

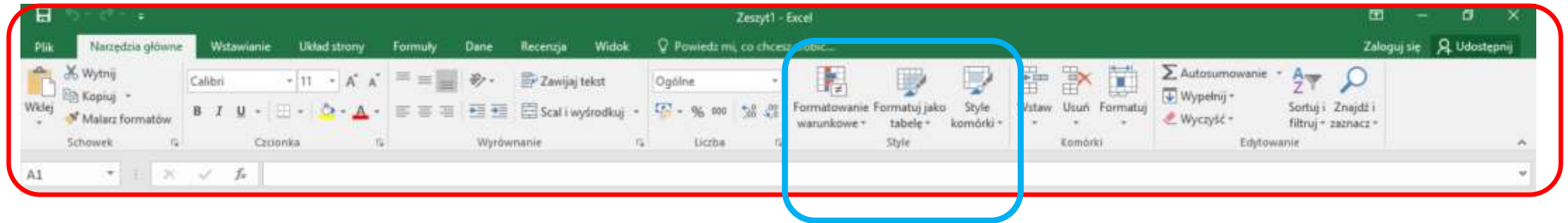
Wprowadzenie do Excela.

Posługiwanie się arkuszem – obliczenia inżynierskie

## ARKUSZ KALKULACYJNY EXCEL

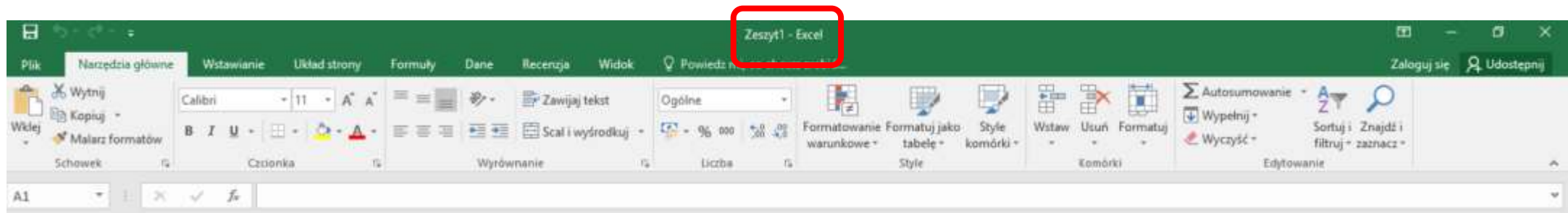
Arkusz kalkulacyjny – narzędzie o olbrzymich możliwościach w zakresie wykonywania obliczeń naukowych i technicznych.

Wstążka



Polecenia pokrewne na Wstążce są zorganizowane w grupy

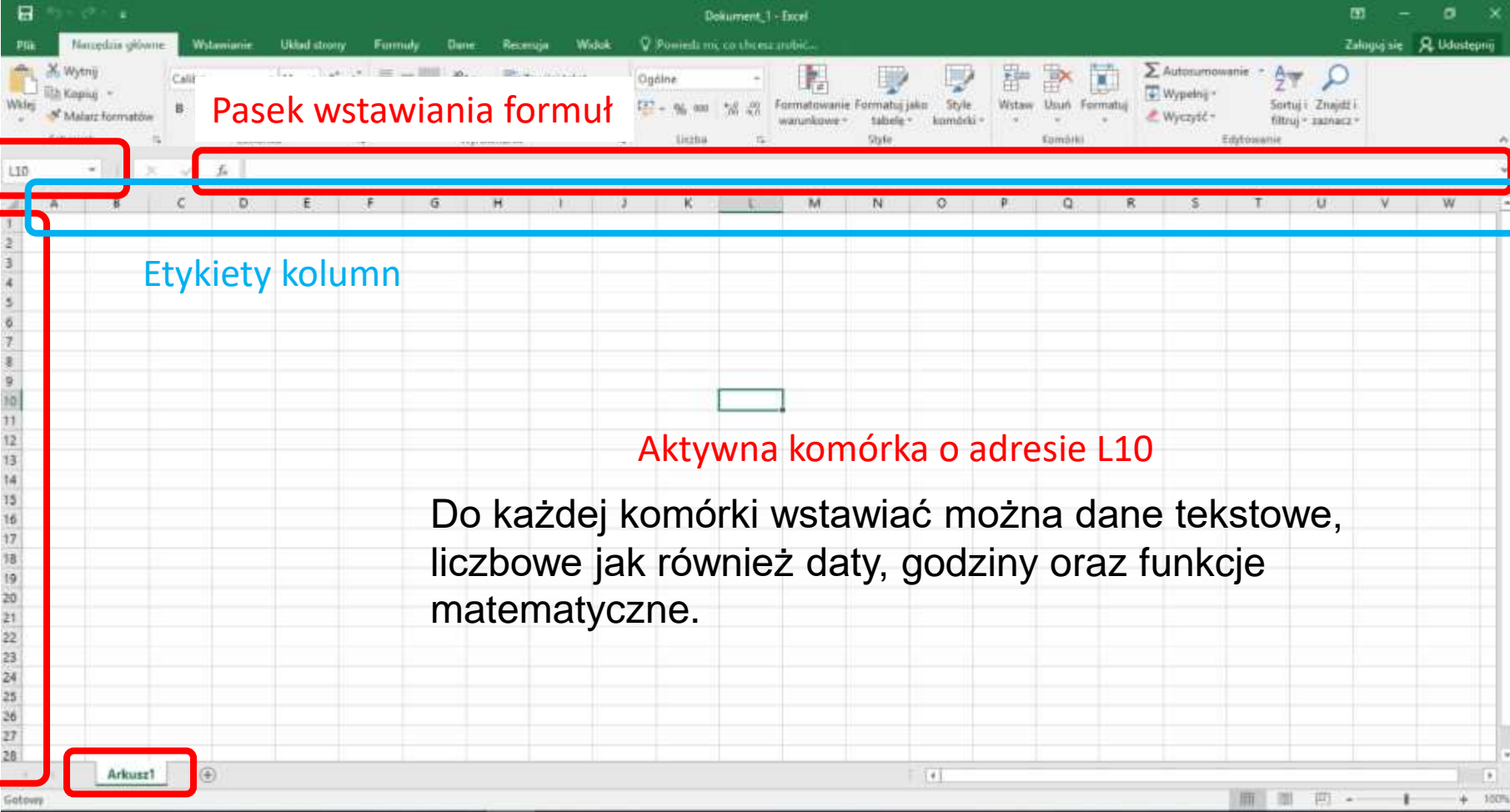
Pierwszy otwarty dokument ma tytuł Zeszyt1. Ten tytuł będzie wyświetlany na pasku tytułu u góry okna do czasu, gdy zapiszesz skoroszyt, nadając mu własny tytuł.



**Zadanie 1.** Proszę zapisać dokument pod nazwą Dokument\_1 do swojego katalogu (utwórz wcześniej katalog).

Podstawowym elementem EXCELA jest **komórka** leżąca na przecięciu określonej kolumny i określonego wiersza, posiadająca swój adres.

**Arkusz** – strona robocza wypełnionych komórek. **Skoroszyt** – plik złożony z wypełnionych arkuszy.



The image shows a screenshot of the Microsoft Excel application window. The title bar reads "Dokument\_1 - Excel". The ribbon at the top includes "Plik", "Narzędzia główne", "Wstawianie", "Układ strony", "Formuły", "Dane", "Referencje", "Widok", and "Pomoc". The "Narzędzia główne" ribbon is expanded, showing groups like "Wklej", "Formatowanie", "Style", "Wstaw", "Usuń", "Formatuj", "Autosumowanie", "Wypełnij", and "Sortuj i filtruj".

Annotations in red and blue text point to specific parts of the interface:

- Pasek wstawiania formuł**: Points to the formula bar at the top.
- Adres komórki**: Points to the cell address box on the left, which shows "L10".
- Etykiety kolumn**: Points to the column headers (A through W) at the top of the grid.
- Etykiety wierszy**: Points to the row numbers (1 through 28) on the left side of the grid.
- Aktywna komórka o adresie L10**: Points to a small green-bordered cell in row 10, column L.
- Nazwa arkusza roboczego**: Points to the "Arkusz1" tab at the bottom left.

Text in the center of the grid reads: "Do każdej komórki wstawiać można dane tekstowe, liczbowe jak również daty, godziny oraz funkcje matematyczne."

**Zadanie 2.** Proszę przestawić aktywną komórką na adres B7. Proszę zmienić nazwę arkusza roboczego na Strona 1.

W dalszej części kursu będziemy skupiać się tylko na zastosowaniach inżynierskich arkusza kalkulacyjnego - EXCEL.

Aby arkusz spełniał swoje zadania, należy obliczenia prowadzić z wykorzystaniem adresów komórek:

- **adresów bezwzględnych**, np. \$L\$10; adresowanie bezwzględne czyli odwołanie do komórki jest odwołaniem stałym;
- **adresów względnych**, np. L10; adresowanie względne do komórki w formule automatycznie się zmienia, gdy formuła zostanie skopiowana w inne miejsce kolumny lub wiersza;
- **adresów mieszanych**, np. \$L10, L\$10; mieszane odwołanie do komórki może mieć bezwzględną kolumnę i względny wiersz lub bezwzględny wiersz i względną kolumnę.

W czasie pracy z arkuszem wykorzystujemy **operatory arytmetyczne**:

Operator	Działanie	Przykład
+	Dodawanie	=A1+A2
-	Odejmowanie	=A1-A2
*	Mnożenie	=A1*A2
/	Dzielenie	=A1/A2
^	Potęgowanie	=A1^2 (tj. A1 <sup>2</sup> )
%	Procent	=A2%

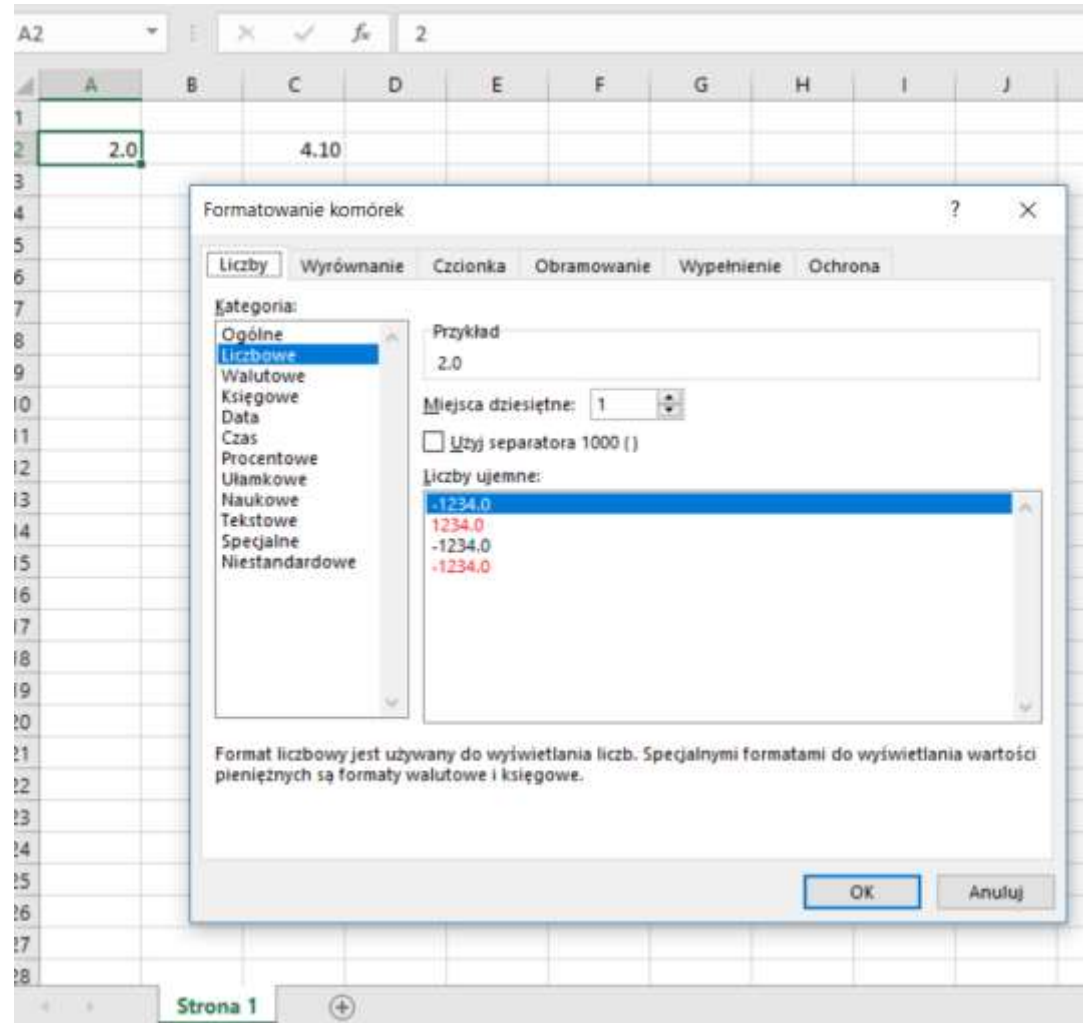
## Błędy

---

- ▶ **#####** Kolumna jest zbyt wąska, aby wyświetlić w niej zawartość. Zwiększ szerokość kolumny, zmniejsz rozmiar zawartości, aby dopasować ją do kolumny, lub zastosuj inny format liczb.
- ▶ **#ADR!** Odwołanie do komórki jest nieprawidłowe. Możliwe, że komórki zostały usunięte lub pominięte.
- ▶ **#NAZWA?** Możliwe, że błędnie wpisano nazwę funkcji lub użyto nazwy, której program Excel nie

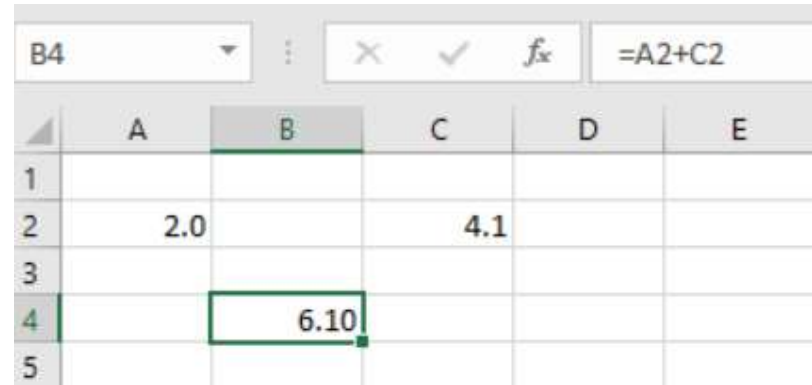
### Zadanie 3.

- (1) Proszę wstawić w komórce o adresie A2 liczbę 2,0 i w komórce o adresie C2 liczbę 4,1.
- (2) Zmienić formatowanie komórek A2 i C2 na liczbowe z liczbą miejsc po przecinku 1. (W tym celu ustawić się na komórce A2, następnie kliknąć prawym klawiszem myszy, następnie wybrać *Formatuj komórki* -> *Kategoria: Liczbowe* -> *Miejsca dziesiętne 1* -> OK. Identycznie postąpić w przypadku komórki C2.)



(3) Następnie ustaw się w komórce o adresie B4. Zmień formatowanie komórki na liczbowe z liczbą miejsc po przecinku 2.

(4) Wykonaj działanie  $A2+C2$ . (W tym celu ustaw kursor na pasku wstawiania formuł i wpisz:  $=A2+C2$ )



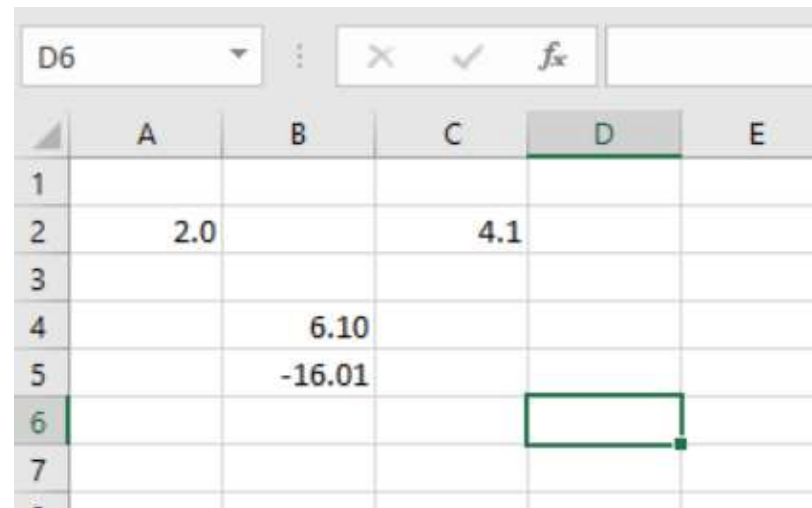
The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E
1					
2	2.0		4.1		
3					
4		6.10			
5					

The formula bar at the top shows the formula  $=A2+C2$  entered in cell B4.

(3) Następnie ustaw się w komórce o adresie B5. Zmień formatowanie komórki na liczbowe z liczbą miejsc po przecinku 2.

(4) Wykonaj działanie  $A2*C2^2/(A2-C2)$ . ( W tym celu ustaw kursor na pasku wstawiania formuł i wpisz:  $=A2+C2^2/(A2-C2)$  )



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E
1					
2	2.0		4.1		
3					
4		6.10			
5		-16.01			
6					
7					

The formula bar at the top shows the formula  $=A2+C2^2/(A2-C2)$  entered in cell B5.

#### Zadanie 4.

Dodaj kolejny arkusz o nazwie: Strona 2. ( W tym celu kliknij myszką znak nazwy Arkusza: Strona 1. )



znajdujący się po prawej stronie

Następnie zmień nazwę tego nowego Arkusza.

#### Zadanie 5.

Wprowadź do arkusza (Strona 2) następujące dane z tabeli podanej obok. Numer pomiaru wprowadź do kolumny „B” a T(s) wprowadź do kolumny „C”.

Numer pomiaru	T [s]
1	2,21
2	2,23
3	2,19
4	2,22
5	2,25
6	2,19
7	2,23
8	2,24
9	2,18
10	2,16

(a) W tym celu ustaw kursor na komórce B2 i napisz: Numer pomiaru.

(b) Podświetl kolumnę B, kliknij prawym przyciskiem myszki i wybierz „Szerokość kolumny”, zmień szerokość kolumny na 14.57.

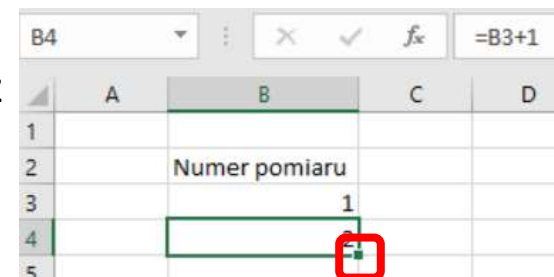
(c) Ustaw kursor na komórce B3 i wstaw „1”

(d) Ustaw kursor w pozycji B4 i wprowadź formułę =B3+1. Zaznacz komórkę lub komórki zawierające wartości początkowe. Przeciągnij uchwyt wypełniania Uchwyt wypełniania przez zakres, który chcesz wypełnić. Aby wypełnić zakres w kolejności rosnącej, przeciągnij uchwyt w dół.

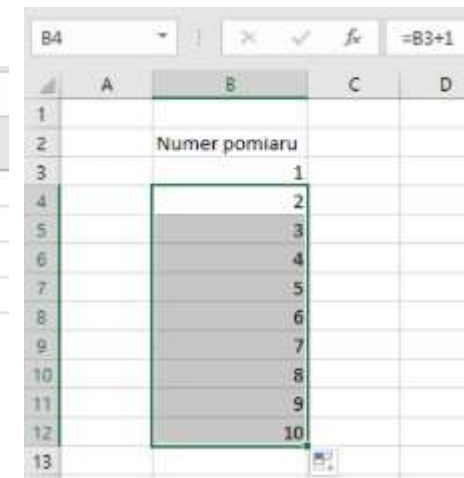
(e) Ustaw kursor na komórce C2 i napisz: T [s].

(f) Ustawiając kursor w kolejnych komórkach kolumny C i wpisz dane z tabeli.

(g) Sformatuj odpowiednio kolumny danych.



Autouzupelnianie!





## Funkcje matematyczne

Funkcje to gotowe formuły, które można zastosować do obliczeń lub też przeprowadzania innego rodzaju operacji na zawartości komórek.

Wśród wszystkich zdefiniowanych w środowisku Excela funkcji każdy może wybrać istotną dla siebie funkcję.

Możemy je podzielić na kilka kategorii:

- Finansowe
- Logiczne
- Tekstowe
- Data i godzina
- Wyszukiwania i odwołania
- Matematyczne i trygonometryczne
- Statystyczne
- Inżynierskie
- Modułowe
- Informacyjne
- Funkcje zgodności.

Poniżej znajduje się lista **wybranych** funkcji matematycznych:


- MODUŁ.LICZBY Zwraca wartość bezwzględną liczby
- ACOS Zwraca arcus cosinus liczby
- ACOSH Zwraca arcus cosinus hiperboliczny liczby
- ASIN Zwraca arcus sinus liczby
- ASINH Zwraca arcus sinus hiperboliczny liczby
- ATAN Zwraca arcus tangens liczby
- ATAN2 Zwraca arcus tangens liczby na podstawie współrzędnych x i y
- ATANH Zwraca arcus tangens hiperboliczny liczby
- ZAOKR.W.GÓRĘ Zaokrągła liczbę do najbliższej liczby całkowitej lub do najbliższej wielokrotności zadanej dokładności
- KOMBINACJE Zwraca liczbę kombinacji dla danej liczby obiektów
- COS Zwraca cosinus liczby
- COSH Zwraca wartość cosinusa hiperbolicznego liczby
- STOPNIE Konwertuje radiany na stopnie
- ZAOKR.DO.PARZ Zaokrągła liczbę w górę do najbliższej liczby parzystej
- EXP Zwraca wynik podniesienia liczby e do określonej potęgi
- SILNIA Zwraca silnię liczby
- FACTDOUBLE Zwraca dwukrotną wartość silni liczby
- ZAOKR.W.DÓŁ Zaokrągła liczbę w dół w kierunku zera
- ZAOKR.DO.CAŁK Zaokrągła liczbę w dół do najbliższej liczby całkowitej

- LOG Zwraca logarytm liczby o podanej podstawie
- LOG10 Zwraca wartość logarytmu liczby przy podstawie 10
- WYZNACZNIK.MACIERZY Zwraca wyznacznik macierzy reprezentowanej przez daną tablicę
- MACIERZ.ODW Zwraca macierz odwrotną macierzy reprezentowanej przez daną tablicę
- MACIERZ.ILOCZYN Zwraca iloczyn macierzowy dwóch tablic
- MOD Zwraca resztę z dzielenia
- ZAOKR.DO.NPARZ Zaokrągla liczbę w górę do najbliższej liczby nieparzystej
- PI Zwraca wartość liczby Pi
- POTĘGA Zwraca wynik podniesienia liczby do podanej potęgi
- ILOCZYN Zwraca iloczyn argumentów
- RADIANY Konwertuje stopnie na radiany
- LOS Zwraca liczbę pseudolosową z zakresu od 0 do 1
- ZAOKR Zaokrągla liczbę do liczby o określonej liczbie cyfr
- ZAOKR.DÓŁ Zaokrągla liczbę w dół w kierunku zera
- ZAOKR.GÓRA Zaokrągla liczbę w górę, w kierunku od zera
- ZNAK.LICZBY Zwraca znak liczby
- SIN Zwraca sinus podanego kąta
- SINH Zwraca sinus hiperboliczny podanej liczby
- SUMY.POŚREDNIE Zwraca sumę częściową listy lub bazy danych
- SUMA Zwraca sumę argumentów
- SUMA.JEŻELI Sumuje komórki spełniające podane kryteria
- SUMA.ILOCZYNÓW Zwraca sumę iloczynów odpowiednich elementów tablicy
- SUMA.KWADRATÓW Zwraca sumę kwadratów argumentów
- SUMA.X2.M.Y2 Zwraca sumę różnic kwadratów odpowiadających sobie wartości w dwóch tablicach

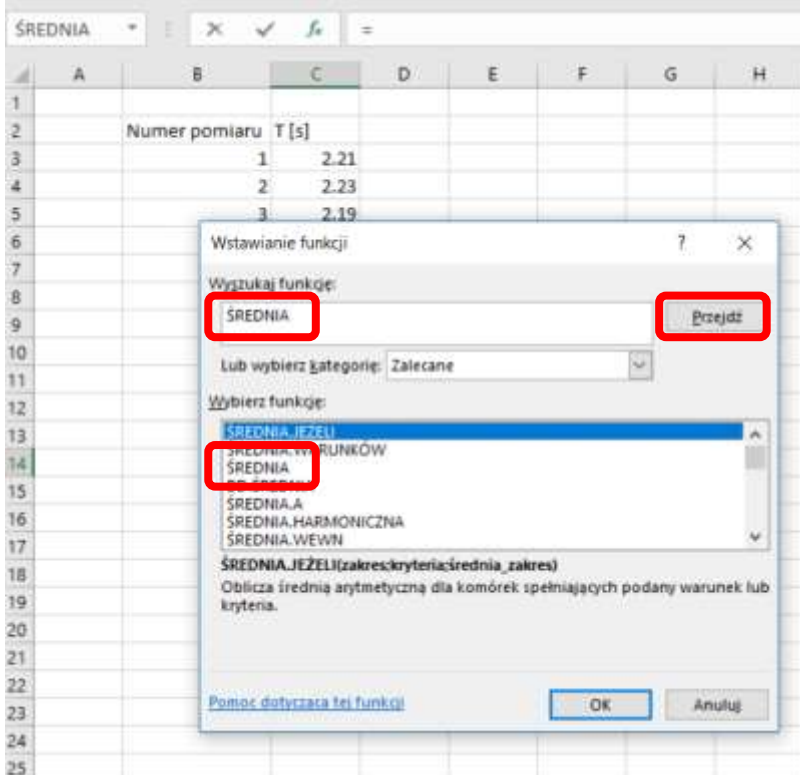
- SUMA.X2.P.Y2 Zwraca sumę sum kwadratów odpowiadających sobie wartości w dwóch tablicach
- SUMA.X.M.Y2 Zwraca sumę kwadratów różnic odpowiadających sobie wartości w dwóch tablicach
- TAN Zwraca tangens liczby
- TANH Zwraca tangens hiperboliczny liczby
- LICZBA.CAŁK Przycina liczbę do wartości całkowitej

## Zadanie 6.

Oblicz wartość średnią T z tabeli z zadania 5.

W tym celu możemy wykonać następującą operację: kliknąć na symbol  stojący w pasku wstawiania formuł, następnie: (a) pamiętając nazwę funkcji wpisać w odpowiednie miejsce -> *Przejdź* -> OK lub (b) *wybrać odpowiednią kategorię* -> *wybrać funkcję* -> OK.

(a)



Numer pomiaru	T [s]
1	2.21
2	2.23
3	2.19

Wstawianie funkcji

Wyszukaj funkcję: SREDNIA Przejdź

Lub wybierz kategorię: Zalecane

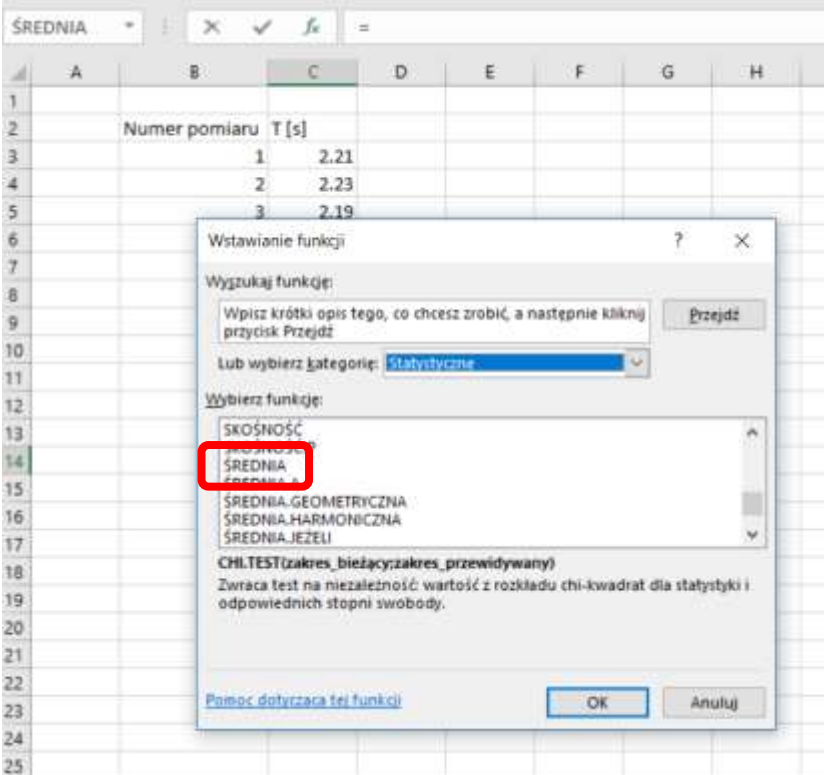
Wybierz funkcję:

- SREDNIA JEŻELI
- SREDNIA.TYŁKOW
- SREDNIA
- SREDNIA.A
- SREDNIA.HARMONICZNA
- SREDNIA.WEWN

SREDNIA.JEŻELI(zakres;kryteria;średnia\_zakres)  
Oblicza średnią arytmetyczną dla komórek spełniających podany warunek lub kryteria.

Pomoc dotycząca tej funkcji OK Anuluj

(b)



Numer pomiaru	T [s]
1	2.21
2	2.23
3	2.19

Wstawianie funkcji

Wyszukaj funkcję: Wpisz krótki opis tego, co chcesz zrobić, a następnie kliknij przycisk Przejdź Przejdź

Lub wybierz kategorię: Statystyczne

Wybierz funkcję:

- SKOŚNOŚĆ
- SREDNIA
- SREDNIA.GEOMETRYCZNA
- SREDNIA.HARMONICZNA
- SREDNIA.JEŻELI

CHITEST(zakres\_bieżący;zakres\_przewidywany)  
Zwraca test na niezależność wartości z rozkładu chi-kwadrat dla statystyki i odpowiednich stopni swobody.

Pomoc dotycząca tej funkcji OK Anuluj

C14		✕ ✓ <i>f<sub>x</sub></i>		=ŚREDNIA(C3:C13)	
	A	B	C	D	E
1					
2		Numer pomiaru	T [s]		
3			1 2.21		
4			2 2.23		
5			3 2.19		
6			4 2.22		
7			5 2.25		
8			6 2.19		
9			7 2.23		
10			8 2.24		
11			9 2.18		
12			10 2.16		
13					
14		Średnia =	2.21		
15					



## Zadanie 7.

Oblicz niepewność standardową typu A dla wielkości „T” z tabeli z zadania 5. Niepewność typu A danej n-krotnie powtórzonej wielkości „x” wylicza się zgodnie z wyrażeniem

$$u_A(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad \text{gdzie} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

przy czym  $\sum_{i=1}^n x_i$  - oznacza sumę n wartości wielkości „x”.

- Ustaw kursor na komórce B16 i wpisz: „Odchylenie standardowe” następnie (Enter). Ustaw kursor na komórce B16, kliknij prawym klawiszem i wybierz z menu: *Formatuj komórki...->Wyrównanie->Zawijaj tekst ->OK.*
- Ustaw kursor na komórce C16 i oblicz odchylenie standardowe przy pomocy funkcji: *ODCH.STANDARDOWE* (Formuła: =ODCH.STANDARDOWE(C3:C12)). Zastosuj odpowiednie formatowanie.
- Ustaw kursor na komórce B18 i wpisz: „Niepewność standardowa typu A” następnie (Enter). Ustaw kursor na komórce B16, kliknij prawym klawiszem i wybierz z menu: *Formatuj komórki...->Wyrównanie->Zawijaj tekst ->OK.*
- Ustaw kursor na komórce C18 i Niepewność standardowa typu A wykorzystując funkcję *PIERWIASTEK*: (Formuła: =C\$C16/PIERWIASTEK(\$B\$12)). Zastosuj odpowiednie formatowanie.

**UWAGA.** Wbudowana funkcja *ODCH.STANDARDOWE* w arkuszach kalkulacyjnych oraz w kalkulatorach naukowych zwraca tzw. odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, a nie odchylenie standardowe wartości średniej! Dlatego otrzymany wynik dzielimy przez pierwiastek z liczby pomiarów.

	A	B	C	D
1				
2		Numer pomiaru	T [s]	
3		1	2.21	
4		2	2.23	
5		3	2.19	
6		4	2.22	
7		5	2.25	
8		6	2.19	
9		7	2.23	
10		8	2.24	
11		9	2.18	
12		10	2.16	
13				
14		Średnia =	2.21	
15				
16		Odchylenie standardowe	0.0291	
17				
18		Niepewność standardowa typu A	0.0092	



- Posługiwanie się arkuszem – tworzenie wykresów, regresja liniowa

## Zadanie 7.

Wyniki pomiarów okresów drgań wahadła matematycznego w zależności od długości tego wahadła zostały przedstawione w tabeli podanej obok.

Wykonaj wykres zależności  $l(T^2)$ .

Numer pomiaru	Długość wahadła [cm]	Okres T [s]
1	50	1,38
2	70	1,68
3	90	1,90
4	110	2,11
5	130	2,26
6	150	2,46
7	170	2,61
8	190	2,76
9	210	2,88

- Dodaj arkusz roboczy o nazwie Strona 3 ,
- Wpisz do arkusza kolumny(B2:E2): Numer pomiaru, T,  $T^2$ , l,
- Wprowadź odpowiednie dane do odpowiednich kolumn,
- Zaznacz dane arkusza do narysowania wykresu, włączając komórki zawierające wszystkie nazwy,
- Wybierz z menu Wstawianie polecenie Wykresy i wybierz: wykres punktowy (x,y),
- UWAGI dotyczące wykresu!*

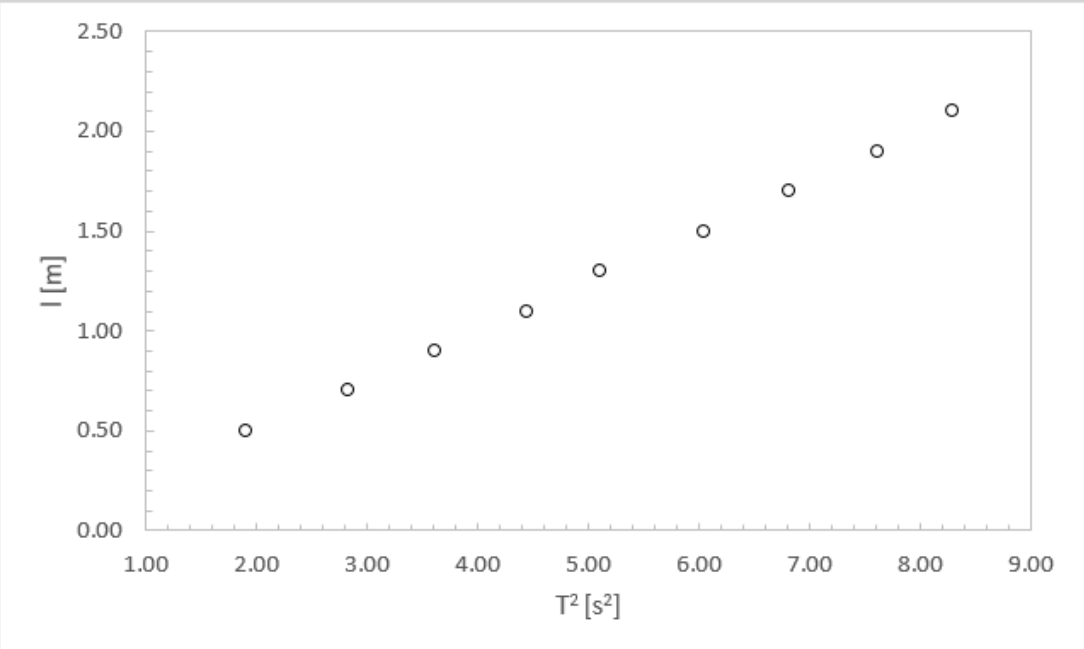
*Dobrać odpowiednio skale, podpisać osie, podać jednostki, na wykresie powinny znaleźć się punkty pomiarowe, nie łączymy ich liniami ciągłymi. Te stosujemy jedynie, jeżeli są wynikami dopasowania (regresja liniowa). W przypadku większej ilości danych – legenda. Ewentualnie nanieść pola niepewności (prostokąty lub krzyże).*

np.: klikając na oś można z menu wybrać: Formatuj oś...,

klikając na pole wykresu można wybrać: Formatuj obszar kreślenia,

klikając na pole wykresu w prawym górnym rogu pokazują się pozostałe opcje pozwalające formatować wykres

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Numer pomiaru	T [s]	T^2 [s^2]	l [m]										
3		1	1.38	1.90	0.50										
4		2	1.68	2.82	0.70										
5		3	1.90	3.61	0.90										
6		4	2.11	4.45	1.10										
7		5	2.26	5.11	1.30										
8		6	2.46	6.05	1.50										
9		7	2.61	6.81	1.70										
10		8	2.76	7.62	1.90										
11		9	2.88	8.29	2.10										
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															



W praktyce laboratoryjnej, inżynier ma do czynienia z koniecznością sprawdzenia czy zmierzone wielkości zależą od siebie w sposób opisany teoretycznie. W najprostszym przypadku jest to funkcja liniowa  $y = ax + b$ .

Zatem chcemy oszacować wartości współczynnika kierunkowego „a” i wyrazu wolnego „b”.

**Regresja liniowa** wyników pomiarów to metoda statystyczna polegająca na aproksymowaniu wyników pomiarów przy pomocy prostej. Wartości parametrów „a” i „b” można otrzymać stosując metodę najmniejszych kwadratów tzn. żądamy, aby suma kwadratów odchyleń punktów pomiarowych od oszacowanej prostej była minimalna.

Parametry „a” i „b” można obliczyć stosując następujące wyrażenia:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Niepewności wyznaczonych parametrów „a” i „b” można obliczyć stosując następujące wyrażenia:

$$S_a = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \sqrt{\frac{n}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}}$$

$$S_b = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}}$$

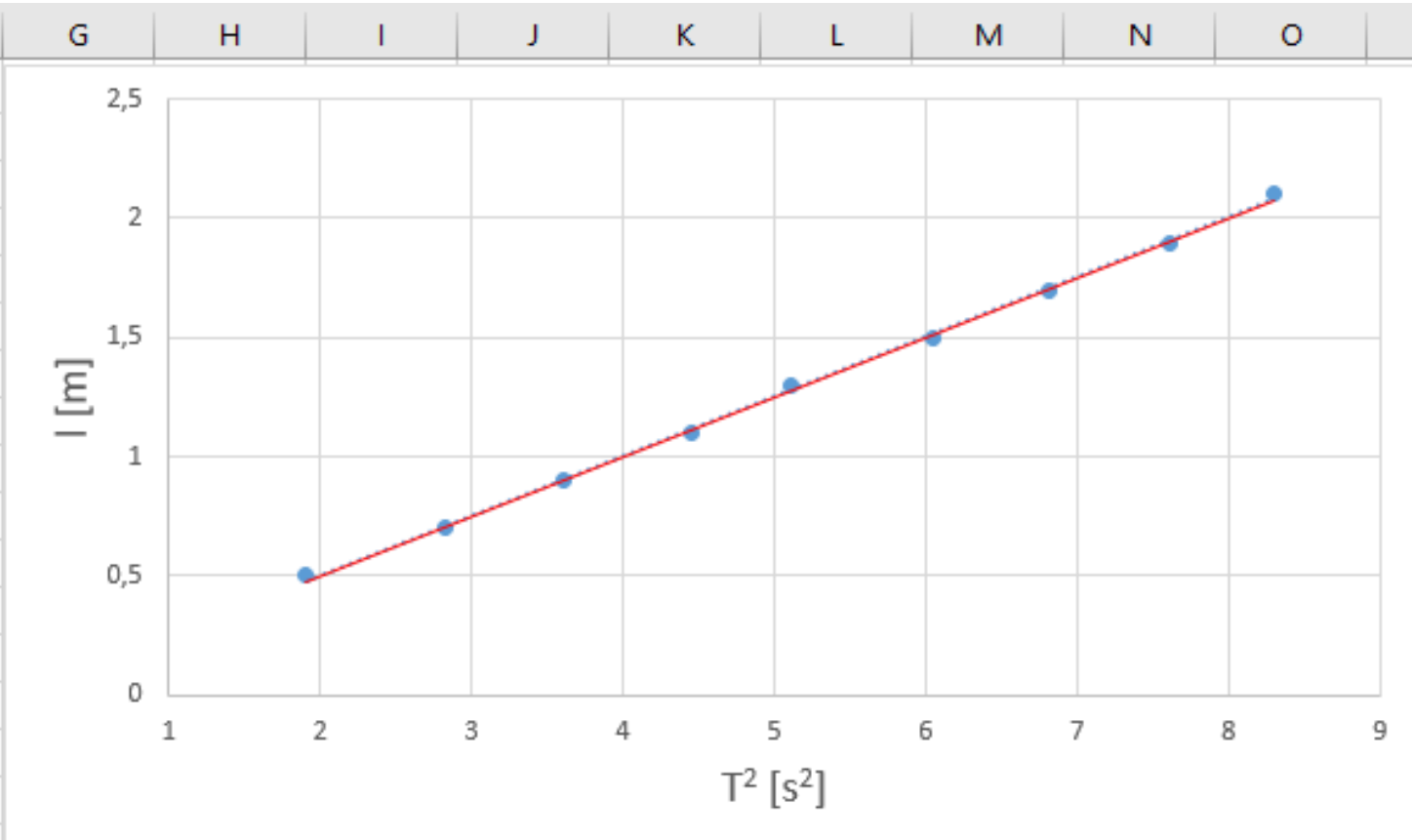
Należy pamiętać, że w analizie pomiarów wartości niepewności  $u(a)$  i  $u(b)$  współczynników  $a$  i  $b$  są tak samo ważne jak same współczynniki. Należy także pamiętać, że wszystkie cztery powyższe wielkości zwykle są mianowane – mają jednostki!

## Zadanie 8.

Dopasuj zależność  $l(T^2)$  metodą regresji liniowej.

- (a) Wpisz do arkusza kolumny: B (Numer pomiaru) – od 1 do 9
- (b) C ( $T$  [s]) – patrz tabelka na następnej stronie
- (c) D ( $T^2[s^2]$ ) –  $C^2$
- (d) E ( $l$  [m]) – od 0,5 do 2,1 co 0,2 (np. =  $0,5+(WIERSZ()-3)*0,2$ )
- (e) Zaznacz dane arkusza do narysowania wykresu, włączając komórki zawierające wszystkie nazwy,
- (f) Wybierz z menu Wstawianie polecenie Wykresy i wybierz: wykres punktowy (x,y),
- (g) Klikając na pole wykresu w prawym górnym rogu pokazują się pozostałe opcje, kliknij na znak „+”  
wybierz *linia trendu* -> *liniowa*, następnie sformatuj odpowiednio otrzymaną linię,
- (h) Ustaw kursor w komórce G19 i następnie podświetl komórki G19:H23(5 wierszy, 2 kolumny),
- (i) Ustaw kursor w pasku wstawiania formuł i wstaw funkcję z kategorii *Statystyczne*, następnie należy wybrać funkcję **REGLINP**:  
W oknie wprowadzania parametrów należy podać parametry funkcji:  
w wierszu *znane\_y* – zakres komórek zawierających wartości rzędnych (Y),  
w wierszu *znane\_x* – zakres komórek zawierających wartości odciętych (X),  
w wierszu *Stała* – nic lub wartość logiczną PRAWDA (1) choć w wyjątkowych wypadkach może zdarzyć się inny wpis,  
w wierszu *Statyczny* – wartość logiczną PRAWDA (1) jeżeli chcemy poznać wartości błędów parametrów a i b.
- (j) Po zamknięciu okna wprowadzania parametrów przez kliknięcie na przycisk **OK** należy kliknąć wskaźnikiem myszy na tzw. *pasek formuł* znajdujący się nad arkuszem, tak aby pojawił się tam i zaczął migać kursor tekstowy.
- (k) Trzymając wciśnięte jednocześnie klawisze *Ctrl* i *Shift* należy nacisnąć klawisz *Enter*, w zaznaczonych komórkach pojawią się wartości odpowiednich parametrów.

	A	B	C	D	E	F
2		Numer pomiaru	$T [s]$	$T^2 [s^2]$	$l [m]$	
3		1	1,38	1,9044	0,5	
4		2	1,68	2,8224	0,7	
5		3	1,9	3,61	0,9	
6		4	2,11	4,4521	1,1	
7		5	2,26	5,1076	1,3	
8		6	2,46	6,0516	1,5	
9		7	2,61	6,8121	1,7	
10		8	2,76	7,6176	1,9	
11		9	2,88	8,2944	2,1	
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						



19		wartość współczynnika kierunkowego $a =$	0,250046	0,00331	$= b$ wartość wyrazu wolnego
20		niepewność wartości współczynnika kierunkowego $u(a) =$	0,00279	0,015575	$= u(b)$ niepewność wartości wyrazu wolnego
21		współczynnik korelacji liniowej $r^2 =$	0,999129	0,017281	$= u(r^2)$ niepewność współczynnik korelacji liniowej
22		statystyka $F =$	8029,523	/	$=$ stopnie swobody
23		regresyjna suma kwadratów $=$	2,39791	0,00209	$=$ resztkowa suma kwadratów

Statystyka	Opis
se1;se2;...;sen	Standardowe wartości błędu dla współczynników $m_1; m_2; \dots; m_n$ .
seb	Standardowe wartości błędu dla stałej $b$ ( $seb = \#N/D!$ , kiedy <b>stała</b> ma wartość FAŁSZ).
r2	Współczynnik wyznaczania. Porównuje szacunkowe i rzeczywiste wartości $y$ , a jego wartość jest w zakresie od 0 do 1. Jeśli współczynnik jest równy 1, istnieje doskonała korelacja w próbce, tzn. nie ma różnicy między szacowaną wartością $y$ a rzeczywistą wartością $y$ . Przy drugiej wartości skrajnej, jeśli współczynnik wyznaczania ma wartość 0, równanie regresji nie jest pomocne w obliczaniu prognozowanej wartości $y$ .
sey	<b>Standardowy błąd oceny <math>y</math>.</b>
F	Statystyka F lub wartość obserwowana F. Statystykę F stosuje się do określania, czy obserwowana zależność pomiędzy zmienną zależną a zmienną niezależną występuje przypadkowo.

---

df                      Stopnie swobody. Można użyć stopni swobody, aby łatwiej znaleźć wartości krytyczne F w tabeli statystycznej. Należy porównać wartości znalezione w tabeli ze statystyką F zwróconą przez funkcję **REGLINP** w celu określenia poziomu ufności modelu.

ssreg                      Regresyjna suma kwadratów.

ssresid                      Resztkowa suma kwadratów. Aby uzyskać informacje o sposobie obliczania wartości ssreg i ssresid, zobacz sekcję „Spostrzeżenia” w dalszej części tego tematu.

---

Na poniższej ilustracji pokazano kolejność zwracania dodatkowych statystyk regresji.

	A	B	C	D	E	F
1	$m_n$	$m_{n-1}$	...	$m_2$	$m_1$	b
2	$se_n$	$se_{n-1}$	...	$se_2$	$se_1$	$se_b$
3	$r^2$	$se_y$				
4	F	df				
5	ssreg	ssresid				



- Posługiwanie się arkuszem – dodawanie na wykresie niepewności pomiarowych z danych

## Zadanie 9.

Wyniki pomiarów drogi przebytej przez ciało w odpowiednich chwilach czasu zostały przedstawione w tabeli podanej obok.

Wykonaj wykres zależności  $s(t)$  i nanieś niepewności pomiarowe.

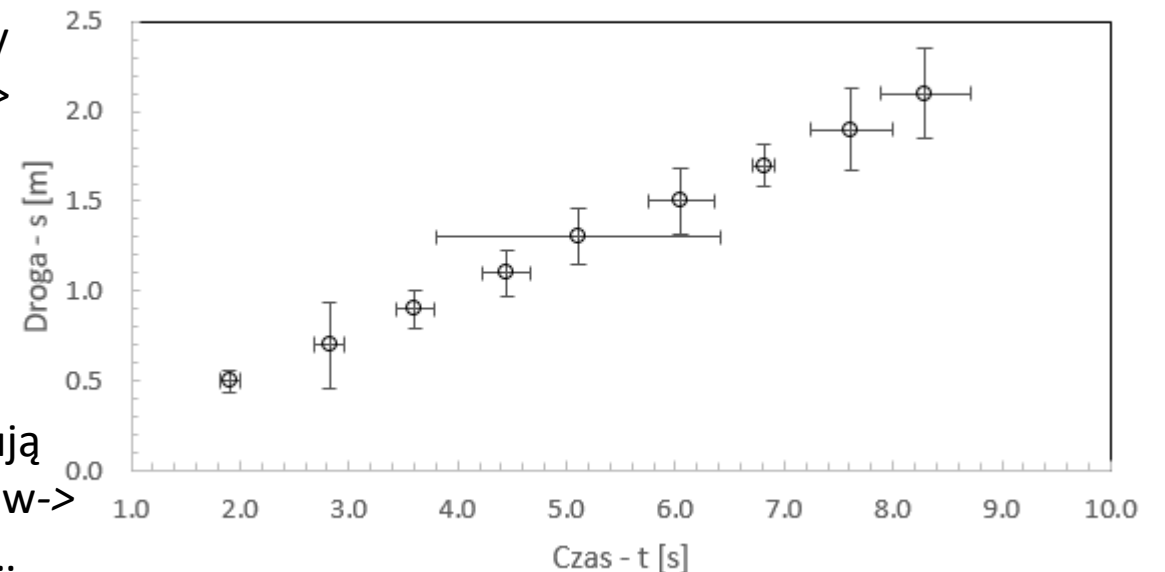
- Wpisz do arkusza odpowiednie dane.
- Zaznacz dane arkusza do narysowania wykresu, włączając komórki zawierające wszystkie nazwy.
- Wybierz z menu Wstawianie polecenie Wykresy i wybierz: wykres punktowy (x,y).
- Podświetlamy punkty.
- Wybieramy z Wstążki: *Dodaj element wykresu*->*Słupki błędów*->*Więcej opcji słupków błędów*
- Pojawia się: Formatowanie słupków błędów, wybieramy *Opcje słupka błędu*->*Wielkość błędu: Niestandardowa*->Klikamy: *określ wartość*->*wybieramy podświetlając odpowiednią kolumnę z arkusza*. Identycznie postępujemy w przypadku kolejnej wielkości, której wartości posiadają niepewność.

Lub

- Klikając na pole wykresu w prawym górnym rogu pokazują się pozostałe opcje, kliknij na znak „+” wybierz słupki błędów->następnie sformatuj odpowiednio wybrany słupek błędów...

Numer pomiaru	t [s]	u(t) [s]	s [m]	u(s) [m]
1	1.90	0.10	0.50	0.06
2	2.82	0.14	0.70	0.08
3	3.61	0.18	0.90	0.11
4	4.45	0.22	1.10	0.13
5	5.11	0.26	1.30	0.16
6	6.05	0.30	1.50	0.18
7	6.81	0.34	1.70	0.20
8	7.62	0.38	1.90	0.23
9	8.29	0.41	2.10	0.25

Zależność  $s=f(t)$



## Zadanie do samodzielnego wykonania

### Zadanie 1

Dane są  $w = 5,31$ ,  $x = 2,01$ ,  $t = 0,92$ ,  $z = 1,12$ . Wpisz formuły: (a)  $2w-x$ , (b)  $x^2+z$ ; (c)  $1/(x^2-z^2)$ ; (d)  $(w+t)/(x-z)$  (e)  $\sin(x)/(\cos(x)-\exp(z))$ , (f)  $\ln(w-t^2)$ .

### Zadanie 2

Zależność ciśnienia gazu od jego objętości  $V$  oraz temperatury  $T$  wyraża równanie van der Waalsa gdzie odpowiednie stałe mają wartości  $R = 0,082058$ ,  $a = 3,59$ ,  $b = 0,0427$ . Wyznacz tabelę ciśnień dla  $T = 300\text{K}$  i  $V$  z przedziału od 1 do 5  $\text{m}^3$  co 0,2.

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

### Zadanie 3

Pomiary długości jednego z wymiarów pudełka w kształcie prostopadłościanu dały następujące rezultaty: 11,0; 11,2; 11,6, 10,9; 11,1; 11,4; 10,8; 11,3; 11,5; 10,7. Oblicz średnią wartość długości boku prostopadłościanu oraz niepewność jej określenia.

i	$X_i$ [mm]
1	3,3
2	3,35
3	3,29
4	3,29
5	3,31
6	3,34
7	3,3
8	3,32
9	3,28
10	3,31
11	3,33
12	3,3

### Zadanie 4

Wykonano 12-krotny pomiar grubości płytki szklanej. Rezultaty zebrano w tabeli obok. Oblicz średnią wartość grubości płytki oraz niepewność jej określenia.

### Zadanie 5

Zależność drogi od czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym wyraża zależność:  $s = at^2/2$ . Wiedząc że  $a = 5\text{m/s}^2$ . Narysuj zależność  $s(t)$  oraz  $s(t^2)$ , dla  $t$  z przedziału o 0 s do 20 s z krokiem co 0,1.

### Zadanie 6

Wykonano pomiar zmiany względnej długości od zmiany temperatury i uzyskano rezultaty: (1)  $\Delta T = 5\text{K}$ ,  $\Delta L/L_0 = 55 \cdot 10^{-6}\text{m}$ ; (2)  $\Delta T = 10\text{K}$ ,  $\Delta L/L_0 = 105 \cdot 10^{-6}\text{m}$ ; (3)  $\Delta T = 15\text{K}$ ,  $\Delta L/L_0 = 168 \cdot 10^{-6}\text{m}$ ; (4)  $\Delta T = 20\text{K}$ ,  $\Delta L/L_0 = 223 \cdot 10^{-6}\text{m}$ ; (5)  $\Delta T = 25\text{K}$ ,  $\Delta L/L_0 = 279 \cdot 10^{-6}\text{m}$ . Oblicz współczynnik rozszerzalności liniowej i jego niepewność.

### Zadanie 7

Obserwacje powiększania  $P$  obrazów powstających w soczewce skupiającej dla różnych odległości  $P(b) = \frac{b}{f} + 1$  obrazu od soczewki  $b$  zawarte są w tabeli obok.

Wykorzystując powyższe wyrażenie, wyznacz ogniskową soczewki  $f$  (odpowiednio stosując regresję liniową).

Odległość obrazu $b$ [cm]	Powiększenie obrazu $P$
79,4	5,1
74,2	4,7
68,9	4,3
63,8	3,9
58,4	3,5
52,9	3,1
47,3	2,7
41,4	2,2
34,5	1,7
24,1	0,9