

Astrolabium

Konkurs astronomiczny

Kraterzy i zderzenia



**Szkoła Średnia
Klasy I-IV
Doświadczenie konkursowe 4**

Rok 2023

1. Wstęp teoretyczny

Komety i krater

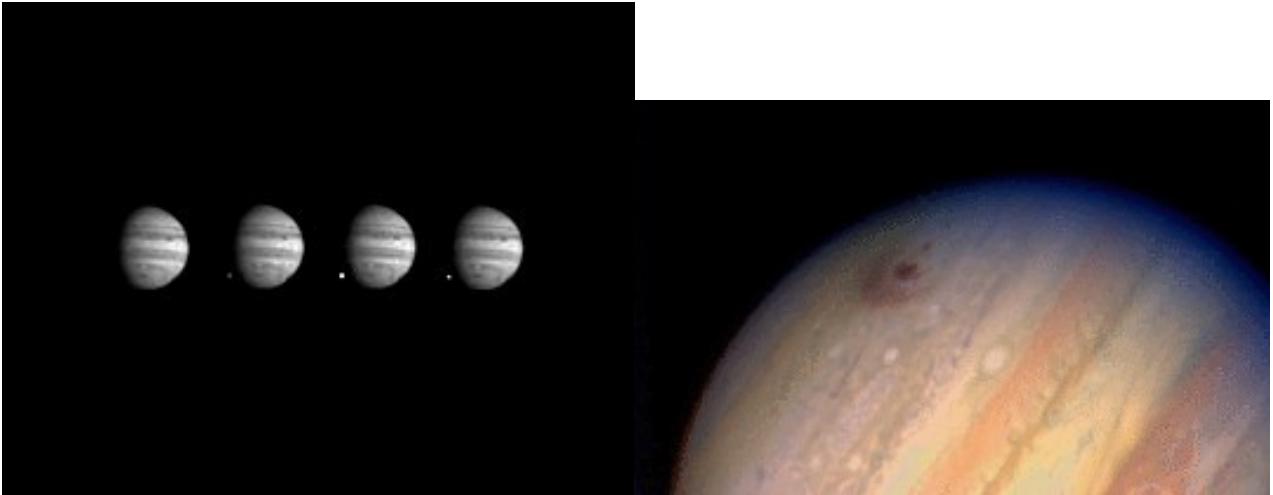
Komety to niewielkie ciała niebieskie o średnicy od około 100 m do nawet 40 km, składające się głównie z lodu, pyłu i skał. Naukowcy sądzą, że większość z nich jest pozostałością po wczesnym Układzie Słonecznym, gdy wiele ciał zostało z niego wyrzuconych wskutek kolizji między różnymi obiektami podczas formowania się planet. To dlatego ich obserwacje są tak ważne dla zrozumienia jego historii i budowy.



Rys. 1. C/2020 F3 (NEOWISE) widoczna na nocnym niebie 13 lipca 2020. Źródło: wikipedia.org

Komety poruszają się często po wydłużonych, eliptycznych orbitach wokół Słońca, zatem co jakiś czas wracają w jego okolice. Tam ulegają ogrzaniu na skutek słonecznego ciepła, a wówczas z ich wnętrza wydostaje się głównie gaz i pył, tworząc charakterystyczny warkocz rozpraszający światło. Zdarza się, że zjawisko to umożliwia obserwacje komet bezpośrednio z Ziemi, także bez przyrządów optycznych.

Gdy planeta ma wystarczająco gęstą atmosferę, kometa po wejściu w nią często rozpada się na mniejsze kawałki. Możliwe jest też rozerwanie komety, gdy ta znajdzie się na tyle blisko planety, że siły pływowe będą wystarczająco silne, by kometa na skutek ich działania rozpadła się. Do takiej sytuacji doszło w 1992, gdy kometa Shoemaker-Levy 9 zbliżyła się dostatecznie do Jowisza, a dwa lata później uderzyła w jego powierzchnię, zostawiając na niej wiele śladów, z których każdy był większy od Ziemi. To wydarzenie dało nam rzadką okazję bezpośredniego zaobserwowania tego typu uderzenia i jego analizy w czasie rzeczywistym.



Rys. 2. i 3. Zdjęcia momentu uderzenia komety Shoemaker-Levy 9 w powierzchnię Jowisza, zrobione przez sondę kosmiczną Galileo. Widać tu też ślady na powierzchni Jowisza po uderzeniu komety (po prawej). Źródło: wikipedia.org

Krater powstają w wyniku uderzeń ciał takich jak asteroidy, meteoroidy i komety. Kiedy jeden z tych obiektów zderza się z planetą lub księżycem, uwalnia przy tym ogromną ilość energii, która tworzy falę uderzeniową, a ta z kolei drąży na powierzchni globu okrągły krater. Rozmiar i kształt tego krateru zależą od kilku czynników, takich jak rozmiar i prędkość uderzającego obiektu, skład powierzchni planety i kąt, pod jakim mniejsze ciało w nią uderza. Duże i szybko poruszające się obiekty mogą tworzyć krater o średnicy kilku kilometrów, z podniesionymi brzegami i centralnymi szczytami, podczas gdy mniejsze i wolniej poruszające się obiekty tworzą krater bardziej płytkie i o prostym kształcie.

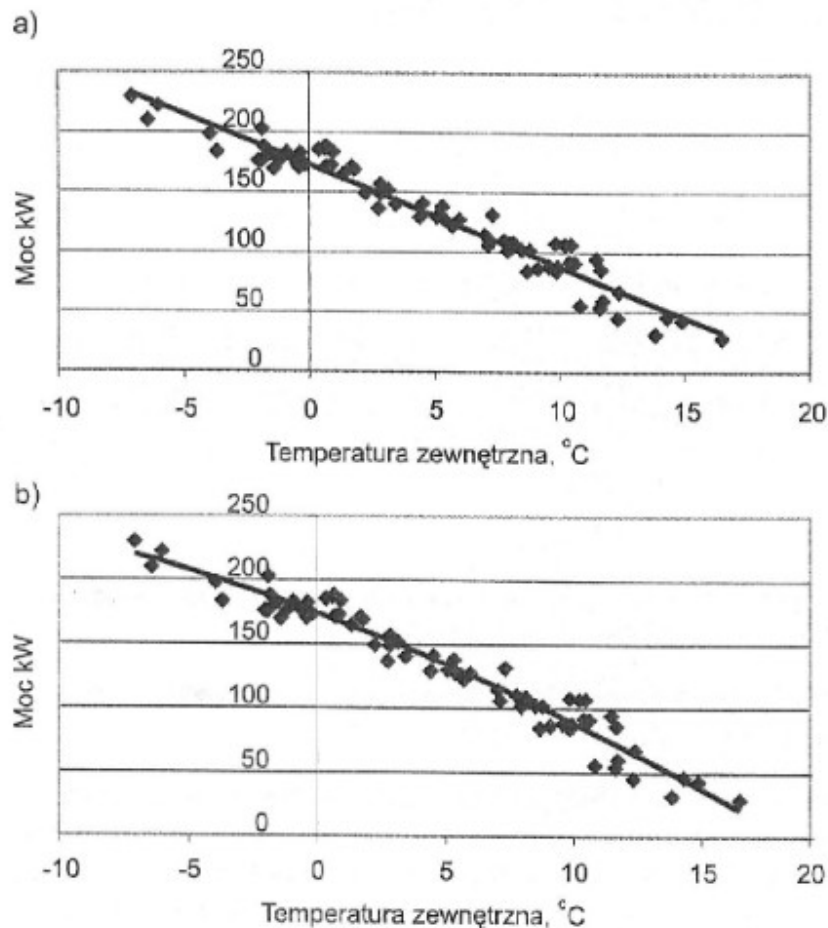


Rys.
4.

Krater Vredefort w Republice Południowej Afryki – największy krater uderzeniowy na Ziemi.

Regresja liniowa

Regresja liniowa to narzędzie statystyczne, które służy do znalezienia liniowej relacji między dwoma zmiennymi. Polega na wyznaczeniu prostej, która najlepiej pasuje do danych. Prosta ta jest wyznaczona tak, aby suma odległości między punktami danych a prostą była jak najmniejsza. Metody tej możemy użyć np. do prognozowania ilości energii potrzebnej do ogrzania budynku na podstawie temperatury zewnętrznej.

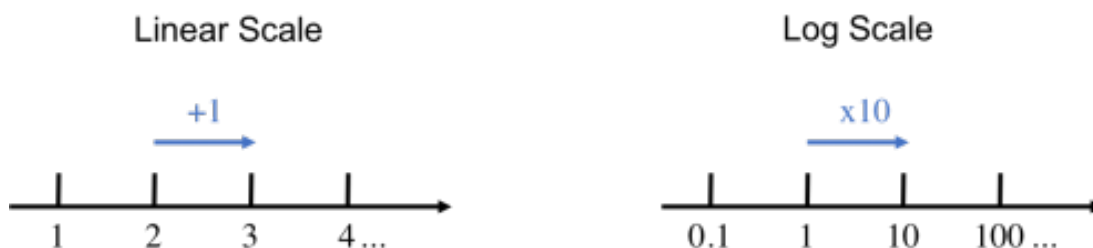


Rys. 5. Przykład wykorzystania regresji liniowej. Aby oszacować zapotrzebowanie na energię dla niższych lub wyższych temperatur niż zmierzone, możemy przedłużyć prostą. Źródło: METODA OCENY ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA ISTNIEJĄCYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH, Krzysztof Kasperkiewicz, 2005.

Skala logarytmiczna

Skala logarytmiczna jest bardzo przydatna, gdy dane zawierają bardzo duże i bardzo małe wartości, i gdy chcemy pokazać te wartości na tym samym wykresie. (np. energię uderzenia piłki i komety w Ziemię). W skali logarytmicznej każdy krok jest równy kolejnej potęgze dziesiątki. Na przykład, jeśli skala jest logarytmiczna względem 10, każdy krok oznacza różnicę rzędu 10^n , gdzie n jest liczbą całkowitą. Dzięki temu skala logarytmiczna pozwala na wyraźne wyświetlenie dużych

i małych wartości na tym samym wykresie, bez potrzeby użycia bardzo dużych i bardzo małych skal.



Rys. 6. Zilustrowana różnica między skalą liniową a logarytmiczną. Źródło: measurebiology.org

Błędy pomiarów

Błędy są nieuniknioną częścią każdego pomiaru. Wynikają z wielu różnych czynników, np. niedokładności narzędzi pomiarowych, nieprecyzyjnych technik pomiaru, ludzkiej niedoskonałości. Błędy te mają wpływ na wyniki pomiarów i w konsekwencji na wyniki analizy.

Błędy pomiaru można podzielić na dwie kategorie – błędy systematyczne i losowe. Błędy systematyczne są powtarzalne i mają stałą wartość, co oznacza, że każdy pomiar jest niedokładny w taki sam sposób. Błędy losowe są niepowtarzalne i nie mają stałej wartości.

Aby ograniczyć wpływ błędów pomiarów na wyniki badań, możemy zastosować odpowiednie procedury, takie jak wielokrotne pomiary tej samej wielkości lub stosowanie kilku niezależnych metod jej pomiaru. Ponadto ważne jest, aby interpretować wyniki pomiarów z uwzględnieniem błędów, które mogą się pojawić.

Do obliczenia energii potencjalnej wybranego obiektu potrzebujemy dokonać trzech niezależnych pomiarów: masy obiektu, przyspieszenia grawitacyjnego w miejscu pomiaru oraz wysokości, na której umieszczony jest obiekt. Każdy z nich obarczony jest błędem pomiaru. Dokładności pomiarów masy i wysokości ograniczone są błędem statystycznym – dokładnością użytej wagi i miarki. Dokładność przyspieszenia grawitacyjnego g również zależy od narzędzi, które służyły do jego zmierzenia. W tym doświadczeniu nie będziemy się zajmować pomiarami wartości g , a dla uproszczenia założymy, że na terenie Polski przyspieszenie grawitacyjne jest równe $9.81 \pm 0,005 \text{ m/s}^2$. W rzeczywistości jego wartość jest różna na każdej szerokości geograficznej, ze względu między innymi na ruch obrotowy Ziemi i towarzyszącą mu siłę odśrodkową, która będzie największa na równiku a zerowa na biegunach.

W celu znalezienia błędu energii potencjalnej skorzystamy z narzędzia matematycznego, które służy do określenia niepewności wyniku pomiaru będącego funkcją kilku niezależnych zmiennych – tzw. prawa propagacji błędów. Prawo to wygląda następująco:

Niech $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ będzie dowolną funkcją zależną od zmiennych $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, obarczonych błędami. Wtedy błąd funkcji Δf jest równy:

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{df}{dx_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{df}{dx_2} \Delta x_2\right)^2 + \left(\frac{df}{dx_3} \Delta x_3\right)^2 + \dots + \left(\frac{df}{dx_n} \Delta x_n\right)^2}$$

(wzór 1). Energia potencjalna jest funkcją trzech niezależnych zmiennych, daną wzorem:

$$E = m \cdot g \cdot h$$

(wzór 2). Aplikując prawo propagacji błędów, otrzymamy wyrażenie na błąd energii:

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta m \cdot g \cdot h)^2 + (m \cdot \Delta g \cdot h)^2 + (m \cdot g \cdot \Delta h)^2)}$$

(wzór 3). Jako że będziemy korzystać ze skali logarytmicznej, konieczne jest jeszcze wyliczenie błędu logarytmu dziesiętnego danej wielkości. Wtedy:

$$\Delta \log x = \frac{\Delta x}{x \ln(10)}$$

(wzór 4).

2. Cel doświadczenia

Celem jest oszacowanie energii związanej z uderzeniem w Ziemię komety, która utworzyła Krater Barringera, przy pomocy regresji liniowej. Doświadczenie polega na rzucaniu obiektu z różnych wysokości do piasku, mierzeniu jego energii potencjalnej i średnicy utworzonego krateru, a następnie ekstrapolowaniu wyników na wielkości odpowiadające rzeczywistemu uderzeniu znacznie większej komety. Uczeń korzysta z metod statystycznych i arkusza kalkulacyjnego.

3. Opis wykonania doświadczenia

PAMIĘTAJ, ABY POMIARY PODAWAĆ W JEDNOSTKACH SI (kg, m)!

1. Przygotuj metalową lub szklaną piłkę albo okrągły kamień, miskę z piaskiem kwarcowym, oraz przyrząd do odmierzania odległości, np. miarkę krawiecką, i masy (wagę).
2. Zważ obiekt, który będzie upuszczany. Możesz w tym celu wykorzystać wagę kuchenną. Zanotuj pomiar.
3. Sprawdź, jaki jest błąd pomiaru wagi. Zanotuj go. Informacje dotyczącą wielkości błędu pomiaru wagi znajdziesz np. w instrukcji jej obsługi lub w Internecie. Jeśli nie możesz uzyskać tej

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Kratery i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023

informacji, za błąd przyjmij najmniejszą dokładność (podziałkę) wagi.

4. Do miski wsyp piasek kwarcowy.

5. Zrzuć obiekt z wysokości 40 cm. Zanotuj średnicę dziury, jaką wydrążył w piasku. Zwiększ wysokość o 10 cm i ponownie zanotuj średnicę. Powtarzaj czynność do momentu zrzucenia obiektu z wysokości 2,3 m.

6. Zanotuj błąd pomiaru średnicy jako najmniejszą podziałkę miarki użytą do jej mierzenia.

7. Przepisz dane do skoroszytu, np. Libre Office Calc (<https://pl.libreoffice.org/poznaj/calc/>).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	0.4	0.057																						
2	0.5	0.063																						
3	0.6	0.068																						
4	0.7	0.07																						
5	0.8	0.074																						
6	0.9	0.079																						
7	1	0.08																						
8	1.1	0.084																						
9	1.2	0.083																						
10	1.3	0.084																						
11	1.4	0.081																						
12	1.5	0.082																						
13	1.6	0.08																						
14	1.7	0.084																						
15	1.8	0.084																						
16	1.9	0.085																						
17	2	0.09																						
18	2.1	0.085																						
19	2.2	0.087																						
20	2.3	0.089																						
21																								
22	h	D																						
23																								
24																								

Rys. 7. Wysokości i pomiary średnicy wraz z błędami.

8. Oblicz energię potencjalną, jaką posiadał obiekt przed zrzuceniem, korzystając ze wzoru $E = m \cdot g \cdot h$. W tym celu w kolumnie obok pierwszej komórce (C1) wpisz `= Q3 * 9.81 * A1` (bez apostrofów). Q3 to komórka, w której powinna być wpisana wartość masy obiektu, gdzie A1 to pierwsza wysokość, z której zostało zrzucone ciało. Kliknij w tę komórkę i rozszerz wyniki na wszystkie pomiary.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	0.4	0.057	0.17658																					
2	0.5	0.063	0.220795																					
3	0.6	0.068	0.26487																					
4	0.7	0.07	0.309015																					
5	0.8	0.074	0.35316																					
6	0.9	0.079	0.397305																					
7	1	0.08	0.44145																					
8	1.1	0.084	0.485595																					
9	1.2	0.083	0.52974																					
10	1.3	0.084	0.573885																					
11	1.4	0.081	0.61803																					
12	1.5	0.082	0.662175																					
13	1.6	0.08	0.70632																					
14	1.7	0.084	0.750465																					
15	1.8	0.084	0.79461																					
16	1.9	0.085	0.838755																					
17	2	0.09	0.8829																					
18	2.1	0.085	0.927045																					
19	2.2	0.087	0.97119																					
20	2.3	0.089	1.015335																					
21																								
22	h	D	E																					

Rys. 8. Do skoroszytu została dodana kolumna z wynikami energii.

9. Oblicz logarytm dziesiętny z wartości średnicy i energii. W tym celu w kolumnie obok w pierwszej komórce wpisz `=LOG(B1)` i rozszerz wyniki na pozostałe komórki. Powtórz to dla energii, wpisując w pierwszej komórce `=LOG(C1)`. B1 to komórka, w której widnieje pierwszy

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Krater i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023

pomiar średnicy, a C1 pierwszy pośredni pomiar energii.

The top screenshot shows an Excel spreadsheet with columns A through W. The formula bar displays $=\text{LOG10}(B1)$. The data is organized into columns A through W, with columns D and E highlighted. The bottom screenshot shows an Excel spreadsheet with columns A through U. The formula bar displays $=\text{LOG10}(C1)$. The data is organized into columns A through U, with columns D and E highlighted. Both screenshots include a legend for variables g, m, h, and D.

Legenda:
g wartość przyspieszenia grawitacyjnego
m masa kulki
h wysokość, z której została zrzucona piłka
D średnica krateru

Rys. 9. i 10. Do skoroszytu zostały dodane kolumny z wynikami logarytmu średnicy i energii.

10. W kolumnie obok oblicz błąd logarytmu średnicy zgodnie ze wzorem 5. Wpisz do pierwszej komórki $=\$P\$3/(B1*\text{LN}(10))$, gdzie P3 to kolumna, w której jest zanotowana podziałka miarki. Rozszerz na pozostałe komórki.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with columns A through S. The formula bar displays the formula $=\$P\$3/(B1*\text{LN}(10))$. The data is organized into columns A through S, with columns D and E highlighted. The formula bar also shows the formula $=\text{LOG10}(C1)$.

Legenda:
g wartość przyspieszenia grawitacyjnego
m masa kulki
h wysokość, z której została zrzucona piłka
D średnica krateru

Rys. 11. Do skoroszytu została dodana kolumna z wynikami błędu logarytmu średnicy.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Kratery i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023

11. W kolumnie obok oblicz błąd pośredniego pomiaru energii zgodnie ze wzorem 4. W pierwszej komórce wpisz :
" =PIERWIASTEK((9,81*A1*\$R\$3)^2+(\$Q\$3*A1*\$N\$3)^2+(\$Q\$3*9,81*\$O\$3)^2)", gdzie R3 to błąd pomiaru masy, Q3 - pomiar masy, O3 - błąd podziałki miarki, N3 komórka, w której widnieje błąd przyjętej wartości przyspieszenia grawitacyjnego.

FileEditViewInsertFormatStylesDataToolsWindowHelp

</

Rys. 12. Do skoroszytu została dodana kolumna z wynikami błęd logarytmu energii.

12. W kolumnie obok oblicz błąd pomiaru logarytmu energii zgodnie ze wzorem 5. W pierwszej komórce wpisz '=G1/(C1*LN(10))', gdzie G1 to wartość wyliczonego punkt wcześniej błędu pośredniego pomiaru energii.

FileEditViewInsertFormatStylesSheetDataToolsWindowHelp

</

Rys. 13. Do skoroszytu została dodana kolumna z wynikami błęd logarytmu energii

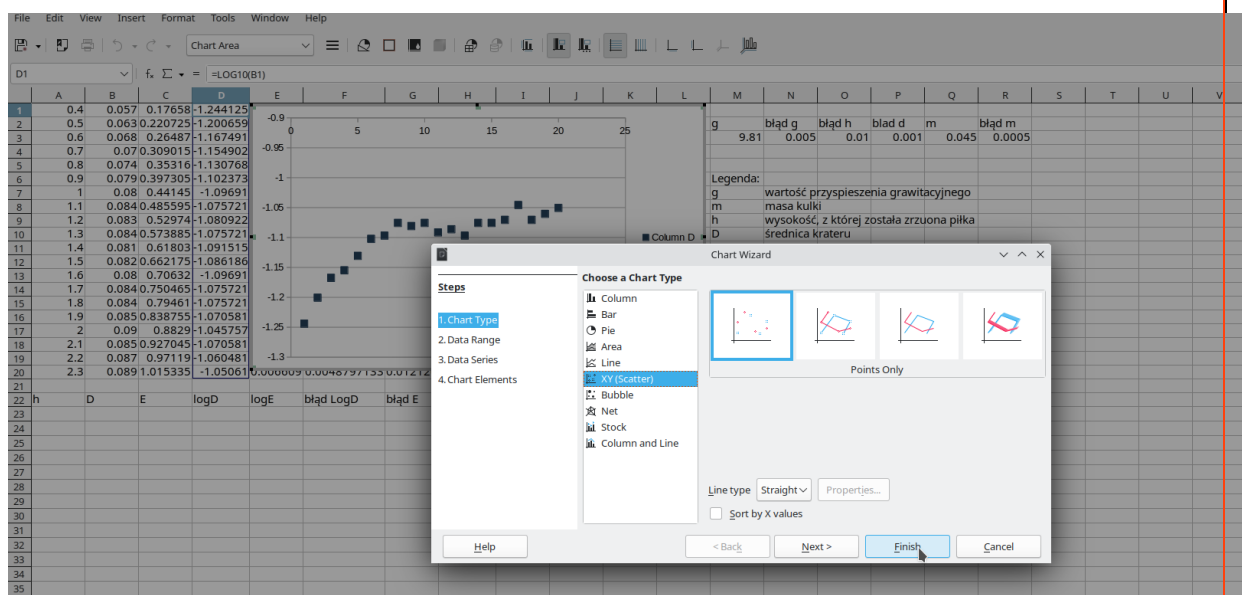
Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Kratery i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023

13. Stwórz wykres zależności logarytmu średnicy krateru od logarytmu energii. W tym celu zaznacz kolumny zawierające logarytm średnicy i w górnym menu kliknij Insert→Chart.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	0.4	0.057	0.17658	-1.244125	-0.75306	0.0076192014	0.004832	0.011883											
2	0.5	0.063	0.220725	-1.200659	-0.65615	0.0068935632	0.005051	0.009939					g	błąd g	błąd h	błąd d	m	błąd m	
3	0.6	0.068	0.26487	-1.167491	-0.57697	0.0063866836	0.005307	0.008702					9.81	0.005	0.01	0.001	0.045	0.0005	
4	0.7	0.07	0.309015	-1.154902	-0.51002	0.0062042069	0.005595	0.007863											
5	0.8	0.074	0.35316	-1.130768	-0.45203	0.0058688444	0.005909	0.007267											
6	0.9	0.079	0.397305	-1.102373	-0.40088	0.0054973985	0.006246	0.006828											
7	1	0.08	0.44145	-1.09691	-0.35512	0.005428681	0.006603	0.006496											
8	1.1	0.084	0.485595	-1.075721	-0.31373	0.0051701724	0.006976	0.006239											
9	1.2	0.083	0.52974	-1.080922	-0.27594	0.0052324636	0.007362	0.006036											
10	1.3	0.084	0.573885	-1.075721	-0.24118	0.0051701724	0.007761	0.005873											
11	1.4	0.081	0.61803	-1.091515	-0.20899	0.0053616603	0.00817	0.005741											
12	1.5	0.082	0.662175	-1.086186	-0.17903	0.0052962742	0.008587	0.005632											
13	1.6	0.08	0.70632	-1.09691	-0.151	0.005428681	0.009012	0.005541											
14	1.7	0.084	0.750465	-1.075721	-0.12467	0.0051701724	0.009443	0.005464											
15	1.8	0.084	0.79461	-1.075721	-0.09985	0.0051701724	0.009879	0.0054											
16	1.9	0.085	0.838755	-1.070581	-0.07636	0.0051093468	0.010321	0.005344											
17	2	0.09	0.8829	-1.045757	-0.05409	0.0048254942	0.010767	0.005296											
18	2.1	0.085	0.927045	-1.070581	-0.0329	0.0051093468	0.011217	0.005255											
19	2.2	0.087	0.97119	-1.060481	-0.0127	0.0049918906	0.01167	0.005218											
20	2.3	0.089	1.015335	-1.05061	0.006609	0.0048797133	0.012126	0.005187											
21																			
22	h	D	E	logD	logE	błąd LogD	błąd E	błąd LogE											

Rys. 14. W górnym menu wybieramy Insert->Chart

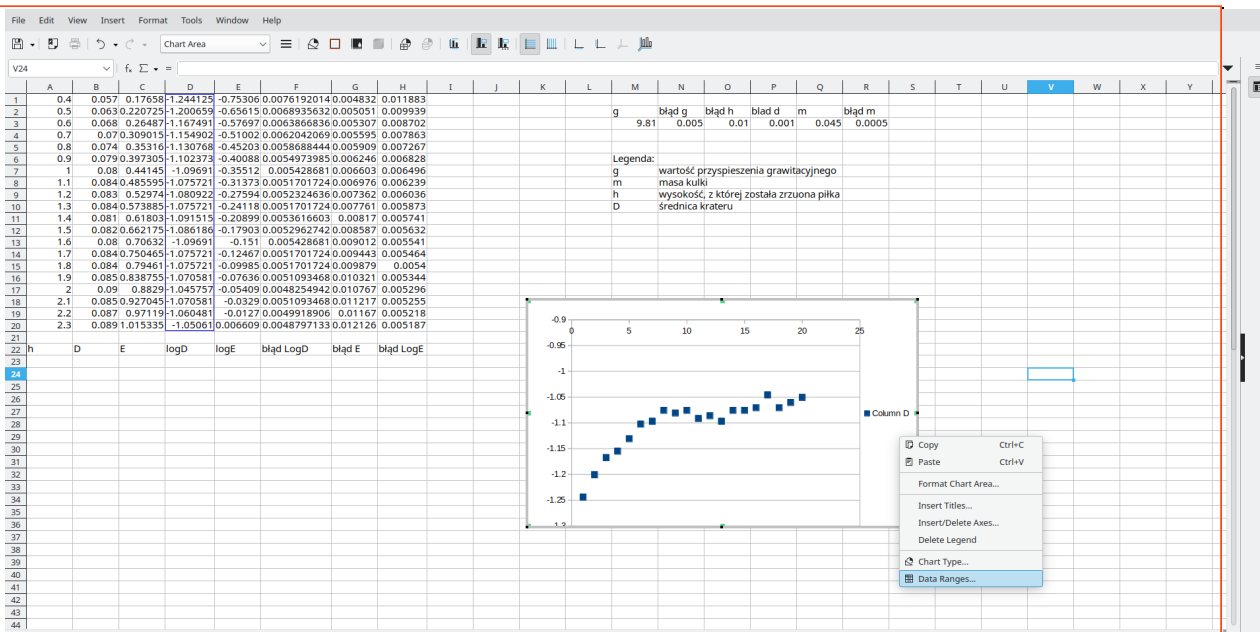
14. Wybierz typ wykresu XY(Scatter) i kliknij Finish.



Rys. 15. Menu opcji Chart

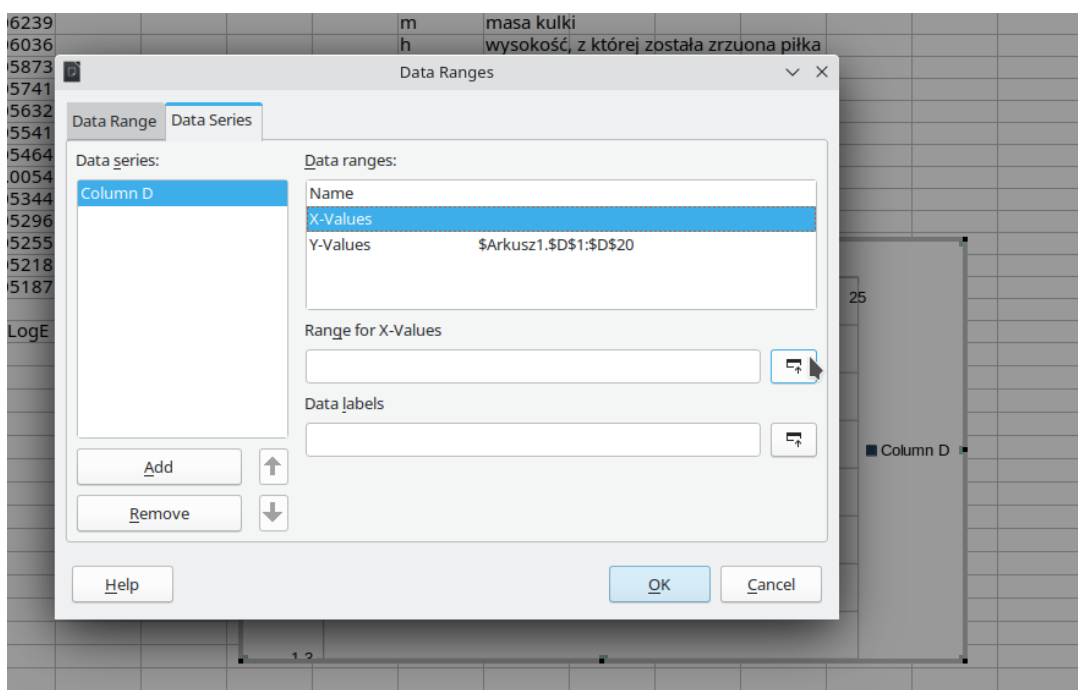
15. Kliknij prawym przyciskiem myszy na wykres, który się pojawił – wcześniej zaznaczając go, klikając na niego dwukrotnie - i wybierz Data Ranges.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Krater i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023



Rys. 16. Wybieramy opcję Data Ranges.

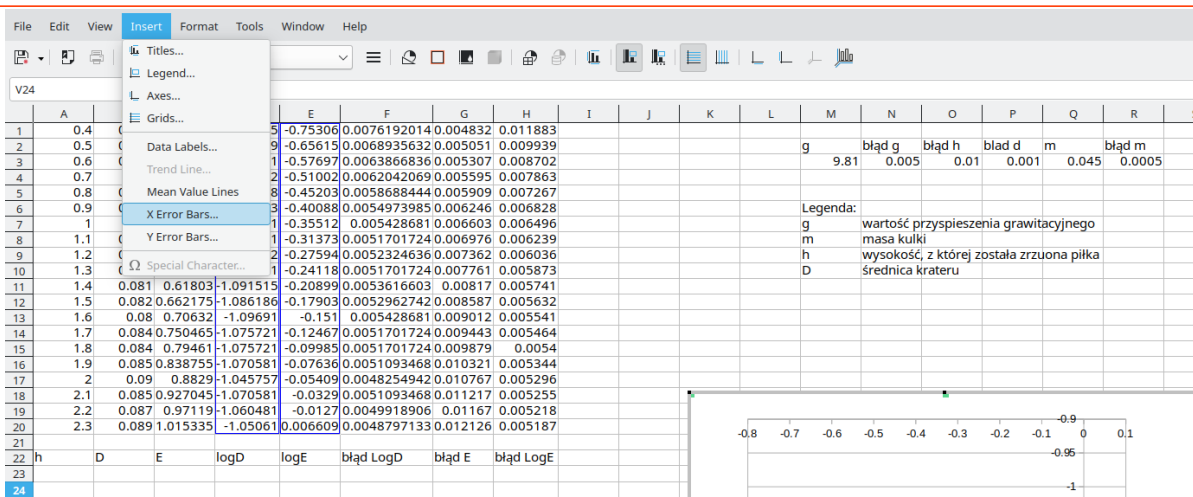
16. W Data Series wybierz zaznaczoną kolumnę, a w Data Ranges kliknij w X-Values a następnie kliknij w pole do wskazania kolumn w Range for X-Values i zaznacz kolumny z wartościami logarytmu energii.



Rys. 17. Menu opcji Data Ranges.

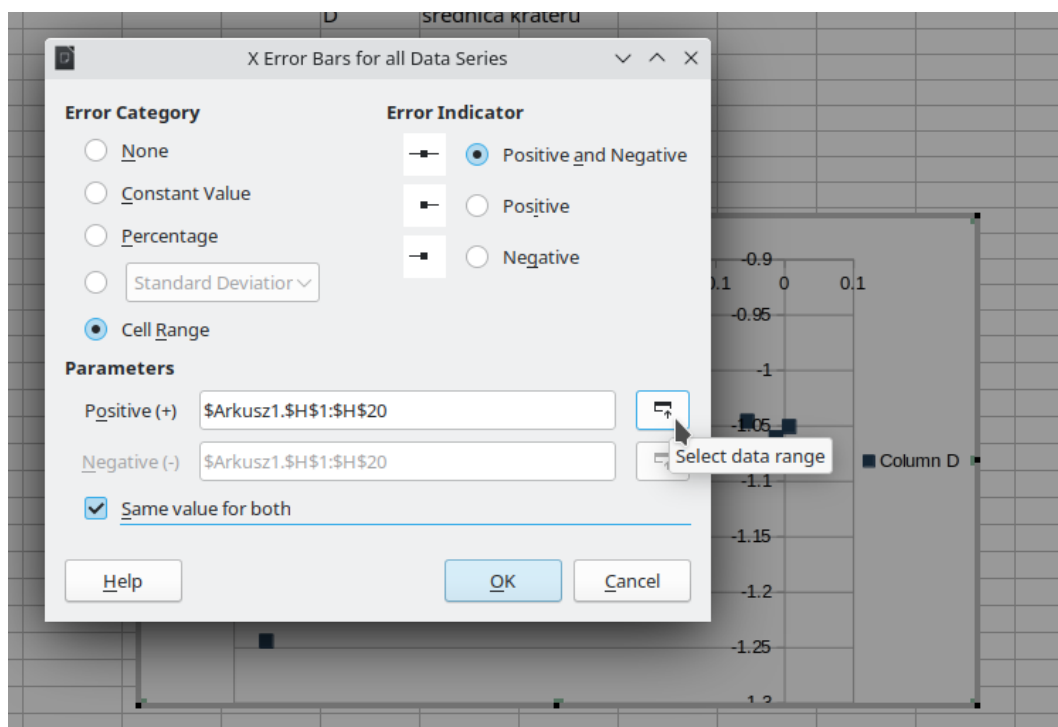
17. Dodaj błędy pomiarów zaznaczając wykres i w górnym menu wybierz Insert-> X Error Bars.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Krater i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023



Rys. 18 W górnym menu wybieramy Insert->X Error

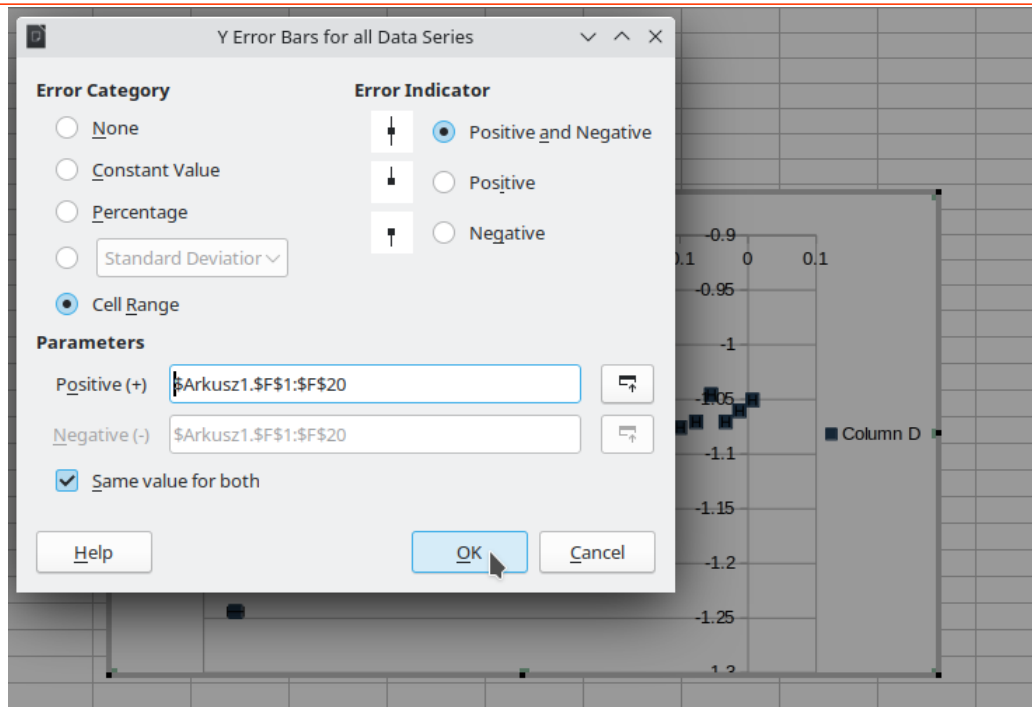
18. W Error Category zaznacz Cell range, Error Indicator ustaw na Positive and Negative, a w Parameters zaznacz 'Same value for both'. Kliknij w przycisk wskazania kolumn obok pola Positive(+) i zaznacz kolumny błędów energii.



Rys. 19. Menu opcji X Error Bars.

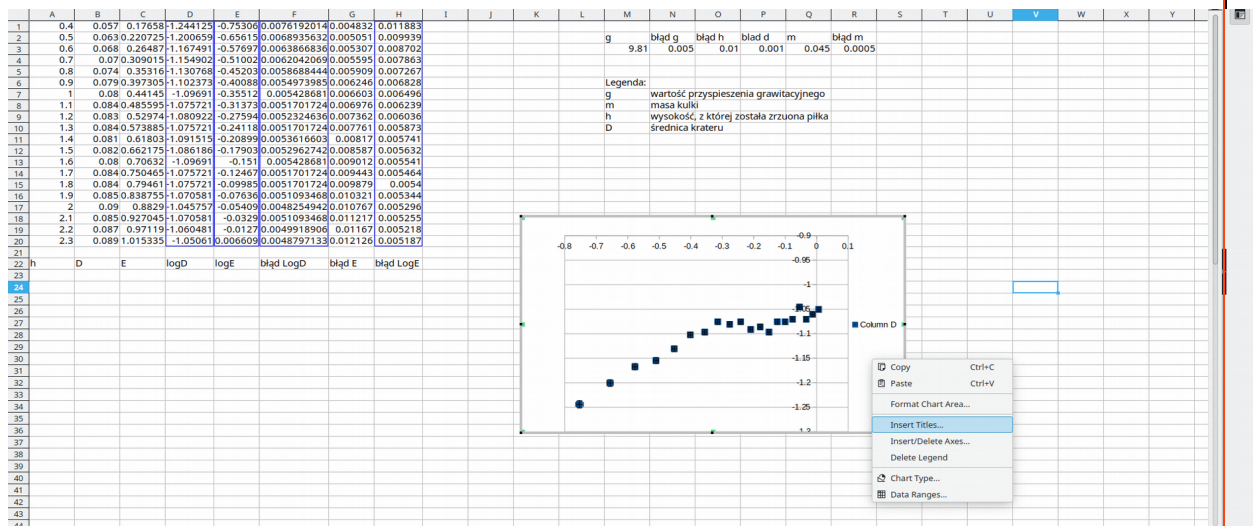
19. Powtórz proces dla błędów logarytmu średnicy. Wybierz Insert->Y Error Bars i postępuj tak samo.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Kratery i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023



Rys. 20. Menu opcji Y Error Bars .

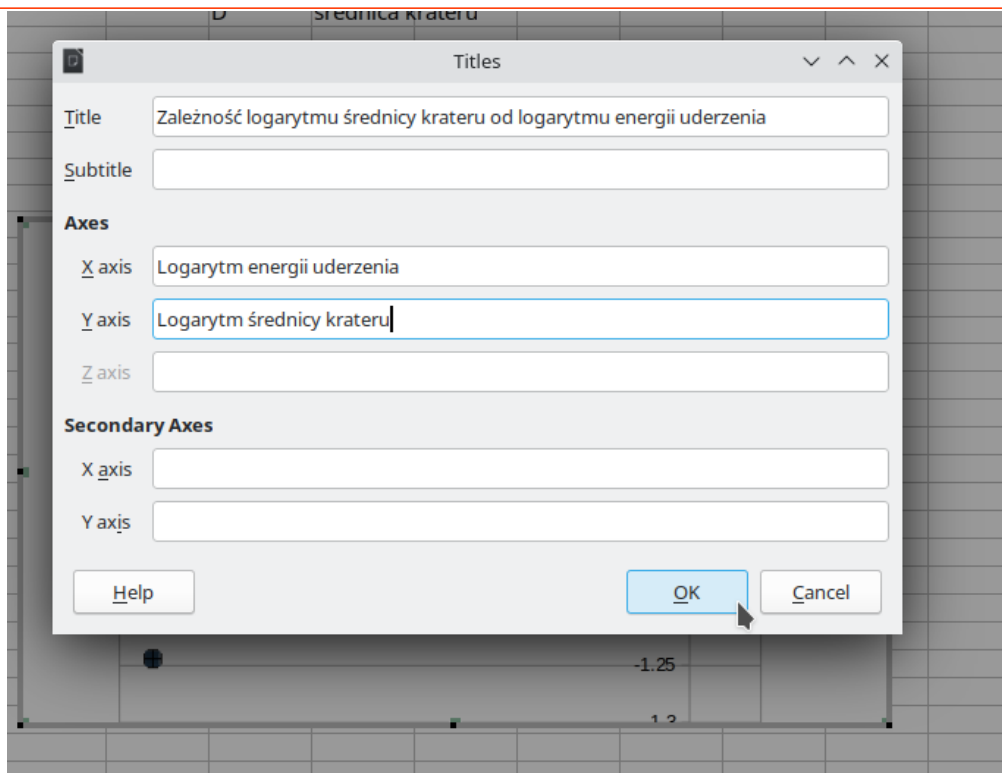
20. Zatytuuj wykres i osie klikając prawym przyciskiem na wykres i wybierz Insert Titles.



Rys. 21. Wybieramy opcję Insert Titles.

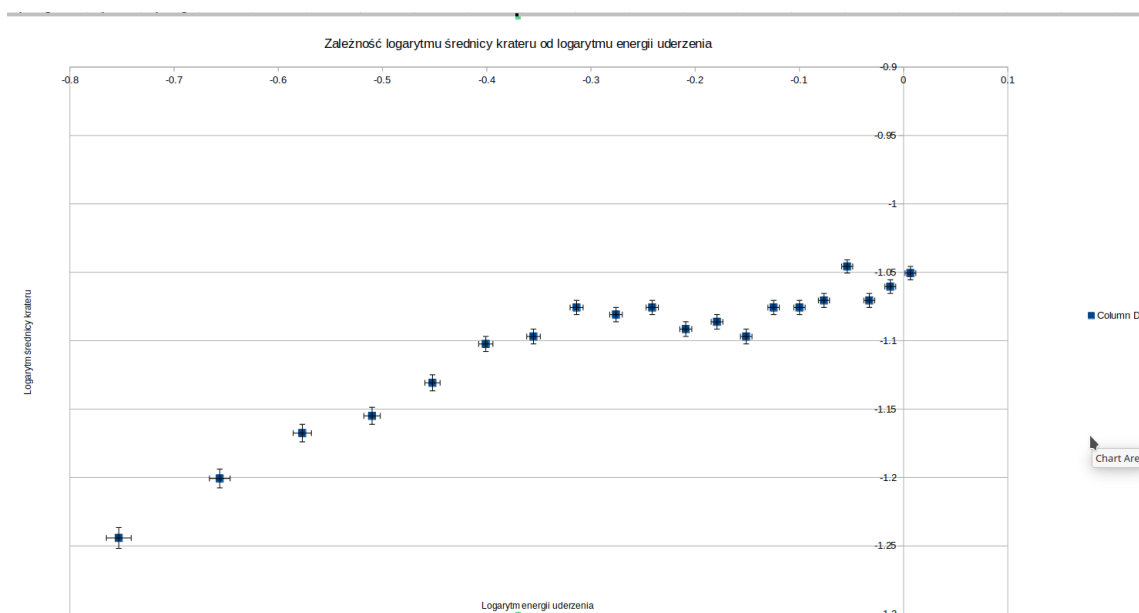
21. W pole Title wpisz tytuł np. 'Zależność logarytmu średnicy krateru od logarytmu energii uderzenia'. W polu X Axis - Logarytm energii uderzenia, Y- Axis - Logarytm średnicy krateru.

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
Krater i zderzenia
Doświadczenie konkursowe rok 2023



Rys. 22. Menu opcji Titles.

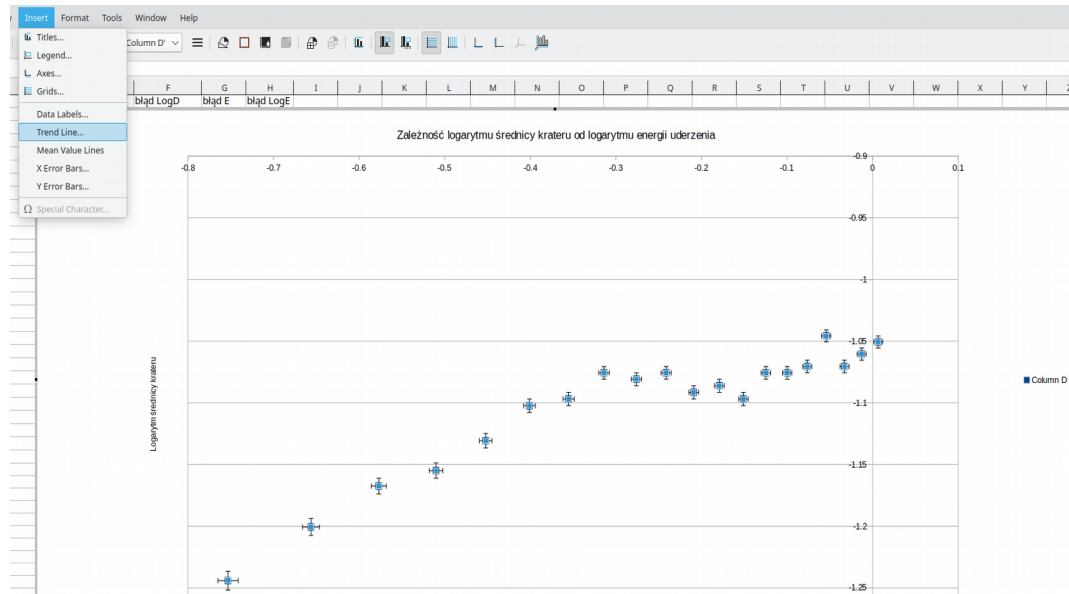
22. Powiększ wykres łapiąc kursorem za róg, tak, aby krzyże błędów były widoczne.



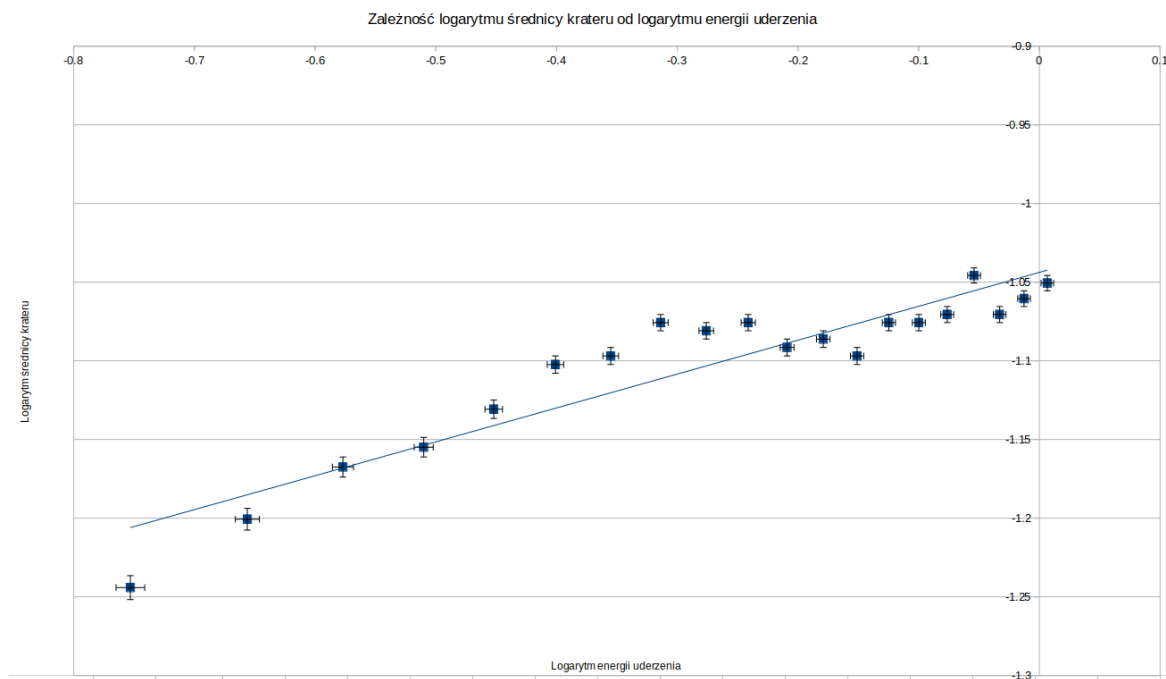
Rys. 23. Powiększony, opisany wykres.

23. Dopasuj do danych pomiarowych linię trendu metodą regresji liniowej. W Libre Office Ca możesz to zrobić automatycznie klikając na punkty pomiarowe (tak, aby były zaznaczone) oraz wybierając w górnym menu Insert->Trend Line

Konkurs Astronomiczny „Astrolabium”
 Kratery i zderzenia
 Doświadczenie konkursowe rok 2023

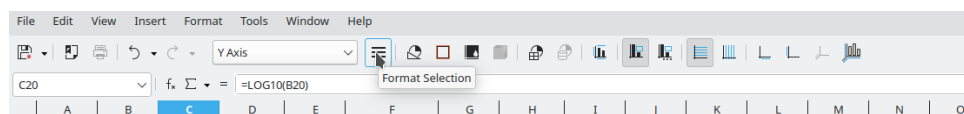


Rys. 24. W górnym menu wybieramy Insert->Trend Line.



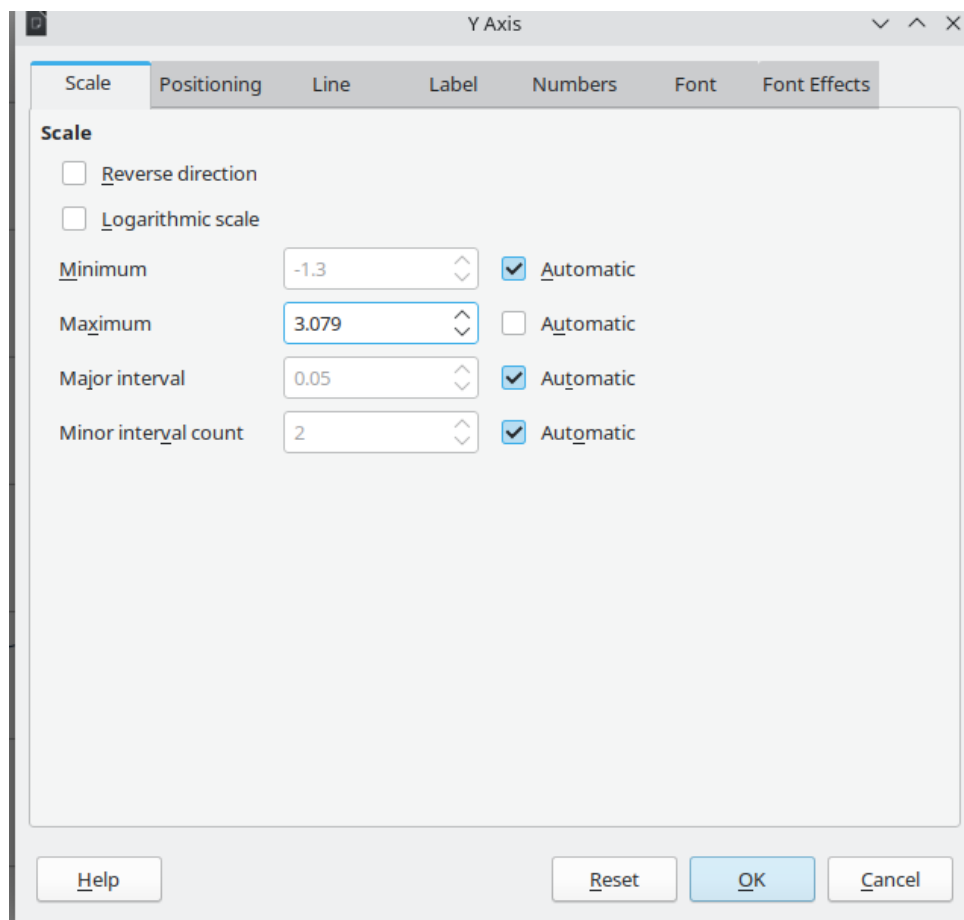
Rys.25. Otrzymany wykres wraz z linią trendu.

24. Oszacuj na podstawie uzyskanych danych energię uderzenia komety, która utworzyła krater Barringera o średnicy 1200m. W tym celu oblicz logarytm dziesiętny średnicy tego krateru. Następnie zwiększ zakres osi Y wybierając w górnym menu Y Axis i Format Selection.



Rys.26. W menu wybieramy Format Selection.

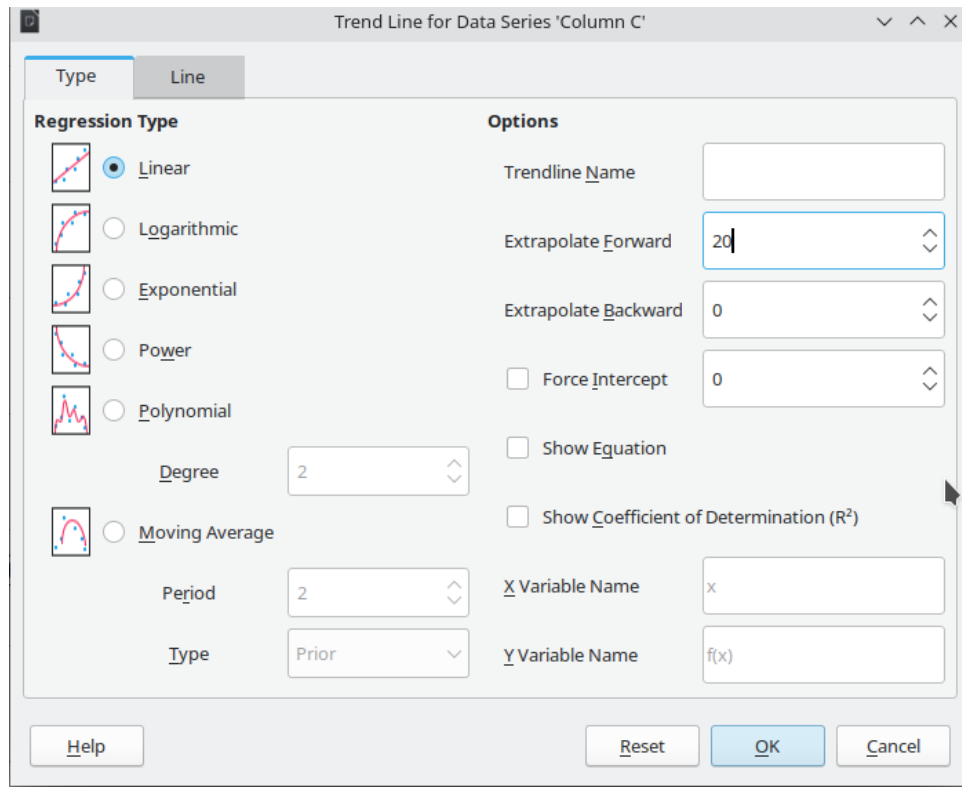
25. W zakładce Scale odznacz opcję Automatic dla Maximum i umieść tam uzyskaną wartość logarytmu.



Rys.27. W menu wybieramy Format Selection.

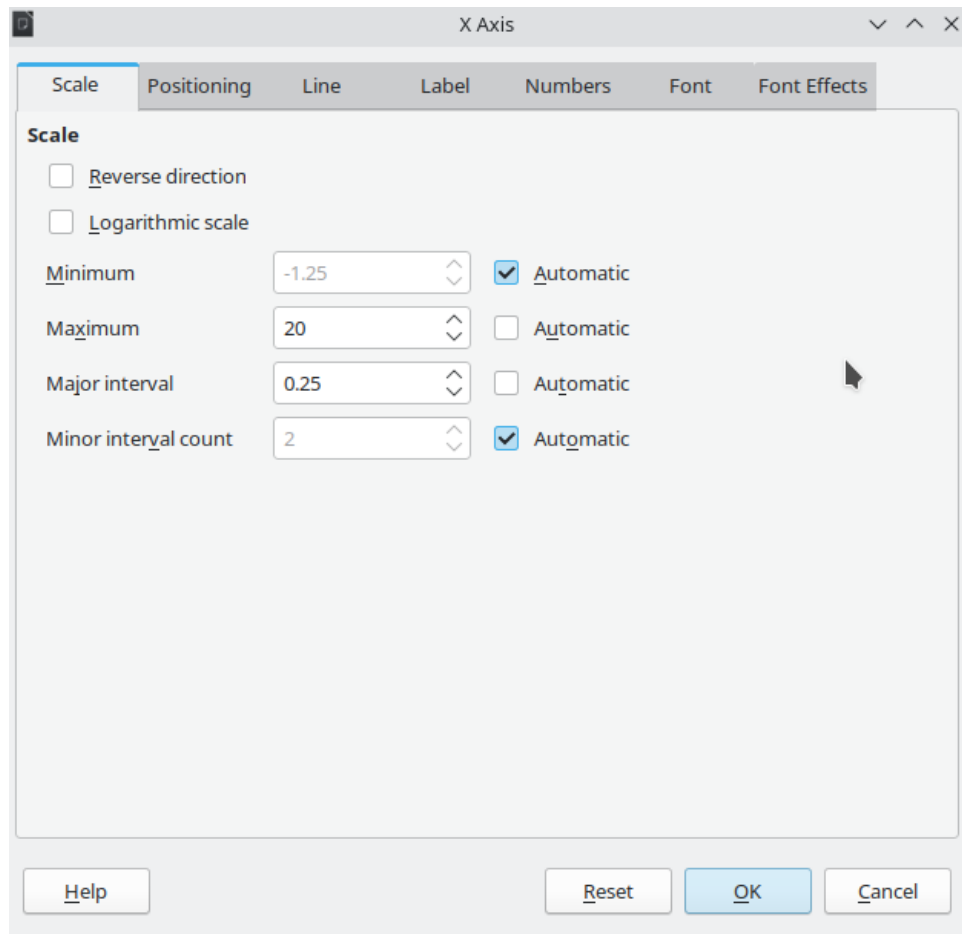
26. Wejść w to samo menu dla X Axis, tym razem w polu Maximum wpisując 20.

27. Wejść w opcję Format Selection dla Trend Line i w zakładce Type ustaw Extrapolate Forward na 20.



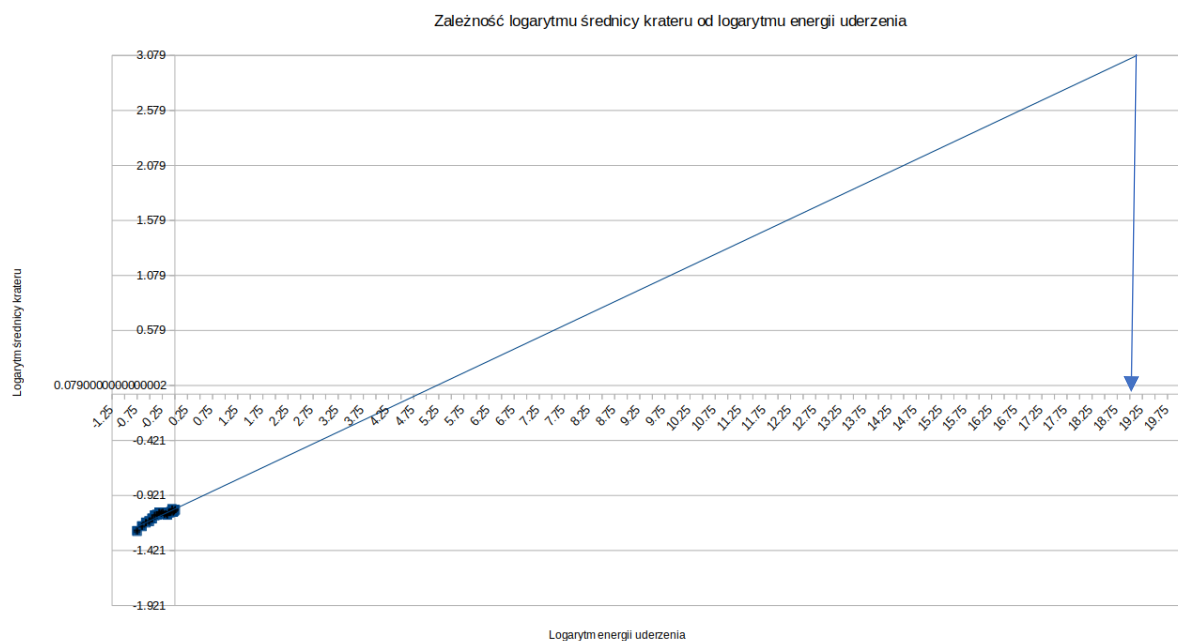
Rys.28. Menu Trend Line

27. Wejdź w menu Format Selection dla X Axis i w zakładce Scale odznaczyć pole Automatic dla Major Interval i wpisz tam np. 0.25 aby łatwiej odczytać z otrzymaną wartość.



Rys.29. Menu X Axis.

28. Oszacowana wartość logarytmu energii uderzenia będzie się równać wartości na osi X dla wartości logarytmu średnicy krateru (Współrzędnej x końca linii trendu).



Rys.30. Wykres z zaznaczoną przewidywaną wartością energii uderzenia dla krateru o średnicy 1200m.

29. Oceń błąd dopasowania prostej. W tym celu wejdź na stronę <https://www.graphpad.com/quickcalcs/linear1/>. W pola X i Y przekopiuuj ze skoroszytu kolumny kolejno logarytmu średnicy oraz logarytmu energii i kliknij *Calculate now*.

1. Enter data

Caution: Table field accepts numbers up to 10 digits in length; numbers exceeding this length will be truncated. Up to 1000 rows of data may be pasted into the table column.

Label:

	X	Y
1	-1.2441251	-0.7530584
2	-1.2006594	-0.6561484
3	-1.1674910	-0.5769672
4	-1.1549019	-0.5100204
5	-1.1307682	-0.4520284
6	-1.1023729	-0.4008759
7	-1.0969100	-0.3551184
8	-1.0757207	-0.3137257
9	-1.0809219	-0.2759372
10	-1.0757207	-0.2411751
11	-1.0915149	-0.2089904
12	-1.0861861	-0.1790272
13	-1.0969100	-0.1509984
14	-1.0757207	-0.1246695
15	-1.0757207	-0.0998459

2. View the results

Calculate now

Rys.31. Po wklejeniu odpowiednich kolumn klikamy Calculate now.

30. Zapoznaj się z wynikiem i znajdź sekcję Best-fit values. Pamiętaj, że dopasowana prosta jest opisana równaniem $y=ax+b$, gdzie a to współczynnik liniowy prostej (ang. *Slope*) a b – wyraz wolny czyli miejsce przecięcia się prostej z osią OY (*Y-Intercept*). Wyznaczenie obu współczynnika jest również obarczone błędem, który możemy odczytać i następnie wziąć pod uwagę przy analizowaniu wyniku:

Best-fit values	
Slope	4.030 ± 0.3703
Y-intercept	4.171 ± 0.4088
X-intercept	-1.035
1/Slope	0.2481
95% Confidence Intervals	
Slope	3.252 to 4.809
Y-intercept	3.312 to 5.030
X-intercept	-1.049 to -1.015

Rys.32. Po wklejeniu odpowiednich kolumn klikamy Calculate now.

Do przemyślenia:

1. Znajdź w Internecie informację na temat szacowanej przez naukowców energii uderzenia komety, która utworzyła krater Barringera. Jak bardzo różni się ta wartość od tej obliczonej przez Ciebie? Z czego wynikają różnice?

2. Jak myślisz, czy możemy dobrać współczynniki dopasowanej prostej w granicach dokładności ich wyznaczenia aby uzyskana przez nas prosta przewidywała rzeczywisty wynik?

3. Zaproponuj, co można zrobić, aby uzyskany wynik był jeszcze najdokładniejszy.

4. Czy w rzeczywistości przyjęte przez nas błędy są większe, czy mniejsze niż rzeczywiste?

5. Czy istnieją błędy, których nie uwzględniliśmy?

6. W jaki sposób określana jest prosta, która najlepiej pasuje do danych? Dowiedz się więcej o regresji liniowej i metodzie najmniejszych kwadratów.

7. Woda to jeden z najważniejszych związków chemicznych niezbędnych do rozwoju życia. Jej cząsteczki stanowią także główny składnik, z którego zbudowane są komety. Bezpośrednia obserwacja kometarnej wody jest jednak trudna. Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie przygotowuje obecnie misję kosmiczną HYADES, w ramach której powstanie satelita zaprojektowany do obserwacji kometarnych linii Lyman alfa poza ziemską atmosferą. Ma to umożliwić naukowcom obserwacje atomów wodoru uwolnionych w gazowych otoczkach komet wskutek rozpadu ich cząsteczek wody. Przeczytaj artykuł zamieszczony na stronie

<https://www.urania.edu.pl/wiadomosci/universytet-jagiellonski-z-wlasna-misja-kosmiczna-w-ramach-nowego-grantu-erc>

i postaraj się odpowiedzieć na następujące pytania: dlaczego do tego typu badań najbardziej przydatny będzie sztuczny satelita i dlaczego badania komet pod kątem obecności wody są istotne dla nauki. Odpowiedzi zapisz poniżej w formie kilku –kilkunastu zdań.