Kilka porad o pisaniu sprawozdań z eksperymentów na pracowni z wykorzystaniem LaTeXa

Kamil Ziemian

3 marca 2019

O tym poradniku

– Tekst nie tylko można, ale należy przekazywać dalej, każdemu komu może się on przydać.

– W tekście tym na pewno są obecne błędy, będziemy wdzięczni za przesyłanie ich na adres mailowy **kziemianfvt@gmail.com**. Można też nanieść poprawki samemu w egzemplarzu pliku dostępnego na GitHubie i utworzyć Pull requesta https://github.com/KZiemian/Various-texts/tree/master/O-pisaniu-sprawozdan-z-LaTeXem.

– Wszelkie propozycje zmiany bądź poprawy obecnej wersji można kierować do wyżej podanego maila, bądź na GitHuba. Postaramy się je rozpatrzyć i maksymalnie szybko wprowadzić. Prosimy też o informacje, czy dana osoba ma zostać dopisana do listy autorów.

– W podanych przykładach w trybie matematycznym celowo dawane są duże odstępy, aby wzory nie zlewał się w jeden nieprzerwany ciąg znaków.

– Przyjęliśmy konwencję „komputerową”, by część ułamkową liczb pisać po kropce (3.14) nie zaś po przecinku (3,14).

– Punkt o nazewnictwie „odchylenia standardowego”/„niepewności pomiarowej” wymaga dopracowania i uściślenia. Jednak jego obecna forma wydaje się dość praktyczna, więc niech na razie zostanie jak jest.

– Jeżeli treść jakiegoś punktu wydaje się tak prosta/oczywista, że nie warto nawet o tym wspominać, to zapewne została tu umieszczona, bo pojawiła się w jednym, bądź kilku, poprawianych sprawozdaniach poprawionych przez autora tego tekstu, bądź osoby które mu pomagały. Banalne błędy wyglądają zwykle najgorzej, dlatego tu przed nimi ostrzegamy i radzimy jak je eliminować.

– Staraliśmy się żeby tekst ten był możliwie poprawny merytorycznie oraz by przedstawiał obecnie obowiązujące konwencje i standardy. Dlatego staraliśmy się konsultować te tematy w których nasza wiedza nie jest wystarczając głęboka. Mimo tego pewne archaizmy i błędy mogły pozostać, prosimy więc używać niniejszych porad z rozwagą.

– Zdania uczonych są podzielone w wielu sprawach, wliczając w to standardy pisania sprawozdań i konwencje. Stąd nawet jeśli jakiś punkt w tym tekście jest napisany zupełnie poprawne, w zgodzie z tym jak wiele osób to robi, ktoś może wymagać zupełnie innego podejścia do sprawy.

  Jako przykład można wskazać dyskusję tego, jak należy podawać ostateczny wynik eksperymentu.

– Chcielibyśmy podziękować Karolowi Capale, Wojciechowi Dybie i Janowi Majorowi za pomoc w pisaniu tych porad, uzupełnienie ich treści oraz wskazane przez nich błędy i zaproponowane

poprawki. Jak również Piotrowi Buremu i Krzysztofowi Musiałowi, za uważna lekturę i wskazanie wielu błędów.

Szczególne podziękowania należą się Markowi Kopciuchowi, za poprawienie część tekstu dotyczącej różnych typów błędów, wskazanie wielu przeoczeń i źle napisanych fragmentów oraz ogólną ocenę tekstu.

Błędy i niedociągnięcia w obecnej wersji tekstu są winą tylko jego autorów.

1. Podstawowe problemy

- **Bardzo ważne.** Po skończeniu pisania dowolnego tekstu każdy powinien zrobić jedną niezwykle trudną rzecz: przeczytać go spokojnie i uważnie. Doświadczenie wskazuje, że udaje się to rzadko. Lektura zaś własnej pracy, może przynieść wiele momentów zaskoczenia, gdy odkryjemy co napisaliśmy.

- Wszystkie wielkości fizyczne muszą podawać jawnie jednostki w których są wyrażone[1]!!!

- Pewnych rzeczy człowiek nie może być pewien, jedną z nich jest to, czy wszystkie wielkości fizyczne wyraził we właściwych jednostkach. Jeśli twój wynik jest absurdalny, po pierwsze sprawdź czy dobrze przeliczyłeś wszystkie jednostki.

  A potem sprawdź to jeszcze dwa razy. Jeśli wynik wciąż jest absurdalny, poszukaj innej przyczyny.

1.1 Odchylenie standardowe, niepewność, błąd, dokładność i cała reszta bałaganu

1. „Błąd pomiaru", „niepewność pomiarowa", „dokładność pomiarowa" i „odchylenie standardowe pomiaru" to wszystko różne nazwy na jedno i to samo[2]! Ponieważ jest strasznie mylące nazywać tę samą wielkość raz „dokładnością", a raz „błędem"[3], dlatego w tej części porad zdecydowaliśmy się używać neutralnej nazwy „odchylenie standardowe".

2. Odchylenie standardowe musi mieć ten sam wymiar jak wielkość do której się odnosi. Inaczej wszak porównywanie tych liczb nie miałoby sensu. Należy zawsze się upewnić, że tak w istocie jest i wszędzie ten wymiar podawać.

3. Odchylenie standardowe wielkości fizycznej x zapisuje się zwykle jako σ_x, $\sigma(x)$, Δ_x , bądź Δx. Zdarzają się też inne oznaczenia, np. $u(x)$. Jeśli więc mamy długość powiedzmy stołu, oznaczaną L, to jej odchylenie standardowe zapiszemy jako σ_L, $\sigma(L)$, Δ_L, ΔL, $u(L)$[4].

4. Wedle obecnie przyjętych norm odchylenie standardowo zaokrągla się do dwóch cyfr znaczących tzn. zaokrąglamy do dwóch cyfr poczynając od pierwszej różnej od 0. Przykłady znajdują się w poniższej tabeli.

Odchylenie standardowe	Po zaokrągleniu
0.0147	0.015
1.24	1.2
124.47	120.0

Rysunek 1: Jak zaokrąglać odchylenie standardowe.

[1] Chyba, że jest to wielkość bezwymiarowa, np. ilość przebadanych kondensatorów.
[2] Z pewnymi wyjątkami o których będzie później.
[3] Osobna sprawa, że jest to iście absurdalny dobór słów!
[4] Skrót „$u(x)$" pochodzi od angielskiego słowa „uncertainty", czyli „niepewność".

5. Zwykle przyjmuje się taki wybór jednostek albo sposób zapisu, by odchylenie standardowe nie posiadało części całkowitej. Przykładowo odchylenie 1.2 cm zapisalibyśmy np. jako 0.012 m, zaś 2.4 kg jako 0.24×10 kg.

6. Przyjęło się, że jeśli drugą cyfrą znaczącą odchylenia standardowego jest zero to zapisujemy je, pomimo tego, że nie jest to konieczne. Czyli odchylenie 0.2 należy zapisywać jako 0.20. Robiąc inaczej moglibyśmy wywołać błędne wrażenie, że zaokrąglamy do jednej cyfry znaczącej.

7. Wynik należy zaokrąglić do tego samego miejsca dziesiętnego co jego odchylenie standardowe. Jeśli więc mamy pomiar długości rury $L = 1.23189\,\mathrm{m}$ z niepewnością $\sigma(L) = 0.012\,\mathrm{m}$, to zaokrąglamy go do $L = 1.232\,\mathrm{m}$. **Uwaga!** Przed zaokrąglaniem upewnij się, że wielkość i jej odchylenie są wyrażone w tych samych jednostkach (czyli nigdy nie zaokrąglaj długości w metrach do odchylenia w centymetrach).

8. Jeżeli zaokrąglamy liczbę kończącą się cyfrą 5 np. 47.95, to w celu minimalizacji błędów najlepiej jest stosować jedną z konwencji zaokrąglania. Obecnie najpopularniejszą konwencją jest zaokrąglanie do „najbliższej liczby parzystej”. **Przykład:** jeśli zaokrąglamy 21.5 to zarówno do 22.0 jak i 21.0 mamy „odległość” 0.5, jednak 22.0 jest liczbą parzystą, więc zaokrąglamy do niej. Na tej samej zasadzie 22.5 również zaokrąglamy do 22.0. Analogicznie robimy dla części dziesiętnej: 0.475 zaokrąglamy do 0.48, tak samo jak 0.485. Pewne wytłumaczenie tego można znaleźć w dodatku A do tego pliku. **Tylko, że muszę go najpierw napisać.**

   O tym, że zaokrąglanie nie musi być rzeczą banalną, a zdania uczonych w kwestii tego jak należy to robić są podzielone, można się przekonać czytając artykuł na angielskiej *Wikipedii – Rounding*. Metoda tu polecana nosi tam nazwę *Round half to even*.

1.2 Niepewności przypadkowe, błędy systematyczne i błędy grube. Zamieszania ciąg dalszy

Pisząc tą część opieraliśmy się głównie na dwóch źródłach. Po pierwsze na skrypcie Bogusława Kamysa *Statystyczne Metody Opracowania Pomiarów I*, głównie zaś z tego co jest na stronach 17–19. Po drugie na dodatkach do książki pod red. Andrzeja Magiery *I Pracownia Fizyczna*.

1. Zgodnie z normą International Standard Organization (ISO) z 1995 roku, należy stosować słowo „niepewność”, zaś słowa „błąd” używać tylko dla błędów systematycznych i błędów grubych. Pojęcia te będą wyjaśnione dalej. Jak pisaliśmy wyżej, zdecydowaliśmy się używać do tej pory pojęcia „odchylenie standardowe” zamiast „niepewności”, ze względu na jego neutralność znaczeniową, teraz musimy zająć się tym dokładniej. Dalej będziemy korzystali z tej konwekcji i pisali o „niepewności”.

2. Pomimo wprowadzenia tego standardu, wciąż używa się zamiennie słów[5] „niepewność”, „dokładność”, „błąd”, etc. Należy więc być gotowym, na to, że czytając różne teksty, będziemy musieli rozszyfrowywać co w danym kontekście znaczą te słowa.

3. Niepewności dzielą się na

   (a) niepewności przypadkowe (często to prostu „niepewności”);
   (b) błędy systematyczne;
   (c) błędy grube;
   (d) niepewność eksperymentu (tu nazwy mogą być dość zróżnicowane).

[5] Jak poprzednio, dość obłędny dobór!

4. **Niepewności przypadkowe** to te, które wynikają z istnienia słabych, losowych efektów, których **zawsze należy się spodziewać**. Przykładowo, mierzymy temperaturę wrzenia wody, ogrzewając ją palnikiem gazowym. Ze względu na losowy ruch powietrza płomień się przemieszcza, woda nie jest ogrzewana równomiernie i nie zaczyna wrzeć cała w jednym momencie.

   Więcej na temat niepewności przypadkowych będzie w części *Estymator, estymacja i inne groźne słowa* (1.3).

5. **Błędy systematyczne**, to błędy „wbudowane" w sam sposób przeprowadzania danego eksperymentu, są więc popełniane systematycznie. Przykładowo, ochładzamy próbkę metalu jednocześnie badając jego przewodność elektryczną. Mierzący temperaturę termometr może potrzebować więcej czasu niż próbka, aby zmniejszyć swoją temperaturę, będzie więc systematycznie ją zawyżał. Aby wyeliminować ten problem należałoby powtórzyć pomiar przy ogrzewaniu metalu i porównaniu wyników.

   Innym, zadziwiająco często pojawiającym się błędem systematycznym, jest ten wynikający z paralaksy. Osoba wykonująca pomiar patrzy się pod kątem na aparaturę pomiarową, przez co systematycznie źle odczytuje wyniki[6]

   O ile opisany powyżej rodzaj błędów systematycznych jest łatwy do zauważenia i oszacowania, istnieją inne, znacznie trudniejsze do wykrycia i oszacowanie, przez co są dużo groźniejsze. Może się zdarzyć że efekt fizyczny, na którym opieramy pomiar, lub teoria na podstawie której łączymy bezpośrednio zmierzone wielkości fizyczne z poszukiwaną wielkością powoduje np. systematyczne zawyżanie wyników.

   Należy podkreślić, że błędy systematyczne **nie** muszą być znane eksperymentatorom, co jest dużym wyzwaniem przy przeprowadzaniu doświadczeń. Przykładowo, w badanym procesie fizycznym występuje zjawisko, które nie zostało wzięte pod uwagę podczas projektowania eksperymentu.

6. **Błędy grube**, to wszystkie sytuacja kiedy eksperymentator zrobił coś bardzo źle, albo aparatura zawiodła. Np. ktoś zmierzył masę próbki, nie zdejmując z wagi swojego kubka z herbatą; podczas pomiaru doszło do awarii sieci elektrycznej, w skutek czego napięcie spadło do 150 V i cały pomiar jest bezwartościowy. Każdy pomiar obarczony błędem grubym należy usunąć z rozważań[7].

   Również błędy grube **nie** muszą być znane eksperymentatorom. Przykładowo w kodzie programu obsługującym aparaturę znajduje się błąd[8], który błędnie przypisuje wartości pewnym mierzonym wielkościom. Z tego powodu naprawdę ważne wielkości mierzy się w kilku niezależnych eksperymentach, najlepiej za pomocą różnych zjawisk fizycznych.

7. **Niepewność eksperymentu** to ostateczna niepewność całego eksperymentu, musi więc uwzględniać wszystkie poprzednie typy niepewności i błędu.

   W najprostszym przypadku, gdy usuniemy z rozważań wszystkie pomiary obarczone błędem grubym, niepewność przypadkową oznaczymy $\sigma(x)$, niepewność systematyczną przez $\Delta_{\text{sys}}x$, wówczas niepewność eksperymentu $\sigma_{\text{eks}}(x)$ wynosi (zobacz *I Pracownia Fizyczna*, wzór (A.1.6), strona 254)

   $$\sigma_{\text{eks}}(x) = \sigma(x) + \Delta_{\text{s}}x. \tag{1}$$

   Dobrą zasadą jest to, że jeśli nie wiesz jak obliczyć pełną niepewność eksperymentu (ewentualnie serii pomiarów), należy użyć tego wzoru powyżej. Jest jednak od tego pewien wyjątek, o którym jest mowa w następnym punkcie.

[6]Zapewne błąd ten wynika z pragnienia pewnych ciał do pozostania w spoczynku.
[7]Chyba, że ma się **naprawdę** dobry powód, by go zostawić.
[8]Niestety, kod dużych programów zawsze zawiera jakieś błędy, zwykle bardzo małe. Jednak znane są przypadki, gdy błędny kod postawiły całe lata badań pod znakiem zapytania.

8. Załóżmy, że nie jesteśmy w stanie obliczyć niepewności przypadkowej (jej obliczaniu jest poświęcony jest podparagrafa (1.4)). Przyczyna może być taka, że np. mierzy długość małej płytki linijką i jej najmniejsza przedziałka jest na tyle duża, że wszystkie wyniki się w niej mieszczą. Inny przypadek jest taki, że z jakiegoś powodu wykonaliśmy tylko jeden pomiar danej wielkości.

   Wówczas postępujemy w następujący sposób. Szukamy najmniejszego przedziału jaki zawiera wszystkie wyniki, jaki jesteśmy przy użyciu dostępnych przyrządów zmierzyć i oznaczmy jego długość L. W przykładzie z linijką długość ta będzie równa jej najmniejszej podziałce. W przypadku jeśli wykonaliśmy tylko jeden pomiar, za L należy przyjąć długość przedziału w którym musiał znajdować się prawdziwy wynik, aby przyrząd wskazał otrzymaną wielkość. Przykładowo zmierzyliśmy wartość temperatury $T = 10.0$℃, zaś aparatura pozwala mierzyć ją z dokładnością do 0.1℃, więc prawdziwa temperatura musi zawierać się w przedziale 9.9℃−10.1℃. W tym przypadku mamy więc $L = 0.2$℃.

   W obu tych sytuacjach całemu pomiarowi przypisujemy niepewność przypadkową

$$\sigma(x) = \frac{L}{2\sqrt{3}}. \tag{2}$$

   Uzasadnienie i wyprowadzenie tego „magicznego” wzoru można znaleźć w skrypcie Bogusława Kamysa na stronach 25–26.

9. Pewne błędy mogą być zarówno systematyczne jak i grube[9]. Na przykład, jeśli eksperymentator źle skalibrował wagę, tak że zawyża ona o stałą wartość wagę mierzonych próbek. W takich niejasnych sytuacjach nie należy się specjalnie przejmować pedantyczną klasyfikacją błędów.

10. W pewnych sytuacjach jest szansa na usunięcie błędów grubych. Weźmy poprzedni przykład ze źle skalibrowaną wagą. Jeśli jest pewne, że waga cały czas zawyżała wyniki o stałą wartość, można ją odjąć od uzyskanych wyników i wpleść to zagadnienie do sprawozdania, jako kalibrację przyrządów pomiarowych.

    Podkreślamy, że można tak zrobić **tylko wtedy**, gdy jesteśmy pewni, że to przesunięcie było stałe w całym eksperymencie lub wykonamy dodatkowo krzywą kalibracyjną dla tej wagi. Krzywą taką trzeba dołączyć do sprawozdania.

1.3 Estymator, estymacja i inne groźne słowa

Rozpatrzmy następujący przykład[10]. Chcemy zmierzyć temperaturę wrzenia pewnej cieczy przy zadanym ciśnieniu. Mierzymy ją, powiedzmy, 10 razy i mamy 10 różnych wyników. Powstaje problem, jak na podstawie tych 10 różnych wyników oszacować wartość temperatury wrzenia występującą w przyrodzie? Gdybyśmy mieli dwa wyniki, powiedzmy 93℃ i 94℃, to całkiem naturalne byłoby przyjęcie, że lepiej niż wybrać jeden z tych wyników, będzie obliczyć ich średnią arytmetyczną: 93.5℃.

Jest to dość typowy problem: mamy pewną ilość pomiarów i chcemy na jej podstawie oszacować ile wynosi wartość prawdziwa. Funkcję, która pozwala nam wyliczyć to oszacowanie nazywamy *estymatorem*, zaś sam proces szukania takiej wartości *estymacją*. Typowym sposobem szacowania prawdziwej wielkości na podstawie n pomiarów z których każdy ma taką samą niepewność przypadkową jest wzięcie średniej arytmetycznej[11]

$$\overline{x} = f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i. \tag{3}$$

Z sytuacją taką mamy do czynieniach choćby wtedy, gdy wykonujemy tym samym przyrządem serię pomiarów w takich samych warunkach. **Nigdy** nie można tego wzoru używać, dla zbioru wyników o różnej

[9] Czytelnik mógł to już zauważyć po przytoczonych przykładach.

[10] Ponieważ chcemy by ten tekst był możliwie prosty i zrozumiały, nie będziemy tu omawiali różnych niuansów jakie mogą występować w rzeczywistej sytuacji pomiarowej, ani rozważali bardzo dokładnie matematycznego sensu używanych wielkości.

[11] Dla tej wielkości bywa też używane oznaczenie x_{E}.

niepewności. Widzimy[12] na tym przykładzie, że estymator jest funkcją, która na podstawie n pomiarów zwraca nam oszacowanie prawdziwej wartości danej wielkości. Przykłady innych oszacowań prawdziwej wielkości, czyli estymatorów, podamy dalej.

Chcielibyśmy by nasze oszacowanie było najlepszym jakie można osiągnąć dysponując taką ilością wyników. Jednak pytanie „Jakie oszacowanie jest najlepsze?” (czyli „Który estymator jest najlepszy?”) okazuje się wcale niebanalne. Dlatego dla jednej wielkości mogą istnieć różne estymatory o różnych własnościach i do analizy wybiera się ten o najbardziej pożądanych w danym eksperymencie cechach. Nie będziemy się jednak w ten temat zagłębiać.

1.4 Obliczanie odchylenia standardowego i związany z tym chaos

Zajmijmy się znów problemem niepewności przypadkowych. Zwykle oczekujemy, że są konsekwencją dużej liczby **niezależnych** czynników losowych, przy czym wpływ każdego z nich z osobna jest bardzo mały. Choćby takich, że palnik podgrzewający próbkę nie działa równo, w sieci elektrycznej są drobne skoki napięcia, ciśnienie powietrza się lekko zmienia, etc. W takim wypadku centralne twierdzenie graniczne z teorii prawdopodobieństwa mówi nam, że należy się spodziewać, iż wyniki pomiaru, oznaczmy go x, są opisywane rozkładem Gaussa[13]

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\frac{-(x-x_{\text{fiz}})^2}{2\sigma^2}}. \tag{4}$$

x_{fiz} oznacza wielkość występującą w przyrodzie, zaś σ jest jej odchyleniem standardowym. Sens jego jest następujący. Jeśli wykonamy pomiar wielkości danej takim rozkładem to z prawdopodobieństwem około 68.2% dostaniemy wynik z przedziału $[x_{\text{fiz}} - \sigma, x_{\text{fiz}} + \sigma]$. Dla pomiaru z przedziału $[x_{\text{fiz}} - 2\sigma, x_{\text{fiz}} + 2\sigma]$ prawdopodobieństwo jego uzyskania wyniesie około 95.5%.

Załóżmy, że w naszym pomiarze bierzemy pod uwagę tylko niepewności przypadkowe, więc jest on rozpisywany rozkładem Gaussa, i wykonaliśmy n pomiarów. Wówczas dobrym estymatorem (oszacowaniem) wartości występującej w przyrodzie x_{fiz} jest średnia arytmetyczna tych pomiarów, oznaczać ją będziemy przez $\overline{x}$. Jeśli zaś chodzi o estymator odchylenia standardowego σ, to musimy rozróżnić dwie wielkości.

1. **Odchylenie standardowe (pojedynczego) pomiaru.** Rozważmy jeden z naszych n punktów pomiarowych x_i. Przez jego odchylenie standardowe rozumiemy taką wielkość $\sigma_{\text{pom}}(x)$, że x_{fiz} znajduje się w przedziale $[x_i - \sigma_{\text{pom}}(x), x_i + \sigma_{\text{pom}}(x)]$. Wielkość σ_{pom} estymujemy na podstawie znajomości wszystkich n pomiarów za pomocą wzoru. Najpopularniejszy znany nam estymator tej wielkości to
$$\sigma_{\text{est}}(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x-\overline{x})^2}. \tag{5}$$
gdzie $\bar{x}$ jest estymatorem rzeczywistej wartości wielkości x, np. średnią arytmetyczną wyników pomiarów.

2. **Odchylenie standardowe średniej pomiarów** $\sigma_{\text{est}}(\overline{x})$ to taka wielkość, że rzeczywista wartość x_{fiz} zawiera się w przedziale $[\overline{x} - \sigma_{\text{est}}(\overline{x}), \overline{x} + \sigma_{\text{est}}(\overline{x})]$ z prawdopodobieństwem około 68.2%.
Związek między niepewnością pomiaru, a niepewnością średniej pomiarów jest bardzo prosty
$$\sigma_{\text{est}}(\overline{x}) = \frac{\sigma_{\text{est}}(x)}{\sqrt{n}}, \tag{6}$$
czyli najpopularniejszy znany nam estymator odchylenia standardowego średniej ma postać
$$\sigma_{\text{est}}(\overline{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x-\overline{x})^2}. \tag{7}$$

[12] Mamy nadzieję, że to prawda.
[13] Nie będziemy tu wchodzić bardziej w teorię prawdopodobieństwa, te rozważania są tylko po to by uzasadnić to co jest dalej.

Ważne 1. Nie wdając się w subtelne dywagacje, można podać następującą prostą regułę. Jako wynik konkretnego eksperymentu (ewentualnie serii pomiarowej) należy podać średnią arytmetyczną wyników, zaś jej niepewność przypadkowa dana jest wzorem (7).
Ważne 2. Jakość estymacji (oszacowania) danej wielkości bardzo silnie zależy od ilości pomiarów. Popularne powiedzenie mówi, że statystka zaczyna się od trzech pomiarów. Czyli dopiero z trzem lub większą liczbą pomiarów jest sens liczyć średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, etc. Jeśli chodzi o ilość pomiarów jaka uchodzi za wystarczającą, zwykle uważa się, że więcej niż 30 lub więcej niż 100. Jednak podczas zajęć laboratoryjnych często zupełnie wystarczy 10 wyników.

Wytłumaczenie o co chodzi z współczynnikami Student-Fishera. Jeśli ma się za małą ilość pomiarów, aby analiza była wartościowa, to zawsze najlepszym rozwiązaniem jest wykonać ich więcej. Jeśli jednak nie jest to możliwe, można skorzystać z metody **współczynników Studenta-Fishera**.

1.5 Jak zapisać wynik pomiaru, czyli o niebanalności rzeczy oczywistych

Ten fragment bazuje na stronach 24–25 skryptu *Statystyczne Metody Opracowań Pomiarów I*.

Niech $\overline{x} = 1.3347\,\mathrm{m}$ oznacza estymator długości jakiegoś obiektu, zaś $\sigma(\overline{x}) = 0.015322\,\mathrm{m}$ estymator całkowitej niepewności eksperymentu, który omawialiśmy w (1.2). Po pierwsze musimy zaokrąglić niepewność do dwóch cyfr znaczących, czyli do $\sigma(\overline{x}) = 0.015\,\mathrm{m}$. Teraz zaokrąglamy estymator długość do tego samego miejsca dziesiątego co niepewność: $\overline{x} = 1.335\,\mathrm{m}$. Polecane są dwa sposoby zapisu wyniku z taką niepewnością.

1. **Zalecany.** Po wypisaniu wyniku podajemy w nawiasie dwie cyfry reprezentujące niepewność, następnie zaś odpowiednie jednostki fizyczne danej wielkości. Podany wyżej przykład zapisujemy więc jako
$$x = 1.335(15)\,\mathrm{m}, \tag{8}$$
ewentualnie
$$x = 1.335(0.015)\,\mathrm{m}. \tag{9}$$
Sens tego zapisu jest następujący. Przedział
$$[1.335\,\mathrm{m} - 0.015\,\mathrm{m},\ 1.335\,\mathrm{m} + 0.015\,\mathrm{m}] = [1.320\,\mathrm{m},\ 1.340\,\mathrm{m}] \tag{10}$$
zawiera wartość prawdziwą z prawdopodobieństwem około 68.2%.

2. W tym przypadku używamy *rozszerzonej niepewności eksperymentu* danej wzorem[14]
$$U(x) = k\sigma(\overline{x}), \quad 2 \leqslant k \leqslant 3. \tag{11}$$
Wynik należy wtedy zapiać jako
$$x = \overline{x} \pm U(x)\ [\text{jednostka}],\ k = \text{przyjęta wartość}. \tag{12}$$
Niekoniecznie trzeba podawać wartość współczynnika k w tej samej linii co wynik, jednak by uniknąć nieporozumień, stosując ten zapis należy **zawsze** umieścić gdzieś w tekście stwierdzenie, że używa się rozszerzonej niepewności i podać użytą do jej obliczania wartość k.
Stosując dla poprzedniego przykładu niepewność rozszerzoną z $k = 2$ zapisalibyśmy wynik jako
$$x = 1.335 \pm 0.030\,\mathrm{m}. \tag{13}$$
Sens tego jest następujący. Przedział
$$[1.335\,\mathrm{m} - 0.030\,\mathrm{m},\ 1.335\,\mathrm{m} + 0.030\,\mathrm{m}] = [1.305\,\mathrm{m},\ 1.365\,\mathrm{m}] \tag{14}$$

[14]Skrót „$U(x)$” pochodzi od angielskiego słowa „uncertainty”.

zawiera wartość prawdziwą z prawdopodobieństwem około 95.5%.

Wszystkie wyżej wymienione wielkości procentowe wynikają z własności matematycznych rozkładu Gaussa[15] (zob. (1.4)). Prawdopodobieństwo znalezienia w przedziale wartości prawdziwej, dla dowolnego parametru k, można otrzymać obliczając ją samemu na podstawie tego rozkładu albo odczytać z odpowiednich tablic.

2. LaTeX

2.1 Różne informacje i porady

1. Istnieje wiele edytorów dedykowanych do LaTeXa, takich choćby jak TeXMaker, jednak można również używać go online dzięki stronom takim jak Overleaf. Jeśli zaczynasz swoją znajomość z LaTeXem polecamy przyjrzeć się tym edytorom internetowym.

2. LaTeX jest stworzoną przez Lesliego Lamporta nakładką na TeXa, który z kolei został stworzony przez Donalda E. Knutha. Niektórzy wymawiają go „latech” inni, zaś „lateks”, jednak jako, że sam Donald Knuth nie wie która wymowa jest poprawna, nie będziemy się nad tym problemem rozwodzili, sami preferujemy jednak pierwszy wariant.

3. Możliwości LaTeXa są trudne do pojęcia i nawet po latach pracy potrafi on zaskoczyć tym co oferuje i w tych poradach tak naprawdę tylko zahaczymy o niego tam gdzie wydaje się nam to niezbędne/bardzo potrzebne. Zachęcamy jednak do wygoogolwanie tego co może on zrobić, zaś źródła do nauki które uważamy za dobre można znaleźć w bibliografii na końcu tych porad.

   Czemu bowiem nie spróbować pisać za pomocą hieroglifów?

4. Aspektem LaTeXa o którym według nas mówi się za rzadko, jest możliwość tworzenia w nim rozbudowanej grafiki wektorowej[16]. LaTeX ma wbudowane w siebie dość ograniczone możliwości tworzenia takiej grafiki, dlatego warto się zapoznać się pakietem[17] `PGF/TikZ` (często określanym po prostu jako `TikZ`), przykład jego możliwości można zobaczyć na rysunku (2) Ma on ogromne możliwości, jednak jest też wymaga wiele od użytkownika i często wymaga wejścia naprawdę głęboko w trzewia LaTeXa.

   Warto zauważyć, że obecnie można często ominąć potrzebę pisania konkretnego kodu `PGF/TikZa`, zamiast tego można skorzystać z narzędzi takich jak internetowy edytor Mathcha, które udostępniają narzędzia graficzne do tworzenia rysunków, następnie zaś pozwalają eksportować je do odpowiednich plików, lub wygenerować kod tworzący takie rysunki w LaTeXu, .

   Materiały na temat pakietu `PGF/TikZ` można znaleźć w bibliografii na końcu tych porad.

2.2 Pułapki LaTeXa i sposoby ich obejścia

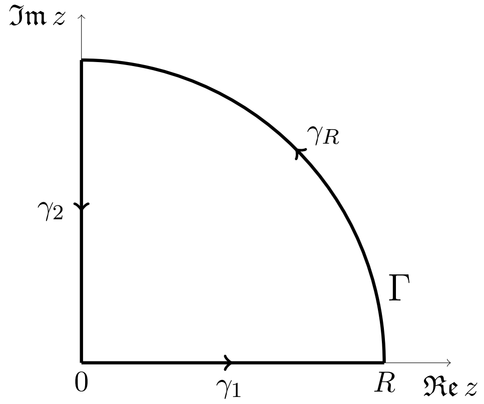
1. Jeśli plik LaTeXa zawiera odniesienia do wzorów lub bibliografii, trzeba przeprowadzić kompilację kilka razy[18], żeby te odniesienia pojawiły się w odpowiednich miejscach tekstu zamiast na przykład „(??)”. Należy sprawdzić, czy używane środowisko ma możliwość przypisania do jednego przycisku wykonania serii następujących po sobie kompilacji. Na przykład w TeXMakerze można wybrać w *Preferencje → Konfiguracja TeXMakera → Szybka kompilacja* opcję, aby klawisz *Szybka kompilacja* uruchamiał sekwencję *PdfLatex → Bib(la)tex → PdfLatex (×2) → Podgląd Pdf.*

[15] Tutaj parę rzeczy opisaliśmy zbyt skrótowo. Może kiedyś napiszemy to lepiej.

[16] W temat tego czym jest grafika wektorowa, nie będziemy tu wchodzili.

[17] PGF = Portable Graphics Format.

[18] Przyczyna jest z grubsza następująca. Aby poprawnie wstawić referencję do wzoru, LaTeX musi wiedzieć jakie wzory są jak numerowane. Podczas pierwszej kompilacji zbierze te informacje w pliku z rozszerzeniem .aux, zaś przy drugiej sięgnie do tego pliku i je ponumeruje. Zdarza się jednak, że dopiero przy trzeciej czy czwartej kompilacji zaskoczy.



Rysunek 2: Przykład grafiki wektorowej wykonanej za pomocą pakietu PGF/TikZ.

2. Jeśli otwierasz jakieś otoczenie[19] komendą „`\begin{otoczenie}`” natychmiast je zamknij za pomocą „`\end{otoczenie}`”! Nie mów sobie „Na pewno będę pamiętał by je zamknąć.”, **prawie zawsze** o tym zapomnisz, ale kompilator nie zapomni ci tego **nigdy**!

3. Przejście do nowej linii **nie tworzy** nowego akapitu! Aby go utworzyć, należy zostawić w pliku co najmniej jedną pustą linię[20].

4. Podstawowe klasy dokumentów, takie jak „article” standardowo dopuszczają tylko trzy rozmiary czcionek: 10pt, 11pt, 12pt[21]. W konsekwencji próba zmiany rozmiaru czcionki, może prowadzić do niespodziewanych konsekwencji. Jeśli potrzebujesz zmienić rozmiar czcionki, możesz poszukać informacji, np. na stronie *Changing the font size in LaTeX – texblog*.

5. Polecenia LaTeXa zaczynają się ukośnikiem wstecznym („\”), a kończą spacją lub pierwszym znakiem niebędącym literą. LaTeX nie traktuje więc takiej spacji jako odstępu w tekście, lecz polecenie zakończenia komendy. Skutkiem tego

   ```
   Używaj \LaTeX a z uwagą.
   ```

   daje pożądany tekst

   Używaj LaTeXa z uwagą.

   Jednak już

   ```
   \LaTeX to potężne narzędzie.
   ```

   daje

   LaTeXto potężne narzędzie.

   Aby uniknąć tego typu problemów należy komendy po których ma być odstęp kończyć `{}`. Przykładowo

   ```
   \LaTeX{} to potężne narzędzie.
   ```

   wyświetli tekst

[19]Zwane też „środowiskiem”.
[20]Wyjątkiem jest pierwszy akapit w rozdziale, podrozdziale, etc.
[21]Pt ≈ 0.3515 mm, ang. *point*, pl. *punkt typograficzny*. Więcej informacji można znaleźć na *Overleaf: Lengths in LaTeX*.

LaTeX to potężne narzędzie.

6. LaTeX nie toleruje pustych linii w trybie matematycznym. Jeśli po napisaniu równania, plik przestał się kompilować, sprawdź czy nie zostawiłeś w nim przypadkiem pustej linii.

7. „Wszystko napisałem dobrze, a LaTeX wyrzuca błędy!”. Tego typu słowa pewnie przychodzą do głowy niejednej osobie zaczynającej korzystanie z LaTeXa. W jego naturze bowiem leży to, iż mała literówka niszczy wszystko, a i zasady jego poprawnego użytkowania wymagają trochę wysiłku by je poznać. Z tego względu tutaj zamieścimy pewne wskazówki jak sobie z błędami radzić.

   Dobrą praktyką jest częste kompilowanie kodu – najlepiej po każdym wpisanym wzorze matematycznym. Pozwala to od razu zorientować się, że zrobiło się w nim błąd. Nie należy się też poddawać, jeśli przeglądasz linię, gdzie mam być błąd po raz czwarty i wszystko wygląda na poprawne. Czasem dopiero za siódmym zobaczysz co jest nie tak.

   Teraz opiszemy pewną taktykę szukania trudnych do znalezienia błędów. Po pierwsze, znajdź w swoim edytorze polecania odpowiadające za zakomentowanie i odkomentowanie zaznaczonego tekstu, np. w TeXMakerze komentarz tworzymy za pomocą klawiszy „Ctrl + T”, a odkomentujemy poprzez „Ctrl + U”. Skróty te staną się niedługo jednymi z twoich najlepszych przyjaciół przy pracy z LaTeXem.

   Jeśli teraz LaTeX stwierdzi, że jest błąd w jakimś miejscu tekstu, a ty nie możesz znaleźć miejsca gdzie on dokładnie jest (wskazania kompilatora są często bardzo mało dokładne), proponujemy postępować w następujący sposób. Zakomentuj możliwie mały blok tekstu wokół miejsca w którym wskazany jest błąd, tak by plik zaczął się ponownie kompilować. Następnie odkomentowuj ten tekst porcjami do momentu, aż błąd pojawi się znowu. Teraz już wiesz, że musi być w ostatnim odkomentowany fragmencie.

   Jeśli w tym fragmencie dalej nie jesteś w stanie go znaleźć, spróbuj powtórzyć opisaną wyżej procedurę na nim. I tak do momentu, aż go znajdziesz. Życzymy powodzenia ☺.

8. Zdarzają się, choć bardzo rzadko, sytuacje w których LaTeX twierdzi, że są błędy lecz tak naprawdę wszystkie zostały już usunięte. W takiej sytuacji należy z katalogu w którym znajduje się plik `.tex` usunąć wszystkie pliki wytworzone przez LaTeXa (z rozszerzeniami nazwy pliku takimi jak `.log`, `.aux`, etc.). Następna kompilacja powinna już przejść pomyślnie.

3. Tryb matematyczny LaTeXa

1. Oznaczenia zmiennych i parametrów w tekście powinny być pisane kursywą. W tym celu najlepiej użyć trybu matematycznego. Na przykład, by oznaczyć trzecią oś układu współrzędnych należy wpisać „`$z$`” nie „z”, tak by otrzymać „z” nie zaś „z”.

2. Funkcje matematyczne powinny być pisane czcionką drukowaną, np. powinno być „sin” nie zaś „*sin*”. Dla większości funkcji wystarczy wpisać „`\nazwa_funkcji`”, np. „`\sin`”.

3. Komendy „`\left`” i „`\right`” dają nawiasy dopasowujące się do rozmiarów wyrażenia które zawierają. Dla przykładu: „`$( \frac{ G M }{ r } )$` vs `$\left( \frac{ G M }{ r } \right)$`” daje „$(\frac{ G M }{ r })$ vs $\left(\frac{ G M }{ r } \right)$”. Możliwe jest też mieszanie typów nawiasów lewych i prawych: $\left(\frac{GM}{r} \right]$.

   Uwaga. Jeżeli wpiszemy „`\left(`” lecz nie „`\right)`”, LaTeX uzna to za błąd i nie skompiluje się. Autodopasowujące się nawiasy albo występują parami, albo jeden z nich należy zastąpić przez „`\left.`” (odpowiednio „`\right.`”).

4. LaTeX sam zarządza odstępami w trybie matematyczny, co czasem może prowadzić do mało estetycznego zapisu. Na przykład napisanie „`$a b$`” daje „ab”, zaś „`$a, b$`” da „a, b”. Jeśli chce się wstawić w trybie matematycznym odstęp można się posłużyć komendami `\,`, `\;`, `\:`, `\quad` i `\qquad`.

Tym sposobem „`$a b$`” daje „$a\,b$”, zaś „`$a\, b\: c\; d$`” prowadzi do „$a\,b\:c\;d$”.

5. Obecnie standardem w pracy z trybem matematycznym LaTeXa jest używanie pakietów od American Mathematical Society, takich jak `amsmath`, `amsfonts`, `amssymb`, `amscd`, czy `amsthm`, my również polecamy ich stosowanie.

   Jeśli zdecydujemy się na korzystanie z nich, to wzory numerowane wstawiamy otoczeniem `equation`, zaś nienumerowane `equation*`. Więcej na ten temat w następnym punkcie.

6. Jak podaje wytyczna prawidłowego korzystania z LaTeXa *An essential guide to LaTeX2ε usage* (inaczej *l2tabu*), jeśli używamy `amsmath` zaleca by wtedy nie używać otoczeń `displaymath`, `eqnarray` i `eqnarray*` bowiem ich formatowanie nie jest spójne z standardami tego pakietu pakietem. Otoczenie `displaymath` należy zastąpić[22] przez `equation*` lub `\[...\]`, `eqnarray` przez `align`, zaś `eqnarray*` przez `align*`.

4. Jednostki kontra tryb matematyczny

Nazwy jednostek fizycznych powinny być pisane czcionką drukowaną nie kursywą np. „kg” nie „*kg*”. Tryb matematyczny domyślnie zmienia czcionkę na kursywę, co potrafi przyprawić piszącego o lekki ból głowy. Aby rozwiązać ten problem powstało kilka pakietów, między innymi `siunitx` i `mandi`.

Spośród tych dwóch `mandi` jest zdecydowanie ambitniejszy i bardziej rozbudowany. Pakiet zmienia się na tyle mocno, że wersja pakietu zainstalowana na danym komputerze może nie działać, tak jak to jest przedstawione w dokumentacji pakietu. Powoduje to, że omawianie tutaj pakietu `mandi` jest bezcelowe, zaś zainteresowanych odsyłamy dokumentacji na tej stronie.

Teraz omówimy krótko podstawowe zastosowania pakietu `siunitx`[23], jest on wystarczający do prostego pisania wyrażeń typu $4\,\mathrm{m/s^2}$. Pełne jego omówienie znajduje się na tej stronie. Warto zwrócić uwagę, na jedną z funkcji jaką ten pakiet obiecuje: łatwe tworzenia tabel, gdzie liczby są wyrównane na kropce dziesiętnej. Jednak do tej pory autorzy tego tekstu, nie sprawdzili, czy ta funkcja działa poprawnie.

1. Podstawową komendą pakietu jest `\si{...}`. Przykładowo

   `\si{ kg }` $\longrightarrow$ kg,
   `\frac{ \si{ kg } }{ \si{ m^{ 3 } } }` $\longrightarrow \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}$,
   `\si{ m / s^{ 2 } }` $\longrightarrow \mathrm{m/s^2}$.

2. Nazwy różnych jednostek fizycznych powinny być oddzielone spacją, np. powinno być „kg m”, a nie „kgm”. Używając komendy `\si{...}` można to osiągnąć wstawiając w odpowiednim miejscu kropkę. Ilustruje to poniższy przykłady

   `\si{ kg.m }` $\longrightarrow$ kg m.

3. Tak samo między wartością liczbową, a jednostką powinien być odstęp. Czyli powinno być „700 m”, zamiast „700m”. Można to znów prosto uzyskać kropką w odpowiednim miejscu

   `700 \si{ .m }` $\longrightarrow$ 700 m.

   Wyjątek w języku polskim[24] od tej reguły stanową stopnie Celsjusza i Fahrenheita, które należy zapisać jednym ciągiem, czyli „25°C”, nie zaś „25 °C”. Istnieje formalne uzasadnienie tej reguły, ale według nas wygląd przykładów jest wystarczający.

[22] Tego ostatniego autorzy nie są do końca pewni, ale jest wygodne w praktyce.
[23] Ten fragment wymaga przejrzenia.
[24] Czy istnieje coś w języku polskim od czego nie ma wyjątków?

5. Styl

Poniżej zawarte zostały pewne uwagi odnośnie stylu, czyli tego co trzeba zrobić, a także tego co opcjonalne. Ponieważ LaTeX domyślnie używa anglosaskiego systemu składania tekstu, który nie jest zawsze zgodnym z normami przyjętymi w Polsce, zostały tu też przestawione uwagi na temat występujących różnic i sposobów przystosowania LaTeXa do polskich reguł.

Osobom chcącym pogłębić swoją wiedzie na temat tego jak tworzyć poprawne, pozbawione błędów typograficznych teksty możemy polecić dwa źródła. Krótki tekst *Popularne błędy typograficzne* oraz rozbudowaną i podążającą za najlepszymi standardami stronę *TeX Users Group*, http://tug.org/.

1. Wyjaśniaj **znaczenie** symboli i zmiennych! Nie każdy musi wiedzieć, że w naszym sprawozdaniu t to czas, a L długość. Stałe matematyczne lub fizyczne i powszechnie znane funkcje nie muszą być definiowane, jeśli naprawdę są powszechnie znane pod danym oznaczeniem. (Można z grubsza przyjąć podział, że nie musimy definiować funkcji i stałych wprowadzanych na poziomie szkoły średniej bądź niżej). W razie wątpliwości lepiej napisz co oznaczają – raczej nikt się na ciebie za to nie obrazi.

2. Każdy rysunek, wykres, tabela, etc., **musi być podpisany**.

3. Każdy wykres **musi**[25] mieć podpisane **wszystkie osie**! Muszą też być podane **jednostki** fizyczne wielkości przedstawionych na wykresie.

   Przy podpisywaniu osi warto się trzymać zasad opisanych w części (4.).

4. LaTeX jak wiadomo sam dzieli tekst pomiędzy liniami. Można temu zapobiec wpisując tekst wewnątrz komendy „`\mbox{...}`".

   Jeśli chcemy zapobiec rozdzieleniu dwóch słów np. „i tyle", to najprościej użyć twardej spacji oznaczanej przez tyldę („`~`") pisząc „`i~tyle`".

5. Na końcu linii nie powinny się znajdować „i", „a", „o", „w", „z", „we", „że", etc. Linia zaś nie powinna zaczynać się od słowa „się". Warto wyrobić sobie nawyk pisania twardej spacji po tych wyrazach (patrz poprzedni punkt).

   Te wyrazy pozostawione w takich niefortunnych miejscach nazywa się „sierotkami". Reguły te wnikają z faktu, że wyrazy takie jak „i", „a", itd., nie mają znaczenia same w sobie, lecz nabierają go w połączeniu z wyrazem stojącym za nim. Analogicznie „się" jest w takiej samej relacji, z wyrazem stojącym przed nim.

6. Anglosaski system składu używa dużych marginesów. Aby je zmniejszyć najprościej wstawić do preambuły pakiet `fullpage`: `\usepackage{fullpage}`. Bardziej zaawansowaną i elastyczną metodą jest skorzystanie z pakietu `vmargin`.

7. W systemie anglosaskim pierwszy akapit danego tekstu, rozdziału, etc., nie posiada wcięcia, zaś wedle polskich reguł składu powinien je mieć. Jeśli dotychczasowe ustawienia polonizacyjne nie wprowadzają tego ustawienia, należy do preambuły dodać pakiet `indentfirst`: `\usepackage{indentfirst}`.

8. Wiadomo, że jeśli skrót kończy się na tą samą literę co wyraz skracany to nie kończymy skrótu kropką. Jednak należy uważać na odmianę, przykładowo w zdaniu „Dałem dr. X.", skracamy nie słowo „doktor", lecz „doktorowi" więc po „dr" musi nastąpić kropka. Poprawną odmianą jest również „dra", w przypadku, której również nie stawiamy kropki.

9. Polski cudzysłów to „. . . ", tworzy się go pisząc najpierw dwa przecinki, potem dwa apostrofy (na klawiaturze znajdują się one koło Entera). Nawias anglosaski to “. . . ", tworzy się go za pomocą dwóch grawisów (pod tyldą) i dwóch apostrofów.

[25] W przeciwnym razie może ciebie spotkać coś takiego.

10. Należy rozróżniać łącznik („-"), półpauzę („–") i pauzę („—"). Łącznik („-") zapisywany jest przy użyciu jednego znaku „-" i służy, jak sama nazwa wskazuje do łączenia ze sobą wyrazów, np. czarno-biały, jedno- lub dwuelementowy, AK-47 itd. Półpauza („–") i pauza („—") służą do rozdzielania od siebie wyrażeń. W przypadku sprawozdań mogą m.in. służyć do rozdzielania nazwy obiektu od jego definicji.

    Przykład. „Pauza — znak typograficzny w postaci poziomych kresek usytuowanych w pobliżu średniej linii pisma lub nieco poniżej niej[26]. Zapisuje się je odpowiednio przez dwa lub trzy użycia znaku «-»."

11. Obiekty zamknięte w środowiskach float np. wykresy w `figure` i tabele w `table`, zostają umieszczone podczas kompilacji tam gdzie „najlepiej" według kompilatora pasują. Można co prawda starać się to zmienić (metody są opisane np. w *LaTeX/Floats, Figures and Captions*), ale zazwyczaj prowadzi to do kiepskiego rozkładu tekstu. Nie należy się bać tego, że obrazek ląduje niedokładnie w miejscu gdzie jest opisany w tekście, należy tylko dodać odpowiednie referencje tam gdzie się do niego odwołujemy.

    W pewnych wypadkach, w szczególności mniej istotnych rysunków, jak wykresy które mają tylko ilustrować ogólne zachowanie badanego zjawiska, dobrze jest umieścić rysunek zajmujący nie całą szerokość tekstu, lecz jej połowę, w taki sposób, aby tekst go opływał. Można to osiągnąć za pomocą np. otoczenia `wrapfigure`.

12. **Punkt dodatkowy.** Choć można robić obliczenia w Excelu, zaś rysunki robić w programach takich jak Origin, jednak autorzy uważają, że lepiej jest do tego użyć języka programowania w którym w łatwy sposób można tworzyć wykresy i grafiki. Ze swojej strony możemy polecić co najmniej dwa takie języki: Python i Julia.

    Poza tym umiejętność programowania może przynieść wiele innych korzyści, również poza pracownią. Jak również sporo radości.

    Wspomniany już pakiet `TikZ`, choć potężny, jest dość skomplikowany w użytkowaniu, do tego w tym zakresie w jakim go poznaliśmy nie nadaje się do robienia wykresów dużej ilości danych, np. naniesienia wyników 100 pomiarów. W takich wypadkach proponujemy użyć jednego z powyższych języków, bądź Excela.

6. Kilka rzeczy, które warto wiedzieć o LaTeXu

1. **Na wszelki wypadek.** Aby móc używać pakietu `przykładowy_pakiet`, należy dodać do preambuły komendę `\usepackage{przykładowy_pakiet}`.

    W uproszczeniu, preambuła to część pliku LaTeXa od linii `\documentclass[...]{...}`, do początku właściwego tekstu, czyli do komendy `\begin{document}`.

2. LaTeX pozwala definiować użytkownikowi własne komendy. Aby to zrobić należy wstawić do preambuły (tak jak w poprzednim przykładzie) linie:

    `\newcommand{\nazwa_komendy}[ilość_zmiennych]{treść_komendy}`.

    Przykładowo:

    `\newcommand{\powt}[1]{$t^{ #1 }$}`,

    definiuje komendę która po wpisaniu w tekście „`\powt{3}`" (nie trzeba, a wręcz nie powinno się wchodzić do trybu matematycznego) daje „t^3". Bardziej skomplikowany przykład to:

[26] Tu można znaleźć więcej informacji na ten temat.

```
\newcommand{\pd}[3]{ \frac{ \partial^{ #1 }{ #2 } }{ \partial { #3 }^{ #1 }}}
```

Wpisanie teraz w trybie matematycznym[27] `\pd{ 2 }{ f( x, y ) }{ x }` daje $\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2}$. Jeżeli jednak chcemy napisać $\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}$ nie możemy pominąć pierwszego nawiasu wąsatego, lecz musimy pozostawić go pustym: `\pd{ }{ f( x, y ) }{ x }`.

Uwaga techniczna. Nie wchodziliśmy na tyle głęboko w sposób działania LaTeXa i TeXa, by wytłumaczyć ze 100% pewnością jak dokładnie działa `\newcommand`. Z reguły wystarczające jest myślenie. że polega ona na zastąpieniu każdego jej wywołania `\jakaskomedna{x}` treścią komendy z `x` wstawionym w odpowiednich miejscach. Na przykład jeśli definiujemy

```
\newcommand{\timestwo}[1]{{ #1 } * 2}
```

to „`\timestwo{3}`” zostanie zastąpione przez „`{ 3 } * 2`”, następnie plik zostanie przetworzony (np. do PDFa) w normalny sposób.

Jakikolwiek byłby dokładny sposób działania `\newcommand`, sprawia on, że czasem LaTeX protestuje jeśli w definicji komendy nie umieści się dodatkowej pary nawiasów wąsatych wokół argumentów: `#numer`. Dlatego w przykładach w tym tekście zawsze taką parę umieszczamy.

3. Większość edytorów służących do pisania w LaTeXu posiada funkcję sprawdzania pisowni (często domyślnie wyłączoną). Jeżeli ta opcja jest wyłączona to ze względu na zróżnicowanie edytorów, najlepiej poprosić o pomoc bardziej doświadczonego kolegę.

   Warto dowiedzieć się jakie jeszcze możliwości ma używany edytor. Na przykład, czy ma autoformatowanie kodu, patrz punkt (8.).

7. O tworzeniu bibliografii

Ważne. Bibliografia w tym tekście nie został utworzona, za pomocą opisanych tu metod. Uznaliśmy, że ponieważ każdą z pozycji chcemy opatrzyć dłuższym lub krótszym komentarzem, wygodniej będzie skorzystać z środowiska `enumerate`.

Do tworzenia bibliografii w LaTeXu wykorzystuje się dodatkowe narzędzia, dwa najpopularniejsze to BibTeX i połączenie `biblatex + biber`. Pomimo, że połączenie `biblatex + biber` stanowi bardziej nowoczesne podejście, tutaj przedstawimy tylko wykorzystanie BibTeXa, jako że wydaje się nam (wciąż) prostszy w użytkowaniu. Jest też częścią każdej dystrybucji LaTeXa, nie trzeba więc nic dodatkowo instalować.

8. Różne porady na temat estetyki kodu

1. Warto skorzystać z tego, że LaTeX ignoruje białe znaki i wykorzystać to do formatowania kodu, tak by był łatwiejszy w czytaniu. Typowym przykładem jest robienie wcięć w kodzie[28]. Dla przykładu, załóżmy, że chcemy zrobić następującą tabelę

   – Równania Newtona.
   – Równania Maxwella.
     1) Pierwsze z równań Maxwella.
     2) Drugie z równań Maxwella.
     3) Trzecie z równań Maxwella.

[27] Proszę zauważyć, że w definicji komendy nie użyliśmy znaku $.
[28] Ja się mogę mądrzyć, bo za mnie te wcięcia robi edytor.

4) Czwarte z równań Maxwella.

– Równania Einsteina.

Jaki kod przedstawiający listę, jest bardziej czytelny? Ten

```
\begin{itemize}
\item[--] Równania Newtona.
\item[--] Równania Maxwella.
\begin{itemize}
\item[1)] Pierwsze z~równań Maxwella.
\item[2)] Drugie z~równań Maxwella.
\item[3)] Trzecie z~równań Maxwella.
\item[4)] Czwarte z~równań Maxwella.
\end{itemize}
\item[--] Równania Einsteina.
\end{itemize}
```

czy poniższy[29]?

```
\begin{itemize}
\item[--] Równania Newtona.
\item[--] Równania Maxwella.
  \begin{itemize}
  \item[1)] Pierwsze z~równań Maxwella.
  \item[2)] Drugie z~równań Maxwella.
  \item[3)] Trzecie z~równań Maxwella.
  \item[4)] Czwarte z~równań Maxwella.
  \end{itemize}
\item[--] Równania Einsteina.
\end{itemize}
```

A O zaokrąglaniu

Tu trzeba coś napisać. Zaokrąglanie ciągle w górę powoduje błąd systematyczny.

B Bibliografia

1. Red. Andrzej Magiera, *I Pracownia Fizyczna*.

2. Bogusław Kamys, *Statystyczne Metody Opracowania Pomiarów I*.

3. Siegmund Brandt, *Metody statyczne i obliczeniowe analizy danych.*

   Książka napisana często zbyt zwięźle, zawiera sporo relatywnie prostych wyprowadzeń wielu wzorów i zależności, jako taką można ją polecić jako relatywnie prosty wykład podstaw statystyki. Albo jeśli potrzebujesz na szybko coś znaleźć.

4. Wojciech Niemiro, *Statystyka I*.

   Niektórzy twierdzą, że to pozycja „from zero to hero”.

[29] Jeśli te kody są identyczne, to znaczy, że nieopatrzenie włączyłem autoformatownie i zapomniałem tego poprawić. KZ.

5. Jarosław Bartoszewicz, *Wykłady ze statystyki matematycznej.*

   Pozycja już zaawansowana, otwierając ją bądź gotów na to, że jej studiowanie zajmie trochę czasu.

6. *Popularne błędy typograficzne, czyli jak unikać byków.*

   Adres: http://artisan-studio.pl/popularne-bledy-typograficzne-czyli-jak-unikac-bykow.

7. Andrzej Tomaszewski, *Architektura książki. Dla wydawców, redaktorów, poligrafów, grafików, autorów, księgoznawców i bibliofilów.*

   Dzieło dostępne chyba tylko w wersji papierowej.

8. Ewa Repucho, Tomasz Bierkowski, *Typografia dla humanistów. O złożonych problemach projektowania edycji naukowych.*

   Dzieło dostępne chyba tylko w wersji papierowej.

9. *TEX Users Group*, http://tug.org/.

   Wielkie źródło informacje na temat tego jak poprawnie pisać.

10. Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna, Elisabeth Schlegl, Tomasz Przechlewski, Ryszard Kubiak i Janusz Gołdasz, *Nie za krótkie wprowadzenie do systemu LATEX* 2_ε.

    W tym tekście poruszyliśmy temat LATEXa tylko tam, gdzie wydało się nam to niezbędne/bardzo potrzebne. Jeśli ktoś nie ma wielkiej wiedzy na jego temat, to ta pozycja stanowi rozsądne wprowadzenie, do chyba nieograniczonych (jak się postarać można napisać tekst hieroglifami) możliwości graficznych LATEXa. Nic jednak nie zastąpi kolegi, który już umie się nim posługiwać i pomoże go uruchomić na twoim komputerze.

11. *Overleaf – Tutorials.*

    Zbiór przystępnych tutoriali na kilkadziesiąt różnych tematów dotyczących LATEXa, z dużą ilością dobrych przykładów, które warto poznać. Jednak na dzień dzisiejszy (2018 r.) nie jest wolna od drobnych błędów.

12. LATEX na Wikibooks.

    Ogromne, obejmujące dziesiątki zagadnień, lecz wciąż nieskończone źródło wiedzy na temat LATEXa. Polecamy go szczerze tym którzy chcą pogłębić swoją wiedzę na jego temat.

13. Andrzej M. Borzyszkowski, *BibTEX – narzędzie do przygotowania bibliografii.*

    Bardzo dobre wprowadzenie do BibTEXa. Adres: https://docplayer.pl/18612412-Bibtex-narzedzie-do-przygotowania-bibliografii.html.

14. *Overleaf – TikZ package.*

    Oficjalna dokumentacja PGF/TikZ ma obecnie ponad 1100 stron (!), co pokazuje jak wielce rozbudowany i skomplikowany narzędziem on jest. Powyższy tutorial jest przystępny i poparty wieloma dobrymi przykładami, dlatego proponujemy od niego zacząć. Potem można przejść do dalszych wymienionych w tej bibliografii pozycji. Niemniej nawet aby zrozumieć podstawowe komendy TikZa, może okazać się potrzebne doczytanie o krzywych Béziera.

15. *Mathcha – Online Mathematics Editor.*

    Adres: https://www.mathcha.io/.

16. Jacques Crémer, *A very minimal introduction to TikZ*.

17. Łukasz Strąk, *Krótkie wprowadzenie do pakietu TikZ*.

18. LaTeX/PGF/TikZ na Wikibooks.

19. *TikZ and PGF examples.*

Zbiór, często oszałamiających, przykładów grafiki wektorowej, jaką można tworzyć w LaTeXu za pomocą `PGF/TikZ`.

20. *Overleaf: Lengths in LaTeX.*

Informacje o jednostkach długości używanych przez LaTeXa.