

Uwagi na temat pisania sprawozdań na I Pracowni Fizycznej
Bogdan Damski, ZOA
1-3-2017

Plan sprawozdania:

1. Strona administracyjna
2. Strona tytułowa
3. Wprowadzenie
4. Opis doświadczenia
5. Opracowanie wyników pomiarów
6. Dyskusja uzyskanych wyników
7. Literatura
8. Kopia notatek z zeszytu laboratoryjnego

Strona administracyjna

imię i nazwisko studenta		numer grupy:
e-mail:		kierunek:
symbol ćwiczenia	temat ćwiczenia	
data wykonania ćwiczenia	asystent prowadzący ćwiczenie	

Przebieg zaliczania sprawozdania:

Data oddania sprawozdania do poprawy:	Uwagi sprawdzającego sprawozdanie:
Data przyjęcia poprawionego sprawozdania:	
Do poprawy sprawozdanie może być oddane tylko 1 raz	
Ocena za sprawozdanie przed poprawą:	
..... data zaliczenia sprawozdania podpis osoby zaliczającej

Terminowość oddania sprawozdania oraz końcowa ocena za ćwiczenie:

..... data przyjęcia sprawozdania i podpis osoby przyjmującej liczba spóźnień lub data <u>regulaminowego</u> oddania sprawozdania	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div> ocena końcowa za ćwiczenie (bez obniżenia za spóźnienia)
--	--	--

Strona tytułowa

- Numer i tytuł ćwiczenia
- Imię i nazwisko studenta
- Kierunek studiów
- Data przygotowania sprawozdania

Np.

Na pierwszej stronie umieszczamy

M-5: Badanie drgań wahadła anharmonicznego

Jan Kowalski

FIZYKA

3-3-2017

Wprowadzenie

- MNIEJ NIŻ DWIE STRONY
- Przedstawienie CELU ĆWICZENIA i podstawowych koncepcji fizycznych opisujących badane zjawisko
- Wprowadzenie wzorów koniecznych do ilościowego opisu badanego zjawiska fizycznego i/lub opracowania ćwiczenia

Typowym problemem w tej części sprawozdania jest kopiowanie tekstu z materiałów do ćwiczenia, Internetu, książek, cudzych sprawozdań, etc. Zarówno wprowadzenie, jak i reszta sprawozdania musi być **SAMODZIELNIE** napisana przez autora sprawozdania.

COPY & PASTE jest ZABRONIONE

PLAGIAT JEST KARANY NA UNIWERSYTECIE JAGIELLOŃSKIM

- kopiowanie fragmentów tekstu, nawet jeśli podajemy odnośnik do źródła, jest **NIEDOZWOLONE**
- umieszczanie w sprawozdaniu fragmentów cudzego tekstu po zamianie kilku wyrazów jest **NIEDOZWOLONE**

Wprowadzenie powinno wyjaśnić cel ćwiczenia i w logiczny sposób wprowadzić wszystkie koncepcje potrzebne do jego osiągnięcia.

Wprowadzenie: wzory

- Nie ma potrzeby WYPROWADZANIA wzorów w treści sprawozdania. Wystarczy odnośnik do literatury, gdzie można omawiany wzór znaleźć lub krótka uwaga jak można ten wzór wyprowadzić. Jeśli wzór jest oczywisty to nie jest potrzebny do niego odnośnik (np. druga zasada dynamiki Newtona, definicja momentu siły, etc.).
- Wzory należy NUMEROWAĆ, aby możliwe było czytelne korzystanie z nich w treści sprawozdania.
- WSZYSTKIE symbole pojawiające się we wzorach MUSZĄ być natychmiast zdefiniowane (każdy symbol definiujemy tylko raz). Raz wprowadzony symbol można używać w kolejnych częściach sprawozdania bez dodatkowych komentarzy. Nie definiujemy tylko oczywistych wielkości (zmiennej całkowania, czasu t w równaniach ruchu, etc.).
- Należy unikać kolizji oznaczeń, czyli przypisywania tych samych symboli różnym wielkościom fizycznym.

Przykład:

Wprowadzenie: wzory i literatura

Równanie ruchu wahadła fizycznego ma postać

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgL \sin \theta, \quad (1)$$

gdzie J jest momentem bezwładności wahadła względem osi obrotu, θ jest wychyleniem wahadła z położenia równowagi, m jest masą wahadła, g jest przyspieszeniem grawitacyjnym, a L jest odległością środka masy od osi obrotu.

... jeśli przez T_0 oznaczymy okres drgań harmoniczych, to okres T drgań anharmoniczych określa następujący wzór [3]

$$T = T_0 \frac{\sqrt{2}}{\pi} \int_0^{\theta_0} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_0}}, \quad (2)$$

gdzie θ_0 jest amplitudą drgań wyrażoną w radianach.

Rozwijając w szereg Taylora wzór (2), dowiadujemy się, że

$$T \approx T_0 \left(1 + \frac{\theta_0^2}{16} \right) \quad (3)$$

dla dostatecznie małej amplitudy drgań. Zależność (3) będziemy badać w tym ćwiczeniu.

Literatura:

1. H. Szydłowski, Pracownia Fizyczna (PWN, 1999)
2. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błęd pomiarowego (PWN, 1999)
3. J. Kowalski, Oscylatory w fizyce klasycznej i kwantowej (PWN, 2009)

Wprowadzenie: wzory i literatura

KAŻDY ODNOŚNIK W SPISIE LITERATURY POJAWIA SIĘ TYLKO RAZ

Typowym problemem w sprawozdaniach jest wielokrotne umieszczanie tego samego odnośnika w spisie literatury.

Np.

Literatura:

1. H. Szydłowski, Pracownia Fizyczna (PWN, 1999)
2. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego (PWN, 1999)
3. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego (PWN, 1999)
4. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego (PWN, 1999)
5. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego (PWN, 1999)
6. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego (PWN, 1999)
7. J. R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego (PWN, 1999)
8. J. Kowalski, Oscylatory w fizyce klasycznej i kwantowej (PWN, 2009)

Można też powoływać się na strony internetowe (Wikipedia, I PF, etc.) podając dokładny adres internetowy, pod którym znajduje się cytowana informacja.

Wprowadzenie: wzory i literatura

Odnosząc się w treści sprawozdania do WZORÓW używamy nawiasów okrągłych:

np. ... korzystając ze wzorów (2) i (3) można łatwo wyprowadzić wzór (4)
... korzystając z (2,3) można łatwo wyprowadzić (4)

Odnosząc się do LITERATURY używamy nawiasów kwadratowych:

np. ... dogłębna analiza wykonywanego ćwiczenia znajduje się w pracach [2] i [3].
... wykonywane ćwiczenie było wcześniej analizowane [2,3].

Odnosząc się do RYSUNKÓW w treści sprawozdania nie stosujemy nawiasów

Np.
... omawiane wyniki znajdują się na rysunku 3.

Taka powszechnie stosowana w artykułach naukowych konwencja pozwala na CZYTELNE korzystanie z odnośników!

Opis doświadczenia

- Opis układu doświadczalnego.
- Co i jak jest mierzone.
- W jakiej kolejności wykonywane są pomiary.
- Warto dołączyć szkic układu (odręczny, z programu graficznego, z materiałów do ćwiczenia jeśli jest on identyczny z układem na jakim wykonywane jest ćwiczenie, z telefonu komórkowego, etc.). Należy podać odnośnik do źródła, jeśli szkic nie jest przez nas wykonany.

**Zarówno opis doświadczenia jak i reszta sprawozdania powinny być tak napisane,
aby były zrozumiałe dla studentów, którzy nie wykonywali tego ćwiczenia**

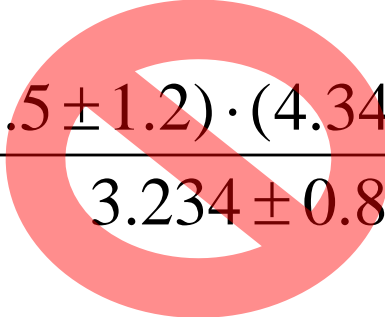
Opracowanie wyników pomiarów

Jeśli wyniki WIELOKROTNYCH pomiarów są CZYTELNIIE zanotowane w ZESZYCIE LABORATORYJNYM to NIE ma potrzeby wpisywania ich do treści sprawozdania w formie tabelki! Takie wyniki opracowujemy w sprawozdaniu przy pomocy wykresów, podając średnie z pomiarów, etc.

CZYTELNIIE := w sposób zrozumiały dla asystenta prowadzącego ćwiczenie bez dodatkowych wyjaśnień ze strony studenta.

Pojedyncze wyniki pomiarów należy podać w treści sprawozdania.

NIE pokazujemy jak wygląda wzór po podstawieniu wyników

$$T = \frac{(1.5 \pm 1.2) \cdot (4.34 \pm 0.01)}{3.234 \pm 0.823}$$


ZAWSZE przy podawaniu wyników podajemy jednostkę (jeśli nie dyskutujemy wielkości bezwymiarowej).

Np.

$$\lambda = 575.2 \pm 1.2 \text{ nm}$$

Opracowanie wyników pomiarów: niepewności pomiarowe

Wszystkie mierzone wielkości są obarczone niepewnością pomiarową! Rząd wielkości niepewności pomiarowej ustala dokładność z jaką podajemy opracowane w sprawozdaniu wyniki.

Typowym błędem jest podawanie wyników ze zbyt dużą ilością cyfr. Np.

$$T = 9.2344678901 \pm 0.0162345678 \text{ s}$$


Niepewność wyniku podajemy z jedną/dwoma znaczącymi cyframi, a wynik z dokładnością określoną przez tak ZAOKRĄGLONĄ NIEPEWNOŚĆ. W tym przypadku

$$T = 9.234 \pm 0.016 \text{ s}$$

Alternatywnie można ten wynik zapisać w postaci

$$T = 9.234(16) \text{ s},$$

która nie zawsze jest przez studentów poprawnie stosowana. Np. jeśli student wyznaczył okres drgań wahadła T na 5.3468 s i ustalił, że niepewność tego wyniku wynosi 1 s to NIE może zapisać wyniku końcowego w postaci

$$T = 5.3468(1) \text{ s}.$$


W sprawozdaniu podajemy ZAOKRĄGLONE wyniki, a obliczenia do nich prowadzące wykonujemy na „pełnych” danych.

Opracowanie wyników pomiarów: niepewności pomiarowe

Niepewności pomiarowe dzielimy na systematyczne i statystyczne.

Niepewność systematyczną wielkości X zapisujemy jako ΔX , co pozwala na odróżnienie jej od niepewności statystycznej, czyli odchylenia standardowego, które dla wielkości X oznaczamy jako σ_X .

Jest kluczowo ważne, aby sposób prezentacji wyników nie pozostawiał wątpliwości jakiego typu niepewność jest podawana. Należy więc doprecyzować w sprawozdaniu czy podawana niepewność jest systematyczna czy statystyczna.

Np. jeśli w sprawozdaniu znajdujemy BEZ słowa komentarza

- $T=8.83 \pm 0.22$ s, to nie wiadomo czy 0.22 s jest niepewnością systematyczną czy statystyczną
- $T=8.83 \pm 0.22 \pm 0.32$ s, to nie jest oczywiste, która niepewność jest systematyczna, a która statystyczna

Aby uniknąć takich nieporozumień wystarczy napisać

- $T=8.83 \pm 0.22$ s, gdzie podana niepewność jest systematyczna LUB
 $T=8.83 \pm 0.22$ s, gdzie podana niepewność jest statystyczna
- $T=8.83 \pm 0.22 \pm 0.32$ s, gdzie pierwsza niepewność jest statystyczna LUB
 $T=8.83 \pm 0.22 \pm 0.32$ s, gdzie pierwsza niepewność jest systematyczna

Opracowanie wyników pomiarów: niepewności pomiarowe

Niepewności systematyczne pojawiają się na I PF gdy

- urządzenie pomiarowe przesuwają wyniki w określoną stronę
- sposób wykonania ćwiczenia lub odczytu wyników pomiarów wprowadza systematyczne przesunięcie badanej wielkości
- wykonujemy jeden pomiar

Niepewność systematyczną ΔX określamy w taki sposób, abyśmy mieli pewność, że jeśli

$$X = \bar{X} \pm \Delta X,$$

to prawdziwa wartość mierzonej wielkości znajduje się w przedziale

$$[\bar{X} - \Delta X, \bar{X} + \Delta X]$$

jeżeli pozostałe niepewności są zaniedbywalne (oczywiście szukamy najmniejszego ΔX , które spełnia ten warunek).

Jeśli wykonywany jest jednokrotny bezpośredni pomiar (np. przy pomocy linijki), to zazwyczaj podawana przez studentów niepewność systematyczna jest równa podziałce użytego przyrządu pomiarowego (lub połowie podziałki jeśli odległość między kreskami podziałki jest „duża”). Należy się jednak zastanowić, czy taka wartość spełnia w/w kryterium w wykonywanym ćwiczeniu.

Opracowanie wyników pomiarów: niepewności pomiarowe

Niepewności statystyczne pojawiają się na I PF w dwóch przypadkach

- gdy wielokrotnie mierzymy tę samą wielkość
- gdy fitujemy prostą do wyników pomiarów

Np. mierzymy N -krotnie okres ruchu wahadła i dostajemy w kolejnych pomiarach wyniki T_i gdzie $i=1, \dots, N$. Szacujemy okres T ruchu wahadła przez średnią arytmetyczną

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N},$$

a jej niepewność przez odchylenie standardowe ŚREDNIEJ arytmetycznej $\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2}{N(N-1)}}$.

Wynik zapisujemy jako $T = \bar{T} \pm \sigma_T$, podając JEDNO odchylenie standardowe.

Typowe nieporozumienie tutaj jest takie, że zamiast odchylenia standardowego średniej podawane jest odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru liczone według w/w wzoru po zamianie $N(N-1)$ na $N-1$, czyli o czynnik \sqrt{N} za duże.

Programy komputerowe liczą odchylenie standardowe „automatycznie”. Należy SPRAWDZIĆ, którą z tych dwóch wartości one podają!

Opracowanie wyników pomiarów: niepewności pomiarowe

Niepewności statystyczne i systematyczne wielkości złożonych liczymy ODDZIELNIE.

Np.

Założmy, że wielkość, której niepewność chcemy określić ma postać

$$f(a, b, c, \dots, z, A, B, C, \dots, Z),$$

gdzie a, b, c, \dots są obarczone niepewnościami statystycznymi $a = \bar{a} \pm \sigma_a, b = \bar{b} \pm \sigma_b, c = \bar{c} \pm \sigma_c$
 A, B, C, \dots są obarczone niepewnościami systematycznymi $A = \bar{A} \pm \Delta A, B = \bar{B} \pm \Delta B, C = \bar{C} \pm \Delta C$

- niepewność statystyczna f wynosi

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a} \sigma_a\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b} \sigma_b\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial c} \sigma_c\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \sigma_z\right)^2}$$

- niepewność systematyczna f wynosi $\Delta f = \left|\frac{\partial f}{\partial A}\right| \Delta A + \left|\frac{\partial f}{\partial B}\right| \Delta B + \dots + \left|\frac{\partial f}{\partial Z}\right| \Delta Z$

- końcowy wynik podajemy jako $f(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \dots) \pm \Delta f \pm \sigma_f$ LUB $f(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \dots) \pm \sigma_f \pm \Delta f$

Przykład: Opracowanie wyników pomiarów: niepewności pomiarowe

Wyznaczamy współczynnik lepkości oleju η ze znajomości

- gęstości oleju $\rho_0 = \bar{\rho}_0 \pm \Delta\rho_0$
- promienia kropli wody $r = \bar{r} \pm \Delta r$
- odległości $L = \bar{L} \pm \Delta L$ pokonywanej przez krople wody w czasie $t = \bar{t} \pm \sigma_t$
- przyspieszenia ziemskiego g oraz gęstości wody ρ_w

$$\eta = \frac{2g}{9} (\rho_w - \rho_0) \frac{r^2 t}{L}$$

Niepewności ρ_0 , r , L są systematyczne. Niepewność t jest statystyczna. Niepewności g i ρ_w zaniedbujemy.

$$\text{Niepewność systematyczna: } \Delta\eta = \left| \frac{\partial\eta}{\partial r} \right| \Delta r + \left| \frac{\partial\eta}{\partial \rho_0} \right| \Delta\rho_0 + \left| \frac{\partial\eta}{\partial L} \right| \Delta L = \bar{\eta} \left(\frac{2\Delta r}{\bar{r}} + \frac{\Delta\rho_0}{\rho_w - \bar{\rho}_0} + \frac{\Delta L}{\bar{L}} \right),$$

$$\text{gdzie } \bar{\eta} = \frac{2g}{9} (\rho_w - \bar{\rho}_0) \frac{\bar{r}^2 \bar{t}}{\bar{L}}$$

$$\text{Niepewność statystyczna: } \sigma_\eta = \sqrt{\left(\frac{\partial\eta}{\partial t} \sigma_t \right)^2} = \bar{\eta} \frac{\sigma_t}{\bar{t}}$$

$$\text{Końcowy wynik: } \eta = \bar{\eta} \pm \sigma_\eta \pm \Delta\eta \quad \text{LUB} \quad \eta = \bar{\eta} \pm \Delta\eta \pm \sigma_\eta$$

Opracowanie wyników pomiarów: wykresy

Na KAŻDYM wykresie:

- osie MUSZĄ być podpisane
- jednostki MUSZĄ być podane (jeśli badane wielkości nie są bezwymiarowe)

Każdy rysunek (wykres, szkic układu pomiarowego, etc.) MUSI mieć

- numer porządkowy (tak jak równania, odnośniki do literatury, etc.)
- krótki opis, który umieszczamy pod rysunkiem

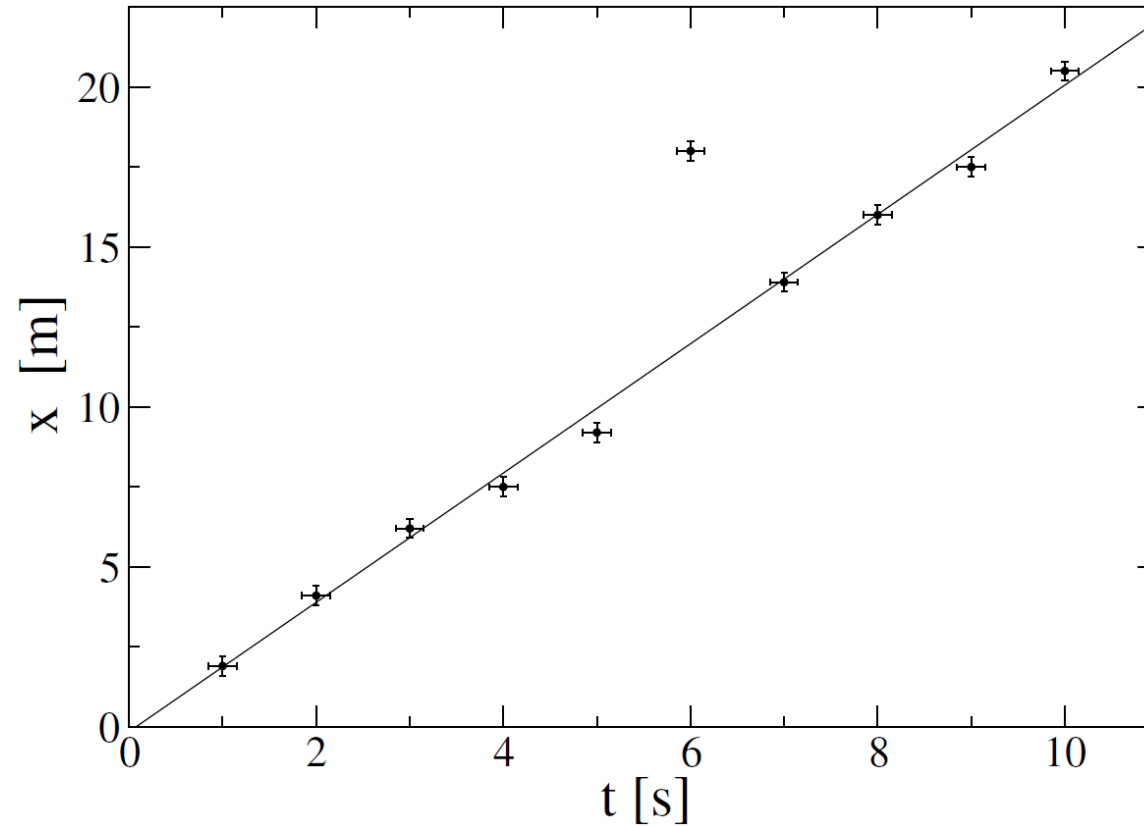
W sprawozdaniu MUSI być odnośnik do każdego rysunku. Rysunek, na który NIE powołujemy się w treści sprawozdania jest ZBĘDNY.

Np.

Wyniki pomiarów znajdują się na rys. 1.

Układ doświadczalny jest przedstawiony na rysunku 2.

Opracowanie wyników pomiarów: wykresy



Rys. 1. Położenie ciała w funkcji czasu. Punkty pokazują wyniki pomiarów, linia prosta pochodzi z liniowego fitu. Wynik dla $t=6$ jest wykluczony z fitowania.

Jeśli mamy punkty pomiarowe, które wyraźnie odstają w granicy błędu od dofitowanej prostej, to wykluczamy je z fitowania, ale umieszczamy je na wykresie (traktujemy je jako wynik błędnego pomiaru, ale nie wykluczamy, że mogą one reprezentować niespodziewane zjawisko fizyczne 😊).

Opracowanie wyników pomiarów: wykresy

Wynik fitowania podajemy wraz z niepewnościami dofitowanych współczynników i ich jednostkami.

Np.

... fitując do wyników pomiarów zależność

$$x = v \cdot t + c,$$

dostaliśmy

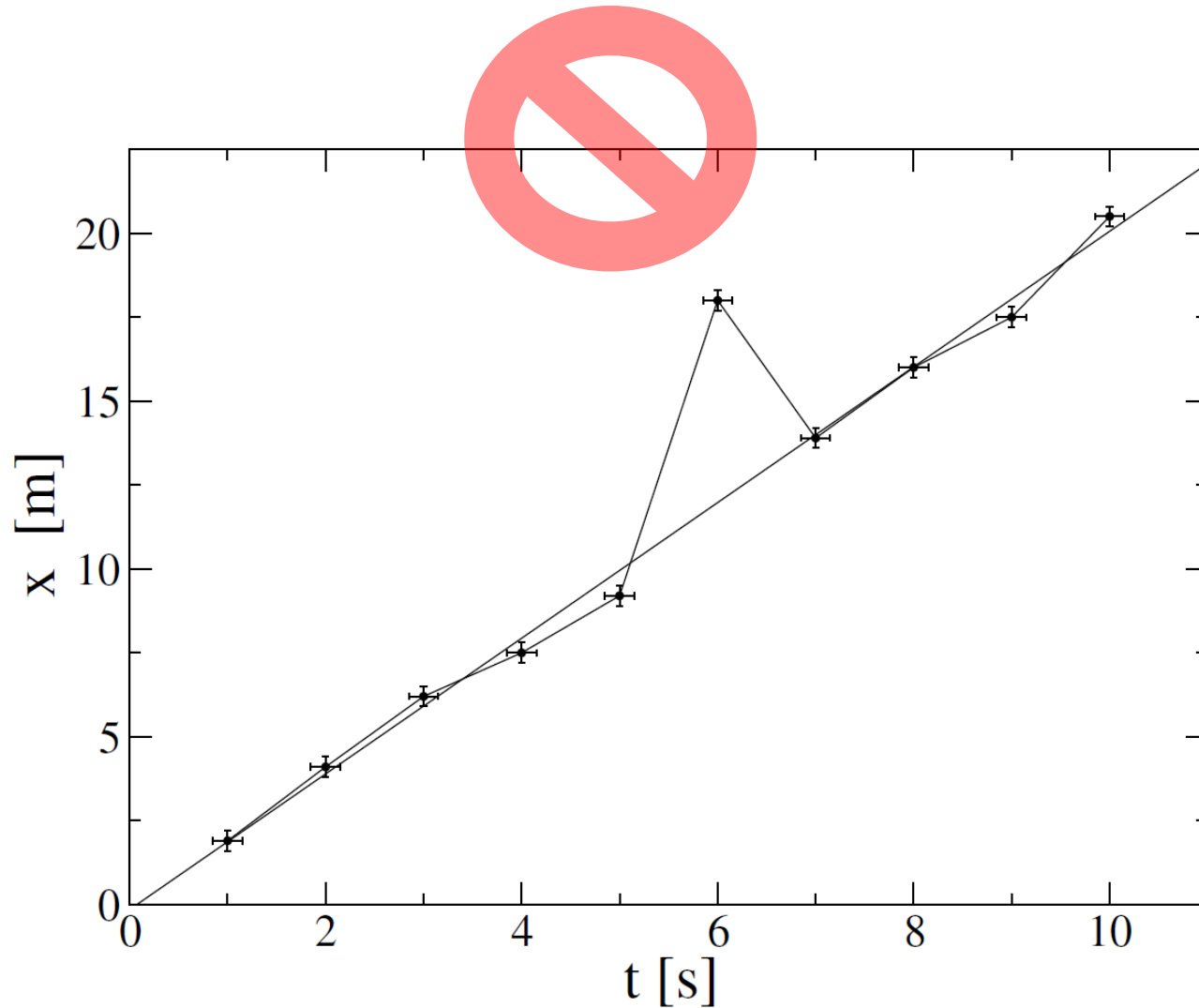
$$v = 2.021 \pm 0.065 \frac{m}{s}, \quad c = -0.15 \pm 0.41 m,$$

gdzie podane niepewności są odchyleniami standardowymi.

Nie umieszczamy w sprawozdaniu wzorów używanych do wykonania regresji liniowej. Należy podać jakim programem była ona wykonywana i jaki algorytm został do niej użyty.

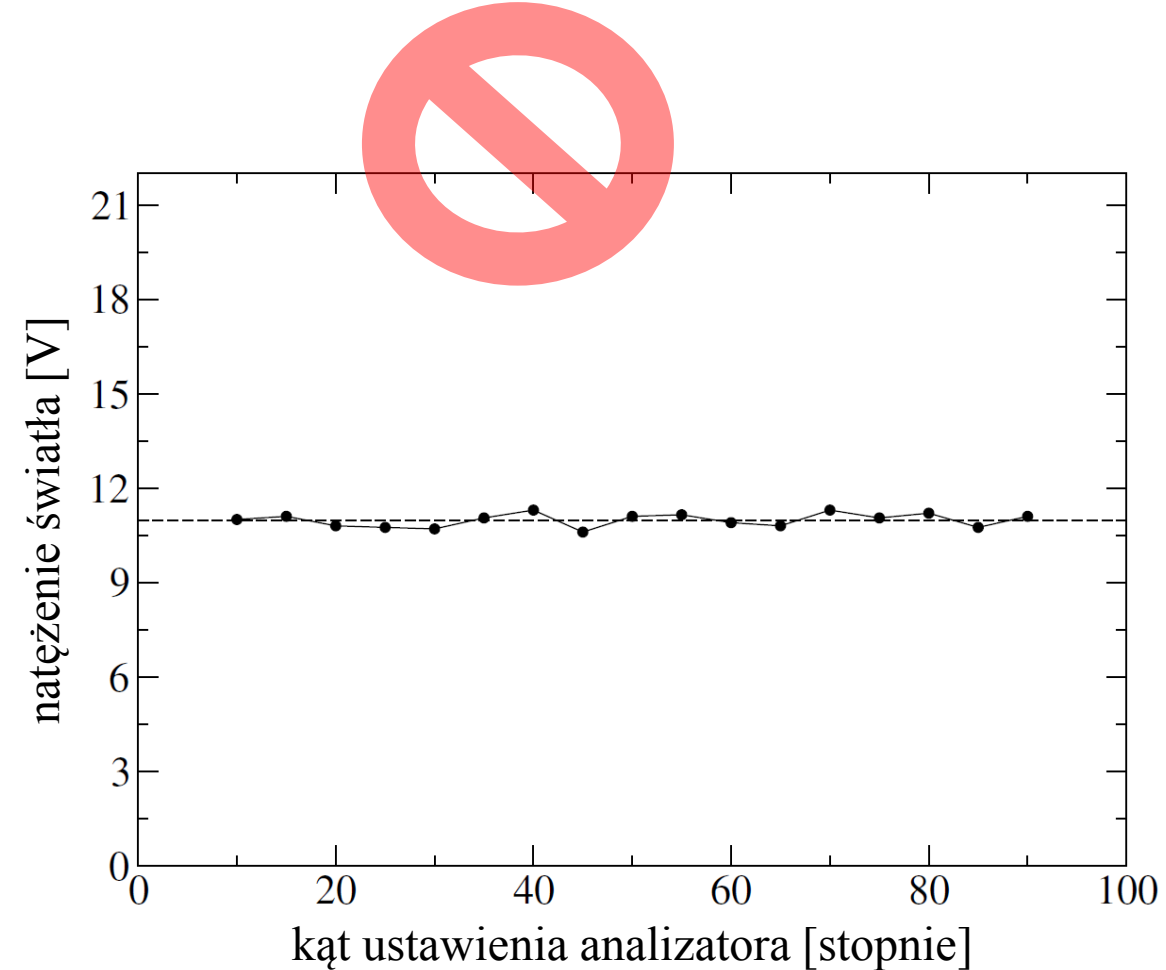
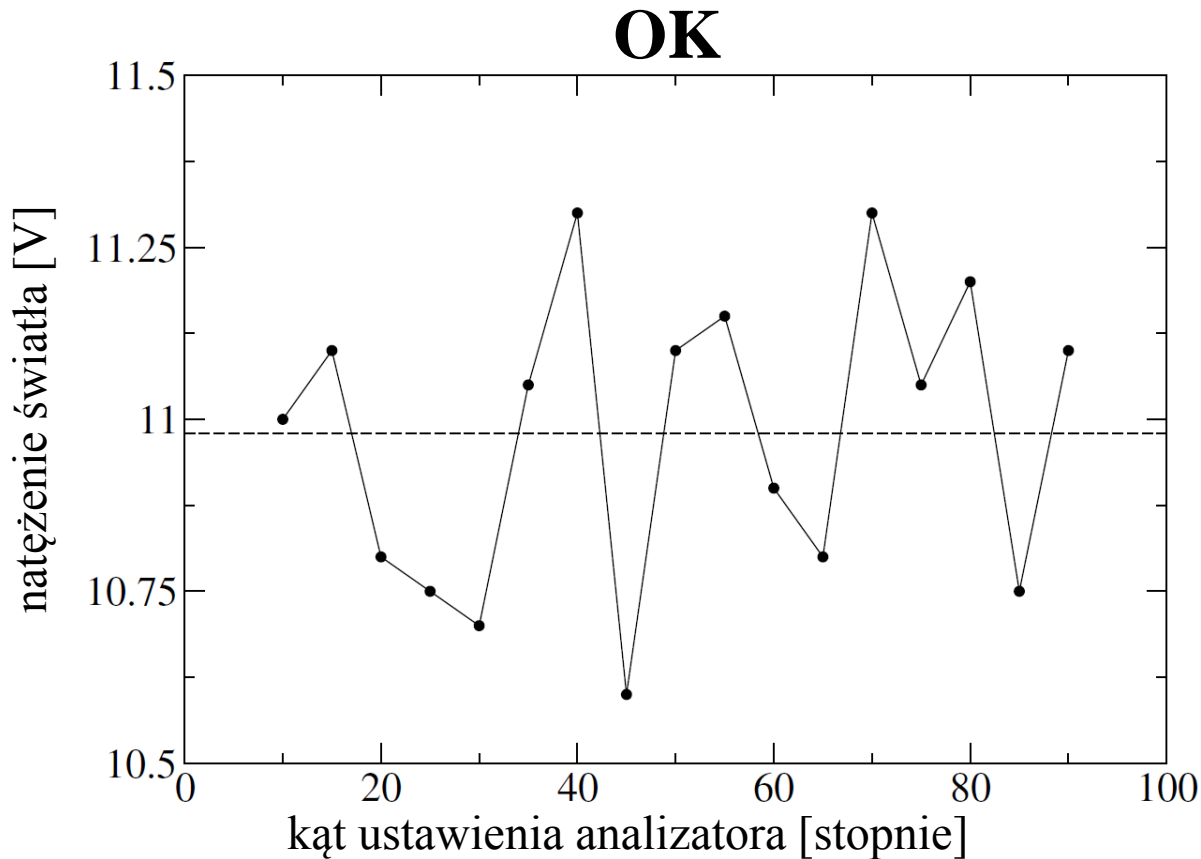
Opracowanie wyników pomiarów: wykresy

NIE należy łączyć punktów pomiarowych jeśli fitujemy prostą:



Opracowanie wyników pomiarów: wykresy

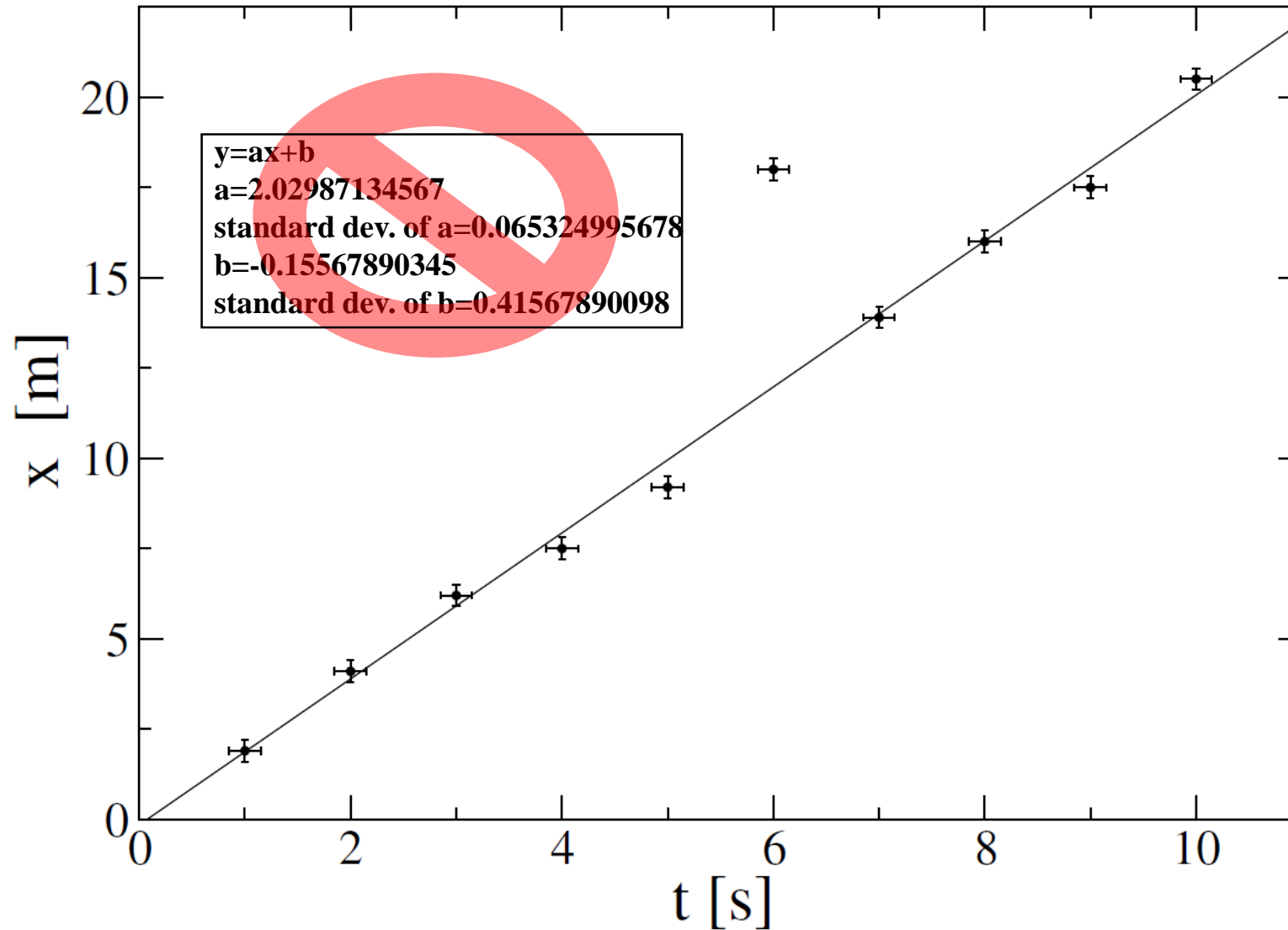
Należy rozsądnie wybrać zakres osi aby wyniki były jak najlepiej widoczne:



Rys. 2. Natężenie światła po przejściu przez analizator. Punkty pokazują wyniki pomiarów (ich niepewności są zaniedbywalne). Przerywana linia pokazuje średnią arytmetyczną zmierzonych wartości.

Opracowanie wyników pomiarów: wykresy

NIE umieszczamy na wykresie wyniku fitowania:



Opracowanie wyników pomiarów: tabele

W KAŻDEJ tabeli:

- kolumny i/lub wiersze MUSZAĄ być podpisane
- jednostki MUSZAĄ być podane (jeśli prezentowane wielkości nie są bezwymiarowe)

Każda tabela MUSI mieć

- numer porządkowy (stosujemy rzymską numerację I, II, III, etc.)
- krótki opis, który umieszczamy pod tabelą

W sprawozdaniu MUSI być odnośnik do każdej tabeli. Tabela na którą NIE powołujemy się w treści sprawozdania jest ZBĘDNA.

Np.

Wyniki pomiarów znajdują się w tabeli I.

Opracowanie wyników pomiarów: tabele

Przykład:

położenie [cm]	czas [s]
10.1	2.05
20.2	4.1
30.3	6.7

Tabela I. Położenie kropli wody w funkcji czasu podczas pierwszej serii pomiarowej.

Wykresy są zazwyczaj dużo bardziej czytelne niż tabele

Opracowanie wyników pomiarów: błędy grube

Po wykonaniu obliczeń należy się zastanowić czy

- rząd wielkości uzyskanego wyniku jest poprawny
- wyznaczona niepewność wyniku nie jest podejrzanie za duża/za mała

Określenie poprawnego rzędu wielkości wyniku nie zawsze jest możliwe przez porównanie z przewidywaniami teoretycznymi i/lub danymi tablicowymi.

Np.

Jeżeli dostajemy z opracowania wyników, że moment bezwładności niewielkiego pręta aluminiowego wynosi $2 \cdot 10^3 \text{ kg m}^2$, to możemy się przekonać, że wynik jest bez sensu zauważając, że taki sam moment bezwładności mają dwie „punktowe” kule, każda o masie jednej tony, umieszczone w odległości 1m od osi obrotu.

Z kolei gdy okazuje się, że wyznaczyliśmy okres ruchu wahadła na $4.23 \dots \text{ s}$ z niepewnością $4 \cdot 10^{-11} \text{ s}$, to od razu widać, że uzyskana dokładność względna na poziomie 10^{-11} jest nieosiągalna na 1 PF i nie ma nic wspólnego z rozrzutem statystycznym pojedynczych pomiarów wykonywanych w trakcie ćwiczenia.

Częstym źródłem grubych błędów jest niepoprawna konwersja jednostek (z milimetrów na metry, etc.)

Nie należy oddawać sprawozdania z błędami grubymi: obliczenia należy poprawić przed omówieniem ich w sprawozdaniu

Dyskusja uzyskanych wyników

- Jak uzyskane wyniki porównują się do przewidywań teoretycznych/danych tablicowych? Jeśli są istotne rozbieżności to z jakiego powodu.
- Jakie czynniki mające wpływ na przebieg ćwiczenia nie zostały uwzględnione przy opisie teoretycznym zjawiska/szacowaniu niepewności pomiarowych?
- W jaki sposób można poprawić dokładność pomiarów?

Przy porównywaniu uzyskanych wyników do przewidywań teoretycznych/danych tablicowych należy zwrócić uwagę na różny charakter niepewności statystycznych i systematycznych.

Dyskusja uzyskanych wyników

Przykład:

Powiedzmy, że wartość tablicowa zmierzonej wielkości wynosi X_0 (z zanedbywalnie małą niepewnością w porównaniu do tej, jaką mamy w naszym eksperymencie)

- jeżeli nasz wynik jest zdominowany przez niepewność statystyczną $X = \bar{X} \pm \sigma_X$, to jest on zgodny z wartością tablicową na poziomie ufności 99.7% gdy

$$X_0 \in [\bar{X} - 3\sigma_X, \bar{X} + 3\sigma_X]$$

- jeżeli nasz wynik jest zdominowany przez niepewność systematyczną $X = \bar{X} \pm \Delta X$, to jest on zgodny z wartością tablicową gdy

$$X_0 \in [\bar{X} - \Delta X, \bar{X} + \Delta X]$$

- jeżeli nasz wynik jest obciążony niepewnością statystyczną i systematyczną $X = \bar{X} \pm \Delta X \pm \sigma_X$, to jest on zgodny z wartością tablicową gdy

$$X_0 \in [\bar{X} - 3\sigma_X - \Delta X, \bar{X} + 3\sigma_X + \Delta X],$$

gdzie ponownie przyjęliśmy poziom ufności 99.7%.

UWAGI KOŃCOWE

Sprawozdanie należy przeczytać przed oddaniem go do oceny/poprawy!

Typowe problemy jakie mogą się pojawić po niezastosowaniu się do powyższej uwagi są następujące:

- pozbawione sensu lub „urwane” zdania
- brakujące strony
- niewydrukowane lub nieczytelne wzory
- nieczytelne wykresy

POWODZENIA!