтримувати необхідну для випробування температуру.

Віскозиметр і досліджуваний нафтопродукт утримувати в термостаті за заданої температури протягом 15 хв.

Через гумову трубку, надягнуту на вузьку частину віскозиметра, нагнітати за допомогою груші нафтопродукт у кульку 4 трохи вище її середини, стежачи за тим, щоб не було розривів нафтопродукту й бульбашок повітря.

Спостерігаючи за протіканням нафтопродукту через капіляр 5 у розширення (рис. 4), ввімкнути секундомір, коли рівень рідини досягне мітки M_1 . Секундомір зупинити, коли рівень палива досягне мітки M_2 , яка розташована нижче двох кульок. Записавши час витікання (визначений секундоміром, з точністю до 0,2 секунди), повторити дослід не менш двох разів, тобто одержати три виміри, що повинні відрізнитись поміж собою не більше, ніж на 0,5 %.

На підставі трьох отриманих даних знайти середнє арифметичне й розрахувати кінематичну в'язкість досліджуваного нафтопродукту (ν) у $\text{мм}^2/\text{с}$ за формулою:

$$= K \times \tau_{cp} ,$$

$$= C \times \tau_{cp} ,$$

де C – постійна віскозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$; τ – середній арифметичний час витікання нафтопродукту у віскозиметрі, с.

Обчислити значення ν і результати занести в табл. 4.

Таблиця 4

Результати вимірів в'язкості випробуваного зразка

Найменування проби	Час витікання, с			Середній час витікання, с	В'язкість ν , $\text{мм}^2/\text{с}$	Клас нафтопродукту за в'язкістю
	1	2	3			

На основі отриманих результатів зробити висновок стосовно типу нафтопродукту за показником в'язкості.

Контрольні запитання

1. Що таке в'язкість речовини? Чим відрізняються динамічна, кінетична й умовна в'язкості? У яких одиницях вони вимірюються?
2. На чому ґрунтуються методи визначення в'язкості нафтопродуктів?
3. Від чого залежить в'язкість нафтопродуктів?
4. Як впливає на в'язкість нафтопродуктів їхня температура?
5. Як впливає в'язкісно-температурна характеристика на експлуатаційні властивості нафтопродуктів?
6. Як класифікують нафтопродукти за в'язкістю?
7. Які речовини серед компонентів нафти мають найбільшу в'язкість?

Лабораторна робота № 3. **ВИЗНАЧЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ НАФТОПРОДУКТУ КРІОСКОПІЧНИМ МЕТОДОМ**

Мета роботи: навчитись визначати молекулярну масу розчиненої речовини за зниженням температури замерзання (кристалізації) розчину.

Обладнання і реактиви: кріоскоп; пробірка для розчину з мішалкою; термометр Бекмана; стаканчик фарфоровий; лід; сіль; бензен; нафтопродукт для дослідження.

Теоретична частина

Визначення молекулярної маси досліджуваного зразка нафтопродукту дозволить правильно обрати метод переробки нафти, її очистки. Дані про елементний склад нафти та нафтопродуктів необхідні для розрахунків таких процесів, як горіння, газифікація, гідрогенізація, коксування та інші.

В аналітичній практиці для визначення молекулярної маси нафти і нафтопродуктів застосовують кріоскопічний метод.

Кріоскопія – явище, пов’язане зі зниженням температури замерзання розчинника під час додавання до нього розчиненої речовини.

Зниження температури замерзання пропорційне концентрації розчиненої речовини, яка виражається в молях на 1000 г розчинника (моляльність, m):

$$\Delta T_{\text{зам}} = K_{\text{кр}} \cdot m \quad (1)$$

$$\Delta T_{\text{зам}} = K_{\text{кр}} \cdot \frac{g \cdot 1000}{G \cdot M_2} \quad (2)$$

де g – маса розчиненої речовини, г; G – маса розчинника, г; M_2 – молекулярна маса розчиненої речовини, г/моль; $K_{\text{кр}}$ – кріоскопічна стала, характерна для наданого розчинника і незалежна від природи розчиненої речовини, г·град/моль.

Кріоскопічна стала показує зниження температури замерзання одномоляльного розчину, якщо за цієї концентрації розчин має властивості ідеального.

У тому випадку, коли у процесі розчинення змінюється кількість частинок розчиненої речовини (відбувається явище асоціації або дисоціації), в рівняння (1) вводиться ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа i :

$$\Delta T_{\text{зам}} = i \cdot K_{\text{кр}} \cdot m \quad (3)$$

На рівнянні (2) заснований кріоскопічний метод визначення молекулярної маси розчиненої речовини, який експериментально зводиться до вимірювання $\Delta T_{\text{зам}}$. Оскільки це рівняння виконується тільки для розбавлених розчинів, то очікувана величина $\Delta T_{\text{зам}}$ має бути малою. Тому температуру замерзання потрібно вимірювати з великою точністю. Достатня точність вимірювання забезпечується застосуванням термометра Бекмана, шкала якого (5 градусів) розбита на соті частки градуса. Він відрізняється від звичайного термометра тим, що його капіляр у верхній своїй частині з’єднується з додатковим резервуаром для ртуті. Це дозволяє змінювати кількість ртуті у нижньому (робочому) резервуарі термометра, що дає змогу використовувати термометр у широкому діапазоні

температур.

Як розчинники нафтопродуктів найчастіше використовують бензен ($K=5,12$), а для більш висококиплячих фракцій – ($K=6,9$).

Проведення досліду

Робота проводиться з використанням приладу криоскопа, який складається із зовнішнього стакана криоскопа (3), ємністю 600 – 750 мл, робочої пробірки (1), що закрита щільно корком, в яку вставлені термометр (1) та мішалка з нержавіючої сталі (5), зображено на рис. 5.

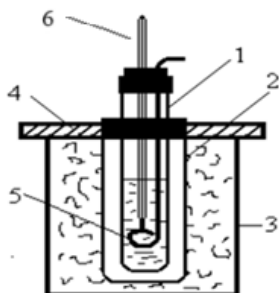


Рис. 5. Схема криоскопа для визначення температур замерзання рідини:

1 – внутрішня пробірка; 2 – зовнішня широка пробірка; 3 – мікροхолодильник;
4 – кришка; 5 – мішалка; 6 – термометр Бекмана

Розчинник заливають у внутрішню пробірку 1 таким чином, щоб нижній резервуар термометра з ртуттю був занурений у рідину на 3 – 5 см. Термометр 6 не повинен торкатися дна і стінок пробірки. Для більш рівномірного охолодження робочої пробірки 1 її вставляють у допоміжну широку зовнішню пробірку 2, що знаходиться у мікροхолодильнику 3. Безперервно перемішуючи розчинник мішалкою 5 (рух уверх-вниз), спостерігають за зниженням рівня ртуті у капілярі термометра Бекмана. Зазвичай перед замерзанням рідини у пробірці 1 спостерігається деяке переохолодження порівняно з істинною температурою замерзання, після чого починається кристалізація. Внаслідок виділення при цьому теплоти кристалізації температура підвищується до істинної температури замерзання. Реєструють цю температуру, потім з пробірки 2 виймають пробірку 1, нагрівають її рукою, щоб розплавити кристали розчинника. Потрібно робити це обережно, щоб не зіпсувати настроювання термометра. Після цього пробірку знову поміщають у мікροхолодильник для повторного визначення температури замерзання. Дослід повторюють доти, доки два

визначення будуть відрізнятися не більш ніж на 0,01°.

Далі візьміть наважку досліджуваного нафтопродукту (2 г) з точністю до 0,01г. Внесіть наважку у розчинник (бензен), що не містить кристалів льоду, і добре перемішайте до повного розчинення речовини. Знову зберіть прилад і визначіть температуру кристалізації розчину так, як це вказано для розчинника (бензену), вимірювання його температури замерзання, повторюючи дослід до одержання однакових результатів. У разі заміни розчинів термометр Бекмана слід тримати у склянці з льодом або в мікрохолодильнику вертикально. Занурювати термометр Бекмана слід тільки в охолоджений розчинник або розчин.

Температурою кристалізації розчинника з розчину, наданої концентрації, слід вважати найвищу температуру, яка буде досягнута після переохолодження, за якої починається випадіння кристалів розчинника. Це пов'язано з тим, що у міру виділення з розчину кристалів розчинника концентрація розчиненої речовини у розчині підвищується, внаслідок чого температура замерзання розчину буде знижуватися.

У ряді випадків переохолодження не буває. У цьому випадку реєструють температуру, яка достатньо довго (1–2 хв) залишається постійною. Вийнявши пробірку з кріоскопа, переконуються у наявності кристалів. Одержані результати записують у табл. 5.

Зниження температури кристалізації розчину розрахуйте за формулою:

$$\Delta t = t_{кр.сер} - t'_{крст.серед}$$

Таблиця 5

Експериментальні дані

Маса розчиненої речовини g, г				
Маса розчинника G, г				
Показання термометра Бекмана	Температура замерзання			
	1	2	3	Середня
T _{зам} розчинника				
T _{зам} розчину				
ΔT _{зам}				

Розрахуйте молекулярну масу досліджуваної речовини за рівнянням:

$$M = \frac{K \cdot m_0 \cdot 1000}{m \cdot \Delta t},$$

де K – кріоскопічна стала (5,12);

m_0 – наважка досліджуваної речовини, г;

m – наважка розчинника, г;

Δt – зниження температури кристалізації розчину.

Розрахуйте похибку досліду у відсотках, порівнявши одержаний результат з теоретичним значенням молекулярної маси досліджуваної речовини.

Контрольні запитання

1. Як характеризують нафту і нафтопродукти за молекулярною масою?
2. Які основні способи визначення молекулярної маси?
3. Про що говорить молекулярна маса нафти та нафтопродуктів?
4. За якими формулами обраховується молекулярна маса нафтопродуктів?
5. У чому суть кріоскопічного методу визначення молекулярної маси розчиненої речовини?
6. Визначити молекулярну масу нафтопродукту з відносною густиною $\rho_{15}^{15}=0,72$, який має середньомолекулярну температуру кипіння 90°C .

Лабораторна робота № 4. ФРАКЦІЙНА ПЕРЕГОНКА НАФТИ

Мета роботи: ознайомитися з методом визначення фракційного складу палива згідно з ДСТУ 4063-2001 (ISO 3405).

Обладнання і реактиви: круглодонна колба –250 мл; дефлегматор; водяний холодильник; перехідник до водяного холодильника притертий; колба приймач з притертою горловиною на 100 мл, 3 шт; мірний циліндр, ємністю 100 мл; мірний циліндр, ємністю 10 мл; термометр типу зі шкалою виміру від 0 до 360°C ; азбестова прокладка; зразок палива (100 мл).

Теоретична частина

Нафта – однорідна, рідка, масляниста, горюча корисна копалина, що має забарвлення від жовтого до темно-коричневого, іноді чорного кольору, легше води (густина від 0,45 до 0,95 г/см³). Елементний склад нафти із різних родовищ досить постійний і змінюється лише в вузьких межах: 84 – 87% С, 12 – 14% Н, 0,5 – 2% О, N, S. Проте зустрічаються нафти і з більш високим вмістом сірки – до 5%. Нафта – це складна суміш великої кількості органічних сполук. Основну частину всіх нафт (до 80 – 95% по масі) складають рідкі і тверді вуглеводні, що знаходяться в розчиненому стані та належать до жирного (насичені вуглеводні), аліциклічного (нафтени) і ароматичного ряду, а також розчинені в нафті газоподібні алкани – від метану до бутану. Ненасичені вуглеводні жирного ряду в нафтах не містяться.

Нафта як паливо безпосередньо майже не використовується, а переробляється на товарні нафтопродукти. У зв'язку з багатокомпонентністю нафта переганяється в широкому інтервалі температур.

Перш ніж піддати нафту перегонці, її із свердловин направляють трубопроводами в газовідділювачі – сталеві вертикальні циліндри, де тиск знижується до атмосферного. При цьому із нафти виділяється попутний нафтовий газ. У нафті міститься вода з розчиненими в ній солями в вигляді стійкої емульсії, яку руйнують на електрообезсолюючих установках (ЕЛОУ).

Зараз фракційна перегонка (пряма гонка) нафти здійснюється в вигляді неперервного процесу в так званих атмосферних трубчастих установках, основними апаратами яких є трубчаста піч та ректифікаційна колона.

Фракційна перегонка нафти – це процес розділення нафтопродуктів на фракції за допомогою дистиляції під високим тиском і високою температурою. Основна ідея полягає в тому, щоб відокремити нафтопродукти за їх кипінням, оскільки компоненти нафти мають різні температури кипіння. Такі компоненти називають фракціями або дистилятом. В умовах лабораторної або промислової перегонки окремі нафтові фракції відганяються за постійно зростаючої температури кипіння.

Отже, нафта та її фракції характеризуються не температурою кипіння, а температурними межами початку і кінця кипіння.

Під час переробки нафти в лабораторних умовах відбирають такі фракції:

1) від 40 до 180 – 200 °С – бензинові фракції, у яких можуть виділяти вузькі відгони: від 40 до 70 – 90 °С – петролейний етер; від 160 до 205 °С – лігроїн;

2) від 200 до 300 °С – гасові фракції;

3) 270 – 350 °С – газойлева фракція;

4) 300 – 370 °С – солярова фракція;

5) залишок після відгону усіх фракцій називається мазутом.

Проведення досліду

Перед виконанням досліджень холодильник (рис. 6) слід заповнити водою. У разі відсутності снігу або льоду через холодильник пропустити водопровідну воду з такою швидкістю, щоб її температура на виході холодильника не перевищувала 30 °С. Температуру вимірювати термометром типу ТН2.

Визначивши вимірювальним циліндром 100 мл досліджуваного палива, перелити його в колбу, тримаючи останню в такому положенні, щоб відвідна трубка була спрямована нагору. Усередину колби кинути 2 – 3 шматочка пористої речовини (порцеляни, шамоту).

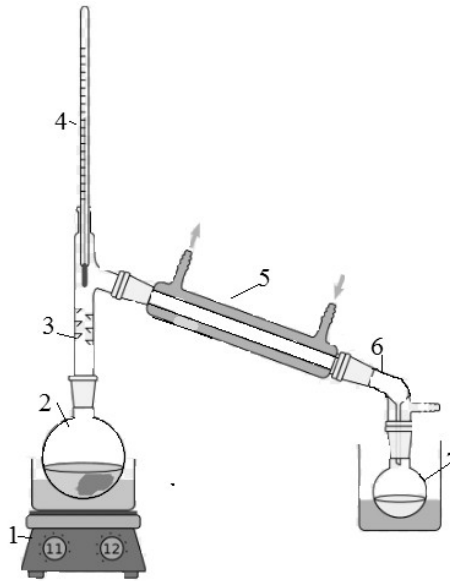


Рис. 6. Прилад для визначення фракційного складу нафти:

1 – нагрівальний пристрій; 2 – колба з паливом; 3 – дефлегматор; 4 – термометр; 5 – холодильник; 6 – алонж; 7 – приймальна колба

Після заповнення колби 1 нафтою (100 мл) у горловину колби вставити дефлегматор, термометр типу ТИН4-2, щоб верхівка ртутної кульки перебувала на рівні нижнього краю відвідної трубки в місці з'єднання дефлегматора і холодильника. Колбу приймач з'єднати з алонжем, який має притерту пробку і газовідвідну трубку.

Після проведення зазначених підготовчих операцій приступити безпосередньо до проведення процесу перегонки.

Перегонку здійснювати в наступному порядку. Ввімкнути нагрівальний прилад. Інтенсивність нагрівання повинна бути такою, щоб перша крапля дистиляту впала із трубки холодильника не раніше, ніж через 5...10 хв. Температуру, зафіксовану термометром у момент падіння першої краплі, умовно прийняти за температуру початку перегонки.

Подальшу перегонку вести зі швидкістю 4...5 мл/хв, що відповідає 20...25 краплям за 10 с. Запис показань термометра вести через кожні 10 мл перегнаного дистиляту.

Перегонку закінчити, коли у колбі залишиться вихідної речовини не менше 25 мл. У цей момент записати температуру кінця перегонки, вимкнути підігрів, дати колбі прохолоннути протягом 5 хв.

Після охолодження колби вийняти термометр і зняти колбу з приладу. Залишок, що залишився в колбі, злити в мірний циліндр на 10 мл і замірити з точністю до 0,1 мл. За результатами перегонки заповнити протокол (табл. 6).

Розрахувати масову частку відігнаної фракції:

$$\omega = \frac{m (\text{фракції})}{m (\text{вихідного нафтопродукту})} * 100 \%$$

Таблиця 6

Результати роботи

№ з/п	Об'єм відгону, мл	Температура, °С
1	1 капля	
2		
3		

Порівняти отримані результати з показниками ДСТУ 4063-2001 і зробити висновок про отриману фракцію і її об'єм. Дати оцінку якості нафти. Визначити масову частку відігнаної фракції.

Контрольні запитання

1. Які основні методи аналізу нафти та нафтопродуктів?
2. Що таке перегонка (дистиляція)? Поясніть способи проведення процесів простої та складної перегонки.
3. З якою метою визначають фракційний склад нафти?
4. Які точки фракційного складу нафти нормуються згідно з ДСТУ 4063-2001?
5. Як впливає фракційний склад нафти на її вигляд?
6. Чому нафта різних видів відрізняються за своїм фракційним складом?
7. Як змінюється фракційний склад нафти під час зберігання?

Лабораторна робота № 5. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЧИННИХ КИСЛОТ ТА ЛУГІВ У НАФТОПРОДУКТАХ

Мета роботи: аналіз нафтопродуктів на наявність розчинних кислот та лугів.

Обладнання та реактиви: парафін; вазелін; рідка нафта; моторна олива; дистильована вода; метиловий оранжевий; спиртовий розчин фенолфталеїну; лійка; фільтрувальний папір; набір скляних пробірок; рН метр.

Теоретична частина

Технології виробництва нафтопродуктів передбачають виконання операцій очищення за допомогою кислот і лугів. Зокрема, сірчаноокислотне очищення використовують для видалення смолистих, азотистих і сірчанних сполук, за винятком сірководню та елементної сірки. Цей метод очистки використовують тільки для нафтопродуктів, які отримані фізичним способом, оскільки сірчана кислота вступає в реакцію з ненасиченими вуглеводнями, що спричиняє великі втрати крекінг-продуктів. Для нейтралізації кислоти і її сполуки очистку нафтопродуктів продовжують завдяки введенню лугу (10%-й водний розчин їдкою натру). Подальша нейтралізація нафтопродуктів проводиться промиванням водою з просушуванням перегрітою парою.

Мінеральні кислоти активно взаємодіють з металами, особливо чорними, а луги – з алюмінієвими деталями, тому їх наявність в паливно-мастильних матеріалах недопустима. Використання нафтопродуктів забороняється у випадку наявності кислот або лугів, навіть у вигляді слідів. Їх наявність визначається якісним методом за реакцією водної витяжки на універсальний індикатор або метилоранж і фенолфталеїн або за допомогою рН метра.

Проведення досліду

Визначення водорозчинних кислот і лугів у нафтопродуктах за допомогою індикаторів.

До 10 г нафтопродукту у конічній колбі додають 50 – 70 см³ нагрітої до 80 °С дистильованої води. Для аналізу рідких нафтопродуктів (нафти, моторної оливи) відбирають близько 10 см³ продукту. Суміш перемішують і нагрівають на водяній бані 5 хв до повного розтоплення або утворення емульсії. Суміш охолоджують до кімнатної температури і зливають водний шар через лійку з паперовим фільтром або за допомогою ділильної лійки. У дві пробірки відбирають невелику кількість отриманої водної витяжки нафтопродукту. В одну з пробірок додають 1 – 2 краплі розчину метилового оранжевого, а в іншу – спиртового розчину фенолфталеїну. За наявності

кислот розчин першої пробірки набуває рожевого забарвлення, а за наявності лугів – розчин другої пробірки забарвлюється в малиновий колір. За результатами дослідження заповнити протокол (табл 7.)

Таблиця 7

Показники кислотності нафтопродуктів за індикаторами

Нафтопродукт	Ефект реакції	
	Метилловий оранжевий	Фенолфталеїн

За результатами проведеної лабораторної роботи зробити висновок про наявність розчинних кислот і лугів у досліджуваних нафтопродуктах.

Контрольні питання

1. Які кислоти та луги в процесі переробки нафти потрапляють до нафтопродуктів?
2. Який вплив мають розчинні кислоти та луги на паливну систему?
3. Як очищують нафтопродукти від кислот і основ?
4. Які відомі методи визначення кислот і основ в нафтопродуктах?
5. Що зумовлюють наявні розчинні кислоти і основи в нафтопродуктах під час зберігання?

**Лабораторна робота № 6. ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ
ЗРАЗКІВ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
СТАЛАГМОМЕТРА**

Мета роботи: визначити поверхневий натяг зразків нафтопродуктів на межі рідина – повітря.

Обладнання та реактиви: мірні колби на 100 мл – 6 шт; лійки – 3 шт; набір аерометрів; сталагмометр; гумова груша; піпетки; дистильована вода;

фільтрувальний папір.

Теоретична частина

Поверхневий натяг – фізичне явище, суть якого полягає в прагненні рідини скоротити площу своєї поверхні за незмінного об'єму.

Поверхневий натяг нафти виникає на межі різних середовищ, наприклад, на межі нафти і води, нафти і породи, нафти і повітря. Це – сила, з якою рідина чинить опір силам, що хочуть змінити форму поверхні. Її вимірюють у Дж/м². Знання поверхневого натягу нафт має важливе значення в разі визначення нафтовіддачі й фільтрації нафт, вибору методів інтенсифікації припливу нафт до вибоїв свердловин. Як приклад, поверхневий натяг нафт Передкарпаття на межі з повітрям становить 25 – 30 Дж/м². На подолання сил поверхневого натягу витрачається частина пластової енергії; на високий поверхневий натяг витрачається більше пластової енергії.

Вимірювання поверхневого натягу відбувається методом відриву крапель. Наближене вимірювання поверхневого натягу рідини може бути проведено за допомогою приладу, який називається сталагмометр (див. рис. 7). Відрив краплі настає тоді, коли маса її буде на дуже малу величину перевищувати силу поверхневого натягу. Практично можна сказати, що в момент відриву краплі маса її урівноважується поверхневим натягом.

Проведення досліду

Сталагмометр закріплюють на штативі у вертикальному положенні і затягують рідину через гумову трубку, яка надіта на верхній край капіляра так, щоб рівень рідини був вищий від верхньої риски. Дають можливість рідині витікати зі сталагмометра. Коли рівень рідини дійде до верхньої риски, починають рахувати краплі і продовжують рахувати доти, доки рідина у сталагмометрі не дійде до нижньої риски. Дослід повторюють кілька разів і беруть середню кількість крапель.

Спочатку визначають вказаним вище методом кількість крапель води, що утворюється під час витікання із об'єму, а потім кількість крапель

досліджуваних розчинів із цього ж об'єму. Поверхневий натяг розраховують за наведеною формулою:

$$\sigma = \frac{\rho n_0}{\rho_0 n} \sigma_0,$$

де ρ – питома вага досліджуваної рідини;

n_0 – кількість крапель води;

ρ_0 – питома вага води;

n – кількість крапель досліджуваної рідини.

Значення σ_0 для води $\sigma_0 = 0,07253$ н/м. Питому вагу досліджуваної речовини визначають за допомогою аерометра.

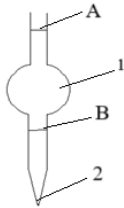


Рис. 7. Сталагмометр

Сталагмометр складається із трубки, яка має розширення – 1, вище і нижче розширення нанесені риски А і В. Через капілярний отвір – 2 рідина витікає у вигляді крапель. За результатами дослідження заповнити протокол (табл. 9.)

Таблиця 8

Густина та поверхневий натяг води за різних температур

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma, \text{erg/cm}^2, \cdot 10^3$ Н/м	$d, \text{г/см}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma, \text{erg/cm}^2, \cdot 10^3$ Н/м	$d, \text{г/см}^3$
12	73,9	0,9996	21	72,6	0,9980
14	73,6	0,9993	22	72,4	0,9978
15	73,5	0,9991	23	72,3	0,9975
16	73,3	0,9990	24	72,1	0,9974
17	73,2	0,9988	25	72,0	0,9970
18	73,0	0,9985	26	71,8	0,9968
19	72,9	0,9984	28	71,5	0,9963
20	72,7	0,9982	30	71,2	0,9957

Результати визначення поверхневого натягу

№ пор.	Досліджувана рідина	Кількість крапель			Кількість крапель середня, $N_{\text{сер}}$
		1	2	3	

Зробити висновок про поверхневі властивості досліджуваних зразків нафтопродуктів.

Контрольні запитання

1. Із чого складається сталагмометр і як він працює?
2. Які існують типи поверхні розділення?
3. На які явища, що відбуваються в пласті, впливає поверхневий натяг?
4. Як залежить поверхневий натяг від тиску і температури?
5. Які існують методи для визначення поверхневого натягу?
6. Якими показниками характеризуються фізико-хімічні властивості поверхні розділення?
7. Що називається гідрофільною і гідрофобною поверхнями?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Братичак М. М. Хімія нафти та газу : навч. посіб. / М.М. Братичак, В.М. Гунько. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 448 с.
2. Гречанюк В.Г. Фізична хімія і хімія силікатів : підручник / В.Г. Гречанюк, І.М. Гречанюк. – Київ : Талком, 2024. – 506 с.
3. Ластухін Ю.О. Органічна хімія : підручник для вищих навчальних закладів. Ч.1 / Ю.О. Ластухін, С.А. Воронов. – Л. : Центр Європи, 2001. – 864 с.
4. Саранчук В.І. Основи хімії і фізики горючих копалин / В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. – 640 с.

5. Білецький В. С. Основи нафтогазової інженерії : підручник / В. С. Білецький, В. Д. Орловський, В. Г. Вітрик; Нац. техн. університет «Харків. політех. ін-т». – Полтава : Видавництво ТОВ «АСМІ», 2018. – 415 с.

6. Нестеренко С. В. Хімія нафти та газу : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія та технології / С. В. Нестеренко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 134 с.

7. Юрків М.І. Фізико-хімічні основи нафтовилучення. – Львів, 2008. – 374 с.

8. Oldenburg, T.B.P. *et al.* (2020). Physical and Chemical Properties of Oil and Gas Under Reservoir and Deep-Sea Conditions. In: Murawski, S., *et al.* Deep Oil Spills. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11605-7_3.

9. Carreón-Calderón B., Uribe-Vargas V., Aguayo J. P. Thermophysical Properties of Heavy Petroleum Fluids. Cham: Springer International Publishing, 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58831-1> (date of access: 27.01.2025).

Навчально-методичне видання

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАФТИ І ГАЗУ

Методичні вказівки та завдання
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології»
денної та заочної форм навчання

Укладачі: **Ковальчук** Юлія Ігорівна,
Гречанюк Віра Григорівна

Випусковий редактор *Л. С. Тавлуй*
Комп'ютерне верстання *К. А. Мавроді*

Підписано до друку 2026. Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 2,0.
Електронний документ. Вид. № 5/III-26

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002