Fizyka – ćwiczenia laboratoryjne

Zajęcia wstępne

dr Katarzyna Boniewicz-Szmyt

pokój C-116 a

Konsultacje

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

adres strony:

http://www.umg.edu.pl/katarzyna-boniewicz-szmyt

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. Pomiary wielkości fizycznych i niepewności pomiarowych.

2. WAHADŁO - Wyznaczanie przyśpieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

INSTRUKCJA

film

ZAJĘCIA	ZESPÓŁ 1	ZESPÓŁ 2	ZESPÓŁ 3	ZESPÓŁ 4	ZESPÓŁ 5	ZESPÓŁ 6	ZESPÓŁ 7	ZESPÓŁ 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!

Obowiązki studenta!

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.

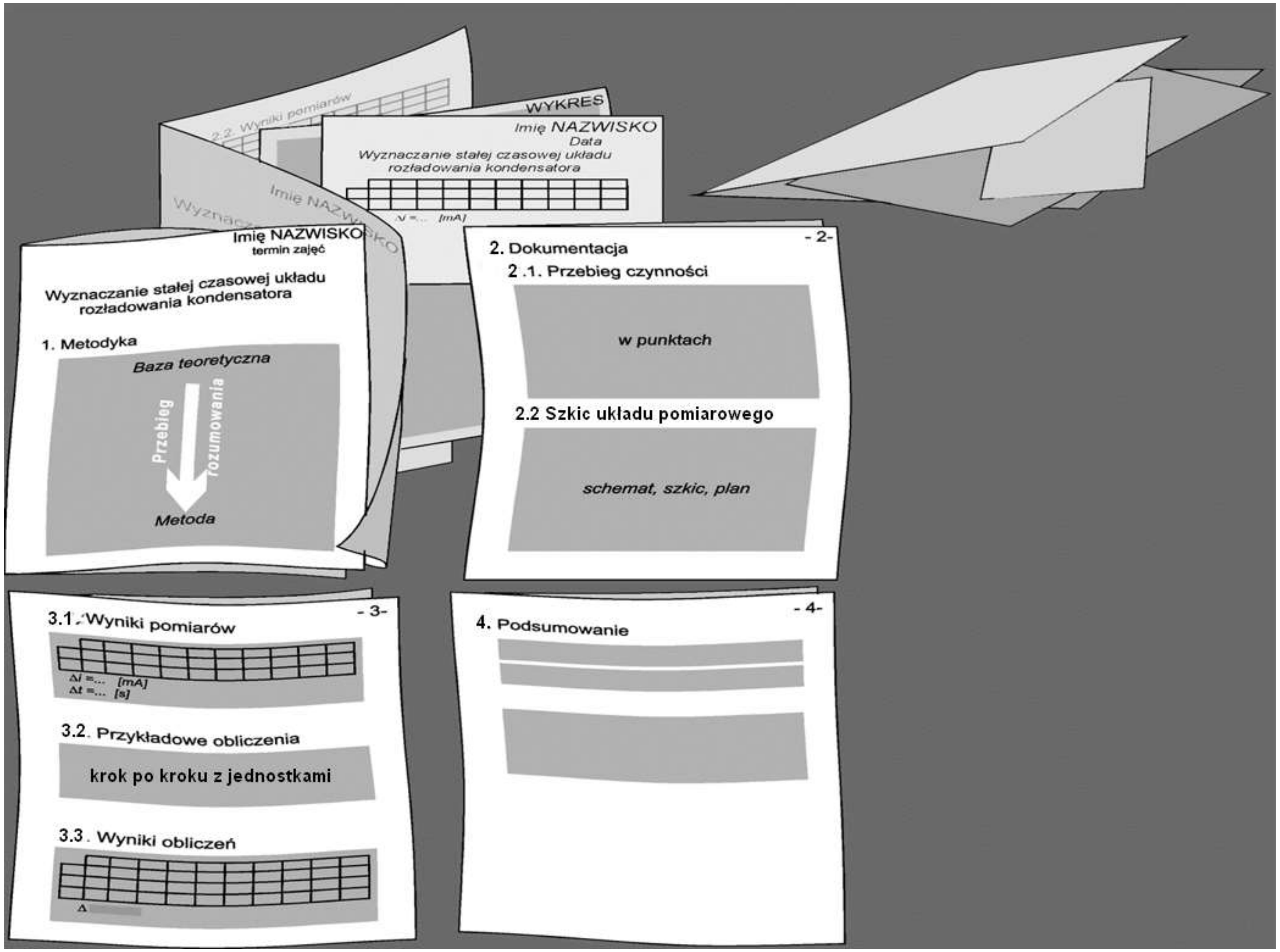
Sprawozdanie

- 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.

Sprawozdanie



Protokół

WAHADŁO

Imię i NAZWISKO

Data wykonania

Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	[m]	0,75	0,71	0,67	0,63	0,59	0,56	0,52	0,48	0,44	0,40
t = 10T	[s]	16,70	16,64	16,20	15,81	15,28	14,95	14,18	13,63	13,00	12,60

$\Delta L = 0{,}01\ m$

$\Delta t = 0{,}50\ s$

$\Delta T = \frac{\Delta t}{10} = 0{,}05\ s$

08.03.2023

Protokół

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

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

$c_w = 4190 \frac{J}{kg\,K}$ $c_k = 900 \frac{J}{kg\,K}$

10.01.2018

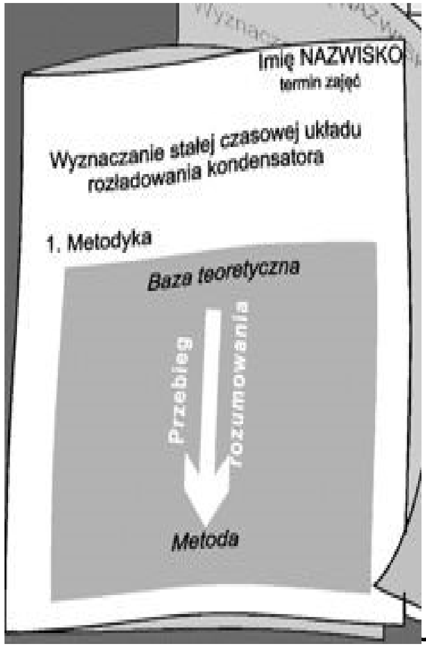
Strona 1

- 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

STRONA 1 - Metodyka

Imię i NAZWISKO

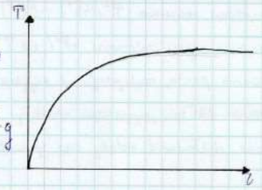
Data wykonania

Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

Baza teoretyczna

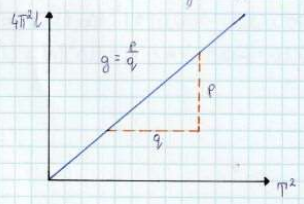
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad /^2$$

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



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

$$\underbrace{4\pi^2 l}_{y} = \underset{A}{g} \cdot \underbrace{T^2}_{x}$$



Zatem, w celu wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego należy:
- przeprowadzić pomiary czasów trwania dziesięciu okresów drgań wahadła dla 10 różnych długości,
- sporządzić wykres zależności $4\pi^2 l$ od T^2
- odczytać z niego wartość przyspieszenia ziemskiego

Imię i NAZWISKO

Data wykonania

KONDENSATOR

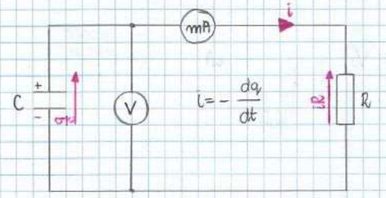
WYZNACZANIE STAŁEJ CZASOWEJ OBWODU ROZŁADOWANIA KONDENSATORA

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie stałej czasowej RC rozładowania kondensatora.

2. WPROWADZENIE

W obwodzie rozładowania kondensatora natężenie prądu jest jednoznaczne z szybkością rozładowania kondensatora, albo formułując inaczej: szybkością ubywania ładunku na kondensatorze, a w formalizmie matematycznym: pochodna ładunku po czasie ze znakiem ujemnym (ujemnym bo ładunek ubywa).



Z prawa Kirchhoffa dla obwodu zamkniętego w zastosowaniu do obwodu rozładowania otrzymuje się równanie różniczkowe

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

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

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

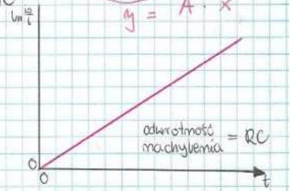
$$\ln\frac{q}{q_0} = -\frac{1}{RC}t$$

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

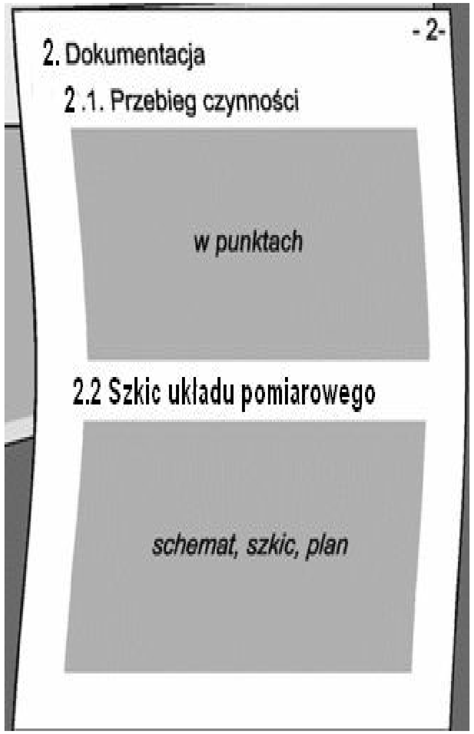
Ponieważ $i = -\frac{dq}{dt}$ otrzymujemy $i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

$$\underbrace{\ln\frac{i_0}{i}}_{y} = \underset{A}{\frac{1}{RC}} \cdot \underset{x}{t}$$

Zatem aby wyznaczyć stałą czasową RC obwodu rozładowania kondensatora należy:
- przeprowadzić pomiary zależności natężenia prądu rozładowania od czasu.
- sporządzić wykres zależności $\ln\frac{i_0}{i}$ od t
- określić odwrotność jego nachylenia, czyli wartości stałej czasowej RC



STRONA 2 - Dokumentacja


- 2-

2. Dokumentacja

2.1. Przebieg czynności

w punktach

2.2 Szkic układu pomiarowego

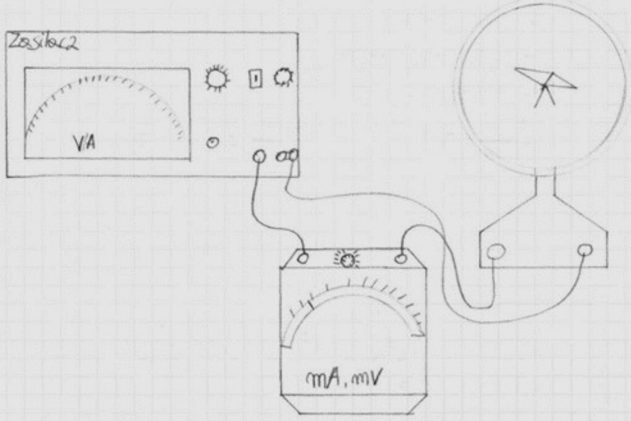
schemat, szkic, plan

- **Przebieg doświadczenia** (czyli informacja, jak praktycznie zrealizowano zamierzenie, zawarte w metodzie – najlepiej w punktach).

- **Szkic układu pomiarowego** (szkice, schematy, użyte przyrządy i materiały itp.).

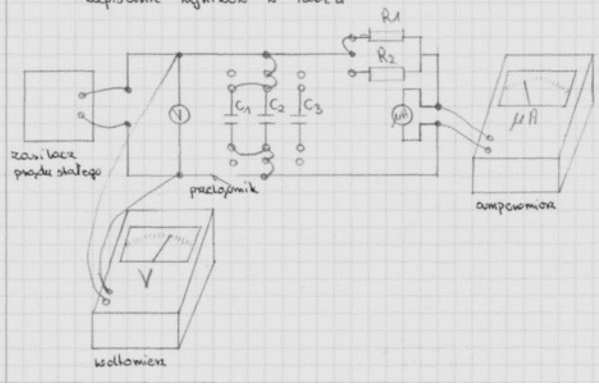
STRONA 2 - Dokumentacja

2.1 Przebieg czynności
- zapoznanie się z bazą teoretyczną
- zapoznanie się z instrukcją przebiegu ćwiczenia
- zapoznanie się z schematem pomiarowym
- zapoznanie się z aparaturą pomiarową
- policzyć ilość zwojów cewki
- dokonać pomiaru promienia cewki
- dokonać odczytu i zapisu pomiaru natężenia prądu oraz kąta φ
- Sporządzić charakterystykę na podstawie pomiarów i obliczonych wartości
- odczytać z niego indukcję pola ziemskiego



II. Dokumentacja

II. 1. Przebieg czynności
- sprawdzenie podłączenia urządzeń (amperomierz, woltomierz, zasilacz)
- włączenie zasilacza
- włączenie przełącznika w układzie
- podłączenie obwodu poprzez jeden z rezystorów oraz dwa z trzech kondensatorów
- odnalezienie optymalnie wolno rozładowującego się kondensatora poprzez wyłączenie źródła zasilania (przełącznikal) i zaobserwowanie powolnego spadku natężenia prądu
- spisanie wartości maksymalnej prądu (przy naładowanym kondensatorze) i_0 w czasie 0 s (pomiar pierwszy)
- zmierzenie czasu co 1 μA po wyłączeniu zasilania
- zapisanie wyników w tabeli



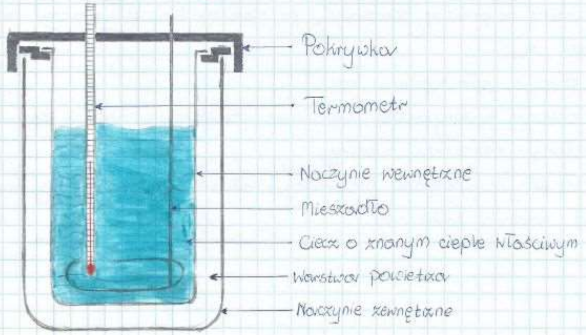
STRONA 2 - Dokumentacja

II Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

1) Za pomocą wagi wyznaczyłyśmy masę kalorymetru i wynosiła ona 0,224 kg.
2) Nalałyśmy podgrzaną wodę do ok. ⅓ objętości kalorymetru małym naczyniem.
3) Zmierzyłyśmy za pomocą termometru temperaturę podgrzanej wody w kalorymetrze i wynosiła ona 326,8 K.
4) Kolejno zważyłyśmy kalorymetr za pomocą wagi i masa podgrzanej wody i kalorymetru była równa 0,342 kg. Od tej wartości odjęłyśmy masę samego kalorymetru i otrzymałyśmy masę wody o wartości 0,118 kg.
5) Następnie dodałyśmy dwie kostki lodu do kalorymetru z podgrzaną wodą i mieszałyśmy mieszadłem do momentu stopienia lodu.
6) Umieściłyśmy termometr do kalorymetru i odczytałyśmy, że temperatura wynosiła 317,2 K.
7) Zważyłyśmy ponownie kalorymetr i obliczyłyśmy, że masa lodu była równa 0,013 kg.
8) Zanotowałyśmy odczytane wyniki.

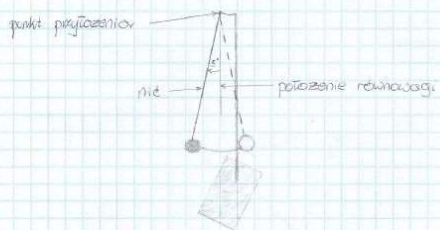
II.2. Szkic układu pomiarowego



2. Dokumentacja

2.1. Przebieg czynności

1) Zmierzyłyśmy długość wahadła miarą i wynosiła ona 0,37 m.
2) Wychyliłyśmy wahadło o 5°.
3) Zmierzyłyśmy czas dziesięciu pełnych wahnięć stoperem i wynosił on 11,97 s.
4) Zanotowałyśmy wynik pomiaru.
5) Powtórzyłyśmy wyżej wymienione punkty 10 razy dla różnych długości.



STRONA 3 - Obliczenia

- **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.

STRONA 3 - Obliczenia

2.2. Wyniki pomiarów

		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	0,69	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

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

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

2.3. Przykładowe obliczenia dla pomiaru drugiego

$T = \frac{t}{10} = \frac{12{,}77s}{10} = 1{,}277$ [s]

$\Delta T = \frac{\Delta t}{N} = \frac{0{,}3s}{10} = 0{,}03$ [s]

$T^2 = (1{,}277s)^2 = 1{,}6307s^2 \approx 1{,}63$ [s²]

$\Delta T^2 = |T^2 - (T+\Delta T)^2| = |1{,}631s^2 - (1{,}277s + 0{,}03s)^2| = |1{,}631s^2 - 1{,}708s^2| = |-0{,}077s^2| =$

$= 0{,}077s^2 \approx 0{,}08$ [s²]

$4\pi^2 l = 4\pi^2 \cdot 0{,}41m = 16{,}17$ [m]

$\Delta 4\pi^2 l = |4\pi^2(l+\Delta l)| = 4\pi^2 \Delta l = 4\pi^2 \cdot 0{,}02m \approx 0{,}7895m \approx 0{,}79$ [m]

2.4. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$4\pi^2 l$	[m]	14,59	16,17	17,75	19,32	20,90	22,48	24,06	25,63	26,82	28,40
T^2	[s²]	1,43	1,63	1,71	2,03	2,03	2,16	2,36	2,61	2,76	2,79
$\Delta(T^2)$	[s²]	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10

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

4. TABELE POMIAROWE

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

$\Delta A = 2$ [-]

$\Delta \tau = 1$ [s]

5. PRZYKŁADOWE OBLICZENIA

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

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

6. WYNIKI OBLICZEŃ

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
τ	[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
$\Delta(\ln\frac{A_0}{A})$	[-]	0,05	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,28	0,43	1,03	2,03

$\Delta \tau = 1$ [s]

STRONA 3 - Obliczenia

III Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

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

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

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

III.2. Obliczenia

$$q_t = \frac{(m_w c_w + m_k c_k)(T_p - T_k) - m_l c_w (T_k - T_l)}{m_l} = \frac{[(0{,}118\,kg \cdot 4190 \frac{J}{kgK}) + (0{,}224\,kg \cdot 900 \frac{J}{kgK})](326{,}8K - 317{,}2K) - [(0{,}013\,kg \cdot 4190 \frac{J}{kgK}) \cdot (317{,}2K - 273{,}0K)]}{0{,}013\,kg} =$$

$$= \frac{[494{,}42 \frac{J}{K} + 201{,}60 \frac{J}{K}] \cdot 9{,}60\,K - [54{,}47 \frac{J}{K} \cdot 44{,}20\,K]}{0{,}013\,kg} = \frac{696{,}02 \frac{J}{K} \cdot 9{,}60\,K - 2407{,}574\,J}{0{,}013\,kg} = \frac{6681{,}792\,J - 2407{,}574\,J}{0{,}013\,kg} = \frac{4274{,}2183}{0{,}013\,kg} = 328786 \frac{J}{kg}$$

$$\Delta q_t = \left|\frac{\partial q_t}{\partial m_w} \cdot \Delta m_w\right| + \left|\frac{\partial q_t}{\partial m_k} \cdot \Delta m_k\right| + \left|\frac{\partial q_t}{\partial m_l} \cdot \Delta m_l\right| + \left|\frac{\partial q_t}{\partial T_p} \cdot \Delta T_p\right| + \left|\frac{\partial q_t}{\partial T_k} \cdot \Delta T_k\right|$$

$$\Delta q_t = \left|\frac{c_w (T_p - T_k)}{m_l} \Delta m_w\right| + \left|\frac{c_k (T_p - T_k)}{m_l} \Delta m_k\right| + \left|\frac{-(m_w c_w + m_k c_k)(T_p - T_k)}{m_l^2} \cdot \Delta m_l\right| + \left|\frac{m_w c_w + m_k c_k}{m_l} \cdot \Delta T_p\right| +$$

$$+ \left|\left(\frac{-(m_w c_w + m_k c_k)}{m_l} - c_w\right) \cdot \Delta T_k\right| = \left|\frac{4190 \frac{J}{kgK} \cdot (326{,}8K - 317{,}2K)}{0{,}013\,kg} \cdot 0{,}002\,kg\right| + \left|\frac{900 \frac{J}{kgK} \cdot (326{,}8K - 317{,}2K)}{0{,}013\,kg} \cdot 0{,}001\,kg\right| +$$

$$+ \left|\frac{-((0{,}118\,kg \cdot 4190 \frac{J}{kgK}) + (0{,}224\,kg \cdot 900 \frac{J}{kgK}))(326{,}8K - 317{,}2K)}{(0{,}013\,kg)^2} \cdot 0{,}003\,kg\right| + \left|\frac{(0{,}118\,kg \cdot 4190 \frac{J}{kgK}) + (0{,}224\,kg \cdot 900 \frac{J}{kgK})}{0{,}013\,kg} \cdot 0{,}1\,K\right| +$$

$$+ \left|\left(\frac{-((0{,}118\,kg \cdot 4190 \frac{J}{kgK}) + (0{,}224\,kg \cdot 900 \frac{J}{kgK}))}{0{,}013\,kg} - 4190 \frac{J}{kgK}\right) \cdot 0{,}1\,K\right| = \left|\frac{4190 \frac{J}{kgK} \cdot 9{,}60\,K}{0{,}013} \cdot 0{,}002\right| +$$

$$+ \left|\frac{900 \frac{J}{kgK} \cdot 9{,}60\,K}{0{,}013} \cdot 0{,}001\right| + \left|\frac{-((494{,}42 \frac{J}{K} + 201{,}60 \frac{J}{K}) \cdot 9{,}60\,K)}{0{,}000169\,kg^2} \cdot 0{,}003\,kg\right| + \left|\frac{494{,}42 \frac{J}{K} + 201{,}60 \frac{J}{K}}{0{,}013\,kg} \cdot 0{,}1\,K\right| +$$

$$+ \left|\left(\frac{-(494{,}42 \frac{J}{K} + 201{,}60 \frac{J}{K})}{0{,}013\,kg} - 4190 \frac{J}{kgK}\right) \cdot 0{,}1\,K\right| = \left|6188{,}3077 \frac{J}{kg}\right| + \left|664{,}615385 \frac{J}{kg}\right| + \left|-118611{,}69 \frac{J}{kg}\right| +$$

$$+ \left|5354 \frac{J}{kg}\right| + \left|-5773 \frac{J}{kg}\right| = 136591{,}613 \frac{J}{kg}$$

$$q_{t(tab)} = 340 \frac{kJ}{kg} = 340000 \frac{J}{kg}$$

$$\delta q_t = \left|\frac{q_t - q_{t(tab)}}{q_{t(tab)}}\right| \cdot 100\% = \left|\frac{328786 \frac{J}{kg} - 340000 \frac{J}{kg}}{340000 \frac{J}{kg}}\right| \cdot 100\% = 3{,}298235\% \approx 3{,}30\%$$

II.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

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

T [K] $= 273 + 26 = 299$ [K]

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

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

II.3. Przykładowe obliczenia dla pomiaru nr 3.

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

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

$$V^{-1} = (L [m] \cdot \pi \cdot 0{,}25 \cdot d^2) = (0{,}422 \cdot \pi \cdot 0{,}25 \cdot (0{,}005)^2)^{-1} = 120686 [m^{-3}]$$

$$\Delta\left(\frac{p}{RT}\right) = (\rho \cdot g \cdot \Delta p) : (RT) = (13530 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}001) : (8{,}314 \cdot 299) = 0{,}05 \left[\frac{mol}{m^3}\right]$$

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

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

II.4. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V^{-1}	m^{-3}	125752	123018	120686	117893	115225	112676	110237	107902	105663	103515
$\frac{p}{RT}$	$\frac{mol}{m^3}$	40,65	41,51	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	475	455	437	419
$\Delta\left(\frac{p}{RT}\right)$	$\frac{mol}{m^3}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05

Zaokrąglanie wyników pomiarów i niepewności

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

Przykłady: $0{,}000001364 \approx 0{,}02 \cdot 10^{-4}$ [m]

$11\,549\,664 \approx 0{,}12 \cdot 10^{8}$ [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: $0{,}000864965 \approx 8{,}65 \cdot 10^{-4}$ [m]

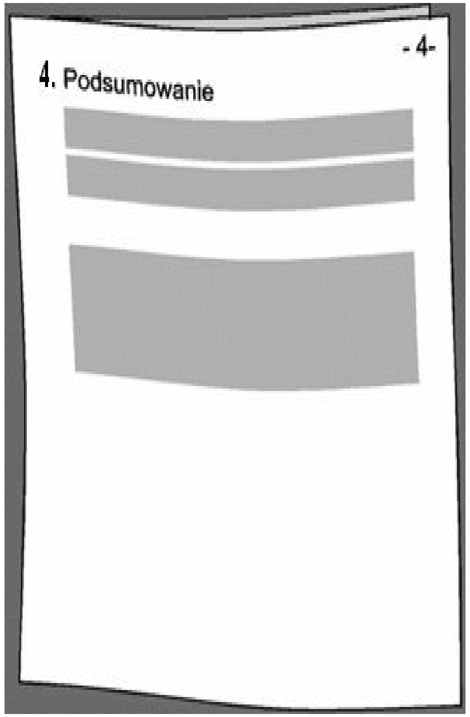
$127\,575\,646 \approx 1{,}28 \cdot 10^{8}$ [J]

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!

STRONA 4 - Podsumowanie

<u>Sprawdzanie</u>:



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

<u>Wyznaczanie:</u>

Wyznaczona wartość … wynosi: … [...]

Dokładność metody: … [...]

<u>Dodatkowo</u>, jeśli to możliwe i prowadzący zasugeruje, porównujemy otrzymaną wartość z wartością tablicową.

STRONA 4 - Podsumowanie

7. PODSUMOWANIE

Ponieważ na wykresie $h = f(l^{-1})$ można poprowadzić prostą przechodzącą przez pola niepewności - nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od prawa Boyle'a.

7. PODSUMOWANIE

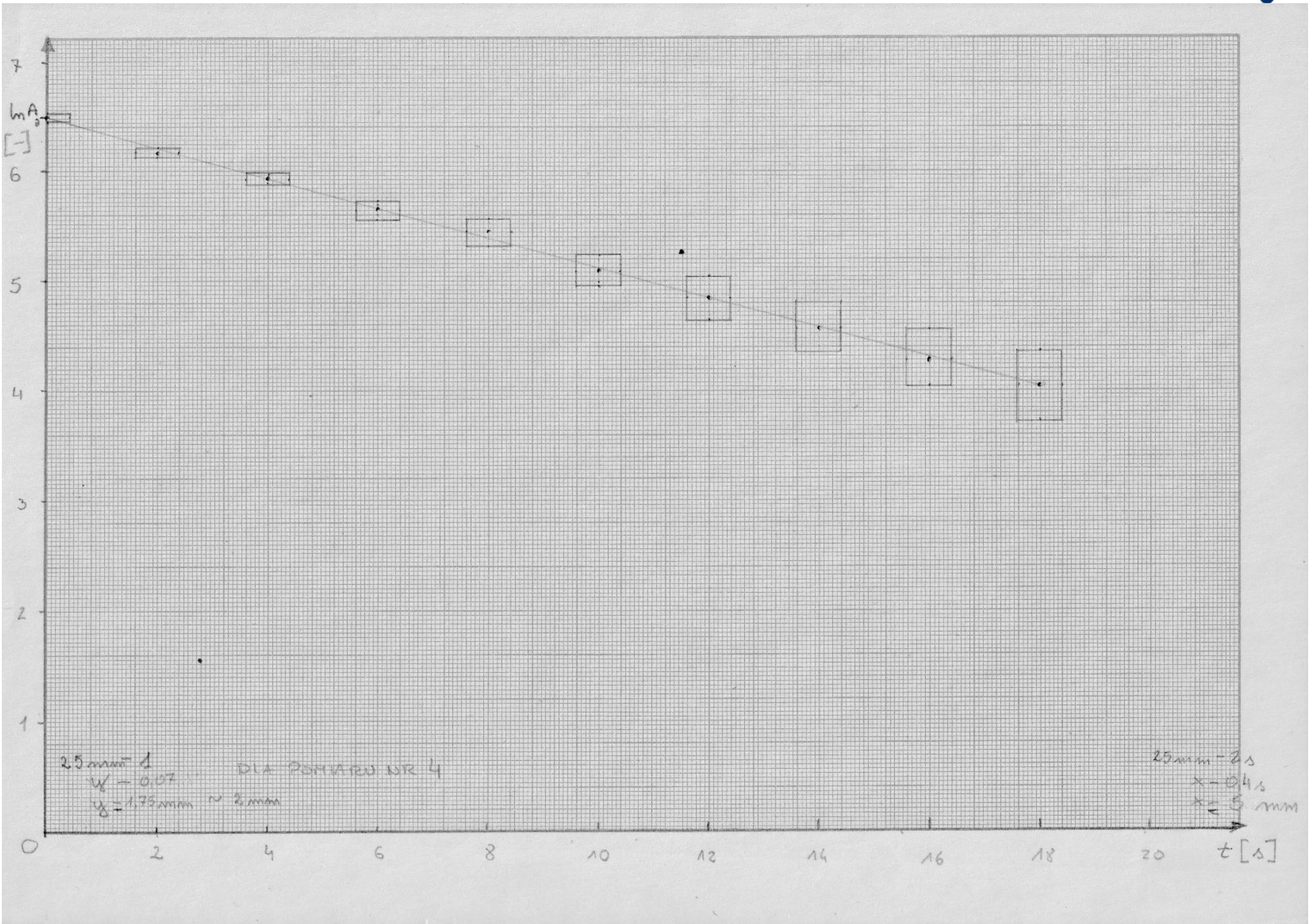
Wyznaczona wartość współczynnika tłumienia: $0,14 \left[\frac{1}{s}\right]$

Dokładność metody: $0,02 \left[\frac{1}{s}\right]$

WYKRES – zasady kreślenia

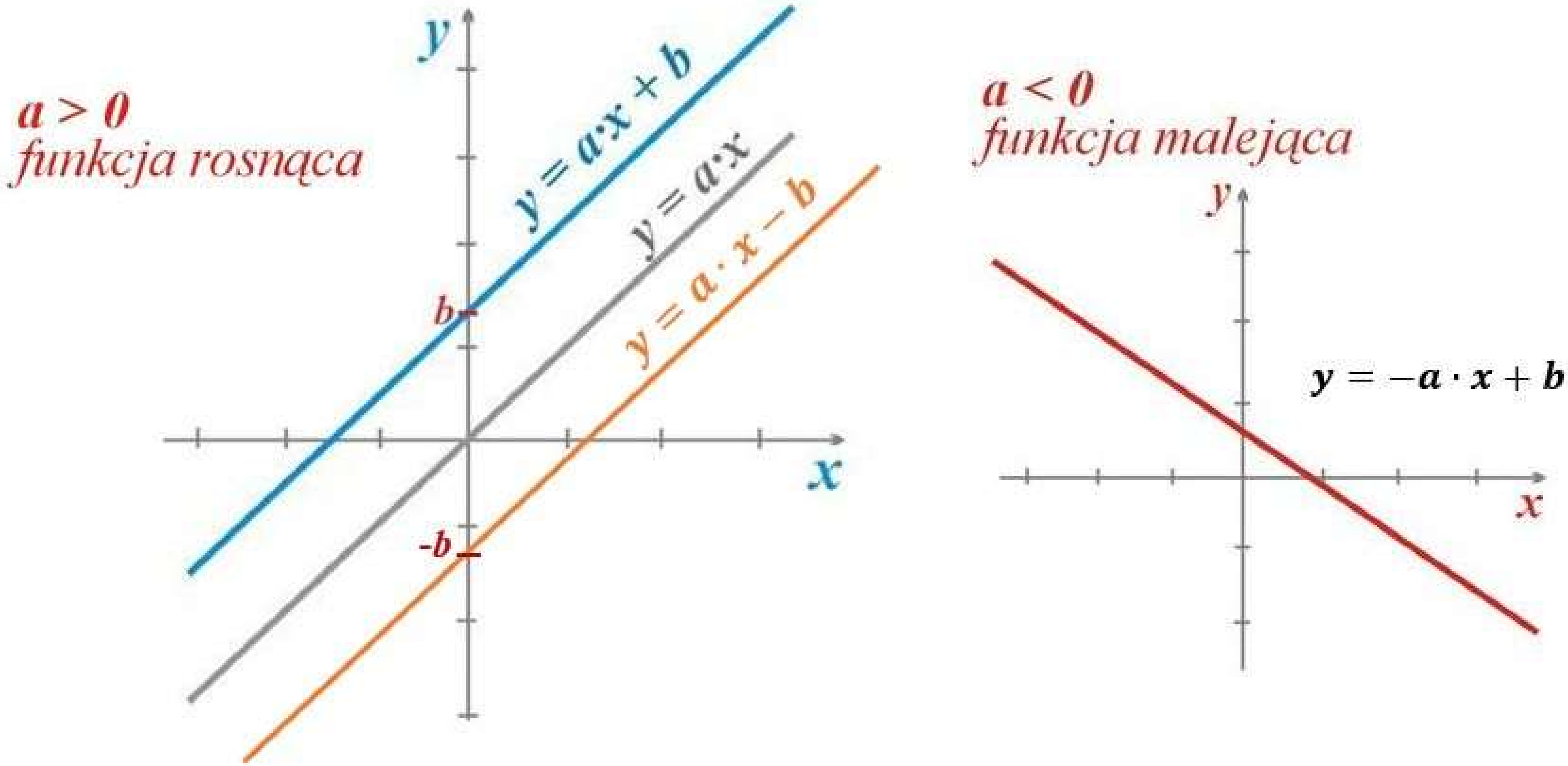
- Obowiązkowo **na papierze milimetrowym** formatu A4
- Wszystko **ołówkiem**!
- Osie na skraju podziałki milimetrowej, ze strzałkami, podpisane symbolem wielkości fizycznej i jej jednostką w nawiasie kwadratowym, z naniesioną podziałką (**a nie wynikami obliczeń!**)
- Dobór skali: tak, aby wykres zajmował **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 - sprawdzanie



Funkcja liniowa - przypomnienie

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



WYKRES - wyznaczanie

- Wyznaczanie: dodatkowo wykonujemy odczyt lub obliczenia potrzebnego parametru funkcji liniowej na podstawie znajomości równania funkcji,

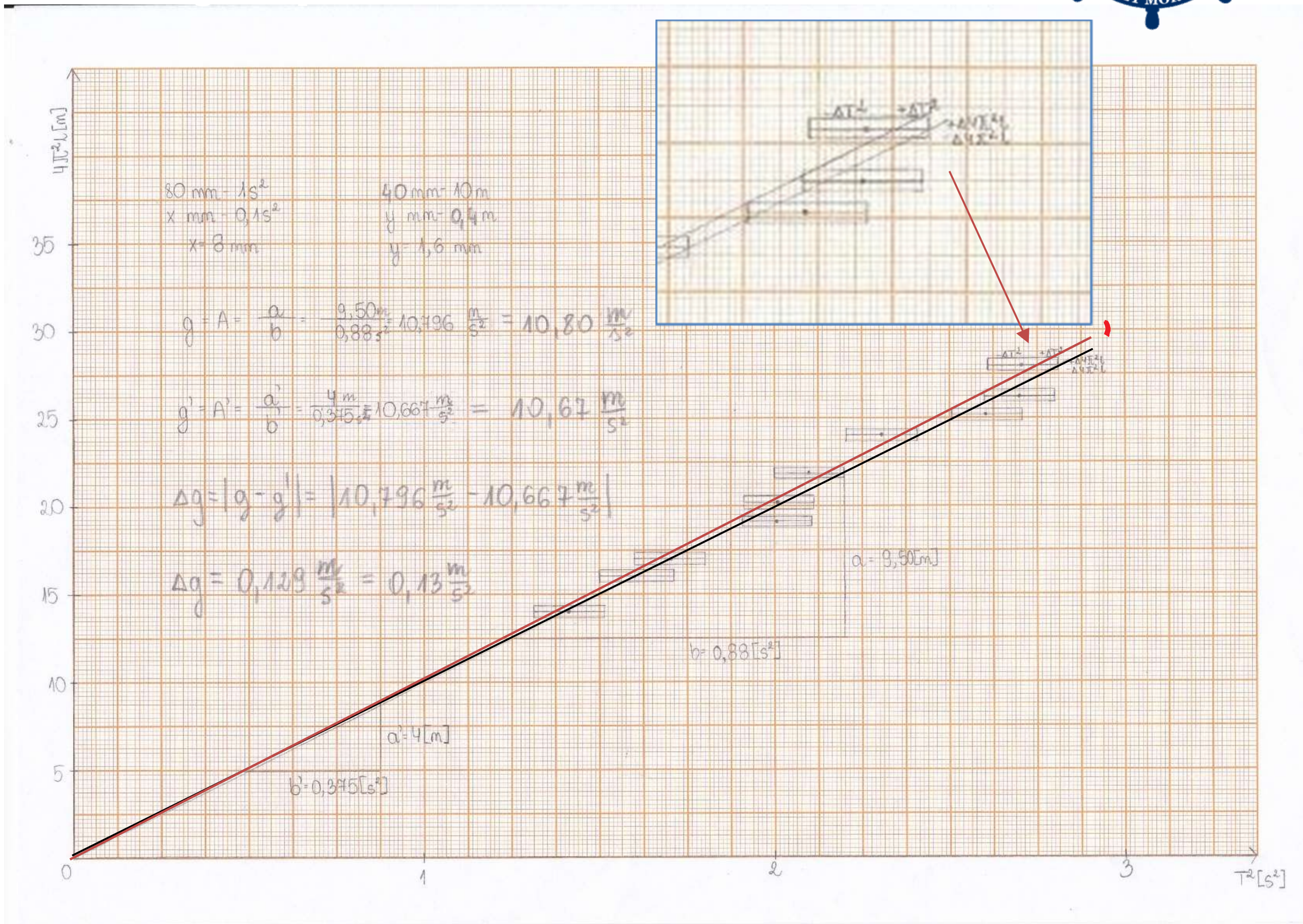
- W celu oszacowania dokładności metody pomiarowej prowadzimy również przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych tzw. prostą najgorszego dopasowania (skrajnie odchyloną od najlepszej) i powtarzamy obliczenia parametru.

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

czyli np.: dla natężenia pola grawitacyjnego zapisujemy

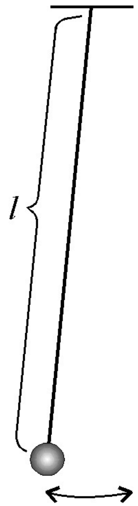
$$\Delta g = |g - g'|$$

WYKRES - wyznaczanie

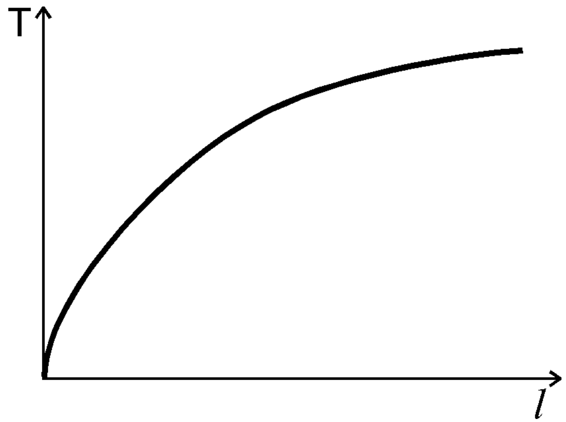


Wahadło matematyczne - przykład

- Baza teoretyczna



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



Wahadło matematyczne - linearyzacja

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

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

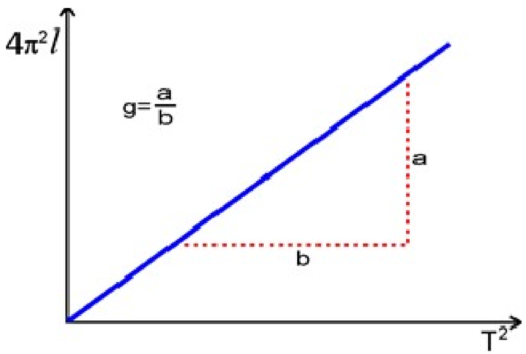
$$4\pi^2 l = g\,T^2$$

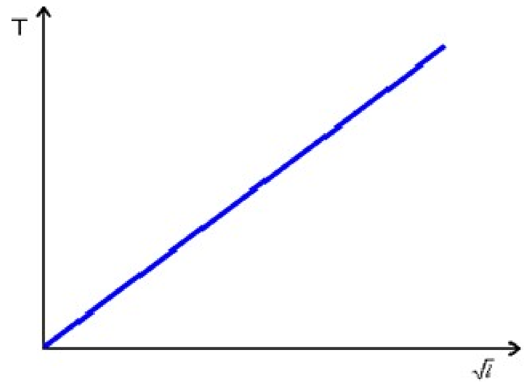
$$y = A\;x$$

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

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

$$y = A\;x$$





Wahadło - wykres

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

$$y = A\, x$$

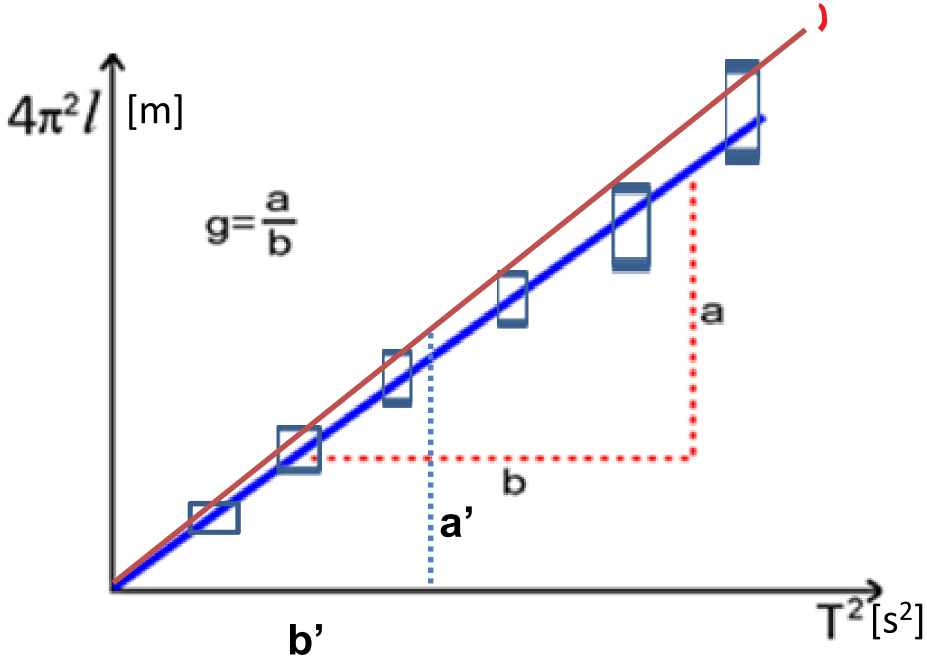
Wyznaczona wartość przyspieszenia ziemskiego

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

Dokładność metody

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

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



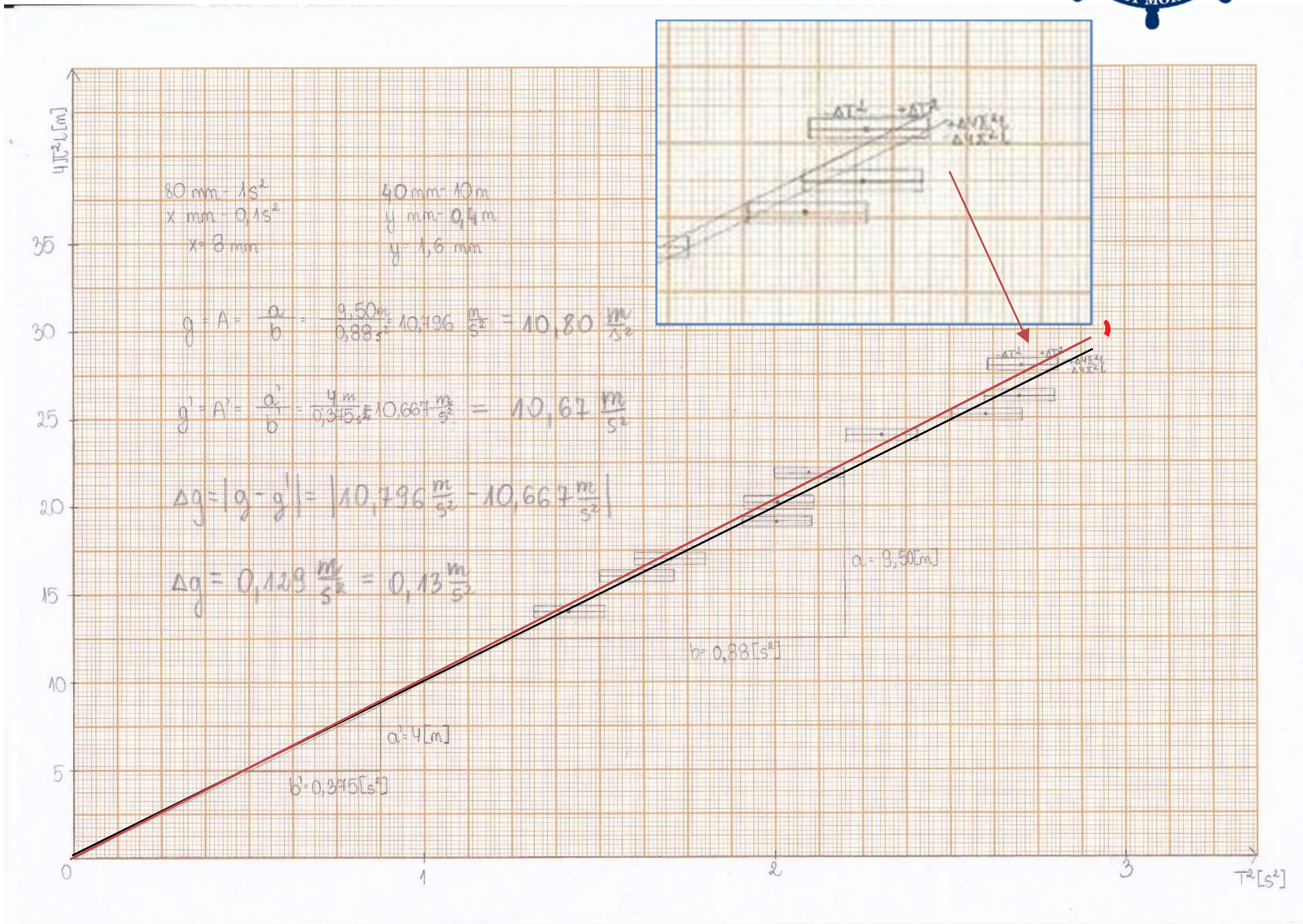
czyli

$$g \pm \Delta g$$

WYKRES - wyznaczanie

- prosta najlepszego dopasowania przechodząca jak najbliżej punktów pomiarowych,
- prosta najgorszego dopasowania najbardziej odchylona 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:

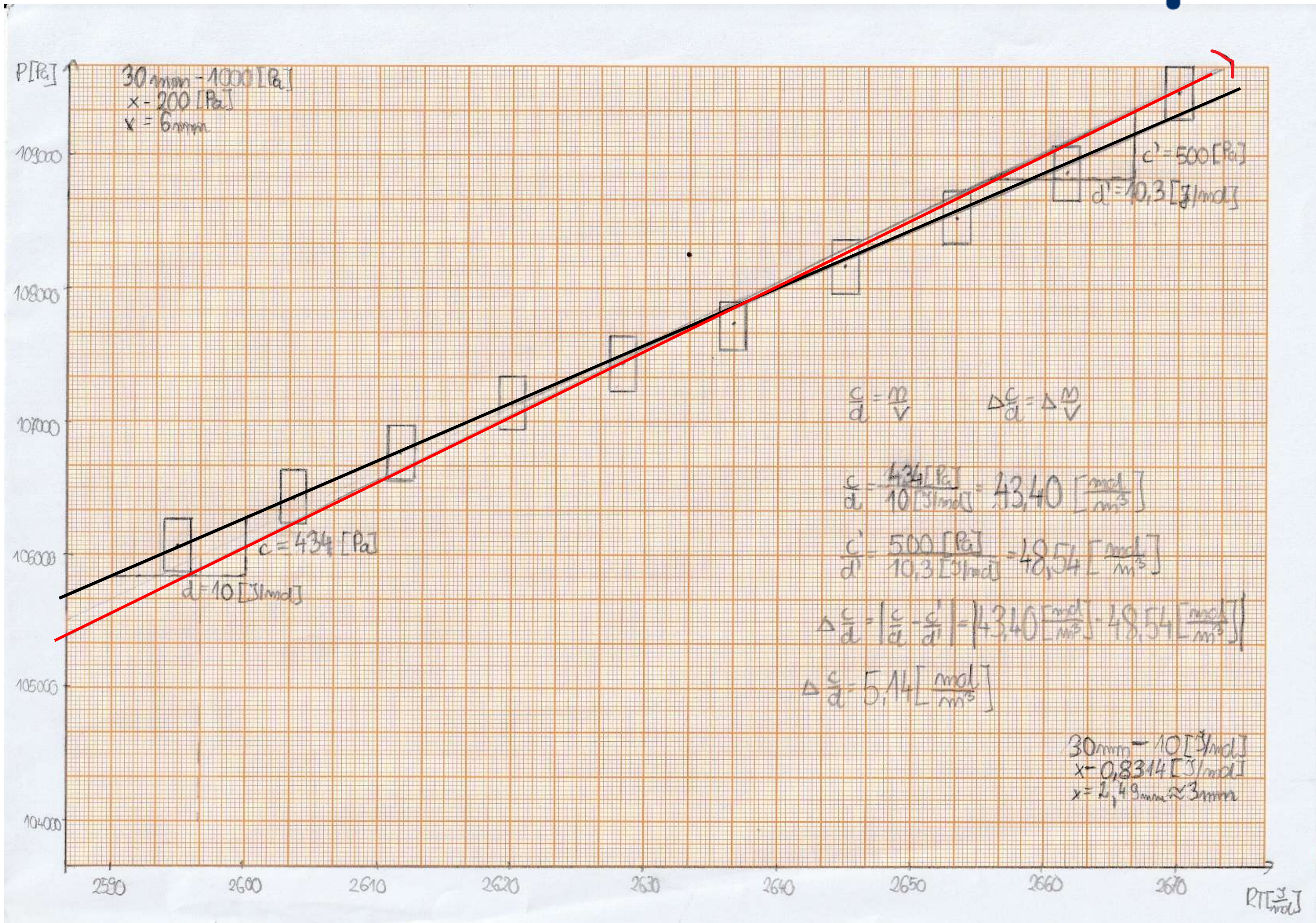
$$\Delta g = 0{,}13 \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

czyli:

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

WYKRES - wyznaczanie

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 n/V, potem prowadzimy prostą najgorszego dopasowania z jednego krańca na drugi oczywiście w granicach prostokątów niepewności i wyznaczamy najgorszą wartość parametru (n/V)', po to aby policzyć dokładność metody Δ(n/V).



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
facebook.com/Uniwersytet.Morski.w.Gdyni