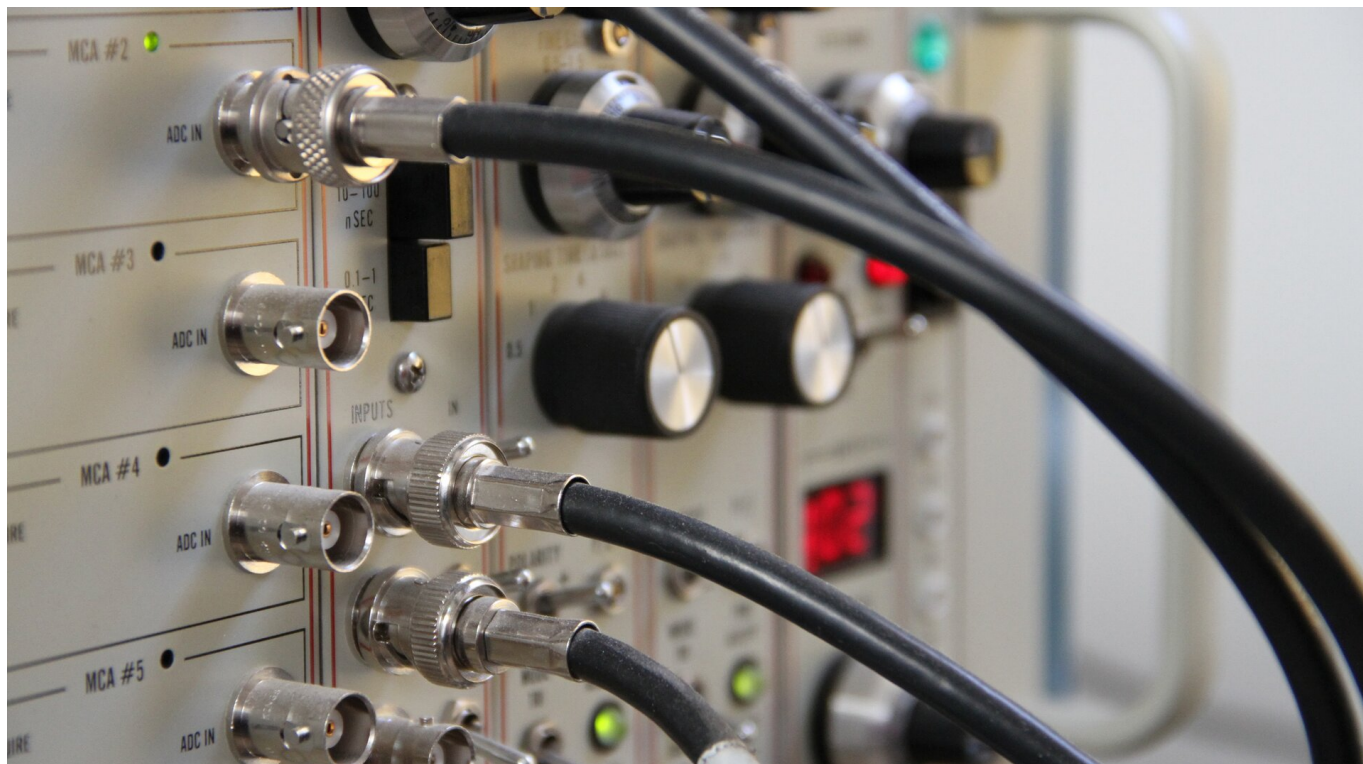
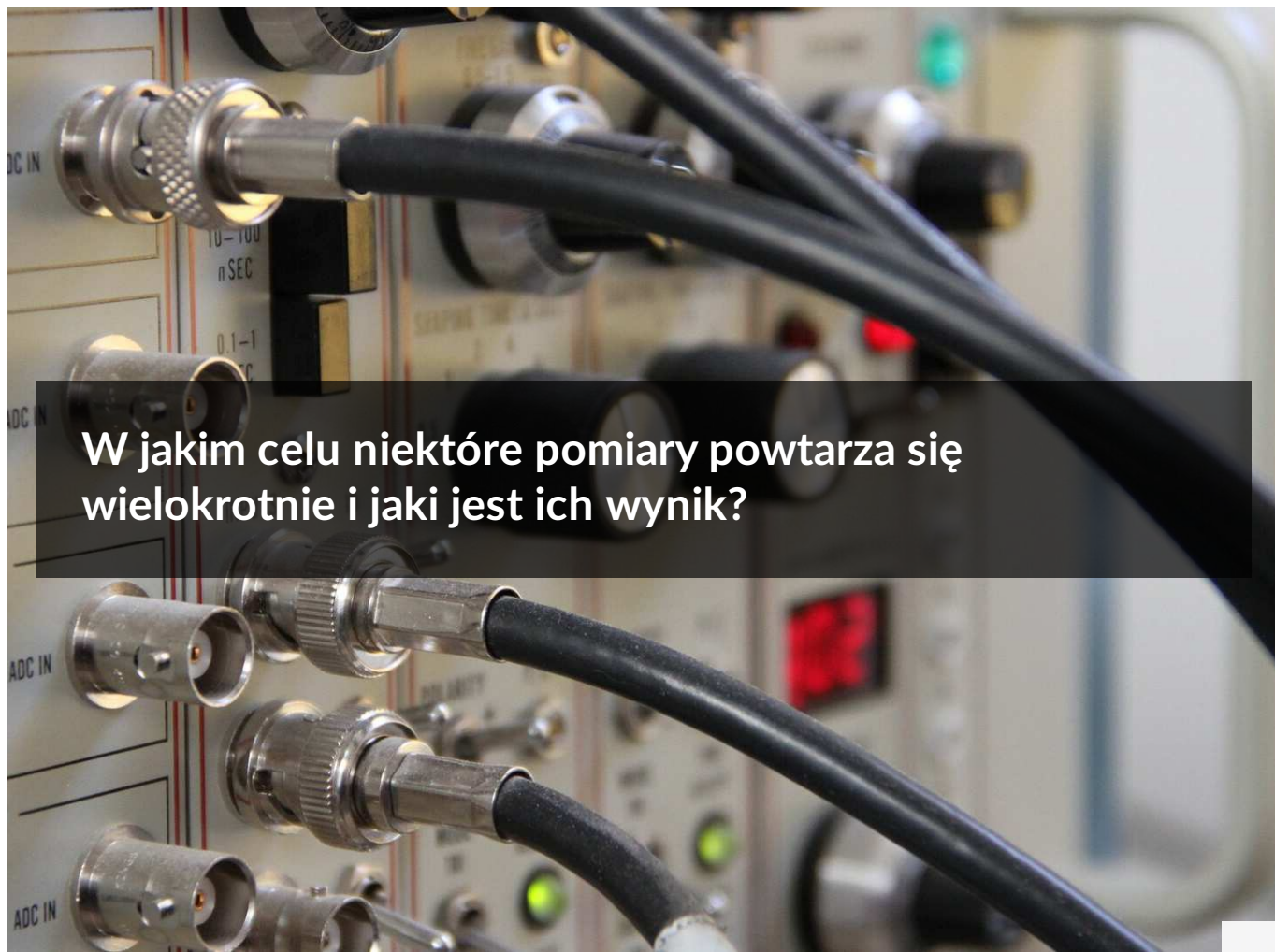




W jakim celu niektóre pomiary powtarza się wielokrotnie i jaki jest ich wynik?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Gra edukacyjna (gamifikacja, grywalizacja)
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

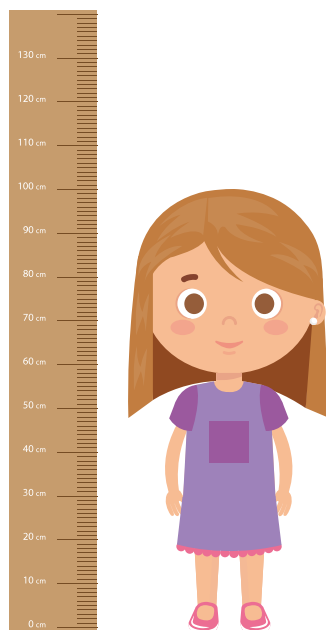


W jakim celu niektóre pomiary powtarza się wielokrotnie i jaki jest ich wynik?

Czy to nie ciekawe?

Czy ma sens powtarzanie dwa razy tego samego pomiaru? Takie pytanie na pewno ma sens.

- *Tak, ma sens* – odpowiadam natychmiast.
- *Ale po co, by drugi raz dostać ten sam wynik?* – zapytasz.
- *Niekoniecznie! Pomiar wzrostu mojej wnuczki Basi powtarzam co kilka miesięcy już od paru lat. Za każdym razem wynik pomiaru jest inny i wiem, że następne pomiary też dadzą inne wyniki.*
- *Podam wartość liczbową, niepewność i jednostkę miary.* – odpowiem i dodam - *To jednak nie wszystko, bo przecież po to mierzę wzrost Basi co kilka miesięcy, żeby wiedzieć, ile urosła od ostatniego pomiaru. Wynik powinien więc zawierać jeszcze jedną informację – czas wykonania pomiaru, czyli w tym przypadku datę.*



Rys. a. Okresowe pomiary wysokości rosnącego dziecka są przykładem pomiaru powtarzanego. **Pomiaru powtarzanego** nie należy mylić z **pomiarem powtarzalnym**. Cechę powtarzalności pomiaru wysokości dziecka można byłoby sprawdzić, mierząc jego wzrost kilkakrotnie w ciągu jednego dnia i wykorzystując do tego różne metody pomiarowe (np. posługując się taśmą mierniczą lub centymetrem krawieckim).

W tym materiale zajmujemy się tzw. **pomiarami powtarzanymi**, które stanowią ważną klasę pomiarów fizycznych i której nie należy mylić z cechą **powtarzalności pomiarów**, o której mówiliśmy w wielu innych e-materiałach.

Twoje cele

Dzięki lekturze tego tekstu:

- wyjaśnisz, w jakich sytuacjach i w jakim celu powtarza się pomiary wielkości fizycznych i nie tylko fizycznych,
- wyjaśnisz, jakie informacje można uzyskać poprzez wielokrotne powtarzanie pomiarów,
- rozróżnisz pomiary powtarzalne od powtarzanych,
- ocenisz, jak wiele razy należy powtórzyć wykonanie pomiaru, by uzyskać wiarygodne informacje o badanym układzie lub zjawisku,
- zapiszesz i zilustrujesz wyniki powtarzanych pomiarów w postaci tabeli i wykresu.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Reguła: Jeśli jest to możliwe, zawsze dobrze jest powtórzyć pomiar.

Warto pamiętać o tej regule, ponieważ, jeśli drugi raz wykonujesz ten sam pomiar, zawsze uzyskujesz ważne informacje. Masz bowiem dwie możliwości:

1. Wynik drugiego pomiaru jest taki sam, jak wynik pomiaru pierwszego,
2. Wynik drugiego pomiaru różni się od wyniku pomiaru pierwszego.

W pierwszym przypadku (I)

Ta sama wartość otrzymana po raz drugi świadczy o tym, że:

1. Dokładność urządzenia pomiarowego jest mniejsza niż wpływ na wynik pomiaru innych (na ogół przypadkowych) czynników, które **zawsze** działają na badany obiekt (lub zjawisko), choć **nie zawsze** zdajemy sobie z tego sprawę. W rezultacie wpływ tych czynników pozostaje niezauważony. Oczywiście niekoniecznie jest to coś złego, bo nadmiar informacji też bywa niepożądany.
2. W czasie pomiędzy pierwszym i drugim pomiarem badany obiekt lub zjawisko nie uległy zmianie o więcej niż wynosi dokładność pomiaru.
3. Jeśli drugi pomiar wykonany był w innym miejscu (a więc i warunkach) niż pierwszy, to mierzona własność badanego obiektu lub zjawiska mieści się w granicach dokładności pomiaru i jest taka sama w obu przypadkach.

W drugim przypadku (II)

Różnica między wynikami pierwszego i drugiego pomiaru świadczy o tym, że:

1. Na mierzony obiekt lub zjawisko działają różne czynniki, które mają na wynik pomiaru większy wpływ niż wynosi dokładność urządzenia pomiarowego i dlatego zostają one zarejestrowane.
2. W czasie pomiędzy pierwszym a drugim pomiarem mierzona wielkość uległa zmianie o więcej niż wynosi dokładność pomiaru.
3. Mierzona własność badanego obiektu lub zjawiska różni się o więcej niż wynosi dokładność pomiaru w miejscach, gdzie pomiary były wykonane.

Jak powinniśmy postąpić w pierwszym, a jak w drugim z tych przypadków?

W przypadku I.1. nie ma sensu dalsze powtarzanie pomiarów, bo wiadomo, że otrzymamy te same wartości. Należy jednak oszacować dokładność pomiaru na podstawie informacji

o dokładności przyrządu pomiarowego. Warto też pomyśleć, czy dokładność pomiaru nas zadowala.

W przypadkach I.2. i I.3. warto wykonać kolejny pomiar w innym czasie i (albo) miejscu. W ten sposób albo potwierdzimy niezależność uzyskanego wyniku pomiaru od miejsca i czasu jego wykonania, albo zauważymy, że wynik pomiaru zależy jednak od miejsca i (albo) czasu, co będzie ważną informacją – wymagającą dalszych pomiarów i analiz.

Przypadki II.1–3. są nieco bardziej skomplikowane.

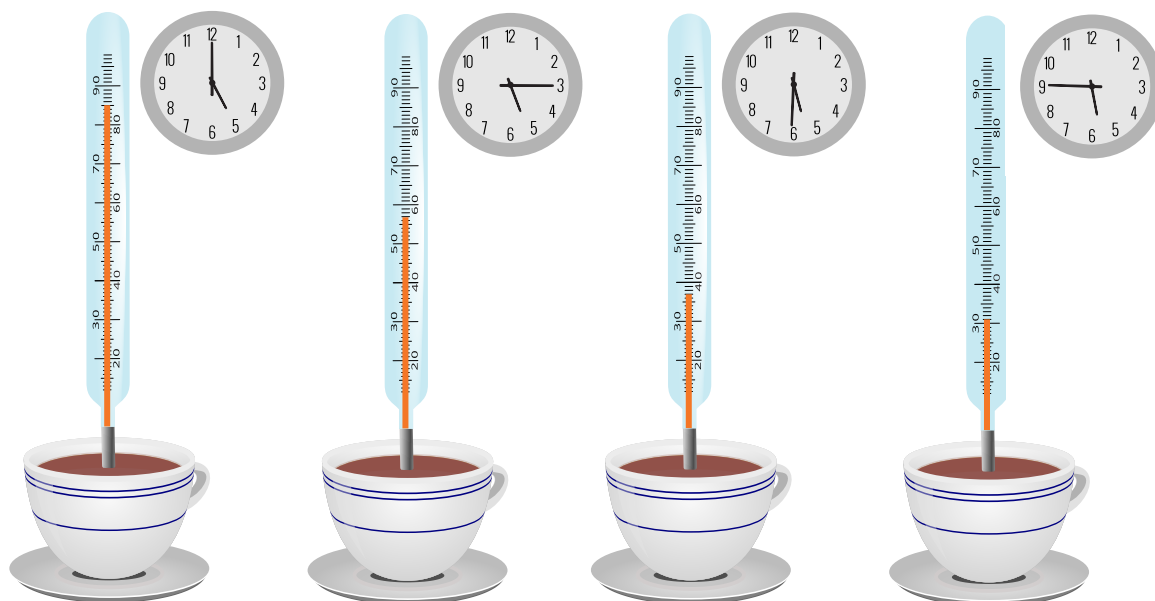
Jeśli mamy do czynienia z sytuacją opisaną w punkcie II.1., to warto powtórzyć pomiar jeszcze raz. Otrzymując bowiem dwa różne wyniki w tych samych warunkach, mamy prawo przypuszczać, że jeden z wyników jest błędny. Jeśli jednak kolejne pomiary też dadzą różne wyniki, należy wykonać serię pomiarów, wyznaczyć wartość średnią i oszacować jej niepewność – zgodnie z procedurą szacowania niepewności serii pomiarów. W rezultacie nasz pomiar jest dokładniejszy i bardziej wiarygodny od pojedynczego pomiaru.

Jeśli przyczyna różnicy wyników wynika z sytuacji opisanej w punktach II.2. lub II.3., to należy zbadać, co spowodowało zmiany własności obiektu mierzonego w czasie pomiędzy pomiarami lub jak mierzona własność zależy od miejsca wykonania pomiaru. Zareagować należy zgodnie z celem badawczym, którego elementem było wykonanie pomiarów. Zwykle będzie się to wiązało z wykonaniem serii pomiarów w różnym czasie i (lub) w różnych miejscach. Zapis wyniku każdego pomiaru powinien zatem zawierać informację o czasie i miejscu jego wykonania. Wyniki takich pomiarów mogą być podstawą badania rozwoju procesów w czasie i przestrzeni.

Poniższe przykłady ilustrują to, o czym dotychczas powiedzieliśmy.

Przykład 1

Do filiżanki wlano gorącą herbatę i wykonano kilka pomiarów temperatury, w odstępach czasu co 15 minut. Na Rys. 1. w schematyczny sposób ilustruje to, co zaobserwowano – herbata w filiżance oddaje ciepło otoczeniu i stygnie (jej temperatura zmienia się – maleje). Doświadczenie to jest przykładem przypadku II.b. spośród omawianych powyżej.



Rys. 1. Ilustracja do Przykładu 1 (opis w tekście).

Powiesz zapewne: „Herbata stygnie, więc temperatura się zmniejsza. Co w tym ciekawego?”.

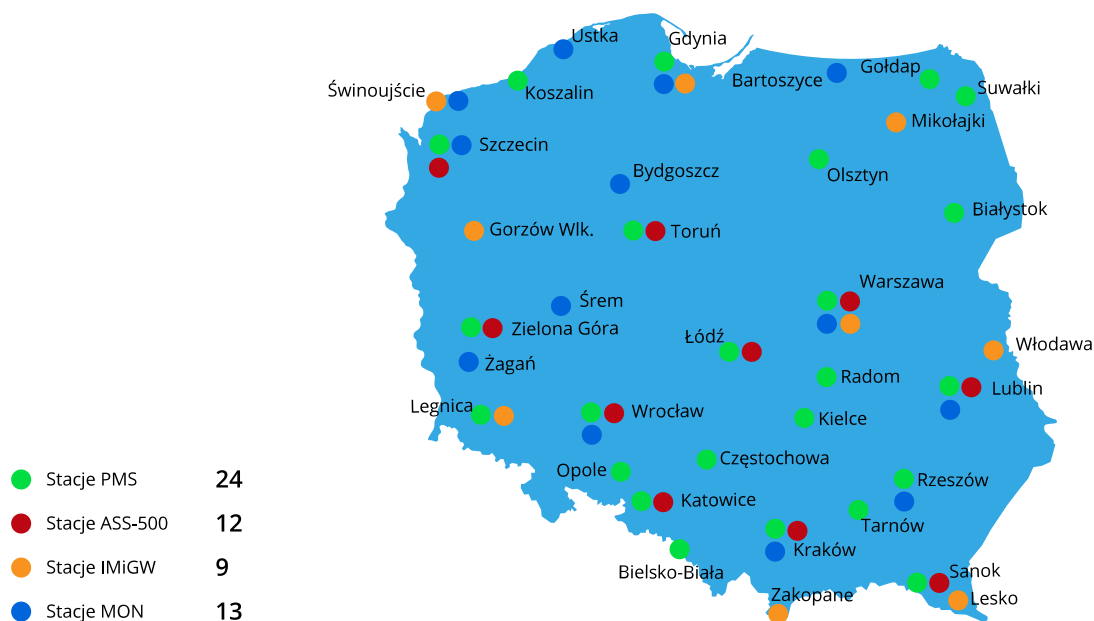
Zauważ jednak, że najpierw herbata stygnie szybko, a potem powoli. Dlaczego tak się dzieje? Spytałem jeszcze: *Czy dostrzegasz związek zmian temperatury herbaty ze zmianami amplitudy drgań rozciągniętej i puszczanej swobodnie sprężyny lub struny gitarowej, zmianą w czasie aktywności promieniotwórczego źródła, a rozładowywaniem się kondensatora itd.? Spróbuj znaleźć i nazwać wspólną cechę tych procesów i powiedz, od czego zależy szybkość ich zachodzenia.*

Powiem Ci, że wszystkie te procesy należą do klasy tzw. **procesów relaksacyjnych** tj. zmierzających do stanu równowagi po wcześniejszym odchyleniu ich z tego stanu. Wytrąceniem ze stanu równowagi może być: zmiana temperatury wody względem temperatury otoczenia, rozciągnięcie sprężyny, naładowanie kondensatora. **Szybkość zachodzenia tych procesów jest - w ramach często przyjmowanego modelu - proporcjonalna do wartości aktualnego odchylenia od stanu równowagi.** To dlatego na początku proces przebiega szybko, ale w miarę upływu czasu jego szybkość ta zmierza do zera. Aby to stwierdzić, **trzeba ten sam pomiar (owego odchylenia) powtórzyć wiele razy, oczywiście w różnych chwilach czasu.** Wtedy okaże się, że część takich procesów (w szczególności - tłumione drgania, rozpad promieniotwórczy oraz wyrównywanie temperatur przez wymianę ciepła z otoczeniem) opisywane są wyrażeniami matematycznymi, które łączy pewne podobieństwo - obecność funkcji wykładniczej czasu. Należy pamiętać, że jest to wspólna matematyczna cecha modeli w ramach różnych praw fizyki. Można to uważać za przejaw piękna fizyki i matematyki, a na pewno można zbadać zgodność rzeczywistych układów fizycznych z modelem relaksacji, powtarzając wiele razy ten sam pomiar.

W tym przykładzie chodzi o zbadanie zależności przestrzennych, a nie czasowych, wykonywanych pomiarów. Te same pomiary powtarzano bowiem w podobnym czasie, ale w wielu miejscach Polski.

[illegible]

Przyjrzyj się też mapie Polski, pokazanej na Rys. 3., na której zaznaczone są różne miejscowości. Przeczytaj podpis umieszczony pod tym rysunkiem.



Rys. 3. Lokalizacja stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych. Nazwy stacji mają charakter specjalistyczny, związany z rodzajem wykrywanego promieniowania.

Z Rys. 3. wynika, że rozmieszczenie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych jest równomierne na terenie całego kraju. Stacje te są wyposażone w układy pomiarowe, które mierzą promieniotwórcze skażenia powietrza. Pomiary powtarzane są regularnie, a wyniki przesyłane do Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, gdzie analizowana jest sytuacja radiologiczna kraju. Oczywiście każdy pomiar zawiera informacje o miejscu i czasie jego wykonania. To dzięki tym pomiarom po awarii w Czarnobylu (w kwietniu 1986 r.) stwierdzono skażenie powietrza w północnej części Polski i to właśnie te stacje stwierdziły zwiększenie skażenia w Polsce w trzy tygodnie po awarii elektrowni w Fukushima (w marcu 2011 r.).

Pomiary wykonywane wielokrotnie i w wielu miejscach dostarczają informacji o zależnościach mierzonej wielkości (np. stopniu skażenia promieniotwórczego) **zarówno w przestrzeni** (odpowiednio: lokalizacja stacji pomiarowej), **jak i w czasie** (data i godzina wykonania pomiaru). W ten sposób pozwalają **zlokalizować** zmianę wielkości mierzonej i **stwierdzić, kiedy** ta zmiana nastąpiła.

Warto zauważyć, że do klasy wielokrotnie wykonywanych pomiarów należą także pomiary „ciągłe”, działające z ludzkiego punktu widzenia „bez przerwy”, i na bieżąco podające wyniki pomiarów oraz umożliwiające ich zapis do odtworzenia w razie potrzeby. Takie pomiary są zwykle elementem systemów monitoringu i coraz częściej są stosowane w różnych dziedzinach działalności człowieka. Dla przykładu na Rys. 4. pokazana jest strona WWW stacji meteo zainstalowanej na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Stacja Meteo Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej

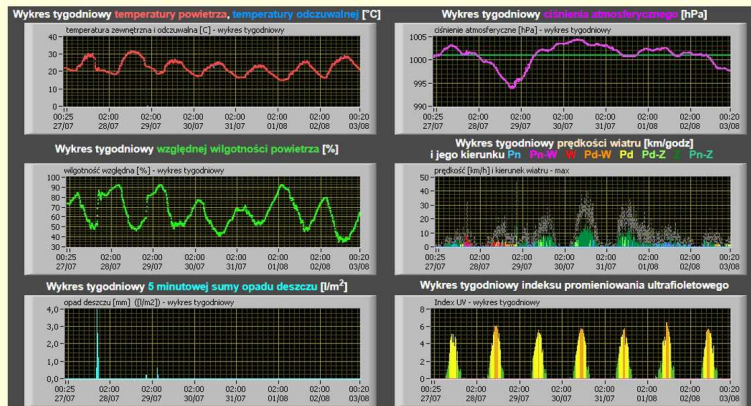


położenie stacji:
N 52° 13' 17,8"
E 21° 00' 26,1"
135m n.p.m.

Davis Pro2
zamontowała EOCOCLIMA
(1.02.2007)

dane są uaktualniane co 5 min
wersja mobilna

Wschód słońca 5:00		Ostatni pomiar (CEST=UTC+2:00) 2020-08-03 0:20				Zachód słońca 20:23	
Temperatura	Temperatura odczuwalna	Wilgotność	Ciepłota atmosferyczna	Prędkość i kierunek wiatru	Indeks UV	Nasłonecznienie	Opad deszczu
21,0 °C	21,0 °C	64 %	998 hPa	0,0 m/s w porywach do 0,9 m/s	0,0 Niski	0 W/m ²	0,0 l/m ² przez godzinę



© 2007-2020 WFF PW: dr inż. Waldemar Rajdański, dr inż. Radomir Kupeczak

Rys. 4. Fragment strony WWW „Stacja Meteo” Wydziału Fizyki PW.

Podsumowanie

Na koniec podsumujmy nasze rozważania i wyciągnijmy wnioski.

1. Każdy pomiar warto powtórzyć, jeśli tylko jest taka możliwość.
2. Przy powtarzaniu pomiaru przyczyny uzyskania zarówno tego samego, jak i innego wyniku mogą być różnorodne i powinny być przedmiotem rozpatrzenia i analizy.
3. Wykonanie serii pomiarów w tych samych warunkach pomiarowych umożliwia uzyskanie bardziej wiarygodnego wyniku i oszacowanie jego dokładności.
4. Powtarzanie pomiarów w różnym czasie umożliwia zbadanie rozwoju czasowego badanych procesów fizycznych.
5. Wykonując te same pomiary w różnych miejscach, możemy zbadać przestrzenny rozkład badanej wielkości fizycznej.
6. Wykonanie tego samego pomiaru w różnych lokalizacjach i w różnym czasie umożliwia zbadanie rozkładu mierzonych wielkości w czasie i przestrzeni.

Powtórzenie pomiaru ma głęboki sens, bo powtarzne wykonanie tych samych czynności pomiarowych nie musi wcale prowadzić do powtórnego uzyskania tego samego wyniku. Żyjemy w świecie ustawicznych zmian zachodzących w czasie i przestrzeni. Prawa opisujące zjawiska zachodzące w przyrodzie mają zarówno charakter deterministyczny, jak i probabilistyczny (opisujący językiem statystyki zjawiska przypadkowe). Dysponując serią pomiarów, możemy zaobserwować prawidłowości dotyczące badanego zjawiska. Przykładem może być opisany tu proces stygnięcia herbaty albo rozmieszczenie bogactw naturalnych na terytorium kraju.

Ciekawostka

Przypomnijmy, jako podsumowanie, słowa Heraklita z Efezu:

„Niepodobna wstąpić dwukrotnie do tej samej rzeki”

Słowniczek

Metoda kolejnych przybliżeń

(ang.: *method of subsequent approximations*) metoda rozwiązywania złożonych problemów matematycznych, w której rozwiązanie uzyskiwane jest w wyniku wykonania wielu kolejnych kroków (iteracji) stopniowo przybliżających uzyskanie końcowego wyniku.

Procesy relaksacyjne

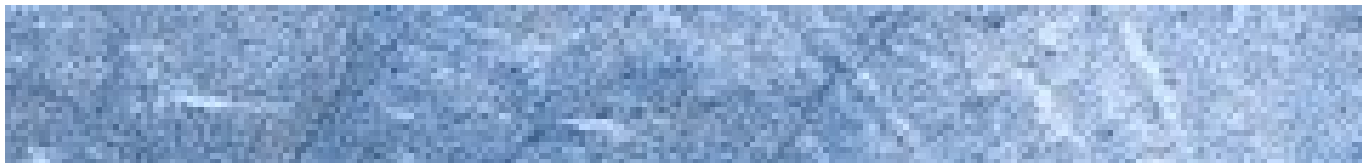
(ang.: *relaxation processes*) – procesy przechodzenia układu fizycznego od stanu wzbudzenia do stanu równowagi. Cechą wspólną i charakterystyczną tych procesów jest to, że szybkość zachodzenia procesu jest w każdej chwili proporcjonalna do aktualnej wartości odchylenia od stanu równowagi. Oznacza to, że początkowo proces przebiega szybko, ale stopniowo zwalnia, zaś równowaga osiągnięta jest – teoretycznie – po czasie nieskończonym. Do procesów takich należą: drgania tłumione w obwodach mechanicznych, akustycznych, czy elektrycznych, procesy stygnięcia ciał, rozpadu promieniotwórczego, rozładowania kondensatora itp.

Wiarygodność pomiaru

(ang.: *measurement reliability*) cecha pomiaru pozwalająca uznać, że wykonując powtórnie i w tych samych warunkach dany pomiar lub serię pomiarów, uzyskamy takie same lub bardzo podobne wyniki.

Gra edukacyjna (gamifikacja, grywalizacja)

Zabaw się i zbadaj!



Test

Test wiedzy o pomiarach

Sprawdź swoją wiedzę dotyczącą pomiarów fizycznych biorąc udział w grze.

Poziom trudności:

łatwy

Limit czasu:

2 min

Twój ostatni wynik:

-

Uruchom

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Podane przykłady pomiarów przyporządkuj do właściwej kategorii pomiarów: powtarzanych lub powtarzalnych.

pomiary powtarzane

pomiary powtarzalne

wyniki matury 2020 w jednej z klas w pewnym liceum

pomiar temperatury topnienia lodu

notowania światowych indeksów giełdowych

pomiar okresu drgań wahadła matematycznego

pomiar współczynnika tarcia statycznego

rejestracja stopy bezrobocia w Polsce w okresie 1990-2020

pomiar okresu drgań tłumionego oscylatora harmonicznego

pomiar średniej temperatury w Polsce w miesiącu styczniu

Ćwiczenie 2



Na jednej ze stron internetowych zauważasz następujące stwierdzenie: *Wartość średnia z wielu pomiarów jest bliższa prawdziwej wartości mierzonej wielkości fizycznej niż wynik pojedynczego pomiaru*. Czy stwierdzenie to jest zawsze prawdziwe, czy nie? Zaznacz prawidłową odpowiedź.

☐ To stwierdzenie może być prawdziwe, ale nie musi.

☐ Tak. To stwierdzenie jest zawsze prawdziwe .

☐ Nie. To stwierdzenie nigdy nie jest prawdziwe.

Ćwiczenie 3



W przypadku pomiarów powtarzalnych korzyści wynikające z wykonania serii pomiarów obejmują na przykład to, że... (zaznacz poprawne odpowiedzi)

☐ potrafimy oszacować błędy systematyczne metody pomiarowej.

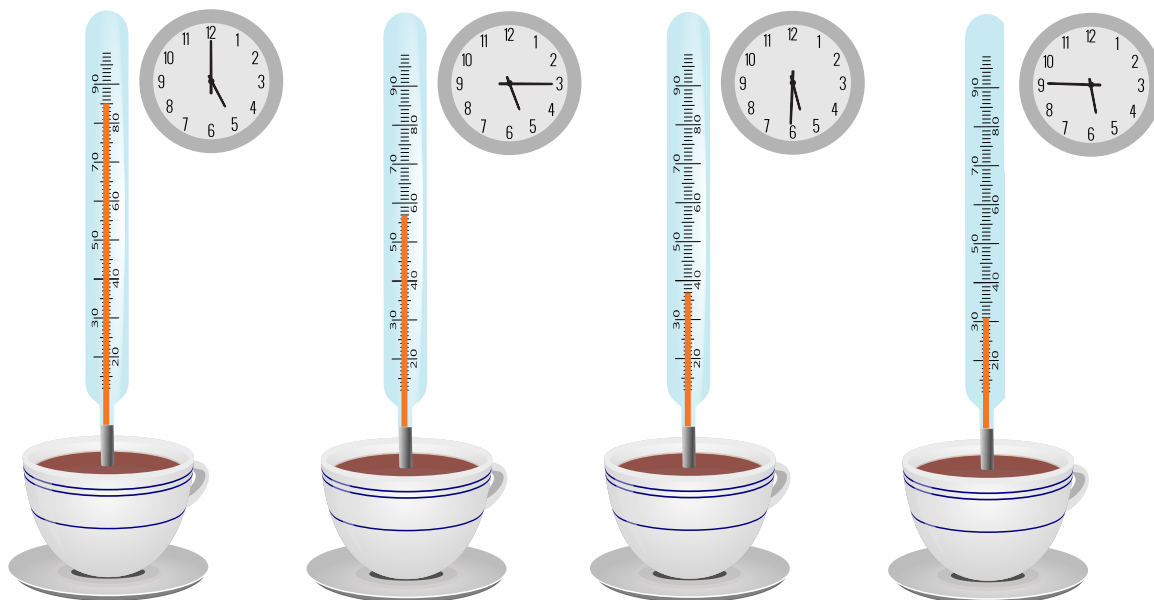
☐ jeśli błędy systematyczne są zanedbywalnie małe, to wyliczając odchylenie standardowe wartości średniej można oszacować niepewność pomiaru.

☐ dowiadujemy się o wielkości błędów przypadkowych w naszym pomiarze.

Ćwiczenie 4



Pewien fascynat fizyki wykonał serię pomiarów temperatury herbaty w filiżance (zob. zamieszczony rysunek). Dzięki tym pomiarom dowiedział się, że... (zaznacz prawidłowe stwierdzenia).



- ☐ zmiana temperatury w określonym przedziale czasu następuje szybciej, gdy różnica temperatur pomiędzy herbatą i otoczeniem (powietrzem w pokoju) jest większa.
- ☐ termometr reaguje z opóźnieniem na zmianę temperatury wody.
- ☐ charakter zmian temperatury (najpierw szybko, potem wolno) zależy od ilości herbaty w filiżance.
- ☐ na początku zmianv temperatury zachodza szybko. ale potem ich tempo maleie.

Ćwiczenie 5



Mam w domu termometr, który pokazuje aktualną temperaturę za oknem, a oprócz tego jeszcze dwie inne temperatury (jakie?). Na tym urządzeniu znajduje się też przycisk, który naciskam tylko raz na dobę - zazwyczaj przed pójściem spać - choć mógłbym to robić zarówno częściej, jak i rzadziej. Zastanów się, jakie może być przeznaczenie tego przycisku i co mogą oznaczać te dodatkowe dwie wartości temperatury, skoro za oknem mam tylko jeden czujnik temperatury? Spośród podanych sugestii wybierz tę, która wydaje się najrozsądniejsza.



- ☐ Te dwa zagadkowe wskazania to wskazania termometru odpowiadające dwóm ostatnim naciśnięciom przycisku.
- ☐ Te dwie wartości to temperatury z ostatnich dwóch godzin.
- ☐ Te dwie wartości oznaczają temperaturę za oknem odnotowaną w południe i o północy. Naciśnięcie przycisku powoduje wyzerowanie tych wskazań.
- ☐ Te dwie wartości to temperatury: maksymalna i minimalna między kolejnymi naciśnięciami przycisku, powodującymi ich wyzerowanie.

Ćwiczenie 6



Wykonujesz pomiar natężenia promieniowania jonizującego z pomocą radiometru w różnych miejscach w mieście. W jednym miejscu wynik jest większy o 300% niż w innych. Jak reagujesz?

- ☐ Informujesz okolicznych mieszkańców o niebezpieczeństwie.
- ☐ Ignorujesz ten wynik; nic nie robisz.
- ☐ Dajesz informację do prasy.
- ☐ Zapamiętujesz to miejsce i powtarzasz pomiar następnego dnia.
- ☐ Uciekasz szybko z tego miejsca.
- ☐ Informujesz o tym Państwową Agencję Atomistyki.

Ćwiczenie 7



Mój dozymetr mierzy moc dawki efektywnej i co kilka sekund aktualizuje wynik pomiaru. Poniżej podaję wartości odczytanych kolejno wyników w $\mu\text{Sv/h}$ (mikrosiwertach na godzinę):

0,173; 0,158; 0,143; 0,136; 0,151; 0,143; 0,136; 0,165; 0,158; 0,173; 0,188; 0,203;
0,158; 0,196; 0,180; 0,173; 0,143; 0,136; 0,165; 0,093; 0,115; 0,108; 0,122; 0,136; 0,151;
0,136; 0,151; 0,165; 0,136; 0,143

Na rysunku poniżej pokazanych jest kilka przykładów odczytu ze skali dozymetru. Pomiary te wykonałem w tym samym miejscu i (prawie) w tym samym czasie. (Nie martw się, że na razie nie wiesz, co to jest moc dawki. Prawidłowości w wartościach tych liczb i bez tej informacji możesz zaobserwować. A swoją drogą, „moc dawki promieniowania” warta jest kliknięcia w Google.)

Popatrz uważnie na te liczby i postaraj się zaobserwować zawarte w nich prawidłowości. Ustosunkuj się potem do poniższych uwag, które informują, że te wyniki:

☐

stanowią dowód statystycznego charakteru tego promieniowania

☐

są przykładem pomiaru powtarzalnego, który cechują duże fluktuacje.

☐

nic nie mówią, są to liczby przypadkowe

☐

☐ mogą być rezultatem przeliczenia innej wielkości na moc dawki

☐ pokazują nieregularne zmiany w zakresie kilkudziesięciu procent

☐ pokazują nieregularne zmiany w zakresie kilku procent

☐ pokazują, że promieniowanie jest niebezpieczne

☐ pokazują malejącą tendencję

☐ pokazują rosnącą tendencję

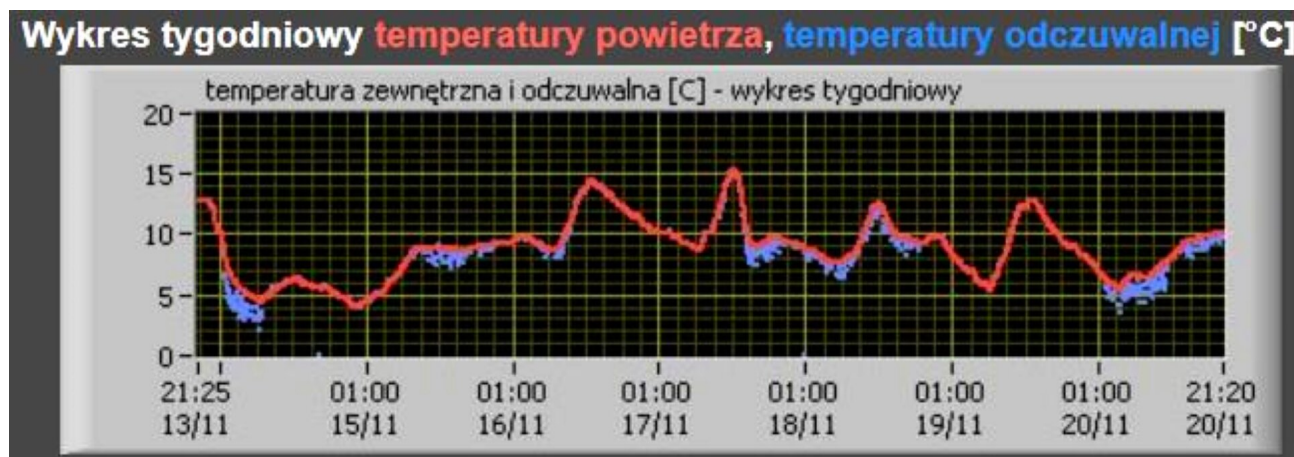
☐ wskazują na uszkodzenia dozymetru

☐ są wielokrotnością jakiejś wielkości

Ćwiczenie 8



Na zamieszczonym rysunku pokazano „Wykres tygodniowy temperatury...”. Jest to powiększony fragment ilustracji pokazanej na Rys. 4. i wziętej ze strony WWW stacji Meteo na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.



Poniżej podano wnioski z analizy tego wykresu. Zastanów się, z którymi z nich się zgadzasz, a z którymi nie. Swoje przemyślenia możesz zapisać w poniższym formularzu. Gdy to zrobisz, zapoznaj się z zamieszczonymi wyjaśnieniami.

- W większości dni temperatura w środku dnia jest wyższa niż w nocy. Różnica wynosi około 5 stopni.
- W większości dni wzrost temperatury następuje szybciej niż opadanie.
- 15.11 zanotowano lekki wzrost temperatury w nocy.
- Najzimniej jest w godzinach późnonocnych - wczesnoporannych (od czwartej do szóstej).
- Temperatura odczuwalna jest zawsze niższa od temperatury zmierzonej.
- Widać wyraźną korelację pomiędzy obniżaniem się temperatury odczuwalnej, a prędkością wiatru pokazaną na Rys. 4.
- W dniu 19. listopada temperatura odczuwalna była równa zmierzonej, a prędkość wiatru była bardzo mała.
- Na początku i na końcu tygodnia było ogólnie chłodniej niż w środku tygodnia.
- Tylko raz temperatura przekroczyła 15 stopni. Było to 17. listopada
- Najniższa temperatura była około północy 14.11 i wynosiła 4 stopnie.



Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Jan Pluta
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	W jakim celu niektóre pomiary powtarza się wielokrotnie i jaki jest ich wynik?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź

	problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;
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. wyjaśnia, w jakim celu powtarza się pomiary, 2. planuje działania, jakie należy podjąć w zależności od wyników uzyskiwanych przy powtarzaniu pomiarów, 3. analizuje i wyciąga wnioski z pomiarów powtarzalnych i powtarzanych, 4. rozwiązuje problemy naukowe i techniczne metodą wykonania serii pomiarów.
Strategie nauczania:	obserwacyjno-eksperymentalna
Metody nauczania:	Lekcja oparta na przykładach podawanych i dyskutowanych przez uczniów z inspiracji prowadzącego. Równocześnie – obserwacja stygnięcia wody i systematyczne pomiary jej temperatury.
Formy zajęć:	wspólna praca całej grupy

Środki dydaktyczne:	układ do wykonania doświadczenia ze stygnięciem wody, ew. kilka takich układów do wykonania doświadczenia w kilkusobowych grupach.
Materiały pomocnicze:	- czajnik do zagotowania wody, - szklanka z wodą, - termometr, - stoper.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie przez nauczyciela według treści części „Czy to nie ciekawe?” e-materiału.	
Faza realizacyjna:	
• Wspólna dyskusja o przykładach potrzeby powtarzania pomiarów w różnych przypadkach spotykanych w problemach: naukowych i technicznych, ale także w różnych dziedzinach aktywności człowieka. • Uruchomienie pomiaru stygnięcia wody i obserwacja tempa zmiany temperatury. • Alternatywnie – pomiar temperatury w różnych miejscach sali lekcyjnej. • Równocześnie dyskusja o różnych przykładach pokazujących potrzebę wykonania serii pomiarów.	
Faza podsumowująca:	
Wykonanie wykresu pokazującego zmianę temperatury wody w czasie. Porównanie temperatur zmierzonych w różnych miejscach w klasie. Omówienie potrzeb i korzyści powtarzania pomiarów w funkcji czasu i miejsca ich wykonania.	
Praca domowa:	
Wykonanie pomiarów temperatury przez uczniów w domu w różne dni tygodnia i o różnych porach dnia. Wyciągnięcie wniosków. Dla chętnych: Gra edukacyjna zaproponowana w tym e-materiale.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Multimedium – grę edukacyjną uczniowie mogą wykorzystać na lekcji lub (jak zaproponowano w tym scenariuszu) może być ona użyta w charakterze pracy domowej.