

Zasady pisania sprawozdań

Michał Urbański

1. Treść sprawozdania z wykonanych badań

Sprawozdanie studenckie jest sprawozdaniem z wykonanych badań i powinno być napisane w formie podobnej do artykułu naukowego lub raportu z badań. Tekst sprawozdania powinien być klarowny i podający najważniejsze informacje niezbędne do zrozumienia wykonanych badań, należy unikać zdań ogólnych nie wnoszących nic do przedmiotu badań i uzyskanych wyników. Opisując tabele i rysunki unikać określeń nic nie mówiących typu „seria 1”. Jeśli nawet „seria 1” opisana jest w tekście to należy założyć, że czytelnik może nie mieć czasu na szukanie odpowiedniego zapisu w tekście.

Sprawozdanie powinno składać się z następujących części

- 1) Wstęp opisujący przedmiot badań i cel badań.
- 2) Podstawy teoretyczne przedstawiające w skrócie wiedzę na temat obserwowanego zjawiska, najważniejsze wzory i ich uzasadnienie (nie należy przepisywać instrukcji)
- 3) Metoda obserwacji zjawiska - metoda badawcza, opis aparatury, zasady pomiaru, obiekt badań, użyte materiały.
- 4) Wyniki pomiarów, tabele i wykresy.
- 5) Opracowanie pomiarów, statystyki, obliczenia, interpretacja.
- 6) Analiza niepewności.
- 7) Wnioski i podsumowanie: krótki opis celu badań i w jaki sposób został zrealizowany oraz wnioski do dalszych badań. Należy podać główne źródła niepewności (podać największe składowe), zaproponować metody zwiększenia dokładności. Porównać z teorią i danymi literaturowymi.
- 8) Wykaz literatury użytej przy opracowaniu sprawozdania.

Poniżej podamy w skrócie co powinny zawierać poszczególne rozdziały.

1.1. Wstęp

We wstępie należy krótko opisać badane zjawisko (przedmiot badań) oraz cel badań czyli tezę jaką chcemy sprawdzić.

Przykład 1. Jeśli przedmiotem badań jest wahadło matematyczne to celem może być sprawdzenie, czy zależność okresu od długości i od kąta wychylenia uzyskane w doświadczeniu zgodne są z teorią. Celem też może być sprawdzenie, czy ruch wahadła jest okresowy czyli czy okres zmienia się przy kolejnych wahaniciach.

1.2. Teoria

Rozdział ten poświęcony jest podstawom teoretycznym badanego zjawiska. Powinien zawierać opis zjawiska, model matematyczny (teoria zapisana wzorami) i tezę weryfikowaną w eksperymencie. Nie należy przepisywać (a tym bardziej kopiować) z instrukcji całej teorii. Należy

podać założenia modelu matematycznego i końcowy wynik przekształceń. Należy omówić czynniki, które mogą wpływać na przebieg eksperymentu. Można połączyć ten rozdział ze wstępem.

Przykład 2. W ćwiczeniu polegającym na badaniu wahadła matematycznego należy podać założenia: ruch ciała jest po okręgu w jednorodnym polu grawitacyjnym. Oznacza to, że nić jest nierozciągliwa i zawieszona w punkcie, który nie porusza się. Zakłada się też, że ruch odbywa się w jednej płaszczyźnie i nie ma oporów ruchu. Ruch opisujemy równaniem Newtona, które należy zapisać, podać metodę rozwiązania i wynik (równanie końcowe). Wzór na okres drgań wahadła matematycznego ma postać szeregu, należy podać tyle wyrazów szeregu ile jest niezbędne do analizy wyniku. Należałoby podać uzasadnienie wyboru konkretnej liczby członów tego wzoru.

1.3. Metoda przeprowadzenia badań i pomiarów, materiały, aparatura

Rozdział ten powinien zawierać wszystkie informacje potrzebne do pełnego odtworzenia tego co zostało wykonane w eksperymencie. Powinien być napisany tak aby inny student, który nie widział stanowiska, mógł odtworzyć pomiary.

W sprawozdaniu należy zawrzeć:

- 1) Opis metody pomiarowej, schemat układu którego się używało (konkretny układ a nie ogólniki). Podajemy wszystkie wykorzystane elementy, które mają znaczenie. Należy własnoręcznie narysować schemat układu pomiarowego zgodnie z rzeczywistym układem pomiarowym. Schemat należy narysować w czasie trwania laboratorium i umieścić w protokole. W sprawozdaniu można zamieścić zdjęcie własnego rysunku sporządzonego ręcznie.
- 2) Opis badanego obiektu (zjawiska, właściwości itp.) z możliwie dokładnymi szczegółami.
- 3) Spis stosowanego sprzętu z podaniem: typu (np. woltomierz, termometr, kulki metalowe), modelu (jeśli istnieje), producenta (jeśli dysponujemy takimi danymi) i wszystkie informacje unikalne (np. średnica kulek, rodzaj materiału itp.).
- 4) Informacje o warunkach, w których przeprowadzany jest eksperyment, np. temperatura, ciśnienie atmosferyczne, pogoda. Czasem trzeba podać lokalizację: lokalizację geograficzną lub urbanistyczną, np. laboratorium, pokój, ulica, pole itp. Szczególnie należy opisać czynniki zakłócające pomiar np. wpływ pola sieci energetycznej, otwartego okna, złego kontaktu przewodów, dziwnego zachowania się przyrządów itp.
- 5) Opis metody pomiarowej: należy podać wielkości mierzone bezpośrednio i jakie wielkości fizyczne wyznacza się na podstawie wielkości zmierzonych (podać wzory lub odnośnik do wzorów zacytowanych w rozdziale poświęconym teorii). Opisać należy zasadę pomiaru.

W przypadku gdy metoda jest skomplikowana, należy podać algorytm postępowania.

Przykład 3. Pomiar lepkości oleju przeprowadza się pośrednio na podstawie pomiaru czasu spadania kulki w oleju, drogi jaką przebyła, masy, gęstości cieczy, średnicy rury, natężenia pola grawitacyjnego, temperatury itp..

Należy opisać teorię pozwalającą na wyznaczenie lepkości z uzyskanych pomiarów i opisać stanowisko pomiarowe. Teoria może być opisana w rozdziale „Teoria”.

1.4. Wyniki pomiarów

W tym rozdziale należy przedstawić wyniki pomiarów w postaci tabel i wykresów. Należy też opisać wszelkie zjawiska utrudniające pomiary i zaburzające obserwowane podczas eksperymentu zjawiska.

Przykład 4. Jeśli przyrząd pomiarowy nie był wyzerowany (nie pokazywał zera gdy nie ma sygnału - np. napięcia) lub wskazania wahały się z nieznanymi powodami należy to opisać z podaniem wartości przesunięcia względem zera (z opisem zakresy pomiarowego) a także podać zakres obserwowanych wahań.

Wyniki pomiarów należy przedstawić w tabeli oraz w postaci wykresów. Tabele powinny posiadać nagłówek zawierający opis zmiennych (danych) przedstawionych w tabeli (z krótkim opisem czego dotyczą) i jednostki (jednostki mogą być zapisane w tabeli). Każdy wykres powinien zawierać podpis informujący o tym co przedstawia wykres oraz opis osi i jednostki (jednostki dobrze jest zawrzeć w opisie osi). Należy unikać ogólników typu „wyniki serii 1”. Komponując opis należy założyć, że czytelnik nie będzie szukał w tekście co to znaczy „seria 1”, tekst, opisy rysunków i tabel powinny być tak skomponowane aby ułatwić czytanie.

Przykład 5. Jeśli wyniki pomiarów dotyczą zależności natężenia prądu od napięcia na badanym rezystorze to podpis powinien zawierać informację: „wyniki pomiarów zależności natężenia prądu od napięcia na badanym rezystorze w zakresie do 1V”. Jeśli przedstawione są trzy serie to należy dodać do podpisu pod rysunkiem. Tabela prezentująca wyniki pomiarów powinna zawierać opis zakresów pomiarowych, niepewności dla każdego wyniku i jednostki.

1.5. Opracowanie wyników pomiaru (prezentacja wyników)

W tym rozdziale (może być połączony z rozdziałem „wyniki pomiarów”) należy wyznaczyć wielkości wyliczane z danych pomiarowych na podstawie wzorów definiujących te wielkości. Jeśli do wyznaczenia wielkości docelowej wykorzystujemy metodę najmniejszych kwadratów należy opisać szczegóły obliczeń (program, wzory). Konieczne jest przedyskutowanie zgodności wyników pomiarów z przewidywaniami teoretycznymi (jeśli takie przewidywania są możliwe).

Jeśli wynikiem pomiarów jest parametr materiałowy należy poszukać danych w tabelach właściwości materiałów (można szukać w internecie) i przedyskutować pytanie czy w granicach niepewności wynik jest ten sam, a jeśli inny to przedyskutować przyczyny tego faktu.

Przykład 6. Jeśli wyznaczamy lepkość gliceryny to należy poszukać danych tablicowych (dane tablicowe są wynikami pomiarów uzyskanych w profesjonalnych laboratoriach - nie nazywać takich wyników „teorią”). Porównując uzyskane wyniki z danymi tablicowymi należy zauważyć, że lepkość zależy od temperatury i zawartości wody w glicerynie.

Wynik liczbowy uzyskany w eksperymencie musi być zapisany z niepewnością. Zgodnie z zasadami ISO, opublikowanymi w przewodniku oznaczania niepewności [1] niepewność powinna być podana jako niepewność standardowa czyli wartość estymatora odchylenia standardowego.

Jeżeli korzysta się z oprogramowania komputerowego (obliczenia, wykresy, edycja) należy podać jego nazwę programu i wersję.

1.6. Analiza niepewności

Każdy raport z badań powinien zawierać oszacowanie niepewności wszystkich wyznaczonych wielkości. Należy wymienić wszystkie uwzględnione źródła błędów, a także podać ewentualne źródła błędów, których nie potrafi autor opisać ilościowo. Należy podać źródła szacowania niepewności, np. dane aparaturowe na podstawie instrukcji przyrządu. W przypadku gdy nie ma możliwości ilościowego oszacowania pewnego źródła błędów podać metodę jaką należało by użyć do oszacowania takiej składowej niepewności. Jeśli wyznaczamy niepewność złożoną należy podać wartości liczbowe poszczególnych składników. Ustalić składowe największe i najmniejsze,

wnioski powinny zawierać informację o tym jak poprawić wynik pomiaru podając czynniki decydujące o niepewnościach.

Przykład 7. Jeśli mierzymy czas stoperem jest składowa nazywana „czynnik ludzki”. należy określić ten czynnik (np. refleks) i podać propozycję wyznaczenia wielkości tego czynnika.

Przykład 8. Rozważmy pomiar częstotliwości rezonansowej układu elektrycznego złożonego z indukcyjności, kondensatora i rezystora (pomiar takiego typu opisany jest w [2]). Pomiar polega na wyznaczeniu napięcia (lub natężenia prądu) od częstotliwości. Częstotliwość rezonansową ustalana jest jako wartość częstotliwości dla której obserwujemy maksymalny prąd (w układzie szeregowym). Źródłem błędów jest zarówno przyrząd pomiarowy jak i błąd ustalenie maksimum. Błąd ustalenia maksimum wynika z czułości i rozdzielczości przyrządu mierzącego natężenie prądu jak i z błędu odczytu (jeśli miernik analogowy). Niepewność określenia rezonansu wyznacza się więc na podstawie niepewności pomiaru częstotliwości jak i niepewności ustalenia

Rozdział ten można połączyć z rozdziałem analizującym wyniki pomiarów.

1.7. Wnioski i podsumowanie

Zawsze należy podać na zakończenie podsumowanie, które zawiera krótkie streszczenie: co zmierzono, w jaki sposób i co uzyskano.

Elementy wniosków jakie powinno się uwzględnić:

- 1) Czy cel ćwiczenia został osiągnięty, w jakim stopniu teoria jest zgodna z doświadczeniem, czy wyniki pomiarów odbiegają od teorii lub danych tablicowych w stopniu większym niż granice wyznaczone przez niepewności.
Omówienie wykonanego eksperymentu powinno być krytyczną dyskusją zawierającą wątpliwości autorów i omówienie trudności jakie wystąpiły podczas pomiarów.
- 2) Podać dalsze badania jakie powinno się przeprowadzić aby lepiej poznać zjawisko czy też wyjaśnić wątpliwości.
- 3) Wymienić najważniejsze czynniki decydujące o niepewności (największy składnik)
- 4) Wszystkie stwierdzenia powinny być konkretne, odnosić się do omawianego eksperymentu i powinny być uzasadnione. Nie należy umieszczać zdań ogólnikowych typu „cel eksperymentu został osiągnięty” lub „źródłem błędów był czynnik ludzki”. Czynnik ludzki występuje zawsze, zadaniem autora eksperymentu jest oszacowanie wielkości niepewności spowodowanej ograniczonymi umiejętnościami i ograniczeniami zmysłowymi eksperymentatora.

Przykład 9. Rozważmy eksperyment polegający na teście hipotezy o rozkładzie Poissona liczby cząstek ulegających rozpadzie w krótkim czasie. Wynikiem pomiaru jest seria liczb opisujących liczbę rozpadów w określonym czasie. Ponieważ liczna tych rozpadów jest duża więc zapisujemy jedynie liczbę zer, jedynek itp. Celem badań jest sprawdzenia czy obserwowane wyniki pomiarów mogą być opisane konkretnym rozkładem. Założeniem jest, że obserwowane liczby są realizacją zmiennej losowej. W wyniku analizy możemy jedynie stwierdzić czy są podstawy (lub nie, ma podstaw) odrzucenia hipotezy o konkretnym rozkładzie, natomiast nie można stwierdzić czy „obserwowane zjawisko ma charakter statystyczny” bowiem tego nie sprawdzamy. Statystyki używamy jako narzędzia sprawdzenia czy konkretny rozkład (nazywany hipotezą) jest zgodny z wynikami pomiarów.

1.8. Literatura

Należy podać publikacje, z których się korzystało, w tym materiały internetowe.

Pozycje literaturowe powinny być numerowane, w tekście należy w odpowiednim miejscu cytować powołanie na odpowiednią pozycję podając numer pozycji w nawiasie kwadratowym, np. pozycja [1] i w przypadku książek można podać numer strony lub rozdziału.

Literaturę należy pisać podając autora, nazwę pozycji (tytuł książki, tytuł artykułu, nazwa strony internetowej), wydawnictwo, rok wydania.

2. Zasady redakcji sprawozdania

2.1. Nagłówek i tytuł

Nagłówek powinien zawierać informacje: autorów, nr zespołu, data wykonania ćwiczenia, wydział, miejsce na oceny. Nagłówek musi być zgodny z pieczętką. Tytuł powinien być zgodny z instrukcją, podać należy też nr ćwiczenia (zgodnie ze spisem laboratoryjnym).

2.2. Styl

Teksty naukowe zazwyczaj pisze się bezosobowo. W pierwszej osobie piszemy gdy należy podkreślić, że to co zostało wykonane i napisane zależy w sposób istotny od poglądów autora pracy.

Styl powinien być prosty, bez ozdobników wyrażających emocje i zdań ogólnikowych nie wnoszących nic merytorycznego do pracy. Sprawozdanie nie jest tekstem ani propagandowym ani poetyckim. Nie należy opisywać historii odkryć naukowych i życiorysów wielkich fizyków nawet jeśli prowadzący o tym wspomni.

2.3. Wzory

Wzory należy numerować. Wzory można pisać ręcznie (najlepszym procesorem tekstu do pisania wzorów jest LaTeX) nie wolno wzorów kopiować bezpośrednio (jako obrazki) z innych dokumentów. Należy pisać tylko te wzory, które są niezbędne do wyjaśnienia badanego zjawiska i do opracowania wyników pomiarów.

Wzory powinny być centrowane i należy je ponumerować tak aby można było się na nie powoływać w tekście. Numeracja powinna być ciągła w całym sprawozdaniu (nie numerować osobno wzorów w każdym rozdziale), numer wzoru należy umieścić w nawiasie okrągłym.

2.4. Wyniki pomiarów, tabele

Wyniki pomiarów należy podać w tabeli. Tabela powinna mieć nagłówek z numerem tabeli (tabela nr) i tytułem informującym co jest w tabeli. Tytuł powinien zawierać informację kompletną tak aby nie trzeba było szukać opisu w tekście. Nie należy pisać nazw „seria 1” a podać np. „dla zakresu pomiaru do 1V”.

Tabele należy tak zorganizować aby nie zajmowały zbyt dużej ilości stron i nie miały zbyt dużej ilości pustych miejsc.

Zapis liczb będących wynikiem pomiaru lub wyznaczonych z danych pomiarowych powinien mieć postać „liczba(niepewność)” lub „liczba \pm niepewność”. Zapis z nawiasem używany jest gdy podajemy niepewność standardową, a zapis z „ \pm ” gdy podajemy niepewność rozszerzoną (lub błąd graniczny).

Trzeba pamiętać, że wszystkie wielkości fizyczna mają jednostki i zawsze trzeba zapisać wynik z odpowiednią jednostką. Należy podawać jednostki w układzie SI, używać zapisu naukowego (liczba 10^n) i wykorzystywać przedrostki typu μ , m, k, itp (mikro, mili, kilo,...).

2.5. Wykresy

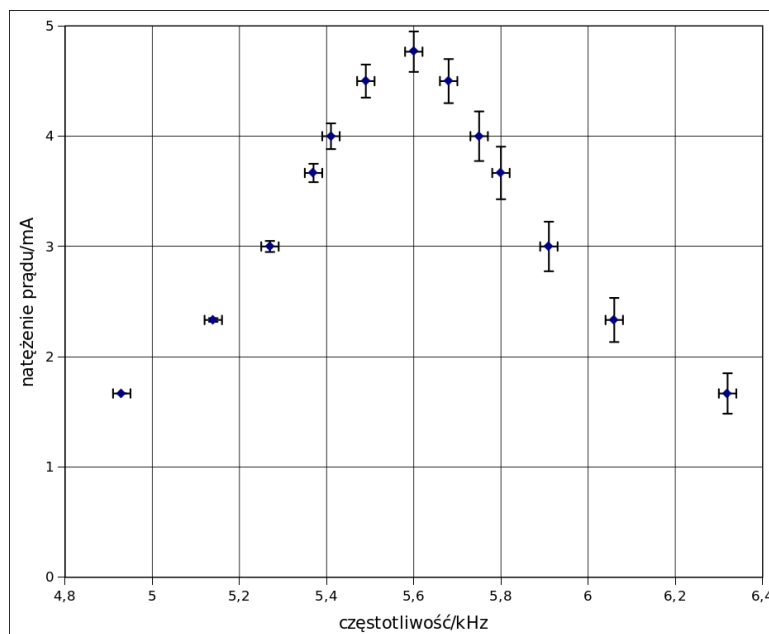
Wyniki pomiarów należy przedstawić na wykresach. Wykres powinien zawierać:

- 1) opisane osie z jednostkami, w formacie: „wielkość zmierzona / jednostka”, np. „napięcie na oporniku / V” (jednostek nie należy podać w nawiasach kwadratowych, można użyć nawiasy okrągłe, np.: napięcie (V))
- 2) punkty pomiarowe zaznaczone przy pomocy słupków niepewności (error bars). Ponieważ znamy tylko wartości w punktach pomiarowych to nie należy łączyć punktów pomiarowych żadną krzywą¹, krzywą łączy się tylko wykres zadany wzorem (teoria, aproksymacja metodą najmniejszych kwadratów), Przykład na rysunku ??,
- 3) krzywe teoretyczne uzyskane z modelu teoretycznego lub aproksymacji metodą najmniejszych kwadratów. W przypadku kilku krzywych należy unikać oznaczania krzywych kolorami, raczej należy użyć linie kreskowane (kropkowane) itd.
- 4) w przypadku kilku rodzajów danych pomiarowych (serii pomiarowych) należy raczej użyć różnych znaków a nie kolorów do odróżnienia serii pomiarowych. Unikać wykresów i zdjęć kolorowych głównie ze względu na koszt dobrego wydruku (zła jakość kolorów czyni wykresy nieczytelnymi).
- 5) Każdy rysunek musi mieć podpis zawierający numer (rys. nr) i opis informujący o tym co jest na rysunku. Opis powinien być taki aby nie trzeba było szukać w tekście informacji o tym co jest na rysunku. Należy unikać opisów typu „seria x”.
- 6) Nie należy używać tła (usunąć tło z opcji rysunku) ponieważ zaciemnia to rysunek i zwiększa zużycie tuszu. Jeśli poprawia to czytelność należy umieścić linie siatki (ale nie za gęsto).
- 7) Wszystkie wykresy z danymi liczbowymi muszą być w opcji XY. Histogramy wykreślamy w opcji wykres słupkowy.

Rysunki powinny być tak zorganizowane aby istotna część wykresu wnosząca informację o wynikach zajmowała większą część powierzchni wykresu. Np. Jeśli wyniki pomiarów zawarte są w przedziale zmiennej „x” w wąskim obszarze danych (przedział $[a, b]$) to należy ustawić obszar wykresu tak aby zawierał te dane a nie puste miejsce w obszarze od zera do a . Z drugiej strony wykres nie może być za mały. Jeśli np wykres dotyczy krzywej rezonansowej ro należy na osi częstotliwości umieścić jedynie ten zakres częstotliwości dla których wykonano pomiary jednocześnie rysunek powinien być na tyle duży aby graficznie można było pokazać konstrukcję szerokości połówkowej.

Przykład 10. Załóżmy, że jak w przykładzie 8 mierzymy zależność natężenia prądu (poprzez pomiar napięcia) od częstotliwości. Zakres krzywej rezonansowej mieści si w przedziale $[f_1, f_2]$. Jeśli szerokość tego przedziału $(f_2 - f_1)$ jest znacznie mniejsza od wartości dolnej f_1 to zmienne wykresy należy dobrać tak aby krzywa rezonansowa wypełniła wykres a nie była wąską krzywą na końcu wykresy. Zakres zmiennej odciętych (x) dobieramy tak aby były to „równe” liczby obejmujące przedział $[f_1, f_2]$, nie należy wykresu zaczynać od zera.

¹Łączenie punktów pomiarowych jest wskazane gdy mamy na jednym wykresie wiele serii danych i łącznie punktów zwiększa czytelność wykresu



Rysunek 1: Wykres zależności prądu od częstotliwości szeregowego układu rezonansowego. Zaznaczone są słupki błędów

3. Format strony i tekstu

- 1) Tekst powinien być podzielony na rozdziały, można wprowadzić własny podział łącząc punkty podane w rozdziale 1, ale wszystkie elementy pracy muszą być zawarte. Można użyć podrozdziałów.
- 2) Strony należy ponumerować.
- 3) Zaleca się używać czcionki rozmiaru 12p (p-punkt typograficzny, 1p=0,3759mm) z interlinią 1,1 lub 1,2. Mniejsza czcionka jest nieczytelna a większa poduje nadmierne zużycie papieru.
- 4) w celu oszczędności papieru można drukować (lub pisać) sprawozdanie dwustronnie.

4. Prawo autorskie

Prawu autorskiemu podlegają wszystkie utwory człowieka będące dziełem oryginalnym. Ochronie podlegają więc rękopisy, wydane pisma (książki artykuły), nagrania, utwory opublikowane w internecie, zdjęcia, schematy itp. Każde sprawozdanie studenckie utworem autorskim na prawach rękopisu i podlega więc prawu autorskiemu. Każdy utwór opublikowany, lub też nieopublikowany, chroniony jest prawem autorskim niezależnie od tego czy zapiszemy na mim klauzulę Copyright czy też nie, prawo autorskie chroni każde dzieło automatycznie bez konieczności zgłaszania tego faktu jakimukolwiek urzędowi.

Prawu autorskiemu nie podlegają jedynie przepisy prawa i patenty. Ochronie prawa autorskiemu podlega forma a nie treść. Prawo autorskie (ang. Copyright) dotyczy więc kopiowania tekstu, wzorów, rysunków i zdjęć oraz użytkowania programów i edytorów, a nie treści jaką wyraża tekst, wzory, rysunek itp. Nie podlegają prawu autorskiemu w tym sensie prawa przyrody, idee, koncepcje, ale wykorzystując je należy podawać źródła informacji. Powołując się na czyjąś pracę można napisać tą samą treść (podając źródła bibliograficzne) jednak powinno być to napisane innymi słowami. Jasne jest, że są sytuacje, w których tekst trzeba przytoczyć dosłownie (lub prawie dosłownie) jak np. gdy cytujemy twierdzenie matematyczne, ale są to wyjątki.

W przypadku patentów jest obowiązek cytowania patentów dosłownie, ale w tym przypadku ochronie podlega treść patentu a nie forma (prawo patentowe).

Prawo autorskie zabrania umieszczenia fragmentów innych tekstów w tym instrukcji instrukcji, fragmentów sprawozdań innych studentów, zawartości stron internetowych. Wzory, schematy, wykresy należy samodzielnie wykonać na potrzeby sprawozdania. Sprawozdanie każdego studenta ma być ocenione indywidualnie, oznacza to, że musi być napisane samodzielnie. Ocenie podlega umiejętność samodzielnego pisanie a nie fakt przedstawienie sprawozdania. Umiejętność kopiowania nie jest podstawą oceny za sprawozdanie.

Literatura

- [1] Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik., Główny Urząd Miar, Warszawa, 1999. dokument angielski:
<http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>
- [2] Urbański M., Analiza niepewności przy pomiarach metodą maksimum lub minimum, strona internetowa: <http://www.if.pw.edu.pl/~murba/dyd.html>