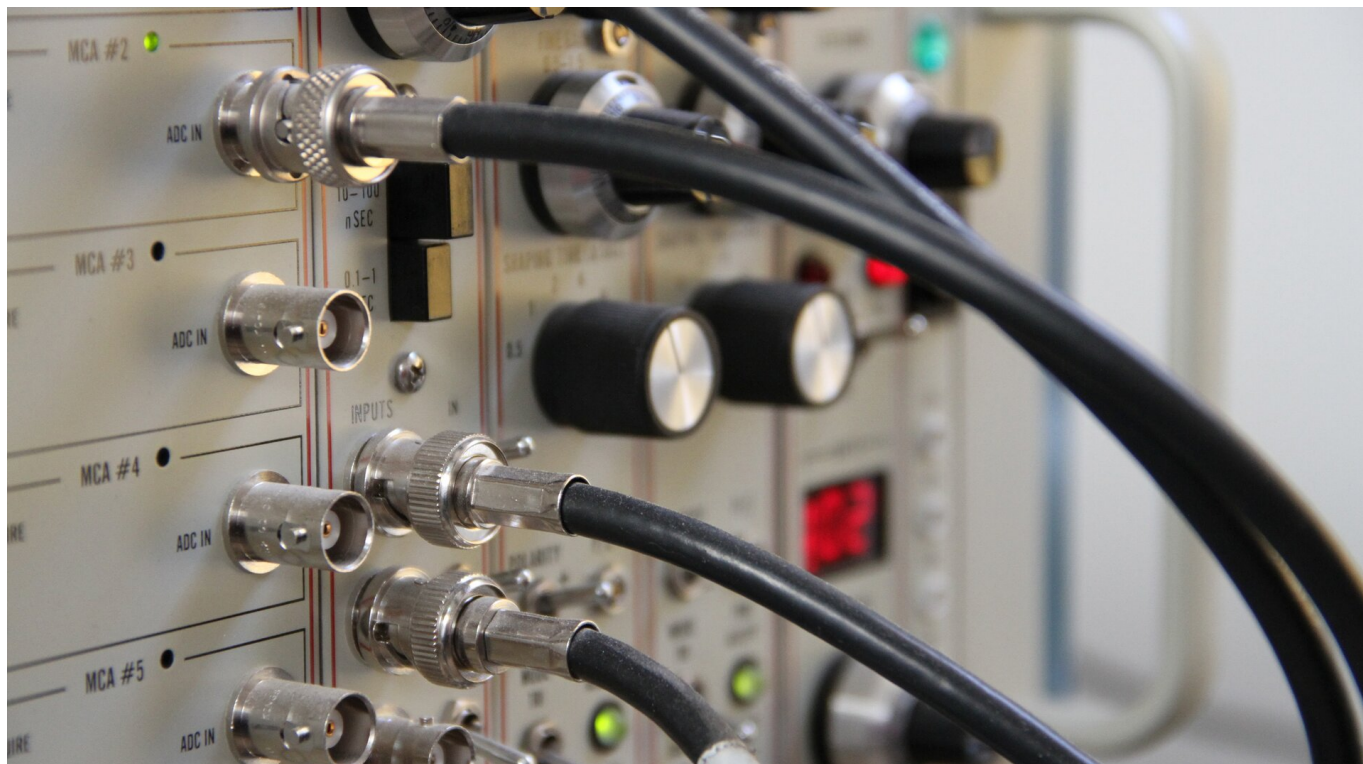




Dokładność i precyzja podczas dokonywania pomiarów

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna \(schemat\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Dokładność i precyzja podczas dokonywania pomiarów

Czy to nie ciekawe?

Czy można wykonać pomiar bezbłędny, czyli taki, którego rezultatem będzie dokładne wyznaczenie wartości prawdziwej wielkości mierzonej? NIE – nie można i nie będzie można, chociaż z pewnością techniki pomiarowe będą udoskonalane. Jeśli bowiem wartość prawdziwa wyraża się liczbą rzeczywistą, to w każdym przedziale, niezależnie od precyzji naszego pomiaru (i tym mniejszym, im większa precyzja), mieści się nieskończenie wiele liczb rzeczywistych.

To „nie można” brzmi dość pesymistycznie, ale bądźmy realistami. Nie ma wcale potrzeby znać wartości mierzonej z nieskończoną dokładnością. Bywa, że wartość taka w ogóle nie istnieje i jest to zagadnienie raczej filozofii nauki niż techniki pomiarowej. Wystarczy więc, że wiemy, w jakim przedziale wielkości mierzonej wartość ta się mieści. Zamiast filozofować, zajmijmy się tym, co zrobić, by nasze pomiary były precyzyjne i dokładne.

Twoje cele

Dzięki lekturze tego tekstu:

- dowiesz się, jak zdefiniowane są pojęcia precyzji i dokładności pomiaru.
- poznasz zasadnicze różnice pomiędzy tymi wielkościami.

- zrozumiesz, jaki jest związek tych wielkości z niepewnościami przypadkowymi i systematycznymi w pomiarach.
- ocenisz precyzję oraz dokładność pomiaru.

Przeczytaj

Warto przeczytać

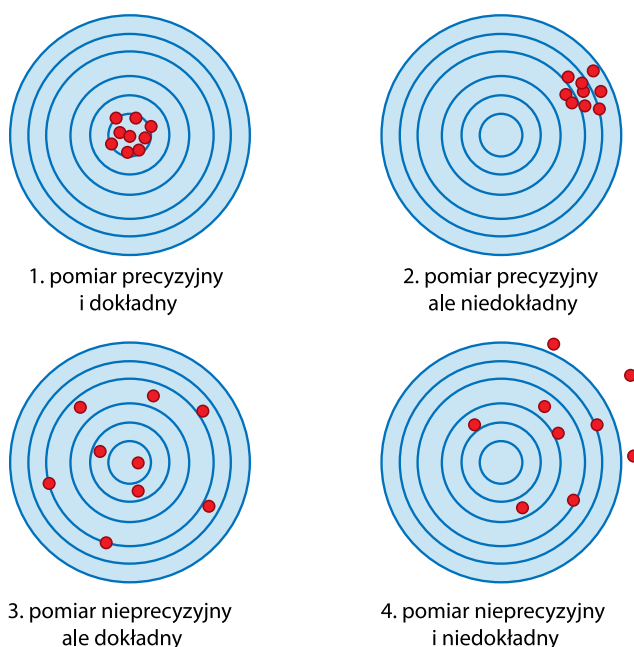
Pomiary precyzyjne i dokładne – powiesz, że to brzmi jak przysłowiowe „masło maślane”. Jak dokładne, to i precyzyjne – możesz powiedzieć. Zanim jednak to skomentuję, powiem bardziej ogólnie. Język potoczny i precyzyjny język nauk ścisłych to dwa różne światy. Już tu widzisz różnicę. Mówi się raczej „język precyzyjny” niż „język dokładny”, bo pojęcia te faktycznie oznaczają co innego.

Co więc oznacza, że pomiar jest „dokładny”, a co, że „precyzyjny”? Zapiszmy określenia:

Dokładność pomiaru to stopień zgodności między wynikiem pomiaru a wartością prawdziwą wielkości mierzonej. Stopień ten charakteryzuje różnica między tymi wartościami. Pomiar uważa się za dokładny, kiedy ta różnica jest mała. Ocena dokładności pomiaru wymaga informacji o prawdziwej wartości wielkości mierzonej.

Precyzja pomiarów to stopień zgodności pomiędzy wynikami pomiarów wykonanych w tych samych warunkach pomiarowych. Precyzja pomiarów zależy tylko od rozkładu błędów przypadkowych w pomiarach i nie ma odniesienia do wartości prawdziwej.

Dobrze to można zademonstrować w sportowej (strzeleckiej) analogii pokazanej na Rys. 1.



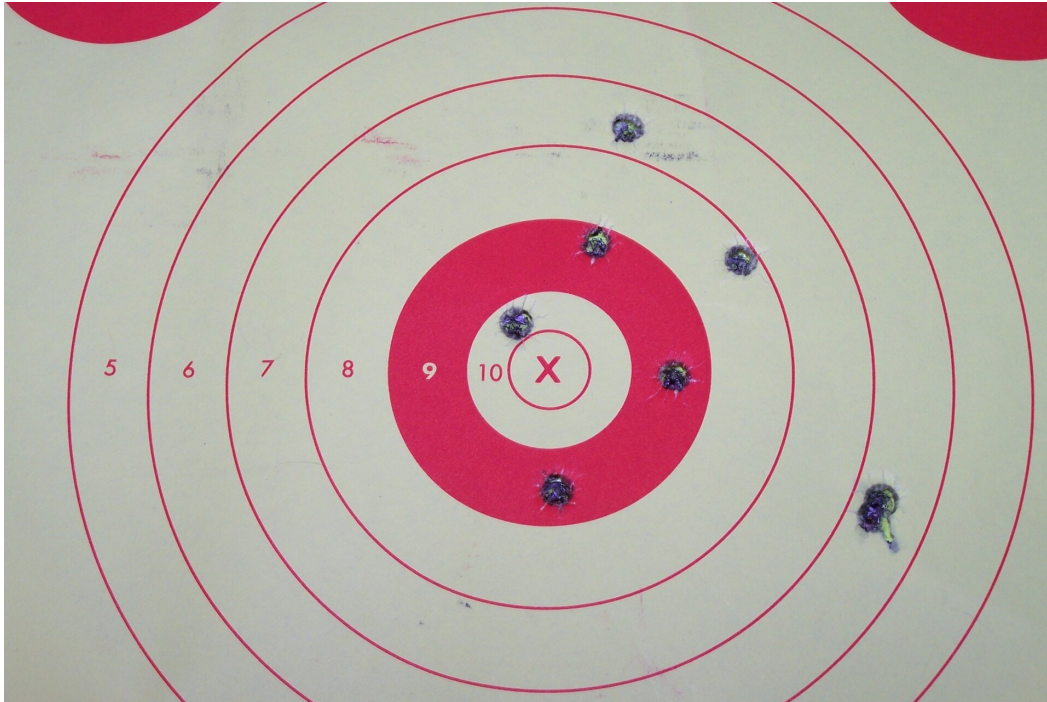
Rys. 1. Sportowa analogia definicji: „precyzyjny” i „dokładny”, gdzie miejsca trafień w tarczę odpowiadają wynikom pomiarów

W przypadkach 1. i 2. pomiary są precyzyjne, bo widzimy małe różnice pomiędzy wynikami kolejnych pomiarów, a więc dobry jest stopień ich zgodności. Jeśli jednak przyjmujemy, że

wartością prawdziwą jest środek tarczy, to w przypadku 1. pomiary są też dokładne, czego nie można powiedzieć o przypadku 2.

W przypadkach 3. i 4. pomiary są rozrzucone po całej tarczy, a więc są nieprecyzyjne. W przypadku 3. są jednak rozrzucone w miarę równomiernie na powierzchni tarczy, więc ich wartość średnia wypadnie także w pobliżu środka tarczy. W przypadku 4. są wyraźnie przesunięte w prawo.

Na Rys. 2. pokazany jest praktyczny przykład, gdzie nietrudno zidentyfikować charakterystyczne cechy zarówno dokładności, jak i precyzji pomiarów (strzałów).



Rys. 2. Tarcza strzelnicza po wykonaniu serii strzałów.

Zauważmy, że precyzja i dokładność to niezależne od siebie własności pomiarów. Może być tak, że pomiary są precyzyjne, bo rozrzut ich jest mały, ale równocześnie niedokładne, jeśli różnią się istotnie od wartości prawdziwej. W innym przypadku mogą być mało precyzyjne, jeśli rozrzut ich jest duży, ale dokładne, jeśli ich wartość średnia jest bliska wartości prawdziwej.

Zauważmy też, że precyzja charakteryzuje błędy **przypadkowe** występujące w pomiarach, a dokładność charakteryzuje **systematyczne** odchylenie wyników pomiarów od wartości prawdziwej. Dla określenia precyzji trzeba wykonać serię pomiarów i obliczyć wartość średnią oraz jej niepewność. Im mniejsza jest wartość tej niepewności, tym bardziej precyzyjny jest pomiar. Dla określenia dokładności trzeba znać wartość prawdziwą oraz obliczyć różnicę pomiędzy wartością prawdziwą a wartością średnią. Jeśli różnica ta jest większa niż niepewność wartości średniej, to prawdopodobieństwo, że wartości te są zgodne jest niewielkie i pomiaru nie możemy uznać za dokładny.

Wartość średnia oraz niepewności standardowe: pojedynczego pomiaru oraz wartości średniej wprowadzone i zdefiniowane zostały w E-materiale „Rozkład normalny”. Tutaj

podajemy tylko same wzory do ich praktycznego wykorzystania.

Wartość średnią z wyników n pomiarów: $x_1, x_2, \dots, x_n$ wyraża wzór

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Niepewność standardowa pojedynczego pomiaru to

$$s_x = \left(\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Niepewność standardową wartości średniej jest proporcjonalna do niepewności standardowej pojedynczego pomiaru:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}}.$$

Precyzja wyników otrzymanych w tych samych warunkach pomiarowych (wykonywanych przez tę samą osobę i z użyciem tego samego przyrządu pomiarowego) to **powtarzalność** wyników, podczas gdy precyzja wyników otrzymanych w różnych warunkach (różne: osoby przyrządy, warunki otoczenia) to ich **odtwarzalność**.

A jak wyznaczyć dokładność pomiaru? W realnych pomiarach na ogół wartości prawdziwej nie znamy, bo po to robimy pomiar, by ją poznać. Czy sytuacja jest beznadziejna?

Nie!

Po pierwsze – już we wstępie powiedzieliśmy, że niemożliwe jest wyznaczenie wartości mierzonej absolutnie dokładnie i wystarczy, jeśli wiemy, w jakim przedziale mierzonej wielkości wartość ta się mieści.

Po drugie – po to definiujemy takie pojęcia jak powtarzalność czy odtwarzalność, by mieć zaufanie do wyników naszych pomiarów. Zwróćmy uwagę, że powtarzalność może powiedzieć, czy w naszych pomiarach nie ma błędów grubych i ocenić precyzję naszej metody i naszego urządzenia pomiarowego. Z kolei odtwarzalność, a więc zgodność wyniku pomiaru tej samej wielkości, ale uzyskanego przez kogoś innego, inną metodą i innym przyrządem pomiarowym, to już istotny test dla potwierdzenia poprawności wyniku naszego pomiaru i zaufania do jego dokładności.

Po trzecie – mamy cały arsenał środków, które pozwolą nam stwierdzić, że wynik naszego pomiaru jest wiarygodny. Są nimi **wartości wzorcowe**, z którymi możemy albo porównać nasze wyniki albo wykorzystać je do kalibracji naszej aparatury pomiarowej, by wiedzieć, że wynik pomiaru nie zawiera błędu systematycznego. Wartości wzorcowe wyznaczone są przez autoryzowane do tego instytucje. Często można też skorzystać z wartości uzyskanych w wyniku obliczeń teoretycznych. Bywa też, że możemy posłużyć się wartościami uniwersalnych stałych fizycznych, które z definicji znane są dokładnie, jako wartościami

odniesienia. Możliwości jest wiele i niektóre z nich omawiamy w naszym multimedium oraz w zadaniach.

Ważne, by zdawać sobie sprawę, jak poprawnie rozumieć i jak rozróżniać, czym jest precyzja naszego pomiaru, a czym jego dokładność.

Słowniczek

Dokładność pomiaru

(ang. *accuracy*) to stopień zgodności między wynikiem pomiaru a wartością prawdziwą wielkości mierzonej. Stopień ten charakteryzuje różnica pomiędzy wynikiem pomiaru a wartością prawdziwą. Pomiar uważa się za dokładny, jeśli ta różnica jest mała. Kiedy wykonuje się serię pomiarów, to za dokładność uważa się różnicę pomiędzy wartością średnią z serii a wartością prawdziwą. Ocena dokładności pomiaru wymaga informacji o wartości prawdziwej wielkości mierzonej.

Precyzja pomiarów

(ang. *precision*) to stopień zgodności pomiędzy wynikami pomiarów wykonanych z pomocą tego samego urządzenia i w tych samych warunkach pomiarowych. Precyzja pomiarów zależy tylko od rozkładu błędów przypadkowych w pomiarach i nie ma odniesienia do wartości prawdziwej. Ocena precyzji wymaga wykonania serii pomiarów.

Powtarzalność wyników

(ang. *repeatability*) to precyzja wyników otrzymanych w tych samych warunkach pomiarowych (wykonywanych przez tę samą osobę i z użyciem tego samego przyrządu pomiarowego).

Odtwarzalność wyników

(ang. *reproducibility*) to precyzja wyników otrzymanych w różnych warunkach: przez różne osoby, z pomocą różnych urządzeń pomiarowych, w różnych warunkach zewnętrznych itd.

Stała fizyczna

(ang. *physical constant*) wielkość, która zachowuje wartość stałą, nie zmieniając się w czasie ani w przestrzeni.

Wzorzec miary

(ang. *measurement standard*) przyrząd pomiarowy, materiał odniesienia lub układ pomiarowy przeznaczony do zdefiniowania, zrealizowania, zachowania lub odtwarzania jednostki miary albo jednej lub wielu wartości pewnej wielkości i służący jako odniesienie.

Wartość prawdziwa

(ang. *true value*) wartość, jaką uzyskaliby się w wyniku bezbłędneho pomiaru. Wartość ta jest ze swej natury nieznana.

Wartość zmierzona

(ang. *measured value*) wartość przypisana wielkości mierzonej, uzyskana w rezultacie pomiaru.

Grafika interaktywna (schemat)

Dokładność i precyzja podczas wykonywania pomiarów

Dokładność i precyzja – to cechy pomiaru, które często są mylnie utożsamiane, ew. mylone ze sobą. A tymczasem ich definicje są zupełnie różne – tak pod względem sformułowania, jak i intuicyjnego rozumienia. Zapiszmy je – najprościej, jak można.

1. Pomiar jest dokładny, kiedy wynik pomiaru bliski jest wartości mierzonej.
2. Pomiar jest precyzyjny, kiedy błąd pomiarowy jest mały.

Trudno o prostsze definicje.

Konsekwencje takiego zdefiniowania okazują się jednak nie takie proste.

Polecenie 1

Połącz w pary pytania wraz z odpowiedziami.

Kiedy wynik pomiaru bliski jest wartości mierzonej?

Kiedy różnica pomiędzy wartością mierzoną a wynikiem pomiaru jest mała.

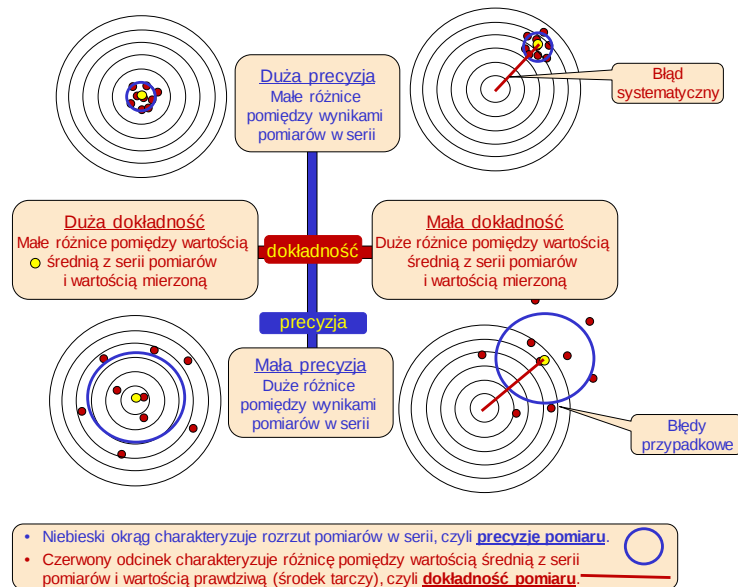
Kiedy błąd pomiarowy jest mały?

Kiedy przy powtarzaniu pomiarów otrzymuje się bardzo podobne wyniki.

Już prawie wszystko wiemy, a dla pełnego zrozumienia zobaczmy graficzną ilustrację.

Graficzna ilustracja dokładności i precyzji pomiarów

(Położenia punktów na tarczy odpowiadają wynikom pomiarów.)



Wskazówka

Obie cechy pomiarów są od siebie niezależne, bo wszystkie ich układy są możliwe i każdy z nich co innego oznacza. Tu jednak widać, że parę szczegółów trzeba doprecyzować.

1. Aby stwierdzić, że pomiar jest dokładny, trzeba wiedzieć, ile wynosi wartość wzorcowa wielkości mierzonej. W naszym przypadku jest to środek tarczy.
2. Aby wiedzieć, czy błąd pomiarowy jest mały, trzeba wykonać serię pomiarów i obliczyć wartość średnią. Jeden pomiar nie wystarczy. Powiedzmy więc, że przez nasz „pomiar” rozumieć będziemy serię pojedynczych pomiarów powtórzonych w tych samych warunkach. Na ich podstawie wyliczymy wartość średnią i jej niepewność standardową zgodnie ze znanymi wzorami. Wartość tej średniej wraz z niepewnością będzie wynikiem naszego pomiaru. (Wartość średnia zaznaczona jest żółtą kropką.)

Na ogół jednak, wykonując pomiar, nie znamy wartości prawdziwej, którą mierzymy. Przecież po to robimy pomiar, żeby ją poznać. To tak jakbyśmy strzelali, nie widząc tarczy. Zobaczmy, jak by to wyglądało.

To samo, co na poprzedniej ilustracji, ale z usuniętą tarczą:



Pomiar precyzyjny, ale czy dokładny?



Pomiar nieprecyzyjny, ale może dokładny?

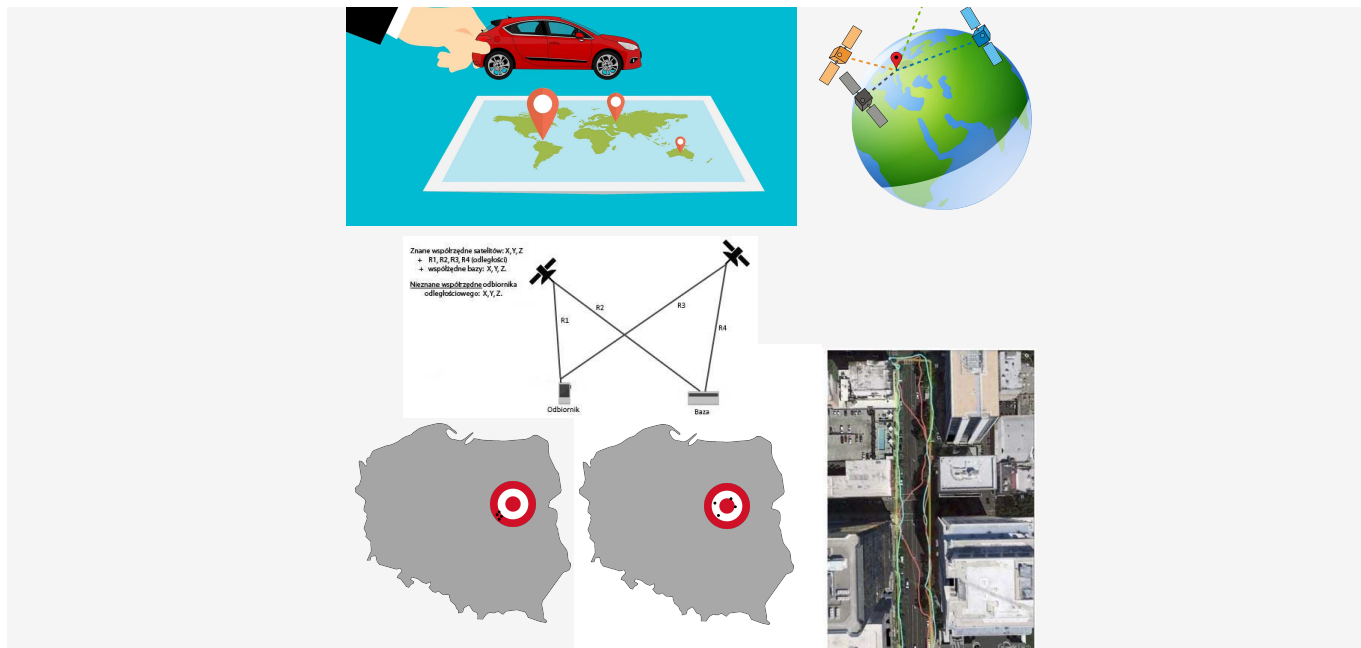
Precyzję pomiaru możemy teraz wyznaczyć tak samo, ale o dokładności nic powiedzieć nie możemy.

Podajemy więc kilka sposobów, jak zminimalizować błąd systematyczny:

1. Sprawdzić odtwarzalność wyników – ten sam pomiar wykonany w innych warunkach.
2. Używać wzorcowanych urządzeń pomiarowych.
3. Jeśli możliwe – porównać wynik z wartościami stałych fizycznych.
4. Skorzystać z wyników obliczeń teoretycznych w oparciu o znane prawa fizyki.

Zdarza się jednak, że dokładne pomiary nie są precyzyjne lub że precyzyjne pomiary nie są dokładne. Załóżmy, że przy pomocy urządzenia GPS próbujesz znaleźć położenie restauracji w Warszawie, do której chcesz się wybrać. Restauracja znajduje się na mapie z naniesionym wzorem tarczy strzelniczej (w jej środku), a każda próba zlokalizowania jej przez GPS oznaczana jest czarną kropką. Z którego urządzenia nawigującego byś skorzystał? Które według Ciebie skuteczniej doprowadzi Cię do celu? Skorzystaj z poniższej grafiki i sprawdź, czemu wciąż opracowywane są nowe, dokładniejsze, wersje map opartych na pomiarach GPS.





Polecenie 2

Jak określisz związek między dokładnością a błędem pomiaru?

Polecenie 3

Trener kupił sobie nowy stoper. Według instrukcji niepewność stopera wynosi $\pm 0,05$ s. Biegający w jego sekcji uczniowie na dystansie 100 m uzyskują wyniki od 11,49 s do 15,01 s. Na ostatnich zawodach zwycięzca przebiegł dystans w 12,04 s, a zdobywca drugiego miejsca w 12,07 s. Czy nowy stoper przyda się trenerowi? Dlaczego tak (albo nie)?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Na stronie [www](https://synonim.net/synonim/precyzja) pod hasłem <https://synonim.net/synonim/precyzja> znajduje się wiele synonimów słowa „precyzja”. Wybrałem kilka przykładów. Które z nich może zastąpić słowo „precyzja” w naszym rozumieniu?

☐ akuratność

☐ finezja

☐ ścisłość

☐ dokładność

☐ bezbłądność

☐ perfekcja

☐ żadne z podanych

Ćwiczenie 2



Wyobraź sobie, że wykonujesz serię pięciu pomiarów otrzymując wyniki: 2,4, 5,6, 8,2, 3,4, 1,3. W tablicach sprawdzasz, że wartość prawdziwa mierzona w tym pomiarze wynosi 4.0. Czy pomiar ten można uznać za dokładny?

☐ nie

☐ tak

Ćwiczenie 3



Rozważamy tę samą serię pomiarów, co w zadaniu 2.

Wykonujesz serię pięciu pomiarów otrzymując wyniki: 2,4, 5,6, 8,2, 3,4, 1,3. W tablicach sprawdzasz, że wartość prawdziwa mierzona w tym pomiarze wynosi 4,0.

Czy pomiar ten możemy uznać za precyzyjny?

☐ nie

☐ tak

Ćwiczenie 4



Na lekcji fizyki badamy zderzenia nieelastyczne. Na nitkach mamy zawieszone dwie kule z plasteliny o masach m_1 i m_2 . Pierwszą z nich odchylamy na wysokość h_1 i puszczamy swobodnie. Kiedy kula uderza w drugą, to zlepiają się i wznoszą na wysokość h_{12} . Mierzimy masy kul oraz wysokości odchylenia. Wykonujemy kilka pomiarów i obliczamy wartości średnie. Chcemy wiedzieć, czy pomiar nasz jest dokładny.

Jest to przypadek, kiedy dokładność pomiaru można sprawdzić, wykorzystując prawa fizyki.

Z jakich praw fizyki musimy w tym celu skorzystać?

☐ prawo zachowania pędu

☐ prawo zachowania pędu i prawo zachowania energii (mechanicznej)

☐ prawo zachowania momentu pędu

☐ trzecie prawo dynamiki Newtona

☐ prawo zachowania energii (mechanicznej)

Ćwiczenie 5



Wykonujesz pomiar przyspieszenia ziemskiego, zrzucając z balkonu na piętrze piłeczkę tenisową. Mierzysz wysokość balkonu, d , taśmą mierniczą z dokładnością do 1 cm, $d = (6,32 \pm 0,01)$ m. Wykonujesz stoperem pomiar czasu spadania, t , z dokładnością do 0,1 s, $t = (1,2 \pm 0,1)$ s. Wyznaczasz wartość przyspieszenia ziemskiego wraz z niepewnością: $g_m = 8,7 \pm 0,7$ m/s². Wartość sporo odbiega od wartości tablicowej równej 9,81 m/s². Co może być powodem tak malej dokładności?

- ☐ nieuwzględnienie oporu powietrza
- ☐ błąd wynikający z reakcji mierzącego
- ☐ błąd pomiaru wysokości
- ☐ mała precyzja stopera

Ćwiczenie 6



Rozważamy ten sam pomiar, co w zadaniu 5. Powtórzmy:

wykonujesz pomiar przyspieszenia ziemskiego, zrzucając z balkonu na piętrze piłeczkę tenisową. Mierzysz wysokość balkonu, d , taśmą mierniczą z dokładnością do 1 cm, $d = (6,32 \pm 0,01)$ m. Wykonujesz stoperem pomiar czasu spadania, t , z dokładnością do 0,1 s, $t = (1,2 \pm 0,1)$ s. Wyznaczasz wartość przyspieszenia ziemskiego wraz z niepewnością: $g_m = 8,7 \pm 0,7$ m/s². Wartość sporo odbiega od wartości tablicowej równej 9,81 m/s².

Aby zmniejszyć niepewność pomiaru czasu wykonujemy serię pomiarów. Ile pomiarów musimy wykonać, by niepewność czasu była pięciokrotnie mniejsza?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Jeszcze raz rozważamy pomiar z zadania 5. Powtórzmy:

wykonujesz pomiar przyspieszenia ziemskiego, zrzucając z balkonu na piętrze piłeczkę tenisową. Mierzysz wysokość balkonu, d , taśmą mierniczą z dokładnością do 1 cm, $d = (6,32 \pm 0,01)$ m. Wykonujesz stoperem pomiar czasu spadania, t , z dokładnością do 0,1 s, $t = (1,2 \pm 0,1)$ s. Wyznaczasz wartość przyspieszenia ziemskiego wraz z niepewnością: $g_m = 8,7 \pm 0,7$ m/s². Wartość sporo odbiega od wartości tablicowej równej 9,81 m/s².

Uzyskany wynik jest sporo mniejszy od wartości prawdziwej przyspieszenia ziemskiego. Czy widzisz jakieś przyczyny systematyczne, które mogły spowodować, że ten czas jest mniejszy, a nie większy, od wartości prawdziwej? Rozważmy dwie możliwości.

- ☐ nieuwzględnienie oporu powietrza
- ☐ błąd wynikający z czasu reakcji mierzącego

Ćwiczenie 8



Sprawdzałem kiedyś z pomocą smartfonu, jak to jest z czasem mojej reakcji na bodźce wzrokowe (Zapoznaj się z Multimedium w E-materiale „Błąd przypadkowy, błąd systematyczny”). Wykonałem 100 pomiarów, po czym obliczyłem: wartość średnią wraz z jej niepewnością oraz niepewność standardową pojedynczego pomiaru, s_t , otrzymując następujące wyniki: $\bar{t} = (322 \pm 6)$ ms, $s_t = 58$ ms. Co ten wynik charakteryzuje z punktu widzenia dokładności i precyzji pomiaru? Z podanych poniżej odpowiedzi wybierz te, które uważasz za poprawne. (Wszystkie liczby wyrażone są w milisekundach.)

- ☐ 322 – średni czas reakcji
- ☐ 58 – precyzję czasu reakcji
- ☐ 322 – dokładność czasu reakcji
- ☐ 58 – precyzję wyznaczenia czasu reakcji
- ☐ 322 – czas reakcji

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Jan Pluta
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Dokładność i precyzja podczas wykonywania pomiarów
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 13) rozróżnia błędy przypadkowe i systematyczne.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. tłumaczy to, że nie można wyznaczyć absolutnie dokładnie mierzonej wielkości, a każdy pomiar charakteryzuje się skończoną precyzją i dokładnością, 2. rozróżnia pojęcia dokładności i precyzji pomiarów, 3. dostrzega, na czym polegają różnice pomiędzy precyzją i dokładnością, 4. widzi związki tych pojęć z błędami przypadkowymi i systematycznymi w pomiarach, 5. potrafi określić precyzję i dokładność pomiaru w konkretnych przypadkach.
Strategie nauczania:	nauczanie przez dociekanie IBSE
Metody nauczania:	nauczanie przez dociekanie IBSE
Formy zajęć:	- praca całego zespołu klasowego, - praca w małych grupach, wspólna dyskusja.
Środki dydaktyczne:	- komputer z rzutnikiem, - tablice z Multimedium do tego e-materiału.
Materiały pomocnicze:	można rozważyć rzucanie lotkami do tarczy
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Zapytanie uczniów jak rozumieją pojęcia dokładność i precyzja pomiarów. Krótka dyskusja. Wytlumaczenie, że to nie jest to samo.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel podaje definicję dokładności i precyzji pomiaru. Uczniowie zapoznają się z grafiką. Uczniowie w grupach poszukują konkretnych przykładów dokładności i precyzji pomiaru.	
Faza podsumowująca:	
Wspólna praca. Każda grupa prezentuje znalezione przez siebie przykłady. Każdy z nich jest krótko dyskutowany. Podsumowanie i wnioski - zapisanie podstawowych cech dokładności i precyzji. Dyskusja zadania Nr 8. z zestawu ćwiczeń.	
Praca domowa:	
Rozwiązanie indywidualne wybranie kilku z podanych tu zadań.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Tablica zbiorcza z Multimedium mogłaby być prezentowana np. przez tydzień na monitorze w pracowni fizyki w celu utrwalenia pojęć dokładności i precyzji w pamięci uczniów.
--	---