

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра хімії та фізики

05-06-109М

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни «Фізичні основи комп'ютерно-
інтегрованих інформаційних систем»

**«Звіти лабораторних робіт з дисципліни
«Фізичні основи комп'ютерно-інтегрованих
інформаційних систем»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та
заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною
радою ННІАЗ
протокол № 6 від 22.02.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Фізичні основи комп'ютерно-інтегрованих інформаційних систем». Звіти лабораторних робіт з дисципліни «Фізичні основи комп'ютерно-інтегрованих інформаційних систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Лебедь О. О., Соляк Л. В., Рибалко А. В., Гаєвський В. Р., Мороз М. В., Гаращенко О. В., Рудик Б. П. – Рівне : НУВГП, 2022. – 28 с.

Укладачі:

Лебедь О. О., к.т.н., доцент кафедри хімії та фізики;
Соляк Л. В., ст. викладач кафедри хімії та фізики;
Рибалко А. В., к.п.н., доцент кафедри хімії та фізики;
Гаєвський В. Р., к.т.н., доцент кафедри хімії та фізики;
Мороз М. В., д.х.н., в.о. завідувача кафедри хімії та фізики;
Гаращенко О. В., к.т.н., доцент кафедри хімії та фізики;
Рудик Б. П., к.ф-м.н., доцент кафедри хімії та фізики.

Відповідальний за випуск:

Мороз М. В., д.х.н., доцент, в.о. завідувача кафедри хімії та фізики.

Керівник групи забезпечення
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Янчук Р. М.

© Лебедь О. О., Соляк Л. В.,
Рибалко А. В., Гаєвський В. Р.,
Мороз М. В., Гаращенко О. В.,
Рудик Б. П., 2022
© НУВГП, 2022

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1 <i>Визначення лінійної щільності інформації оптичних носіїв персонального комп'ютера</i>	5
Лабораторна робота № 2 <i>Визначення розмірів пікселів рідкокристалічних екранів мобільних телефонів</i>	9
Лабораторна робота № 3 <i>Визначення радіуса кривизни лінзи CD – ROM комп'ютера за допомогою кілець Ньютона</i>	13
Лабораторна робота № 4 <i>Поляризація світла. Перевірка закону Малюса</i>	17
Лабораторна робота № 5 <i>Дослідження зовнішнього фотоефекту</i>	22
Додаток	24
Література	28

Вступ

В даних методичних вказівках представлено заготовки звітів до лабораторних робіт з дисципліни «Фізичні основи комп'ютерно-інтегрованих інформаційних систем», які виконуються на кафедрі хімії та фізики.

Метою методичних вказівок є підвищення ефективності роботи студента в процесі виконання лабораторних робіт, краще засвоєння теоретичного матеріалу, набуття навичок експериментальних досліджень та обробки результатів вимірювань.

Кожна заготовка звіту має чотири сторінки формату А5: 1 ст.- титульна; 2 ст.- мета роботи, робоча формула, результати вимірювань; 3 ст.- обробка результатів вимірювання, кінцевий результат; 4 ст.- контрольні питання.

При роздрукуванні звіту треба ввести номери сторінки з контрольними питаннями і номер титульної сторінки і друкувати ці дві сторінки на аркуші форматом А4 (при роздрукуванні не забути ввести в розділі «Масштаб. Число сторінок на листі» - 2)

Потім треба ввести номери сторінки з метою роботи і номер сторінки обробка результатів вимірювання і друкувати ці дві сторінки на другій стороні аркушу форматом А4.

В лабораторних роботах №3 «Визначення радіуса кривизни лінзи CD – ROM комп'ютера за допомогою кілець Ньютона» та №4 «Поляризація світла. Перевірка закону Малюса» для обробки результатів вимірювання використано метод найменших квадратів (МНК), який використовується при аналізі багатьох експериментальних фізико-математичних задач. Для зручності студентів теорія методу найменших квадратів подана у додатку.

Автори висловлюють подяку ст. викладачу кафедри хімії та фізики Кочергіній Ользі Дмитрівні за можливість використати її доробок з оформлення лабораторних робіт, що сприяв якіснішому викладанню дисципліни.

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра хімії та фізики

Звіт
з лабораторної роботи № 1

***Визначення лінійної щільності інформації
оптичних носіїв персонального комп'ютера***

Виконав:

студент групи _____

(Прізвище І.П.)

Перевірів:

(Прізвище І.П.)

Рівне 20 р

МЕТА РОБОТИ: визначити лінійну щільність інформації (кількість біт на одиницю довжини доріжки) компакт-диску.

РОБОЧА ФОРМУЛА:

$$y = \frac{1}{x} = \frac{4 N k \lambda \sqrt{h^2 + \ell^2}}{\pi \left(D_1^2 - D_2^2 \right) \ell}$$

h - відстані, що відповідають першому та другому основним дифракційним максимумам

ℓ - відстань від бічної стінки до точки падіння променя

D_1 - зовнішній і внутрішній D_2 - діаметри його робочої поверхні

λ - довжини хвилі лазера

k -тий головний дифракційний максимум.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ:

	CD		DVD
$D_1, м$			
$D_2, м$			
$\lambda, м$	0,63·10 ⁶		0,63·10 ⁶
$N, біт$	5,87·10 ⁹		4,04·10 ¹⁰
k	1	2	1
$\ell, м$			
$h, м$			
$y, біт/м$			
$y_{ср}, біт/м$			

$\pi =$

$\Delta\pi =$

$\Delta D = \Delta h = \Delta \ell =$

$\Delta\lambda =$

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ:

$$y_1 =$$

$$y_2 =$$

$$y_3 =$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{\Delta\pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)^2 + \frac{4(D_1^2\Delta D_1^2 + D_2^2\Delta D_2^2)}{(D_1^2 - D_2^2)^2} + \frac{h^2\ell^2\Delta h^2 + h^4\Delta\ell^2}{(h^2 + \ell^2)^2\ell^2}} =$$

Для **DVD** абсолютна похибка:

$$\Delta y = \varepsilon y_{cp} =$$

КІНЦЕВИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

Контрольні питання до роботи

1. В чому полягають переваги оптичного перед магнітним та напівпровідниковим методами запису та відтворення комп'ютерної інформації?
2. Назвіть основні групи стандартів оптичних технологій запису інформації.
3. Описати технологію запису (зчитування) інформації на CD-ROM, CD-R та DVD-R.
4. Як відбувається запис інформації на диски CD-RW та DVD-RW?
5. Порівняти технічні характеристики CD-ROM, DVD та BD.
6. Як визначити число біт інформації на диску? За якою формулою обчислюється загальна кількість бітів на диску?
7. За якою формулою визначається лінійна щільність інформації на диску? Вивести цю формулу.
8. У чому полягає явище інтерференції світла? Що таке когерентні промені? Записати і пояснити умови максимумів і мінімумів світла у випадку інтерференції когерентних променів.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра хімії та фізики

Звіт
з лабораторної роботи № 2

***Визначення розмірів пікселів рідкокристалічних
екранів
мобільних телефонів***

Виконав:
студент групи _____

(Прізвище І.П.)

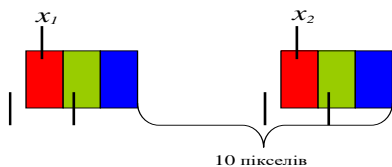
Перевірив:

(Прізвище І.П.)

Рівне 20 р

МЕТА РОБОТИ: вивчити будову і принцип роботи рідкокристалічних моніторів, визначити середні розміри пікселів екрану мобільного телефону

РОБОЧА ФОРМУЛА:



$$x_i = \frac{x_2 - x_1}{10}; y_i = \frac{y_2 - y_1}{10}$$

$$S_c = (x_i)_{cp} \cdot (y_i)_{cp}; \quad S_e = X \cdot Y; \quad N = \frac{S_e}{S_c}$$

x_i та y_i – розміри пікселів по горизонталі і вертикалі;

X та Y – довжина та ширина екрану мобільного телефону;

S_c – площа пікселя, розрахована за формулою;

S_e – площа екрану мобільного телефону

N – кількість пікселів екрану мобільного телефону.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ:

X=

Y=

	$x_1,$ мм	$x_2, мм$	$x_i, мм$	$\Delta x_i,$ мм	$y_1,$ мм	$y_2, мм$	$y_i, мм$	$\Delta y_i,$ мм
1								
2								
3								
4								
5								
Ср								

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ:

$$x_i = \frac{x_2 - x_1}{10}; \quad y_i = \frac{y_2 - y_1}{10}; \quad \Delta x_i = |x_i - (x_i)_{cp}|; \quad \Delta y_i = |y_i - (y_i)_{cp}|$$

$$(\sigma_{\kappa\sigma})_x = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{n-1}} =$$

$$(\sigma_{\kappa\sigma})_y = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_i^2}{n-1}} =$$

$$\Delta x_{\epsilon} = \frac{t_c \cdot (\sigma_{\kappa\sigma})_x}{\sqrt{n}} =$$

$$\Delta y_{\epsilon} = \frac{t_c \cdot (\sigma_{\kappa\sigma})_y}{\sqrt{n}} =$$

$$S_c = (x_i)_{cp} \cdot (y_i)_{cp} =$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{S_c} = \frac{\Delta x_{\epsilon}}{(x_i)_{cp}} + \frac{\Delta y_{\epsilon}}{(y_i)_{cp}} =$$

$$\Delta S = \varepsilon \cdot S_c =$$

$$S_e = X \cdot Y =$$

$$N = \frac{S_e}{S_c} =$$

КІНЦЕВИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

$$S = S_c \pm \Delta S =$$

$$\varepsilon = \dots \%$$

Контрольні питання до роботи

1. Які пристрої забезпечують зв'язок між користувачем і комп'ютером?
2. Що таке монітор комп'ютера? Проектор?
3. Назвіть основні технічні характеристики монітора. Що називається роздільною здатністю монітора? Що таке піксел?
4. Назвіть основні типи моніторів.
5. Пояснити принцип роботи LCD-монітора.
6. Пояснити принцип роботи PDP-монітора.
7. Пояснити принцип роботи електронно-променевого монітора. Назвати різновиди ЕПТ-монітора.
8. Порівняти характеристики LCD, PDP і CRT-моніторів.
9. Як працюють електролюмінісцентні монітори?
10. Як працюють монітори на основі вуглецевих нанотрубок?

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра хімії та фізики

Звіт
з лабораторної роботи № 3

***Визначення радіуса кривизни лінзи CD-ROM комп'ютера
за допомогою кілець Ньютона***

Виконав:
студент групи _____

(Прізвище І.П.)

Перевірив:

(Прізвище І.П.)

Рівне 20 р

МЕТА РОБОТИ: визначити радіус кривизни лінзи за допомогою кілець Ньютона.

РОБОЧА ФОРМУЛА:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot (r_m^2)_i - n \cdot m_{cp} \cdot (r_m^2)_{cp}}{\sum_{i=1}^n m_i^2 - n \cdot (m_{cp})^2}, \quad \beta = (r_m^2)_{cp} - \alpha \cdot m_{cp}, \quad R = \frac{\alpha}{\lambda}$$

α і β – коефіцієнти лінійної залежності $r_m^2 = \alpha m + \beta$, що знаходяться методом найменших квадратів

$n = 6$ – кількість вимірів

m_i – номер кільця

r_m – радіус темного кільця Ньютона

R – радіус кривизни лінзи

λ – довжина хвилі монохроматичного джерела

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ:

$\lambda =$

							Σ	Ср.
m_i ,	1	2	3	4	5	6	21	3,5
m_i^2 ,	1	4	9	16	25	36	91	–
r_m ,								–
r_m^2 ,								
$m_i \cdot (r_m^2)_i$								–

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot (r_m^2)_i - 6 \cdot 3,5 \cdot (r_m^2)_{cp}}{91 - 6 \cdot 3,5^2} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot (r_m^2)_i - 21 \cdot (r_m^2)_{cp}}{17,5} =$$

$$\beta = (r_m^2)_{cp} - 3,5 \cdot \alpha =$$

$$R = \frac{\alpha}{\lambda} =$$

КІНЦЕВИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

Контрольні питання до роботи

1. У чому полягає явище інтерференції світла? Що таке когерентні промені?
2. Записати і пояснити умови максимумів і мінімумів світла у випадку інтерференції когерентних променів.
3. Докладно пояснити як утворюються інтерференційні кільця Ньютона.
4. Вивести і пояснити формули для радіусів світлого і темного інтерференційних кілець Ньютона.
5. Що таке числова апертура лінзи? Що вона визначає?
6. Пояснити принцип роботи лазера.
7. Пояснити принцип роботи оптичної головки читання/запису.

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра хімії та фізики

Звіт
з лабораторної роботи №4

Поляризація світла. Перевірка закону Малюса

Виконав:
студент групи _____

(Прізвище І.П.)

Перевірів:

(Прізвище І.П.)

Рівне 20 р

МЕТА РОБОТИ: порівняти дійсні значення відношень інтенсивностей поляризованого світла, що потрапляє і виходить з аналізатора за різних значень кута поляризації, з їх значеннями згідно закону Малюса.

РОБОЧА ФОРМУЛА:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

I – інтенсивність світла, що пройшло крізь аналізатор

I_0 – інтенсивність світла, що попередньо пройшло крізь поляризатор і падає на аналізатор

α – кут між пропусковим напрямком поляризатора та аналізатора

i – сила струму в колі фотоелемента

i_0 – максимальна сила струму за максимальної інтенсивності світла I_0 при

$\alpha = 0$

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ:

$$i_0 = \quad \text{мкА}$$

										Σ	C_p
n										---	---
α											
$i, \text{мкА}$										---	---
$y = \frac{i}{i_0}$											
$\cos^2 \alpha$											
$(\cos^2 \alpha)^2$											
$(\cos^2 \alpha) \cdot y$											

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (\cos^2 \alpha)_i \cdot y_i - n \cdot (\cos^2 \alpha)_{cp} \cdot y_{cp}}{\sum_{i=1}^n (\cos^2 \alpha)_i^2 - n \cdot ((\cos^2 \alpha)_{cp})^2} =$$

$$b = y_{cp} - a \cdot (\cos^2 \alpha)_{cp} =$$

КІНЦЕВИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

Контрольні питання до роботи

1. Яке світло називають поляризованим?
2. Яка причина того, що природне світло неполяризоване?
3. Яке світло називають плоскополяризованим, еліптично-поляризованим, циркулярно-поляризованим?
4. В яких пристроях сучасного комп'ютера застосовується поляризоване світло? Пояснити технологію його отримання та застосування.
5. Записати і сформулювати закон Малюса.
6. Записати формулу і пояснити закон Брюстера.
7. У чому полягає суть явища подвійного променезаломлення.
8. Пояснити принцип роботи призми Ніколя.
9. Які речовини називаються оптично активними?
10. Пояснити принцип зчитування інформації з магнітооптичних дисків.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра хімії та фізики

Звіт
з лабораторної роботи № 5
Дослідження зовнішнього фотоефекта

Виконав:
студент групи _____

(Прізвище І.П.)

Перевірів:

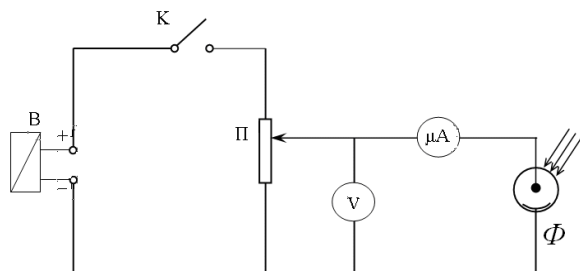
(Прізвище І.П.)

Рівне 20 р

МЕТА РОБОТИ: 1) зняти вольт-амперні характеристики за двох значень освітленості фотоелемента; 2) перевірити закон обернених квадратів.

РОБОЧА ФОРМУЛА:

$$\frac{I_{1\text{нас}}}{I_{2\text{нас}}} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$



$I_{1\text{нас}}$ та $I_{2\text{нас}}$ – сили фотострумів насичення для віддалей відповідно r_1 та r_2 .

Напруга, що подається на фотоелемент – Φ від джерела постійного струму – B , змінюється за допомогою потенціометра – Π і

вимірюється вольтметром – V . Сила фотоструму вимірюється за допомогою мікроамперметра – μA . Електричне коло замикається за допомогою ключа K .

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ:

$r_1 =$

$I, \mu A$									
U, B									

$r_2 =$

$I, \mu A$									
U, B									

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ:

КІНЦЕВИЙ РЕЗУЛЬТАТ:

Додаток

Метод найменших квадратів

Метод найменших квадратів (МНК) був розроблений в 1795-1805 рр. Лежандром і Гаусом і отримав назву регресійного аналізу, або методу найменших квадратів. Тепер, завдяки можливості широкого доступу до ЕОМ цей метод отримав широке застосування. Розглянемо суть МНК. Нехай після попереднього аналізу була обрана певна математична модель виду

$$\hat{y} = a_0 + a_1 x. \quad (1)$$

Далі, завдання полягає в тому, щоб знайти найкращі значення параметрів моделі a_0 , a_1 і i . Значення ж x_i і y_i , навпаки, нам відомі. Це не змінні, а конкретні числа, отримані в результаті вимірювань. Між розрахованими за моделлю значеннями \hat{y}_i і експериментальними результатами y_i - будуть спостерігатися відхилення. Введемо для них позначення

$$\Delta_{y_i} = y_i - \hat{y}_i. \quad (2)$$

МНК полягає у знаходженні таких значення шуканих параметрів моделі a_0 і a_1 , при яких сума по всім n точкам

$$\sum_{i=1}^n \Delta y_i^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

Тобто цей метод мінімізує абсолютні значення похибок по відношенню до вибраної моделі.

Для виконання умови (3) використаємо умову для екстремуму функції ($\frac{\partial f(a)}{\partial a} = 0$).

Якщо взяти по черзі часткові похідні по a_0 і a_1 і прирівняти їх до нуля, отримаємо систему з двох рівнянь, розв'язком якої і будуть шукані a_0 , a_1 . Отже,

$$\Delta_{y_i}^2 = (y_i - \hat{y})^2 = (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{y_i}^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2 \quad (5)$$

Похідна за a_0

$$\frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n \Delta_{y_i}^2 \right)}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) = 0. \quad (6)$$

і тоді перше рівняння системи буде таким

$$a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i. \quad (7)$$

Похідна за a_1

$$\frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n \Delta_{y_i}^2 \right)}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) x_i = 0, \quad (8)$$

і друге рівняння системи

$$a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad (9)$$

Система рівнянь для розрахунку параметрів моделі a_0 і a_1 буде

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{cases} \quad (10)$$

Розв'язки цієї системи, які використовуються в даній методичній роботі будуть такими:

$$a_0 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i \right]}{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]}; \quad (11)$$

$$a_1 = \frac{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i \right]}{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]}; \quad (12)$$

Таким чином, по введеним експериментальним даним: x_1, \dots, x_n і y_1, \dots, y_n , на ЕОМ обраховуються n , $\sum x_{1i}$, $\sum x_{1i}^2$, $\sum y_i$, $\sum x_{1i} y_i$ а потім розв'язують системи рівнянь, визначаючи параметри моделі a_0 і a_1 . Лінія, яка визначається МНК, називається лінією регресії, а коефіцієнти a_0 і a_1 і т. д. називаються коефіцієнтами

$$\Delta Y = \gamma \cdot Y_{cp} \quad (17)$$

Після нескладних математичних перетворень формули (11), (12), (14) і (17) можна привести до більш зручних для машинного обрахунку виразів:

$$a_0 = y_{cp} - a_1 \cdot x_{cp} \quad (11)$$

$$a_1 = \frac{\sum_i (x_i \cdot y_i) - n \cdot x_{cp} \cdot y_{cp}}{\sum_i (x_i)^2 - n \cdot x_{cp}^2} \quad (12)$$

$$\rho = a_1 \cdot \frac{S_x}{S_y} \quad (14)$$

$$\Delta a_1 = t(P, n) \cdot \frac{S_y}{S_x} \cdot \frac{\sqrt{1 - \rho^2}}{\sqrt{\xi}}, \quad (17)$$

де $S_x = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - x_{cp})^2}{n - 1}}$, $S_y = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - y_{cp})^2}{n - 1}}$ і $t(P, n)$ – коефіцієнт Стюдента; ξ – ступінь вільності, який дорівнює $n - 2$.

Література

1. **05-06-07** Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Фізичні основи інформаційних систем», (спецкурс) для студентів напрямів підготовки 6.080200 «Прикладна математика» та 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» денної, форми навчання / О. О. Лебедь, О. Д. Кочергіна, В. І. Гаращенко, В. О. Мислінчук. Рівне : НУВГП, 2013, 42 с.
2. **05-06-49** Методичні вказівки до обробки експериментальних даних лабораторних робіт з дисципліни Фізика з використанням розрахункової програми Mathcad (частина 2: магнетизм, коливання і хвилі, оптика, атомна фізика, ядерна фізика) студентами інженерно-технічних спеціальностей освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / В. Р. Гаєвський, М. В. Мороз, В. Ф. Орленко. Рівне : НУВГП, 2016. – 41 с.
3. Лебедь О. О., Мислінчук В. О., Пастушенко В. Й. **ЛЗЗ** Фізичні основи комп'ютерно-інтегрованих інформаційних систем : підручник. Рівне : НУВГП, 2015. 352 с.
4. **05-06-71** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Фізика», «Альбом лабораторних робіт з розділів "Електромагнетизм", "Коливання і хвилі", "Оптика", "Квантова фізика для студентів галузей знань «Автоматизація приладобудування», «Інформаційні технології», «Комп'ютерна інженерія», «Архітектура і будівництво», «Аграрні науки», «Природничі науки», «Транспорт», «Механічна інженерія», «Електрична інженерія» денної, заочної форм навчання / О. Д. Кочергіна, Л. В. Соляк, О. В. Гаращенко. Рівне : НУВГП, 2016. 61 с.