



INSTYTUT FIZYKI UMK

Pierwsza Pracownia Fizyczna

Przygotowywanie sprawozdań

Wykonywanie zadań polegających na opracowywaniu sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych ma na celu kształtowanie i doskonalenie umiejętności przekazywania informacji w profesjonalny, rzetelny i zrozumiały sposób. Niezależnie, stanowi okazję do rozszerzania i systematyzowania własnej wiedzy autora, przez co może być ona wykorzystana skuteczniej i sprawniej.

Studenci powinni korzystać z faktu, że prowadzący mają obowiązek wnikliwie analizować treść sprawozdań wskazując braki, usterki i wszelkie inne problematyczne elementy, **pomagając w ten sposób autorom unikać popełniania tych samych błędów w przyszłości**. Z drugiej strony, przygotowujący opracowania powinni traktować to zadanie jako możliwość wykazania się zdolnościami i już zdobytą wiedzą – taka umiejętność także jest bardzo cenna.

I. Podstawowe reguły i wymogi

1. Sprawozdania stanowią oficjalne dokumenty – są podpisywane przez autorów, którzy przyjmują w ten sposób odpowiedzialność za ich zawartość.

Należy pamiętać, że materiały przygotowane przez studentów w ramach zajęć są przechowywane zgodnie z przepisami: w formie papierowej – przez 2 lata, w formie elektronicznej – w zasadzie bez limitu czasowego (jako elementy baz danych systemów antyplagiatowych).

2. **Treść sprawozdań nie może budzić wątpliwości co do autorstwa.** Elementy, które są efektami pracy innych, muszą być czytelnie wskazane z podaniem źródła, nawet jeśli zostały wzbogacone lub inaczej dostosowane – działania odtwórcze i cytowania podlegają regulacjom prawnym chroniącym własność intelektualną i prawa autorskie.
3. Ważnym celem zajęć 1.PF jest doskonalenie umiejętności tworzenia własnych poprawnych sformułowań i rysunków. Wykorzystane cudze treści nie mogą więc stanowić istotnej części przedstawianego materiału. Ich zbyt duży udział spowoduje obniżenie oceny. Elementy „stworzone” metodą wycnij-i-wklej, zwłaszcza bezkrytycznie skopiowane ze źródła marnej jakości (często jest takim Wikipedia), zostaną wskazane jako błędy wymagające korekty.
4. Sprawozdanie z wykonania ćwiczenia powinno stanowić opracowanie samodzielne – **zrozumiałe bez konieczności zapoznawania się z innymi materiałami, w tym także z opisem i innymi materiałami do ćwiczenia.**
5. Materiały w zamyśle powinny być przygotowywane dla odbiorców o podobnym, względnie nieco niższym poziomie wiedzy – pojęcia i inne treści, które okazały się nieznane lub trudne dla autora, należy zdefiniować, wyjaśnić i/lub przedstawić w prostszy sposób. Sformułowania też bez zrozumienia zagadnień, których dotyczą – najczęściej oparte o powtórzenia często żargonowych wyrażen – są łatwo rozpoznawalne. Wyraźnie wykazują braki w-, zamiast faktycznej –wiedzy.
6. **Dobre sprawozdanie** to takie, które **zawiera** wszystkie informacje umożliwiające powtórzenie procedur eksperymentalnych dokładnie w ten sam sposób (**opis układu doświadczalnego i przebiegu pomiarów**), a powtórne przeprowadzenie analizy danych i niepewności pomiarowych powinno doprowadzić do tych samych rezultatów i wniosków (**komplet jednoznacznie oznaczonych i objaśnionych danych pomiarowych**).

Wzorowe sprawozdania pozwalają rozszerzyć wiedzę i umiejętności odbiorców dzięki odpowiednio dobranym treściom wyjaśniającym powiązania pomiędzy podstawami teoretycznymi opisu zjawisk i czynnościami wykonywanymi w laboratorium.

II. Struktura sprawozdania

- 1) Prawidłowo przygotowane sprawozdanie powinno zawierać następujące elementy:
 - A. **Wprowadzenie** – przedstawiające cele ćwiczenia, opis pojęć i zjawisk którym jest poświęcone, względnie wyznaczonej wielkości fizycznej, wyjaśniające także metodę pomiaru i działania wykorzystywanych przyrządów.
*W skrócie, ta część powinna zawierać odpowiedzi na pytania: **Co?, Dlaczego?, Jak?** oraz przygotowywać podstawy do odwołań w następnych częściach, ułatwiających formułowanie koniecznych stwierdzeń, uzasadnień i wniosków. Ważnymi i potrzebnymi elementami w tej części są rysunki.*
 - B. **Prezentacja rezultatów pomiarów i niezbędnych obliczeń**, nieodłącznie z podaniem niepewności z jakim zostały określone.
 - C. **Wnioski** – porównanie wyników doświadczenia z dostępnymi danymi literaturowymi, lub ich interpretacja (np. potwierdzenie oczekiwanej zależności między wielkościami, identyfikacja materiału), komentarz oceniający metodę pomiarową.
 - D. **Dodatek** zawierający szczegóły analizy danych i niepewności pomiarowych, tj. węzłowych etapów przeprowadzonych procedur obliczeniowych.
Ta część opracowania ma ułatwić pomoc ze strony prowadzących zajęcia – jeśli analiza została przeprowadzona nieprawidłowo, same wyniki przedstawiane w głównej części opracowania, często nie pozwalają na trafne ustalenie na czym polegały błędy.
- 2) Poszczególne elementy sprawozdania muszą być jasno i jednoznacznie wydzielone (jako numerowane części). Nie oznacza to jednak, że np. w części B nie można umieścić krótkiego pośredniego wniosku lub podobnej uwagi ułatwiającej zrozumienie dalszych treści. Mimo podziału cały materiał powinien tworzyć logicznie spójną całość. Więc, dla przykładu: w sformułowaniu wniosków C powinny być nawiązania nie tylko do danych pomiarowych i obliczeniowych z części B, ale także do części wprowadzającej A, w której np. określono wstępne oczekiwania oparte na przesłankach teoretycznych.
Opracowywanie materiału dobrze jest rozpocząć od analizy danych i niepewności pomiarowych. Jej rezultaty stanowią podstawę do formułowania wniosków, a od tych w dużym stopniu zależy jakie odniesienia do podstaw teoretycznych są potrzebne w części wprowadzającej. Taki tok pracy pozwala najskuteczniej komponować spójne i zwarte materiały (bez elementów, które nie są niezbędne, a stwarzają okazję do popełnienia błędów w opisie).

III. Szczegóły techniczne

- 1) Sprawozdanie należy przygotowywać w całości przy pomocy komputera, łącznie z rysunkami. Dozwolony jest każdy rodzaj oprogramowania (pakiety biurowe, programy do graficznej prezentacji danych), zarówno bezpłatnego, jak i komercyjnego, dostępnego na uczelni lub zakupionego indywidualnie przez studentów.
- 2) Wszystkie tabele i rysunki powinny być ponumerowane i opisane. Opisy umieszcza się odpowiednio nad tabelami i pod rysunkami. Ich treść ma skutecznie wyjaśniać zawartość (enigmatyczne hasła składające się z 2-3 słów są bezużyteczne).
W założeniu opisy mają umożliwić korzystanie z tabeli/rysunków niezależnie od tekstu, np. przy powrocie do opracowania tylko w celu sprawdzenia konkretnych danych, albo w przedruku, w którym koniecznie powinny się znaleźć razem z oryginalnym opisem.
- 3) Wymagana jest odrębna numeracja dla tabel i rysunków. Niezależnie numeruje się także równania, szczególnie te, do których bezpośrednio odnosi się tekst sprawozdania.
- 4) Rozmiary i proporcje rysunków i tabel powinny zapewniać jak najlepszą czytelność. Należy je wbudowywać w tekst opisu w pobliżu dotyczących ich akapitów (by w miarę możliwości ograniczyć konieczność „kartkowania” sprawozdania).
- 5) Wykresy traktujemy jak rysunki. Ich osie muszą być opisane (nazwą lub symbolem wielkości fizycznej wraz z jednostką w nawiasie okrągłym albo po znaku dzielenia „/”). Skale osi powinny mieć starannie dobrane podziałki, znaczniki i etykiety.

- 6) Punkty pomiarowe na wykresach przedstawia się w postaci wyraźnych znaczników (kółko, krzyżyk, romb, gwiazdka, ale nie kropka). Umieszczenie więcej niż jednego zestawu danych na jednym wykresie wymaga legendy (jednak legenda na wykresie przedstawiającym tylko jeden zestaw danych jest zbędna i może pogorszyć czytelność).
- 7) Jeśli wykres ilustruje dane, które również umieszczamy w sprawozdaniu w formie tabeli, wiersz jej nagłówek i opis – dla zachowania spójności – muszą zawierać te same symbole i oznaczenia wielkości fizycznych (łącznie z użytymi czcionkami).
- 8) Wymóg spójności oznaczeń dotyczy całego sprawozdania.
- 9) Odwołania do źródeł literaturowych należy oznaczać przy pomocy liczb w nawiasach kwadratowych (np. [1]) lub liczb albo symboli zapisanych jako górne indeksy (np. ...przykładowy tekst ², ...inny przykładowy tekst *). W każdym przypadku oznaczenia mają stanowić odsyłacze do przypisów dolnych strony, lub przypisów końcowych całego dokumentu (wtedy lista źródeł/literatury na końcu tekstu powinna uwzględniać oznaczenia).
- 10) Sugestie edycyjne: zalecaną czcionką jest Times New Roman (rozmiar: 12, odstępy między znakami: normalne). Zalecana jest pojedyncza tzw. interlinia oraz odstęp wielkości 6 pkt po każdym akapicie.
- 11) Gotowe sprawozdanie zostanie wydrukowane w Pracowni na papierze formatu A4 drukarką monochromatyczną – należy o tym pamiętać układając treści i przygotowując rysunki, zwłaszcza wykresy.
- 12) Nagłówek pierwszej strony materiału powinien zawierać notkę „Instytut Fizyki UMK Pierwsza Pracownia Fizyczna”, tytuł i numer ćwiczenia, datę jego wykonania i zakodowaną informację o autorze w postaci **numeru indeksu**. Te same informacje z wyjątkiem tytułu ćwiczenia należy umieścić w krótszej formie w nagłówkach kolejnych stron (1 linia).
- 13) W stopkach **koniecznie** umieszczamy **numery stron**.
- 14) Gotowe sprawozdanie należy wyeksportować **z edytora** do pliku PDF, i złożyć w ustalonym terminie na platformie Moodle (kurs 1.PF). Zabezpieczając się przed awarią serwisu przygotowujemy kopię zapasową pliku na nośniku USB, który zawsze zabieramy na zajęcia.

IV. Dane pomiarowe i obliczeniowe

- 1) **W głównej części sprawozdania** należy przedstawiać **wyniki pomiarów i obliczeń razem z niepewnościami standardowymi z jakim zostały wyznaczone**. Powinny być one opatrzone odpowiednimi komentarzami i objaśnieniami, w tym także pośrednimi wnioskami, jeśli są niezbędne np. do wyjaśnienia lub uzasadnienia kolejnych treści.
- 2) **Szczegóły obliczeń** umieszczamy **w Dodatku** (na końcu sprawozdania) ograniczając się do węzłowych etapów (bez zamieszczania wszystkich wykonanych przekształceń symbolicznych czy arytmetycznych). Nie można natomiast zapominać o komentarzach i objaśnieniach jakie wielkości są w danym miejscu obliczane i na podstawie jakich danych.
- 3) **W Dodatku** niezbędne wyniki pośrednie (wartości i ich niepewności) należy podawać zarówno w postaci niezaokrąglonej (do dalszych obliczeń), jak i zaokrąglonej.
- 4) **W części głównej** przy przedstawianiu danych liczbowych stosujemy natomiast ustalone reguły zapisu dotyczące zaokrągleń, liczby cyfr znaczących oraz postaci:

(wartość ± niepewność) jednostka, np. (9.58 ± 0.43) m/s².

Nie można utrudniać odczytu danych w głównej części sprawozdania długimi ciągami cyfr, z których większość nie ma żadnego znaczenia.

- 5) **NIGDY NIE WOLNO ZAPOMINAĆ O JEDNOSTKACH WIELKOŚCI**. Mimo pewnego utrudnienia edycji, uwzględnianie jednostek w pełni, nawet w zapisie obliczeń pośrednich, skutecznie ułatwia unikanie błędów obliczeniowych (często polegających na pominięciu liczb w rachunkach, które przy sprawdzaniu na bieżąco zgodności jednostek łatwo wykryć).
- 6) Podstawowym sposobem informowania o ocenie skutków działania źródeł błędów na wyniki pomiarów i wartości wielkości wyznaczonych pośrednio **jest podawanie NIEPEWNOŚCI STANDARDOWYCH**. Użycie niepewności rozszerzonych bywa bardzo użyteczne przy formułowaniu wniosków np. o zgodności wyników doświadczalnych z danymi referencyjnymi – należy je wówczas opatrywać informacją o poziomie ufności użytym przy rozszerzeniu.

- 7) **BŁĄD MAKSYMALNY** powinien być szacowany i podawany tylko wyjątkowo, wyłącznie w okolicznościach dobrze udokumentowanej i uzasadnionej konieczności.
- 8) **Wykresy** przedstawiające dane wynikające z pomiarów **również powinny zawierać informacje o niepewnościach**. Zależnie od sytuacji mogą to być słupki błędów, pojedynczy symbol określający wartość niepewności wspólną dla wszystkich danych (np. górne ograniczenie), lub słowna informacja w opisie rysunku (np. gdy małe wartości niepewności względnej sprawiają, że słupki błędów są słabo widoczne w skali wykresu).
- 9) Wszelkie podawane dane liczbowe muszą być **jednoznacznie** oznaczone symbolami i objaśnione. Jeżeli przedstawiane są wartości wielkości, które tradycyjnie oznaczane są powszechnie używanymi, znanymi symbolami, należy stosować się do tych konwencji. Dzięki użyciu symboli można znacząco poprawić zwartość treści opisowych.

V. Wnioski

Część sprawozdania przeznaczona na wnioski, szczególnie te końcowe i podsumowujące, powinna zawierać krytyczny opis uzyskanych wyników doświadczeń. **Nie mogą to być tylko zdawkowe i gołosłowne stwierdzenia typu: „uzyskane wyniki są zbliżone do oczekiwanych”** – zwłaszcza gdy, oczekiwania te nie zostały w treści sprawozdania odpowiednio sprecyzowane.

Najczęściej, prawidłowy wniosek stanowi **porównanie** wyników pomiarów lub obliczeń z danymi referencyjnymi - dostępnymi w literaturze (i innych źródłach) rezultatami niezależnych badań doświadczalnych bądź teoretycznych. Przypadki pełnej zgodności są bardzo rzadkimi zbiegami okoliczności (częściej wzbudzają podejrzenia co do rzetelności niż podziw), więc niezwykle istotną rolę w porównywaniu wyników odgrywają prawidłowo ustalone **przedziały ufności**. Bez ich określenia, stwierdzenia dotyczące zgodności lub niezgodności są nieuzasadnione. Konfrontowane dane, które różnią się nawet o bardzo małą wartość, mogą i tak być niezgodne, jeśli wyznaczono je w precyzyjnych pomiarach (lub metodami teoretycznymi), z jeszcze mniejszymi niepewnościami. I odwrotnie, może się okazać, że istotnie różniące się wyniki należy uznać za zgodne, ponieważ okoliczności pomiaru doprowadziły po oszacowaniu do dużych wartości niepewności.

Inną częstą kategorią wniosków są **stwierdzenia zgodności** (lub niezgodności) **zależności pomiędzy powiązаныmi mierzonymi wielkościami**, wynikającej z danych pomiarowych **z relacjami przewidywanymi** (np. teoretycznie). Ilustruje się je wtedy wykresami, na których umieszcza się dane pomiarowe (w postaci punktów) oraz – najczęściej – linie stanowiące wykresy modelowej funkcji odzwierciedlającej oczekiwaną zależność.

Podsumowując powyższe: **nieodzownym elementem znaczącej większości wniosków z doświadczeń jest – oprócz podania wyników pomiarów i obliczeń w postaci wartości i obowiązkowo(!) przedziałów ufności – jest powołanie się na niezależne dane zewnętrzne oraz stwierdzenie o ich relacji** czyli zgodności lub niezgodności.

Możliwe są oczywiście doświadczenia i pomiary, których wyniki nie podlegają przewidywaniom i nie mogą być porównane z zewnętrznymi danymi lub zależnościami referencyjnymi. **Należy je traktować jako takie, dla których tylko chwilowo nie dysponujemy niezależnymi danymi** i skrupulatnie przeprowadzać analizę niepewności pomiarowych. Przygotujemy w ten sposób materiał, który ktoś inny będzie mógł potraktować jako odniesienie w swoich pracach.

Krytyczna ocena wyników pomiarów może i powinna zawierać elementy tzw. dyskusji błędów, z której potencjalnie wynikają wytyczne np. co do doskonalenia wykorzystywanych metod pomiarowych czy choćby użycia dokładniejszych przyrządów. Dyskusja błędów obejmuje między innymi szczegółową analizę porównawczą przyczynków do niepewności związanych z różnymi identyfikowalnymi źródłami błędów pomiarowych (np. przy wyznaczaniu gęstości ciała, czy większy przyczynek do niepewności związany jest z pomiarem masy czy z wyznaczoną objętością?).

Wnioski są częścią sprawozdań, które – podobnie zresztą jak wprowadzenia – pozwalają autorom na wykazanie się wymaganą wiedzą w praktycznej formie, a także na zademonstrowanie szczególnych zdolności. Nieprzemysłane, nadmiernie skrótowe, nieuzasadnione lub błędne wnioski świadczą o braku staranności, ale także negatywnie o poziomie wiedzy autora.

W materiałach Pracowni na platformie Moodle i ogólnodostępnej stronie 1.PF w witrynie Instytutu Fizyki UMK umieszczono przykładowe sprawozdanie z dodatkowymi komentarzami.