

Лабораторна робота №2

Модульне тестування

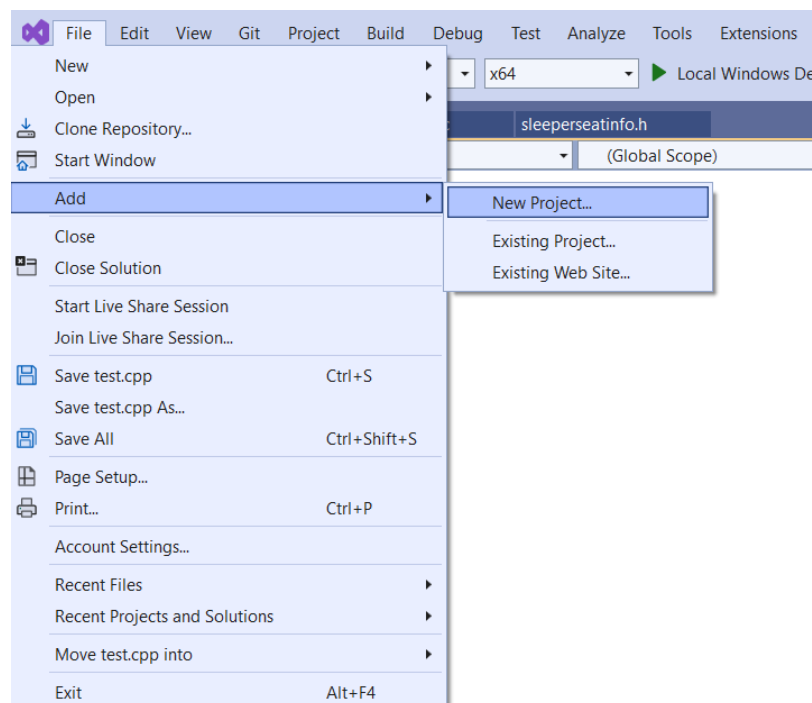
Мета

Вивчити можливості Google Test Framework для створення та виконання модульних тестів. Ознайомитися з функціями бібліотеки math.lib.

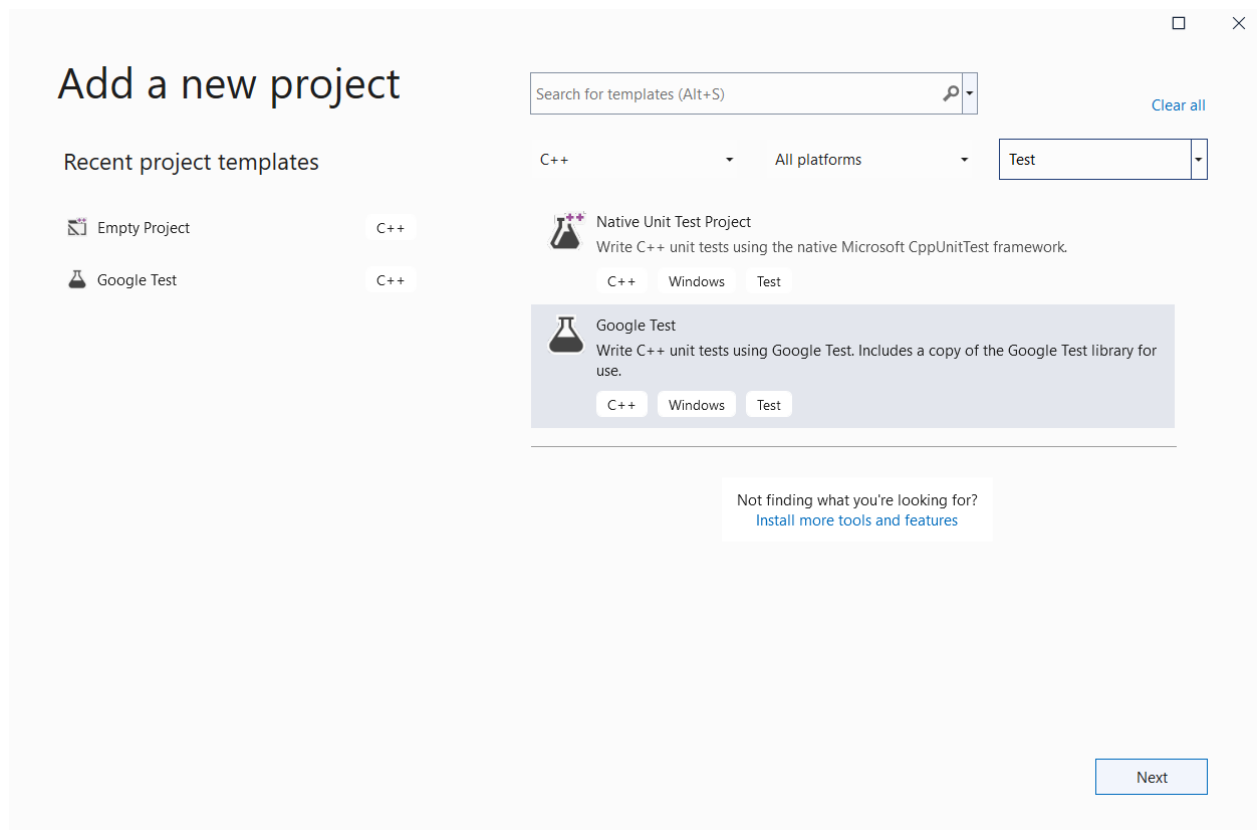
Теоретичні відомості

Модульне тестування з Google Test Framework у Microsoft Visual Studio

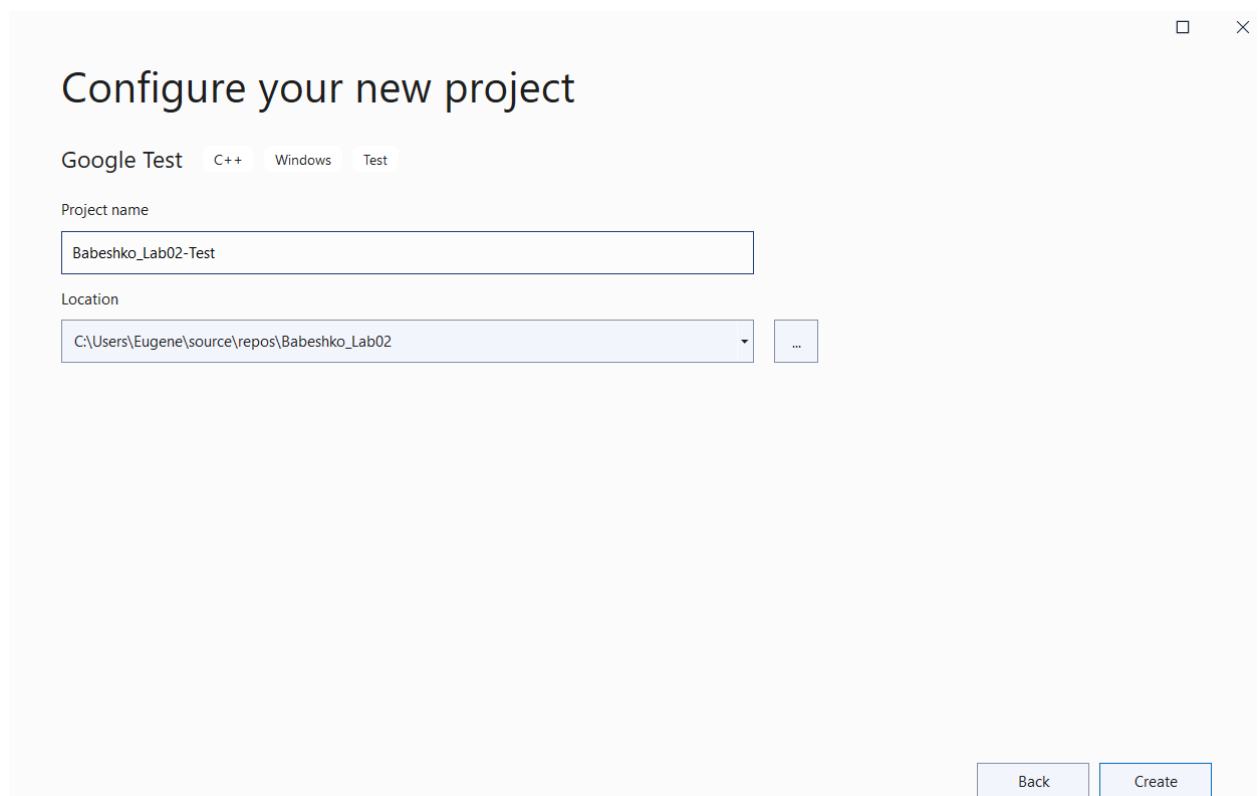
Для розроблення модульних тестів з використанням Google Test Framework у Microsoft Visual Studio необхідно додати новий проєкт до рішення, обравши пункт меню File – Add – New Project... :



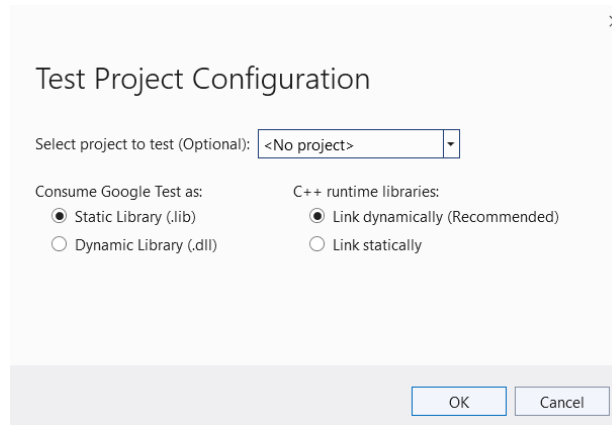
У вікні обрання шаблону проєкту необхідно обрати Google Test:



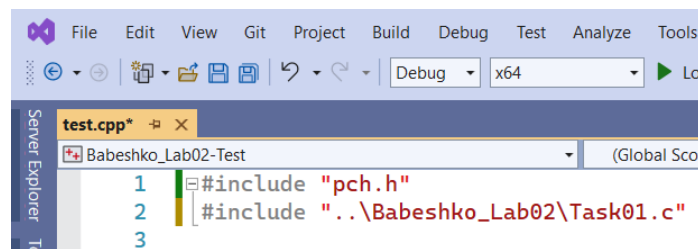
Далі необхідно вказати назву проєкту та каталог розміщення:



У вікні конфігурації проєкту, що буде тестуватися, можна залишити усі налаштування за замовчуванням:



Далі у основному файлі необхідно підключити файл, що містить функції, які будуть тестуватися (зверніть увагу, що шлях має бути вказаний відносний, а не абсолютний):



Далі необхідно розробити модульні тести. Розглянемо приклад функції Factorial, яку необхідно протестувати:

```
int Factorial(int n) {
    int result = 1;
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        result *= i;
    }

    return result;
}
```

Приклади розроблених тестів:

```
TEST(FactorialTest, Negative) {  
    EXPECT_EQ(1, Factorial(-5));  
    EXPECT_EQ(1, Factorial(-1));  
    EXPECT_GT(Factorial(-10), 0);  
}  
  
TEST(FactorialTest, Zero) {  
    EXPECT_EQ(1, Factorial(0));  
}  
  
TEST(FactorialTest, Positive) {  
    EXPECT_EQ(1, Factorial(1));  
    EXPECT_EQ(2, Factorial(2));  
    EXPECT_EQ(6, Factorial(3));  
    EXPECT_EQ(40320, Factorial(8));  
}
```

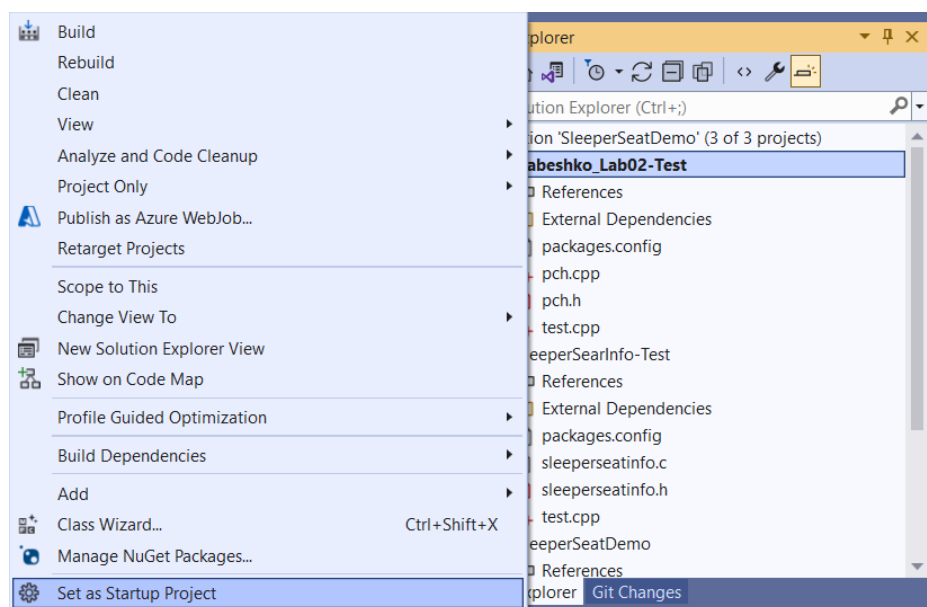
З іншими прикладами можна ознайомитися за посиланням:

<https://github.com/google/googletest/tree/main/googletest/samples>

З документацією на Google Test можна ознайомитися за посиланням:

<https://github.com/google/googletest/blob/main/docs/reference/assertions.md>

Після розроблення тестів можна задати, щоб вони запускались у консольному додатку за комбінацією F5 або Ctrl-F5. Для цього необхідно натиснути праву кнопку миші на проєкті та обрати пункт Set as Startup Project:



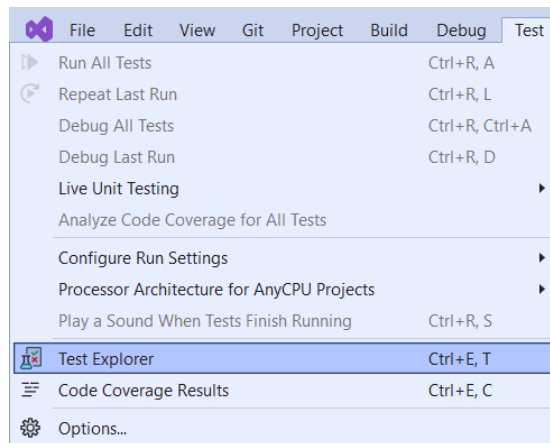
Приклад запуску тестів у консольному додатку:

```
Microsoft Visual Studio Debug Console

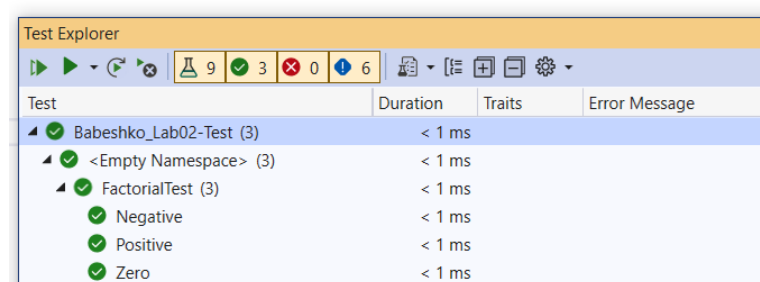
Running main() from c:\a\1\s\thirdparty\googletest\googletest\src\gtest_main.cc
[=====] Running 3 tests from 1 test case.
[-----] Global test environment set-up.
[-----] 3 tests from FactorialTest
[ RUN     ] FactorialTest.Negative
[ OK      ] FactorialTest.Negative (0 ms)
[ RUN     ] FactorialTest.Zero
[ OK      ] FactorialTest.Zero (0 ms)
[ RUN     ] FactorialTest.Positive
[ OK      ] FactorialTest.Positive (0 ms)
[-----] 3 tests from FactorialTest (2 ms total)

[-----] Global test environment tear-down
[=====] 3 tests from 1 test case ran. (8 ms total)
[ PASSED ] 3 tests.
```

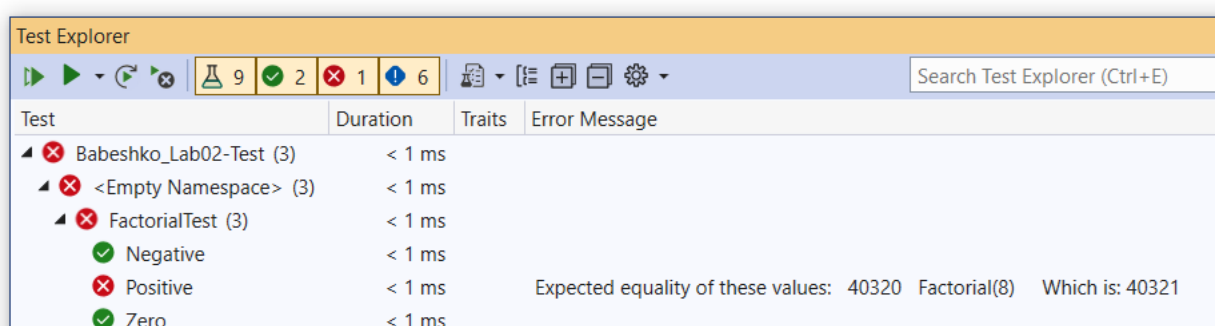
Тести також можна запускати / переглядати з використанням інструменту Test Explorer:



Приклад вмісту вікна Test Explorer у разі успішного виконання усіх тестів:



Приклад вмісту вікна Test Explorer у разі наявності неуспішно виконаних тестів:



Функції бібліотеки math.lib

Функції для розрахунку математичних виразів знаходяться у бібліотеці math.lib (підключення заголовного файлу бібліотеки: `#include <math.h>`). Усі аргументи тригонометричних функцій задаються у радіанах.

Математична функція	Функція бібліотеки math	Опис
\sqrt{x}	<code>sqrt(x)</code>	Обчислення квадратного корня x
$ x $	<code>fabs(x)</code>	Обчислення абсолютного значення x
e^x	<code>exp(x)</code>	Обчислення експоненти числа x
x^y	<code>pow(x, y)</code>	Піднесення x до степеня y
$\ln x$	<code>log(x)</code>	Обчислення натурального логарифму x
$\lg_{10} x$	<code>log10(x)</code>	Обчислення десяткового логарифму x
$\sin x$	<code>sin(x)</code>	Обчислення синусу x
$\cos x$	<code>cos(x)</code>	Обчислення косинусу x
$\operatorname{tg} x$	<code>tan(x)</code>	Обчислення тангенсу x
$\arcsin x$	<code>asin(x)</code>	Обчислення арксинусу x
$\arccos x$	<code>acos(x)</code>	Обчислення арккосинусу x
$\operatorname{arctg} x$	<code>atan(x)</code>	Обчислення арктангенсу x
$\operatorname{arctg} x/y$	<code>atan2(x, y)</code>	Обчислення значення арктангенсу двох аргументів x та y
$\operatorname{sh} x = 1/2 (e^x - e^{-x})$	<code>sinh(x)</code>	Обчислення синусу гіперболічного x
$\operatorname{ch} x = 1/2 (e^x + e^{-x})$	<code>cosh(x)</code>	Обчислення косинусу гіперболічного x
$\operatorname{tgh} x$	<code>tanh(x)</code>	Обчислення тангенсу гіперболічного x
Залишок від ділення x на y	<code>fmod(x, y)</code>	Функція повертає дійсне значення, що відповідає залишку від цілочислового ділення x на y
Округлювання до більшого	<code>ceil(x)</code>	Функція повертає дійсне значення, що відповідає найменшому цілому числу, яке є більшим або дорівнює x
Округлювання до меншого	<code>floor(x)</code>	Функція повертає дійсне значення, що відповідає найбільшому цілому числу, яке є меншим або дорівнює x

Визначені математичні константи

Крім опису математичних функцій, заголовний файл `math.h` містить декілька математичних констант. Для використання констант перед підключенням заголовного файлу `math.h` необхідно додати такий рядок:

```
#define _USE_MATH_DEFINES
```

Символ	Вираз	Значення
<code>M_E</code>	e	2.718281828
<code>M_LOG2E</code>	$\log_2(e)$	1.442695041
<code>M_LOG10E</code>	$\log_{10}(e)$	0.434294482
<code>M_LN2</code>	$\ln(2)$	0.693147181
<code>M_LN10</code>	$\ln(10)$	2.302585093
<code>M_PI</code>	π	3.141592654
<code>M_PI_2</code>	$\pi/2$	1.570796327
<code>M_PI_4</code>	$\pi/4$	0.785398163
<code>M_1_PI</code>	$1/\pi$	0.318309886
<code>M_2_PI</code>	$2/\pi$	0.636619772
<code>M_2_SQRTPI</code>	$2/\sqrt{\pi}$	1.128379167
<code>M_SQRT2</code>	$\sqrt{2}$	1.414213562
<code>M_SQRT1_2</code>	$1/\sqrt{2}$	0.707106781

Завдання 1

Для кожного x , що змінюється від a до b з кроком $h = (b-a)/n$, знайти значення функції $Y(x)$, суми $S(x)$ та $|Y(x) - S(x)|$ й вивести у вигляді таблиці.

Функції $Y(x)$ та $S(x)$ реалізувати у вигляді функцій мови C в окремому модулі. Значення a , b , h та n задати константами у заголовному файлі модуля.

Оскільки значення $S(x)$ є рядом розкладу функції $Y(x)$, при правильному розв'язанні значення S та Y для заданого аргументу x (для тестових значень вихідних даних) повинні співпадати у цілій частині та у перших двох-чотирьох позиціях після десяткової точки.

Варіанти завдань наведено у додатку А.

Завдання 2

Розробити програму-калькулятор, що реалізує такі операції:

- скидання;
- додавання;
- віднімання;
- множення;
- ділення;
- додаткові операції з додатку Б (відповідно до варіанту);
- вихід.

Кожна з додаткових операцій має бути реалізована у вигляді функції мови C. Усі додаткові операції мають бути реалізовані у окремому модулі (файлах .h та .c).

Тригонометричні функції мають обробляти градуси, а не радіани.

Передбачити можливість використання результатів обчислення в наступній операції (наприклад, до результату множення повинна бути передбачена можливість додавання числа і т.п.).

Передбачити коректне оброблення неприпустимих даних (наприклад, при спробі вилучення квадратного кореня з від'ємного числа повинно бути видане відповідне повідомлення про помилку).

Завдання 3

Розробити модульні тести для функцій додаткових операцій із завдання 2, використовуючи Google Test Framework.

Вимоги до звіту

Тексти програм мають починатися з коментаря, в якому зазначається номер і назва лабораторної роботи, номер завдання, а також прізвище студента. Наприклад, для першого завдання коментар має бути таким:

```
/**
 * @file lab2_1.c
 * @author Петренко П.П., гр. 515
 * @date 17 лютого 2022
 * @brief Лабораторна робота № 2
 *
 * Модульне тестування. Завдання 1
 */
```

Звіт з лабораторної роботи має включати:

1. титульний аркуш із зазначенням номеру та назви лабораторної роботи;
2. мету роботи;
3. варіант і тексти завдань;
4. схеми алгоритмів;
5. вихідні тексти програм;
6. результати роботи програм (скріншоти або текст, який виводять програми);
7. тестові набори + посилання на онлайн проєкти;
8. висновки (що було зроблено, за допомогою яких засобів, що було вивчено і т.ін.).

Контрольні питання

1. Модульні тести. Призначення, особливості. Інші різновиди тестування.
2. Google Test Framework. Створення нового проєкту.
3. Google Test Framework. Розроблення тестів.
4. Google Test Framework. Запуск тестів.

Додаток А. Варіанти завдань (завдання 1)

№	a	b	$S(x)$	n	$Y(x)$
1.	0.1	0.8	$\frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{12} + \dots + (-1)^{n+1} \frac{x^{2n}}{2n(2n-1)}$	180	$x \cdot \arctg x - \ln \sqrt{1+x^2}$
2.	0.1	1	$1 + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^{2n}}{(2n)!}$	150	$\frac{e^x + e^{-x}}{2}$
3.	0.1	1	$1 + 2\frac{x}{2} + \dots + \frac{n^2+1}{n!} \left(\frac{x}{2}\right)^n$	160	$\left(\frac{x^2}{4} + \frac{x}{2} + 1\right) e^{\frac{x}{2}}$
4.	0.1	1	$1 - \frac{3}{2}x^2 + \dots + (-1)^n \frac{2n^2+1}{(2n)!} x^{2n}$	110	$\left(1 - \frac{x^2}{2}\right) \cos x - \frac{x}{2} \sin x$
5.	0.1	1	$1 + \frac{4x}{1!} + \dots + \frac{(4x)^n}{n!}$	110	e^{4x}
6.	0.1	1	$x - \frac{x^3}{3!} + \dots + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}$	170	$\sin x$
7.	-2	-0.1	$-(1+x)^2 + \frac{(1+x)^4}{2} + \dots + (-1)^n \frac{(1+x)^{2n}}{n}$	150	$\ln \frac{1}{2+2x+x^2}$
8.	0.1	1	$1 + \frac{\cos \frac{\pi}{4}}{1!} x + \dots + \frac{\cos n \frac{\pi}{4}}{n!} x^n$	125	$e^{x \cos \frac{\pi}{4}} \cos \left(x \sin \frac{\pi}{4}\right)$
9.	0.1	0.8	$\frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{12} + \dots + (-1)^{n+1} \frac{x^{2n}}{2n(2n-1)}$	190	$x \cdot \arctg x - \ln \sqrt{1+x^2}$
10.	0.1	1	$1 - \frac{x^2}{2!} + \dots + (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!}$	100	$\cos x$
11.	0.1	1	$x + \frac{x^3}{3!} + \dots + \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}$	100	$\frac{e^x - e^{-x}}{2}$
12.	0.2	0.8	$\frac{x}{3!} + \frac{4x^2}{5!} + \dots + \frac{n^2}{(2n+1)!} x^n$	140	$\frac{1}{4} \left(\frac{x+1}{\sqrt{x}} \operatorname{sh} \sqrt{x} - \operatorname{ch} \sqrt{x} \right)$
13.	0.1	1	$1 + 3x^2 + \dots + \frac{2n+1}{n!} x^{2n}$	150	$(1+2x^2)e^{x^2}$
14.	-2	-0.1	$-(1+x)^2 + \frac{(1+x)^4}{2} + \dots + (-1)^n \frac{(1+x)^{2n}}{n}$	180	$\ln \frac{1}{2+2x+x^2}$
15.	0.1	1	$\frac{x^3}{3} - \frac{x^5}{15} + \dots + (-1)^{n+1} \frac{x^{2n+1}}{4n^2-1}$	140	$\frac{1+x^2}{2} \arctg x - \frac{x}{2}$
16.	0.1	0.5	$x - \frac{x^3}{3} + \dots + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{2n+1}$	160	$\arctg x$
17.	0.1	1	$x - \frac{x^3}{3!} + \dots + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}$	160	$\sin x$

18.	0.1	1	$1 + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^{2n}}{(2n)!}$	100	$\frac{e^x + e^{-x}}{2}$
19.	0.1	1	$1 + \frac{\cos \frac{\pi}{4}}{1!} x + \dots + \frac{\cos n \frac{\pi}{4}}{n!} x^n$	120	$e^{x \cos \frac{\pi}{4}} \cos \left(x \sin \frac{\pi}{4} \right)$
20.	0.1	1	$1 - \frac{x^2}{2!} + \dots + (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!}$	80	$\cos x$
21.	0.1	1	$1 + 3x^2 + \dots + \frac{2n+1}{n!} x^{2n}$	140	$(1 + 2x^2) e^{x^2}$
22.	0.1	1	$x + \frac{x^3}{3!} + \dots + \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}$	80	$\frac{e^x - e^{-x}}{2}$
23.	0.1	1	$\frac{x^3}{3} - \frac{x^5}{15} + \dots + (-1)^{n+1} \frac{x^{2n+1}}{4n^2 - 1}$	120	$\frac{1+x^2}{2} \operatorname{arctg} x - \frac{x}{2}$
24.	0.1	1	$1 + \frac{2x}{1!} + \dots + \frac{(2x)^n}{n!}$	100	e^{2x}
25.	0.1	1	$1 + 2 \frac{x}{2} + \dots + \frac{n^2 + 1}{n!} \left(\frac{x}{2} \right)^n$	140	$\left(\frac{x^2}{4} + \frac{x}{2} + 1 \right) e^{\frac{x}{2}}$
26.	0.1	0.5	$x - \frac{x^3}{3} + \dots + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{2n+1}$	150	$\operatorname{arctg} x$
27.	0.1	1	$1 - \frac{3}{2} x^2 + \dots + (-1)^n \frac{2n^2 + 1}{(2n)!} x^{2n}$	100	$\left(1 - \frac{x^2}{2} \right) \cos x - \frac{x}{2} \sin x$
28.	0.1	1	$-\frac{(2x)^2}{2} + \frac{(2x)^4}{24} - \dots + (-1)^n \frac{(2x)^{2n}}{(2n)!}$	80	$2(\cos^2 x - 1)$
29.	-2	-0.1	$-(1+x)^2 + \frac{(1+x)^4}{2} + \dots + (-1)^n \frac{(1+x)^{2n}}{n}$	160	$\ln \frac{1}{2 + 2x + x^2}$
30.	0.2	0.8	$\frac{x}{3!} + \frac{4x^2}{5!} + \dots + \frac{n^2}{(2n+1)!} x^n$	120	$\frac{1}{4} \left(\frac{x+1}{\sqrt{x}} \operatorname{sh} \sqrt{x} - \operatorname{ch} \sqrt{x} \right)$

Додаток Б. Варіанти завдань (завдання 2)

1. $\sin x, |x|, \sqrt{x}$
2. $\cos x, \sqrt{x}, x^4$
3. $\operatorname{tg} x, \sqrt[3]{x}, x^4$
4. $\operatorname{ctg} x, |x|, x^3$
5. $\arcsin x, 1/x, x^3$
6. $\arccos x, \sqrt[3]{x}, \operatorname{ctg} x$
7. $\operatorname{arctg} x, |x|, \sqrt[4]{x}$
8. $\cos x, x^2, \sqrt{x}$
9. $\operatorname{ctg} x, x^3, x^4$
10. $\sin x, x^4, 1/x$
11. $\arcsin x, \sqrt[4]{x}, x^3$
12. $\operatorname{tg} x, |x|, \sqrt[3]{x}$
13. $\operatorname{arctg} x, x^2, x^5$
14. $\sin x, \sqrt{x}, x^2$
15. $\arccos x, x^3, 1/x$
16. $\operatorname{tg} x, x^4, 1/x$
17. $\operatorname{tg} x, 1/x^3, x^2$
18. $\cos x, x^3, 2/x^2$
19. $\arccos x, \sqrt[3]{x}, 2/x$
20. $\sin x, \sqrt{x}, 2x^4$
21. $\cos x, |x|, \sqrt{x}$

22. $\operatorname{tg} x, x^2, x^3$

23. $\operatorname{ctg} x, \sqrt{x}, x^3$

24. $\arccos x, x^4, 1/x^2$

25. $\sin x, x^2, 1/x^3$

26. $\operatorname{tg} x, 1/x^4, x^2$

27. $\operatorname{ctg} x, x^3, 2/x^2$

28. $\cos x, \sqrt[3]{x}, 1/x$

29. $\sin x, |x|, \sqrt[3]{x}$

30. $\cos x, x^3, -x$