



Fizyka – ćwiczenia laboratoryjne

Zajęcia wstępne



dr Katarzyna Boniewicz-Szmyt

pokój C-116 a

Konsultacje

<http://wm.umg.edu.pl/pracownicy-kf>

wtorek 12:45-14:45

adres strony:

<http://kepler.umg.edu.pl/~kbon>



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



















































































Grafik Pracowni Fizyki

Pracownia Fizyczna dla studentów I roku studiów Wydziału Nawigacyjnego (**15 godzin** lekcyjnych)

1. Omówienie wymagań i zasad bhp. Pomiar wielkości fizycznych i niepewności pomiarowych.
2. WAHADŁO - Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

INSTRUKCJA 

film 

ZAJĘCIA	ZESPÓL 1	ZESPÓL 2	ZESPÓL 3	ZESPÓL 4	ZESPÓL 5	ZESPÓL 6	ZESPÓL 7	ZESPÓL 8
3.	ARCHIMEDES  	DŹWIĘK  	SOCZEWKI  	DYFRAKCJA  	KOMPAS  	REFRAKCJA  	STEINER  	KONDENSATOR  
4.	DŹWIĘK  	SOCZEWKI  	DYFRAKCJA  	KOMPAS  	REFRAKCJA  	STEINER  	KONDENSATOR  	ARCHIMEDES  
5.	SOCZEWKI  	DYFRAKCJA  	KOMPAS  	REFRAKCJA  	STEINER  	KONDENSATOR  	ARCHIMEDES  	DŹWIĘK  
6.	DYFRAKCJA  	KOMPAS  	REFRAKCJA  	STEINER  	KONDENSATOR  	ARCHIMEDES  	DŹWIĘK  	SOCZEWKI  
7.	KOMPAS  	REFRAKCJA  	STEINER  	KONDENSATOR  	ARCHIMEDES  	DŹWIĘK  	SOCZEWKI  	DYFRAKCJA  

8. Zaliczenie pracowni - rozliczenie sprawozdań

Pierwsze zajęcia przewidziane są na szkolenie BiHP oraz omówienie wymagań i sposobu pracy na pracowni fizycznej. Pozostały, ostatni termin zajęć (jedna godzina) przewidziano na zaliczenie

<http://wm.umg.edu.pl/laboratorium-fizyki-c144>



Obowiązki studenta!



- Przed każdym ćwiczeniem student powinien :
 - przygotować się z ogólnych wiadomości z działu, którego dotyczy dane ćwiczenie,
 - przygotować się z wiadomości szczegółowych na temat badanego zjawiska,
 - znać metodę pomiarową, stosowaną w danym ćwiczeniu,
 - przygotować odręcznie pierwszą i trzecią stronę sprawozdania oraz protokół, według szablonu metodycznego, podanego na stronie:
<http://wm.umg.edu.pl/laboratorium-fizyki-c144>
 - posiadać papier milimetrowy formatu A4

- Student jest obowiązany oddać przed każdymi zajęciami sprawozdanie z poprzednich zajęć.



Obowiązki studenta!



Student obowiązany jest przynieść na każde zajęcia:

- wydrukowaną metodykę,
- przygotowaną 1 i 3 stronę na papierze kancelaryjnym - arkusz A3 złożony na pół,
- nie wypełniony protokół do pomiarów (A5),
- **sprawozdanie z poprzednich zajęć.**

Student obowiązany jest posiadać niezbędną wiedzę do danego ćwiczenia!

Student potrafi:

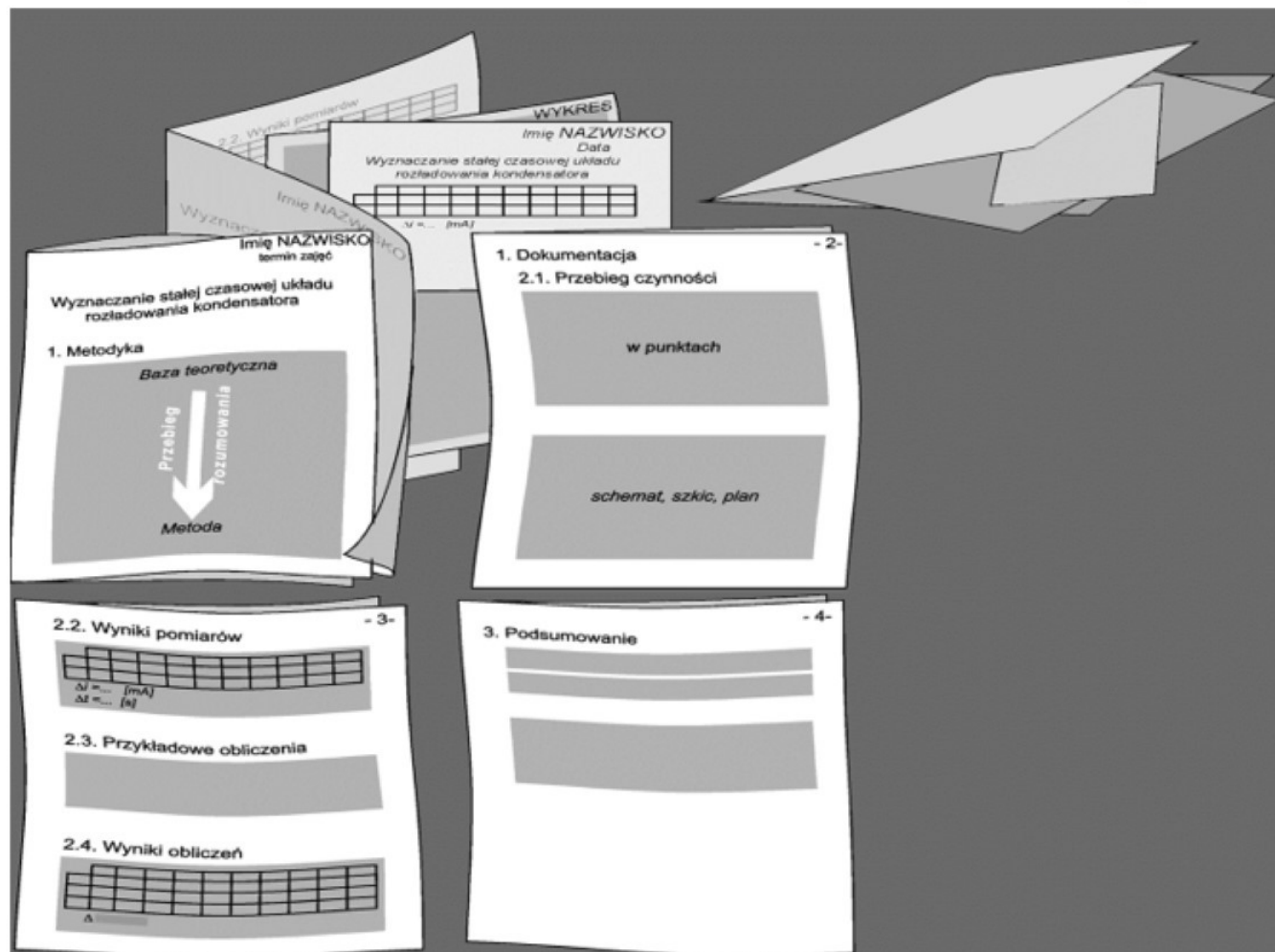
- sformułować cel ćwiczenia (każdy swój),
- wyjaśnić prawa, zjawiska i pojęcia fizyczne oraz metodę pomiarową,
- połączyć układ pomiarowy bądź sprawdzić prawidłowość połączenia,
- poprawnie zapisać równanie prostej służącej do osiągnięcia celu ćwiczenia i wyjaśnić sens fizyczny jej parametrów,
- po zakończeniu ćwiczenia wyłączyć wszystkie urządzenia w odpowiedniej kolejności i zostawić porządek na stanowisku pomiarowym.



Sprawozdanie

- Część zasadnicza: papier kancelaryjny – arkusz A3 złożony na pół.
- Wykres: papier milimetrowy formatu A4.
- Protokół z pomiarów podpisany przez prowadzącego.

UWAGA: Za otrzymanie podpisu odpowiada student.
Protokół bez podpisu jest nieważny.
Protokół zagubiony = ponowne wykonanie ćwiczenia.



Imię i NAZWISKO

20. 12. 2017 r.

Wyznaczenie natężenia pola grawitacyjnego metodą
wahadła matematycznego

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l [m]	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,72
$t = 10T$ [s]	11,97	12,77	13,09	14,24	14,25	14,69	15,37	16,15	16,61	16,70

$$\Delta l = 0,02 \text{ [m]}$$

$$\Delta t = 0,30 \text{ [s]}$$

20. 12. 2017
[Signature]

Imię i NAZWISKO

28.04.2014r.

Sprawdzenie prawa Lamberta

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r [m]	0,323	0,340	0,359	0,382	0,410	0,443	0,483	0,538	0,621	0,750
E [Lx]	23,2	21,2	19,2	17,2	15,2	13,2	11,2	9,2	7,2	5,2

$$\Delta r = 0,3 \text{ [cm]}$$

$$\Delta E = 0,5 \text{ [Lx]}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α [°]	10	20	28	34	41	48	56	60	65	73
E [Lx]	15,7	14,7	13,7	12,7	11,2	9,7	8,2	7,2	5,7	3,7

$$\Delta \alpha = 2 \text{ [°]}$$

$$\Delta E = 0,5 \text{ [Lx]}$$



Imię i NAZWISKO


10.01.2018 r.

WYZNACZANIE CIEPŁA TOPNIENIA LODU

m_k [kg]	m_w [kg]	m_l [kg]	T_p [K]	T_k [K]	T_l [K]
0,224	0,118	0,013	326,8	317,2	273,0

$$\Delta m_k = 0,001 \text{ kg} \quad \Delta m_w = 0,002 \text{ kg} \quad \Delta m_l = 0,003 \text{ kg} \quad \Delta T_p = \Delta T_k = \Delta T_l = \Delta T = 0,1 \text{ K}$$

$$c_w = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \quad c_k = 900 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

10.01.2018




Strona 1

- W prawym górnym rogu,
Imię i NAZWISKO,
- Trochę niżej na środku, u góry kartki

Temat ćwiczenia,

Stronę 1 wykonujemy na podstawie szablonu metodycznego i własnej analizy tematu

UWAGA: Wstęp teoretyczny zwykle nie wystarczy, aby się dobrze przygotować do wykonania ćwiczenia. Każdy student jest zobowiązany we własnym zakresie uzupełnić wiedzę potrzebną do wykonania ćwiczenia na podstawie pytań znajdujących się na 2 stronie instrukcji

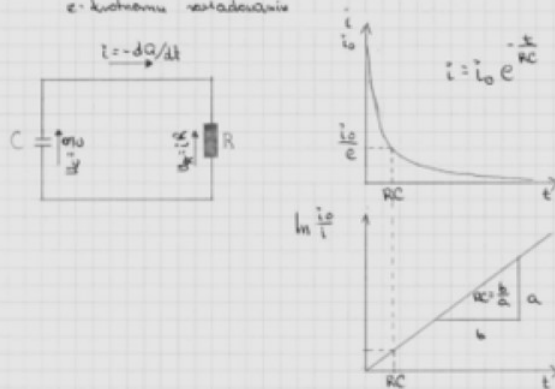
Imię i NAZWISKO

Data wykonania

Sprawdzenie zależności natężenia prądu w obwodzie rozładowania kondensatora od czasu

Metodyka

Stała czasowa „RC” to czas, po jakim kondensator ulega e-krotnemu rozładowaniu

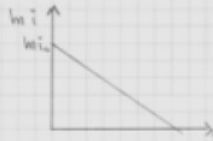


Zatem, aby sprawdzić zależności natężenia prądu rozładowania od czasu należy:

- przeprowadzić pomiary zależności natężenia prądu rozładowania od czasu
- sporządzić wykres zależności $\ln i$ od t
- zanalizować liniowość

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\ln i = \ln i_0 - \frac{1}{RC} t$$



Imię i NAZWISKO

Data wykonania

„WYZNACZANIE CIĘPŁA WĄSKIEGO METODĄ OSTYERANIA”

METODYKA

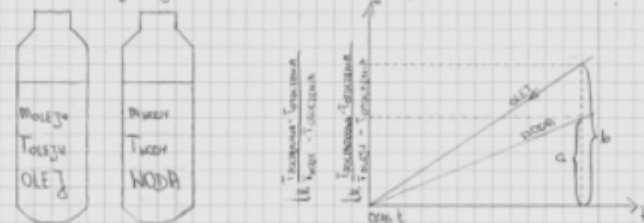
ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY CIEPŁA OD CZASU JEGO OSTYERANIA WYKREŚLE ZMIENNOŚCI:

$$T_{\text{ciepła}} = (T_{\text{ciepłota}} - T_{\text{otoczenia}}) e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{\text{otoczenia}}$$

A PO ZLINEARYZOWANIU ZMIENNOŚCI NASTĘPUJĄCA:

$$\ln \frac{T_{\text{ciepłota}} - T_{\text{otoczenia}}}{T_{\text{ciepła}} - T_{\text{otoczenia}}} = \frac{1}{\tau} t$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\text{Powierzchnia}}{\text{Masa}} \cdot \frac{C_{\text{ciepła}}}{C_{\text{ciepłota}}} \Rightarrow C_{\text{ciepła}} = \frac{\text{Masa}}{\text{Powierzchnia}} \cdot \tau \cdot C_{\text{ciepłota}}$$



ZATEM, BY WYZNACZYĆ CIĘPŁO WĄSKIE OLEJU NALEŻY WYKONAC RÓWNYCH ZMIENNOŚCI TEMPERATURY OGRZEWAJĄCEGO OLEJU O WADZE MASEJ OLEJU OGRZEWAJĄCEJ WODY O WADZE MASEJ A ZMIENNOŚCI OD CZASU; SPROTREZIC WYKRES

$$\ln \frac{T_{\text{ciepłota}} - T_{\text{otoczenia}}}{T_{\text{ciepła}} - T_{\text{otoczenia}}} = f(t)$$

$$\ln \frac{T_{\text{ciepłota}} - T_{\text{otoczenia}}}{T_{\text{ciepła}} - T_{\text{otoczenia}}} = f(t)$$

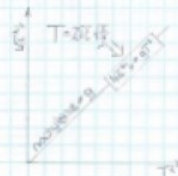
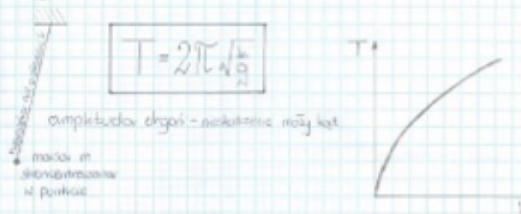
PO CZYM ODCZYTAĆ WARTOŚCI a i b ORAZ OBLICZYĆ WARTOŚĆ CIĘPŁA WĄSKIEGO.

Imię i NAZWISKO

Data wykonania

Wyznaczenie natężenia pola grawitacyjnego metodą wahadła matematycznego

1. Metodyka



Zatem, jeżeli wyznaczenia natężenia pola grawitacyjnego g należy:

- przeprowadzić pomiar zależności okresu wahadła od jego długości,
- sporządzić wykres $kT^2 = f(l)$
- odczytać z niego wartość natężenia pola grawitacyjnego (następnie wykres)

Imię i NAZWISKO

Data wykonania

KONDENSATOR

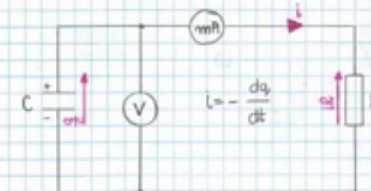
WYZNACZANIE STAŁEJ CZASOWEJ OBWODU ROZŁADOWANIA KONDENSATORA

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wypracowanie stałej czasowej RC rozładowania kondensatora.

2. Wprowadzenie

W dwóch rozładowaniach kondensatora natężenie prądu jest odwrotnie proporcjonalne do szybkości rozładowania kondensatora, albo formułując inaczej: szybkość ubytku ładunku na kondensatorze, a o formułując matematycznie: pochodna ładunku po czasie ze znakiem ujemnym (ujemny to ładunek ubytku).



Z prawa Kirchhoffa dla obwodu zamkniętego w zastosowaniu do obwodu rozładowania otrzymujemy: $q/C - iR = 0$, ochramnie $i = dq/dt$

$$\frac{q}{C} - iR = 0 \rightarrow \frac{q}{C} + \frac{dq}{dt} R = 0$$

$$\frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} dt$$

$$\ln q = -\frac{1}{RC} t + K \quad (\text{stała całkowania oznaczamy jako } K = \ln q_0)$$

$$\ln \frac{q}{q_0} = -\frac{1}{RC} t$$

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

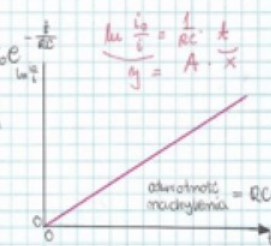
Przebieg $i = -\frac{dq}{dt}$ obieramy $i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

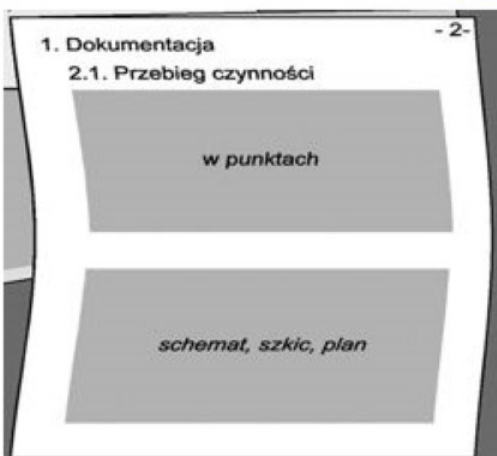
Zatem aby wyznaczyć stałą czasową RC rozładowania kondensatora należy:

- przeprowadzić pomiar zależności natężenia prądu rozładowania od czasu,
- sporządzić wykres zależności

$$\ln \frac{i}{i_0} \text{ od } t$$

- odczytać odwrótność jego nachylenia, czyli wartość stałej czasowej RC

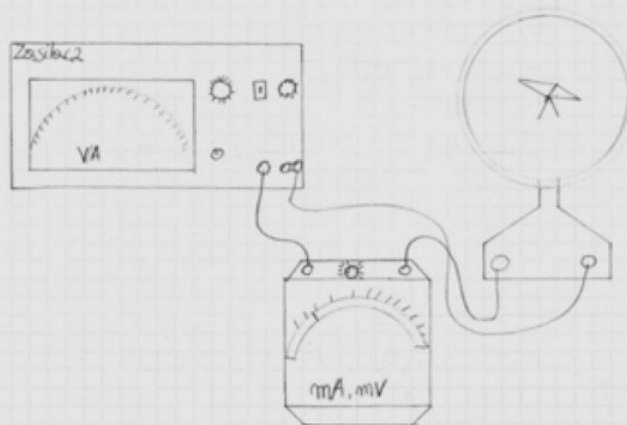




- **Przebieg doświadczenia** (czyli informacja, jak praktycznie zrealizowano zamierzenie, zawarte w metodzie – najlepiej w punktach).
- **Szkic układu pomiarowego** (szkice, schematy, użyte przyrządy i materiały itp.).

2.1 Przebieg czynności

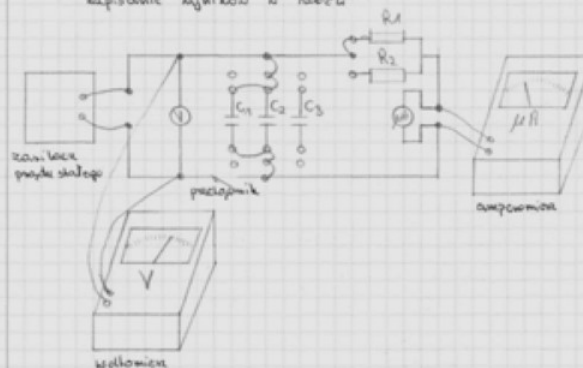
- zapoznać się z teorią teoretyczną
- zapoznać się z instrukcją obsługi celownika
- zapoznać się z schematem pomiarowym
- zapoznać się z obsługą pomiarową
- sformułować idee zwojów cewki
- dokonać pomiaru prądu cewki
- dokonać odczytu i zapisu pomiaru natężenia prądu oraz kąta φ
- sporządzić charakterystykę podstawowe pomiarów i obliczyć wartości
- odczytać z niego indukcyjność pola cewki



1.1 Dokumentacja

1.1 Przebieg czynności

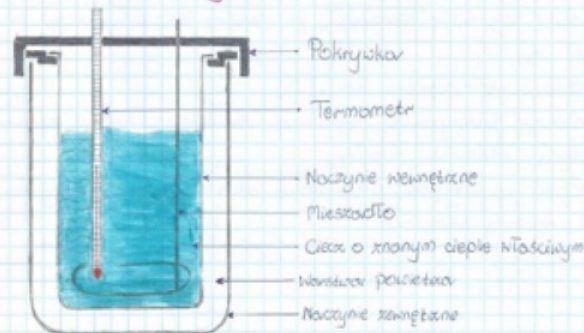
- sprawdzenie podłączenia urządek (ampcowym, woltomierza)
- przygotowanie cewki
- wykonanie przełącznika w układzie
- podłączenie obrotu poprzez jeden z rezystorów oraz dno z tarcz kondensatorów
- wykonanie optymalnie układu rezonansowego z kondensatorami poprzez wyłączenie dwóch zwojów (przełącznik) i natężenie prądu
- opisanie wartości maksymalnej prądu (przy natężeniu zwojów kondensatorów) i μ w czasie 0s (pomiar pierwotny)
- zmierzenie czasu τ 1 μ s po wyłączeniu zwojów
- zapisanie wyników w tabeli



II.1. Przebieg czynności I Przebieg ćwiczenia

- 1) Za pomocą wagi wyznaczaliśmy masę kalorymetru i wynosiła ona 0,224 kg.
- 2) Nalałymiśmy podgrzaną wodę do dwóch trzecich objętości kalorymetru, małym naczynek.
- 3) Zmierzyliśmy za pomocą termometru temperaturę podgrzanej wody w kalorymetrze i wynosiła ona 326,8 K.
- 4) Kolejną ważymy kalorymetr za pomocą wagi i masę podgrzanej wody i kalorymetru była równa 0,342 kg. Od tej wartości odjęliśmy masę samego kalorymetru i otrzymaliśmy masę wody o wartości 0,118 kg.
- 5) Następnie dodaliśmy dwie kostki lodu do kalorymetru z podgrzaną wodą i mieszaliśmy mieszadłem do momentu stopienia lodu.
- 6) Umieściliśmy termometr do kalorymetru i odczytaliśmy, że temperatura wynosiła 317,2 K.
- 7) Wzważyliśmy ponownie kalorymetr i obliczyliśmy, że masa lodu była równa 0,013 kg.
- 8) Zanotowaliśmy odczytane wyniki.

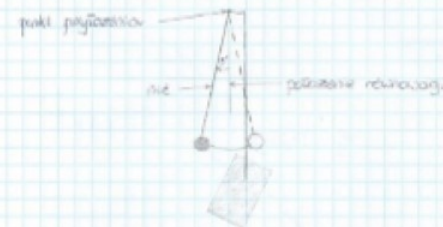
II.2. Szkic układu pomiarowego

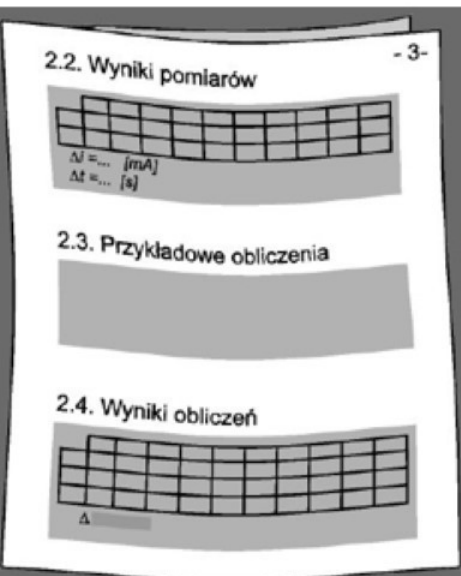


2. Dokumentacja

2.1. Przebieg czynności

- 1) Zmierzyliśmy długość wahadła masy i wynosiła ona 0,57 m.
- 2) Włochyliliśmy wahadło o 5°.
- 3) Zmierzyliśmy czas dziesięciu pełnych wychyleń stoperem i wynosił on 11,97 s.
- 4) Zanotowaliśmy wynik pomiaru.
- 5) Powtórzyliśmy wyżej wymienione punkty 10 razy dla różnych długości.





- **Tabela z wynikami pomiarów** (przepisana z protokołu ale już z jednostkami podstawowymi) + niepewności pomiarowe z jednostkami podstaw.).
- **Obliczenia przykładowe** (tylko dla jednego pomiaru – np. nr 3, podać formułę i podstawić dane krok po kroku wraz z jednostkami podstawowymi).
- **Tabela z wynikami obliczeń** czyli z danymi gotowymi do sporządzenia wykresu.

2.2. Wyniki pomiarów

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l [m]	0,57	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,69	0,72
t_{10T} [s]	11,97	12,77	13,09	14,24	14,25	14,83	15,37	16,15	16,61	16,70

$$\Delta l = 0,02 \text{ [m]}$$

$$\Delta t = 0,3 \text{ [s]}$$

2.3. Przykładowe obliczenia dla pomiaru drugiego

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{l \cdot g} = 1,27 \text{ [s]}$$

$$\Delta T = \frac{\pi}{g} \cdot \frac{\Delta l}{\sqrt{l}} = 0,03 \text{ [s]}$$

$$T^2 = (1,27 \text{ s})^2 = 1,6309 \text{ [s}^2\text{]}$$

$$\Delta T^2 = 1 T^2 - (T - \Delta T)^2 = 1,6309 \text{ [s}^2\text{]} - (1,27 \text{ s} - 0,03 \text{ s})^2 = 1,6309 \text{ [s}^2\text{]} - 1,3081 \text{ [s}^2\text{]} = 0,3228 \text{ [s}^2\text{]} = 0,073 \text{ [s}^2\text{]} = 0,08 \text{ [s}^2\text{]}$$

$$4\pi^2 l = 4\pi^2 \cdot 0,41 \text{ m} = 16,12 \text{ [m]}$$

$$\Delta(4\pi^2 l) = 4\pi^2 \cdot \Delta l = 4\pi^2 \cdot 0,02 \text{ m} = 0,7933 \text{ [m]} = 0,79 \text{ [m]}$$

2.4. Wyniki obliczeń

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$4\pi^2 l$ [m]	14,59	16,12	17,25	19,32	20,80	22,48	24,06	25,63	26,61	28,40
T^2 [s ²]	1,43	1,63	1,71	2,03	2,03	2,46	2,36	2,04	2,76	2,79
$\Delta(T^2)$ [s ²]	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10

$$\Delta(4\pi^2 l) = 0,79 \text{ [m]}$$

4. Tabela pomiarów

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A [-]	80	65	40	25	18	14	8	5	2	0
γ [s]	0	3	6	9	11	13	16	19	21	23

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{2}{80} \text{ [-]}$$

$$\frac{\Delta \gamma}{\gamma} = \frac{1}{3} \text{ [-]}$$

5. Przykładowe obliczenia

$$\ln \frac{A_0}{A} = \ln \frac{80}{65} = 0,21 \text{ [-]}$$

$$\ln \left(\frac{A_0}{A} \right) = \frac{\Delta A_0}{A_0} + \frac{\Delta A}{A} = \frac{2}{80} + \frac{1}{65} = 0,06 \text{ [-]}$$

6. Wyniki obliczeń

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
γ [s]	0	3	6	9	11	13	16	19	21	23
$\ln \frac{A_0}{A}$ [-]	0,00	0,21	0,69	1,16	1,49	1,74	2,30	2,77	3,69	4,38
$\ln \left(\frac{A_0}{A} \right)$ [-]	0,05	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,28	0,43	1,03	2,03

$$\Delta \gamma = 1 \text{ [s]}$$

III Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

m_h [kg]	m_w [kg]	m_s [kg]	T_p [K]	T_h [K]	T_c [K]
0,224	0,418	0,043	326,8	317,2	273,0

$$\Delta m_h = 0,001 \text{ kg} \quad \Delta m_w = 0,002 \text{ kg} \quad \Delta m_s = 0,003 \text{ kg} \quad \Delta T_p = \Delta T_h = \Delta T_c = \Delta T = 0,1 \text{ K}$$

$$c_w = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad c_s = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

III.2. Obliczenia

$$q_v = \frac{m_w \cdot c_w \cdot (T_p - T_c) + m_s \cdot c_s \cdot (T_p - T_c)}{m_h} = \frac{0,418 \cdot 4190 \cdot (326,8 - 273,0) + 0,043 \cdot 900 \cdot (326,8 - 273,0)}{0,224} = 13530,981 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\Delta q_v = \left| \frac{\partial q_v}{\partial m_w} \cdot \Delta m_w + \frac{\partial q_v}{\partial m_s} \cdot \Delta m_s + \frac{\partial q_v}{\partial m_h} \cdot \Delta m_h + \frac{\partial q_v}{\partial T_p} \cdot \Delta T_p + \frac{\partial q_v}{\partial T_c} \cdot \Delta T_c \right|$$

$$\Delta q_v = \left| \frac{c_w \cdot (T_p - T_c)}{m_h} \cdot \Delta m_w + \frac{c_s \cdot (T_p - T_c)}{m_h} \cdot \Delta m_s + \frac{m_w \cdot c_w \cdot (T_p - T_c) + m_s \cdot c_s \cdot (T_p - T_c)}{m_h^2} \cdot \Delta m_h + \frac{m_w \cdot c_w + m_s \cdot c_s}{m_h} \cdot \Delta T_p + \frac{m_w \cdot c_w + m_s \cdot c_s}{m_h} \cdot \Delta T_c \right|$$

$$= \left| \frac{4190 \cdot (326,8 - 273,0)}{0,224} \cdot 0,002 + \frac{900 \cdot (326,8 - 273,0)}{0,224} \cdot 0,003 + \frac{0,418 \cdot 4190 \cdot (326,8 - 273,0) + 0,043 \cdot 900 \cdot (326,8 - 273,0)}{0,224^2} \cdot 0,001 + \frac{0,418 \cdot 4190 + 0,043 \cdot 900}{0,224} \cdot 0,1 + \frac{0,418 \cdot 4190 + 0,043 \cdot 900}{0,224} \cdot 0,1 \right|$$

$$= \left| \frac{13530,981 \cdot 0,002}{0,224} + \frac{13530,981 \cdot 0,003}{0,224} + \frac{13530,981 \cdot 0,001}{0,224} + \frac{13530,981 \cdot 0,1}{0,224} + \frac{13530,981 \cdot 0,1}{0,224} \right|$$

$$= \left| 120,666 + 180,800 + 60,370 + 6031,250 + 6031,250 \right| = 12664,336 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$q_{\text{wart}} = 340 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 340000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\delta q_v = \frac{q_v - q_{\text{wart}}}{q_{\text{wart}}} \cdot 100\% = \frac{13530,981 - 340000}{340000} \cdot 100\% = 3,29823\% \approx 3,30\%$$

III.2 Wyniki pomiarów

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l [m]	0,405	0,414	0,422	0,432	0,442	0,452	0,462	0,472	0,482	0,492
h [m]	0	0,016	0,034	0,051	0,064	0,079	0,094	0,107	0,122	0,138

$$\Delta l = \Delta h = 0,002 \text{ [m]}$$

$$T \text{ [K]} = 273 + 26 = 299 \text{ [K]}$$

$$d = 0,005 \text{ [m]}$$

$$\Delta p = 0,001 \text{ [mHg]}$$

III.3. Przykładowe obliczenia dla pomiaru nr 3.

$$\frac{p}{RT} = \left(\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot g \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot (p_a \text{ [mHg]} + h \text{ [mHg]}) \right) : (RT) =$$

$$= (13530,981 \cdot 9,81 \cdot (0,7614 + 0,034)) : (8,314 \cdot 299) = 42,47 \left[\frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \right]$$

$$V^{-1} = (l \text{ [m]} \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot d^2) = (0,422 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot (0,005)^2)^{-1} = 120666 \text{ [m}^{-3}]$$

$$\Delta(V^{-1}) = (g \cdot \Delta p) : (RT) = (13530,981 \cdot 0,001) : (8,314 \cdot 299) = 0,05 \left[\frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\Delta(V^{-1}) = |V^{-1} - (V + \Delta V)^{-1}| = \left| \pi \cdot 0,25 \cdot d^2 \right|^{-1} \cdot |l^{-1} - (l + \Delta l)^{-1}| =$$

$$= \left| \pi \cdot 0,25 \cdot (0,005)^2 \right|^{-1} \cdot |0,422^{-1} - (0,422 + 0,002)^{-1}| = 569 \text{ [m}^{-3}]$$

III.4. Wyniki obliczeń

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V^{-1} [m ⁻³]	125752	120018	110686	111933	115205	112616	110237	107902	105663	103515
$\frac{p}{RT}$ [mol/m ³]	40,65	41,61	42,47	43,38	44,07	44,87	45,67	46,37	47,17	48,02
$\Delta(V^{-1})$ [m ⁻³]	618	591	569	543	519	486	415	485	437	419
$\Delta(\frac{p}{RT})$ [mol/m ³]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05



Zaokrąglanie wyników pomiarów i niepewności



UWAGA!

Wyniki zaokrąglamy zgodnie z regułami zaokrąglania do tego samego miejsca po przecinku, co niepewność i przedstawiamy w takim samym zapisie wykładniczym.

UWAGA!

Zaokrąglamy wynik końcowy, a nie wyniki pośrednich obliczeń!

- Niepewności zaokrąglamy zawsze w górę do dwóch cyfr znaczących otrzymanej wartości.

Przykłady: $0,000001364 \approx 0,02 \cdot 10^{-4} \text{ [m]}$
 $11\,549\,664 \approx 0,12 \cdot 10^8 \text{ [J]}$

Cyfry znaczące danej liczby to wszystkie jej cyfry (także zera) z wyjątkiem tzw. „zer poprzedzających”.

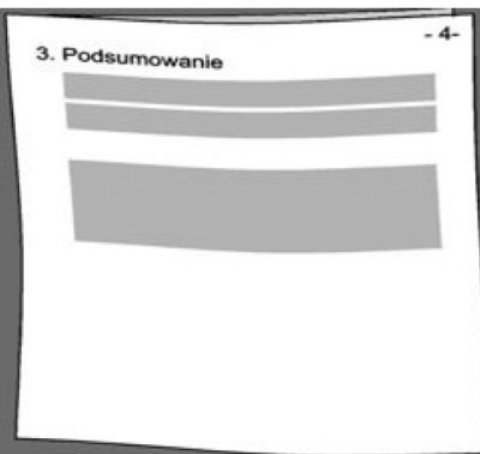
W przypadku małej liczby pomiarów (np. gdy w serii mamy zaledwie 3-5 **pomiarów**) bardziej zasadne jest zaokrąglanie **do jednej cyfry znaczącej**.

- Wyniki zaokrąglamy zgodnie z regułami zaokrąglania i przedstawiamy w zapisie wykładniczym.

Przykłady: $0,000864965 \approx 8,65 \cdot 10^{-4} \text{ [m]}$
 $127\,575\,646 \approx 1,28 \cdot 10^8 \text{ [J]}$

Sprawdzanie:

Ponieważ na wykresie ...
można poprowadzić
prostą przez wszystkie
prostokąty niepewności
pomiarowych, nie ma
podstaw do stwierdzenia
odstępstwa od
prawa/teorii ...



Wyznaczanie:

Wyznaczona wartość ...
wynosi: ... [...]
Dokładność metody: ... [...]

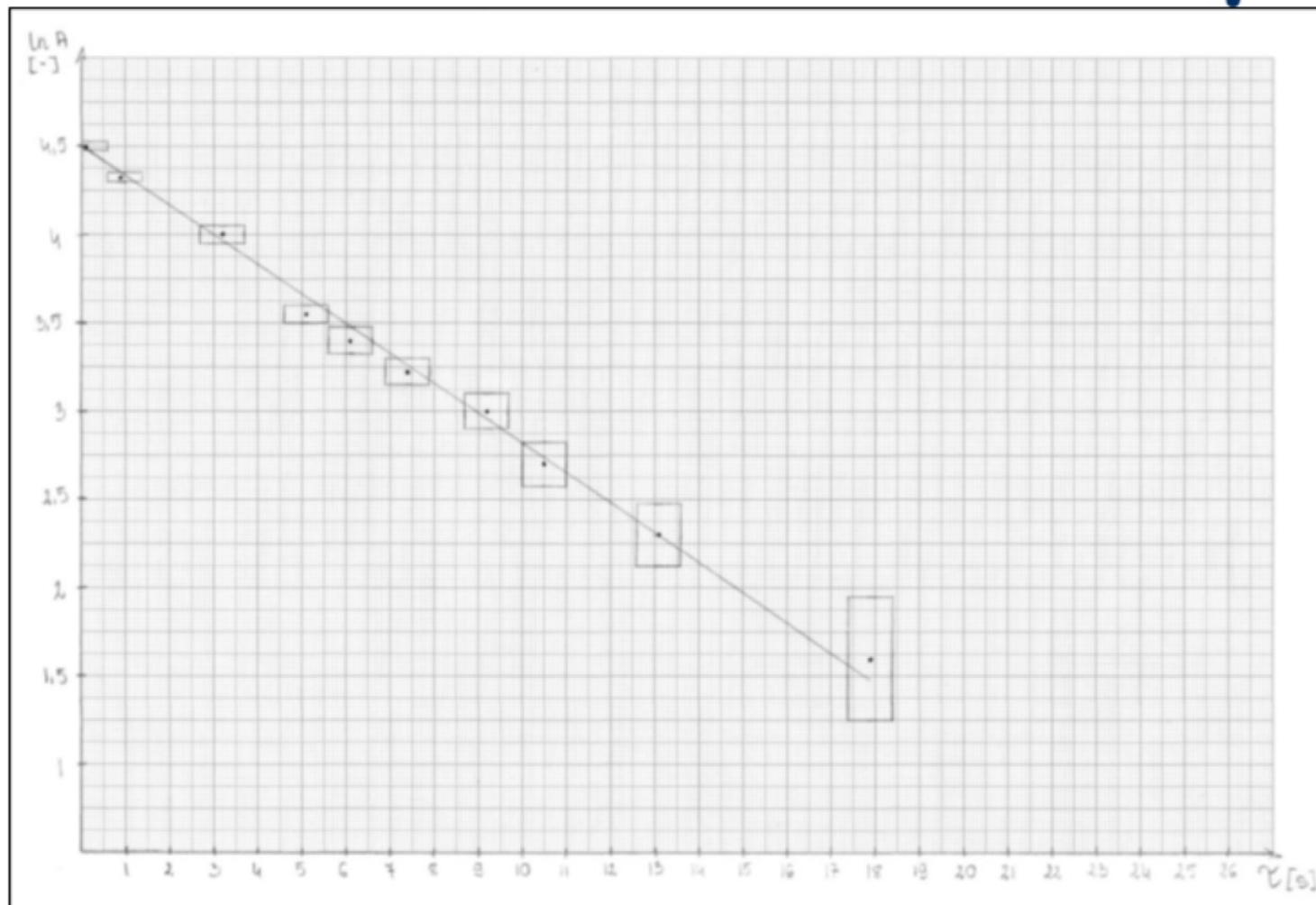
Dodatkowo, jeśli to możliwe i
prowadzący zasugeruje,
porównujemy otrzymaną
wartość z wartością
tablicową.

WYKRES – zasady kreślenia



- Obowiązkowo **na papierze milimetrowym** formatu A4
- Wszystko **ołówkiem!**
- Osie na skraju podziałki milimetrowej, ze strzałkami, podpisane symbolem wielkości fizycznej i jej jednostką w nawiasie kwadratowym, z naniesioną podziałką (**a nie wynikami obliczeń!**)
- Dobór skali: tak, aby wykres zajmował **jak największą powierzchnię arkusza** z uwzględnieniem wymagań metody wyznaczania danego parametru
- **Prostokąty niepewności** pomiarowych nanosimy w **przyjętej skali** z dokładnością do 0,5 mm

Wykres - sprawdzenie

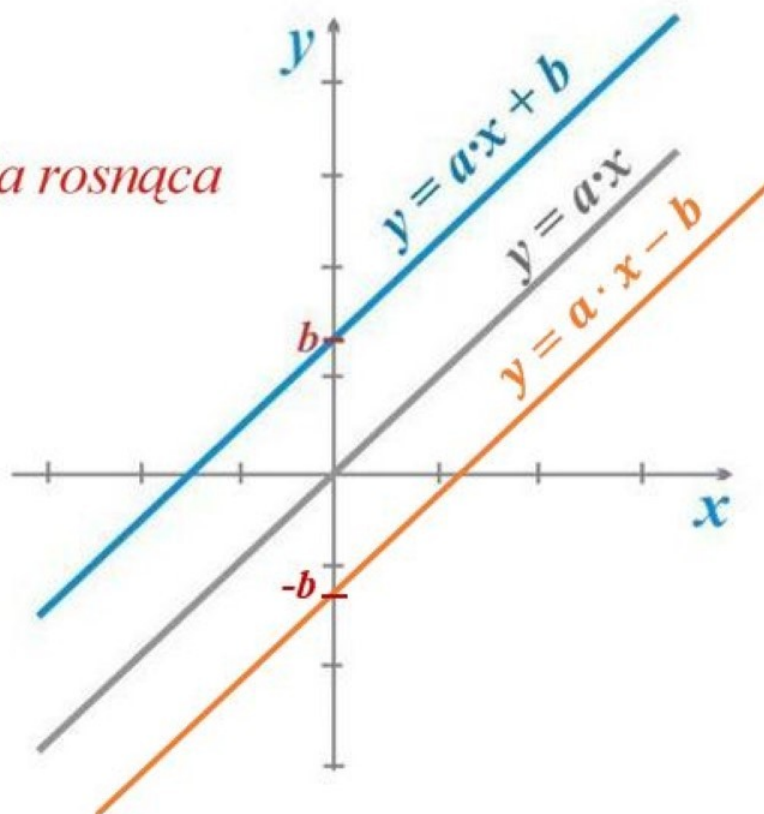




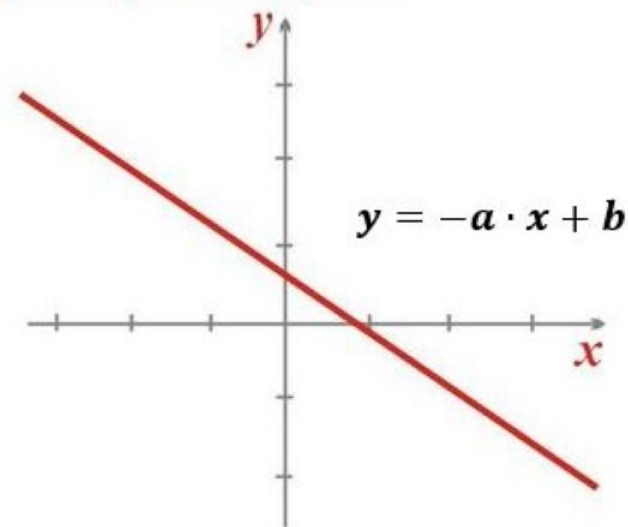
Funkcja liniowa - przypomnienie

a – współczynnik kierunkowy,
 b – punkt przecięcia prostej z osią oy

$a > 0$
funkcja rosnąca



$a < 0$
funkcja malejąca





WYKRES - wyznaczenie

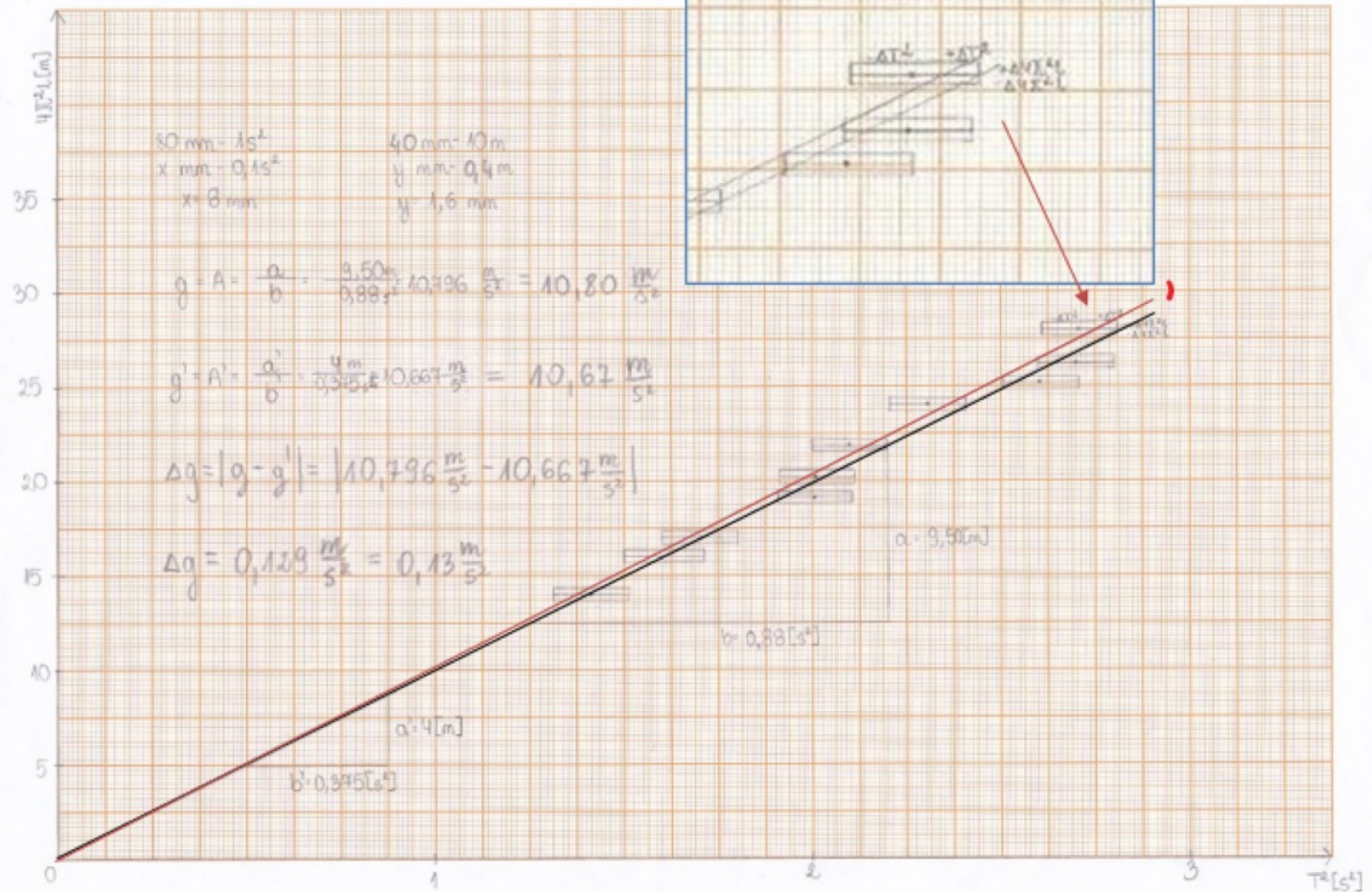
- Wyznaczanie: dodatkowo wykonujemy odczyt lub obliczenia potrzebnego parametru funkcji liniowej na podstawie znajomości równania funkcji,
- W celu oszacowania dokładności metody pomiarowej prowadzimy również przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych tzw. prostą najgorszego dopasowania (skrajnie odchylną od najlepszej) i powtarzamy obliczenia parametru.

Dokładność metody = |wynik dla prostej najlepszego dopasowania
– wynik dla prostej najgorszego dopasowania|

czyli np.: dla natężenia pola grawitacyjnego zapisujemy

$$\Delta g = |g - g'|$$

WYKRES - wyznaczenie



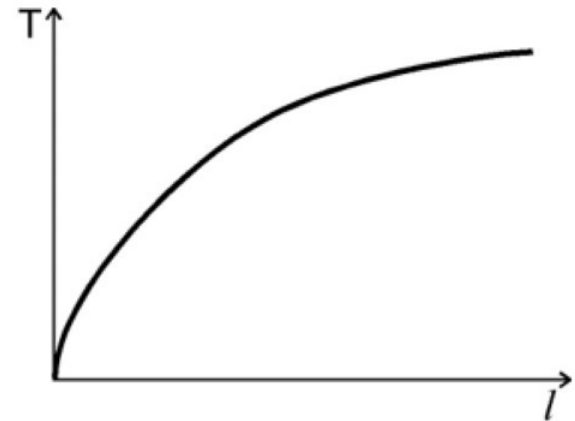


Wahadło matematyczne - przykład

- Baza teoretyczna



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$





Wahadło matematyczne - linearyzacja

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

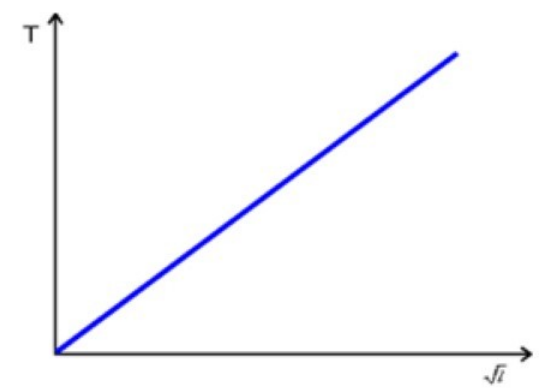
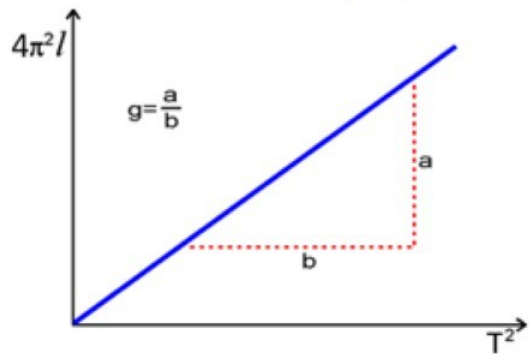
$$\textcircled{4\pi^2 l} = g \textcircled{T^2}$$

\downarrow \updownarrow \downarrow
 $y = A x$

$$g = A = \frac{a[m]}{b[s^2]}$$

$$\textcircled{T} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \textcircled{\sqrt{l}}$$

\downarrow \updownarrow \downarrow
 $y = A x$



$$4\pi^2 l = g T^2$$

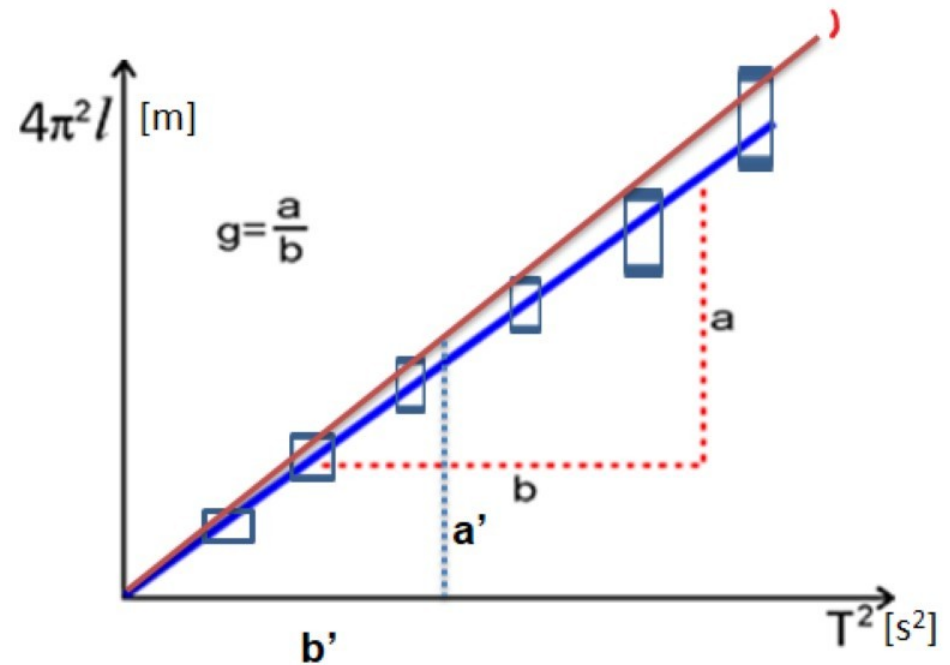


$$y = A x$$

$$g = \frac{a[m]}{b[s^2]} = \frac{a}{b} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$g' = \frac{a'[m]}{b'[s^2]} = \frac{a'}{b'} \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$\Delta g = \left| g \left[\frac{m}{s^2} \right] - g' \left[\frac{m}{s^2} \right] \right|$$



czyli

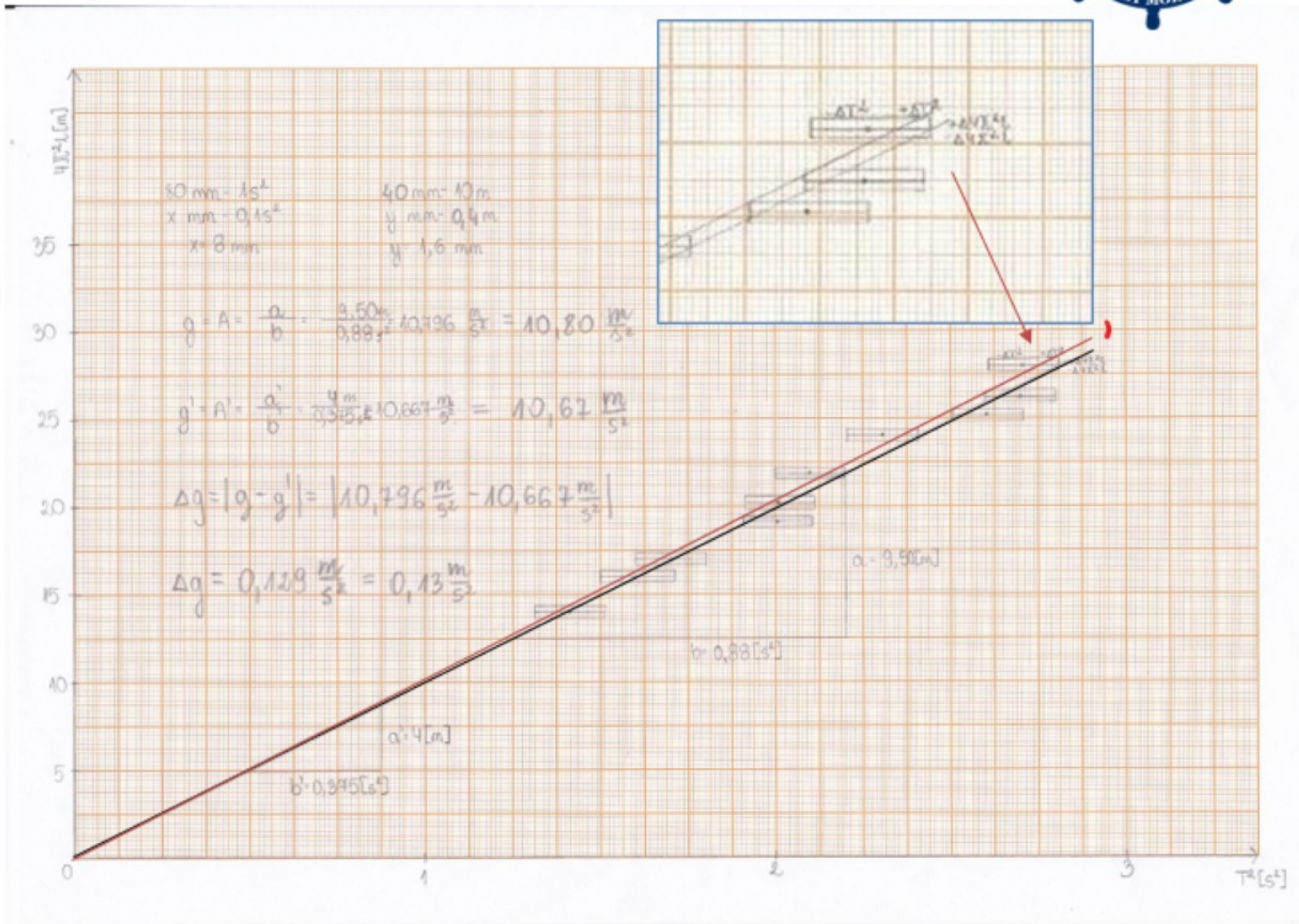
$$g \pm \Delta g$$

Wyznaczona
wartość
przyspieszenia
ziemskiego

Dokładność
metody

- prosta najlepszego dopasowania przechodząca jak najbliżej punktów pomiarowych,
- prosta najgorszego dopasowania najbardziej odchylna w granicach prostokątów niepewności pomiarowych,

UWAGA!
 Jeśli mamy funkcje postaci:
 $y = Ax$ musimy prostą najlepszego i najgorszego dopasowania rysować zawsze od zera i trzymając się zera rysować prostą najgorszego dopasowania odchylając ją w górę lub w dół w granicach prostokątów





Ostateczna odpowiedź

- Wyznaczona wartość natężenia pola grawitacyjnego g wynosi:

$$g = 10,80 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

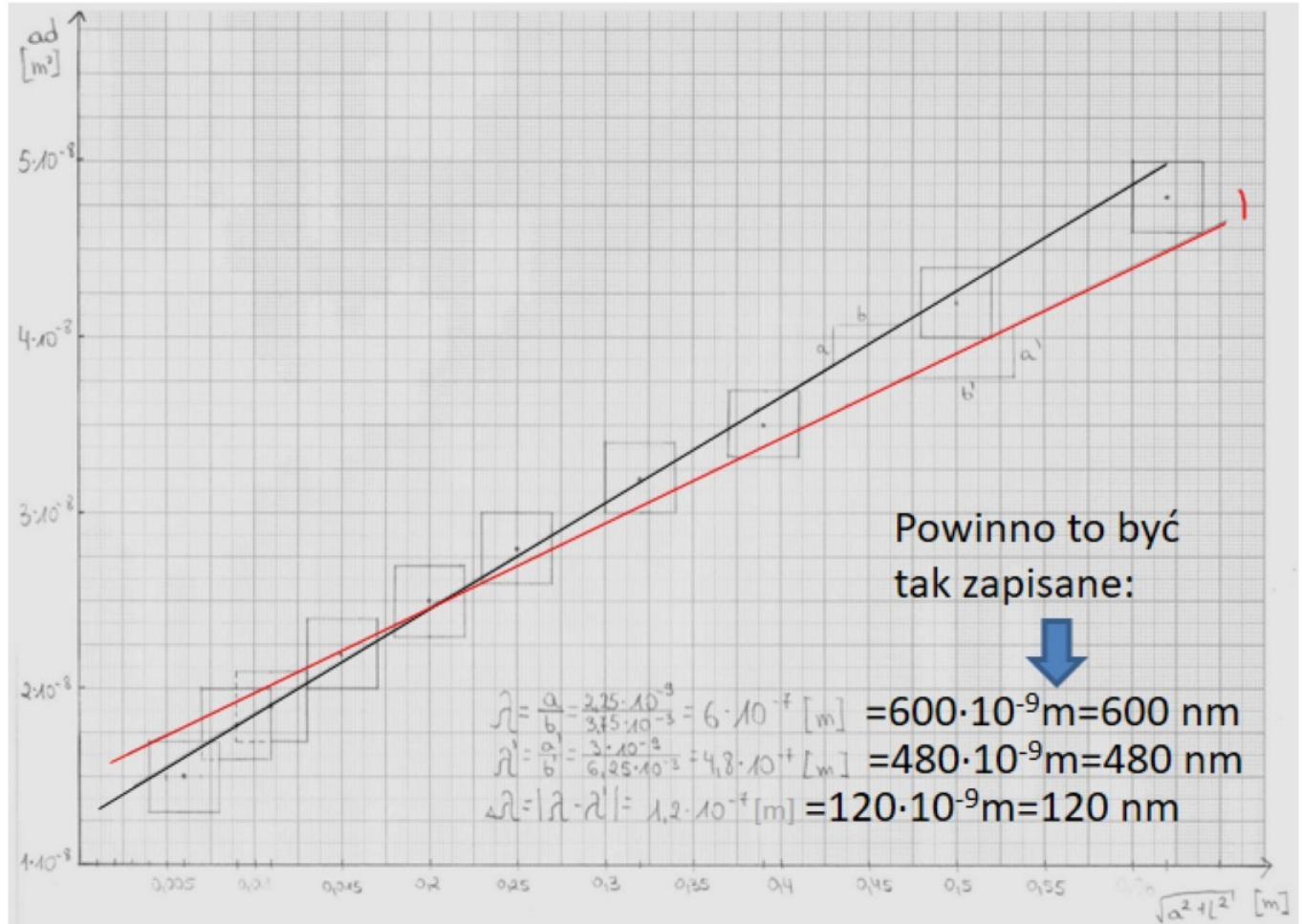
- Dokładność metody pomiarowej wynosi:

$$\Delta g = 0,13 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

czyli:

$$g \pm \Delta g = (10,80 \pm 0,13) [m/s^2]$$

Jeśli mamy do czynienia z funkcją: $y=Ax+B$, $y=-Ax+B$ lub $y=Ax-B$ albo jak w tym przypadku student urwał osie, a powinien zrobić wykres zaczynający się od zera to prowadzimy prostą najlepszego dopasowania i wyliczamy szukaną wartość parametru λ , **potem prowadzimy prostą najgorszego dopasowania z jednego krańca na drugi** oczywiście w granicach prostokątów niepewności i wyznaczamy najgorszą wartość parametru λ' , po to aby policzyć dokładność metody $\Delta\lambda$.





Powodzenia!



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Uniwersytet Morski w Gdyni
Wydział Mechaniczny
ul. Morska 81 - 87
81-225 Gdynia

☎ 58 558 64 04
☎ 58 558 63 99
✉ dziekanat@wm.umg.edu.pl

🌐 www.umg.edu.pl
🌐 www.wm.umg.edu.pl
f facebook.com/Uniwersytet.Morski.w.Gdyni