

Jakie mogą być źródła niepewności pomiarowych?

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



Jakie mogą być źródła niepewności pomiarowych?

## Czy to nie ciekawe?

Załączona fotografia (Rys. a.) przedstawia układ pomiarowy, który chcę Ci zaprezentować. Nie zdziwię się jednak, jeśli zapytasz:

*- To chyba raczej zestaw do sprzątania laboratorium, bo co takiego może być mierzone z pomocą odkurzacza i chusteczek higienicznych?*

Obawiam się, że nie zgadniesz tego nawet, gdybyśmy zegrali w 20 pytań. Odpowiem więc od razu:

*- Na zdjęciu uwieczniono urządzenie, które mierzy coś bardzo istotnego dla naszego zdrowia - stężenie promieniotwórczego gazu - radonu - w powietrzu, którym oddychamy.*

Odkurzacze i chusteczki celulozowe odgrywają zasadniczą rolę w tym pomiarze. Przekonasz się o tym dzięki lekturze tego materiału.



Rys. a. Układ do pomiaru stężenia gazu promieniotwórczego - radonu - w powietrzu (zdjęcie zestawu wykorzystywanego w Laboratorium Podstaw Fizyki na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej).

## Twoje cele

Dzięki lekturze tego tekstu:

- poznasz przykład złożonego pomiaru, zawierającego wiele elementów stanowiących potencjalne źródła niepewności pomiarowych,
- zrozumiesz, jak duży wpływ na dokładność pomiaru mają elementy na pozór nieistotne,
- przeanalizujesz metody eliminacji niektórych źródeł niepewności pomiarowych,
- scharakteryzujesz źródła niepewności pomiarowych w różnych elementach procedury pomiarowej.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Na początek uwaga zasadnicza – należy pamiętać o tym, że liczba uzyskana w wyniku pomiaru nie jest nigdy wyznaczona absolutnie dokładnie. Dlatego **wynik pomiaru** musi zawsze zawierać informację o jego **niepewności** – bez tej informacji jest on **bezwartościowy**.

**Źródeł niepewności wyników pomiarów jest wiele i są one bardzo różnorodne. Co więcej, różne źródła niepewności mogą być od siebie zależne, co dodatkowo utrudnia analizę danych pomiarowych.**

Do najważniejszych źródeł niepewności pomiarowych należą:

1. niepełna definicja wielkości mierzonej,
2. niedoskonały układ pomiaru wielkości mierzonej,
3. niepełna znajomość oddziaływań otoczenia na pomiar,
4. błędy obserwatora w odczytywaniu wskazań przyrządów pomiarowych,
5. skończona zdolność rozdzielcza przyrządów pomiarowych,
6. niedokładne wartości przypisane wzorcom,
7. niedokładne wartości stałych i innych parametrów otrzymywanych ze źródeł zewnętrznych,
8. różnorakie przybliżenia i założenia upraszczające, tkwiące w [metodzie pomiarowej](#).

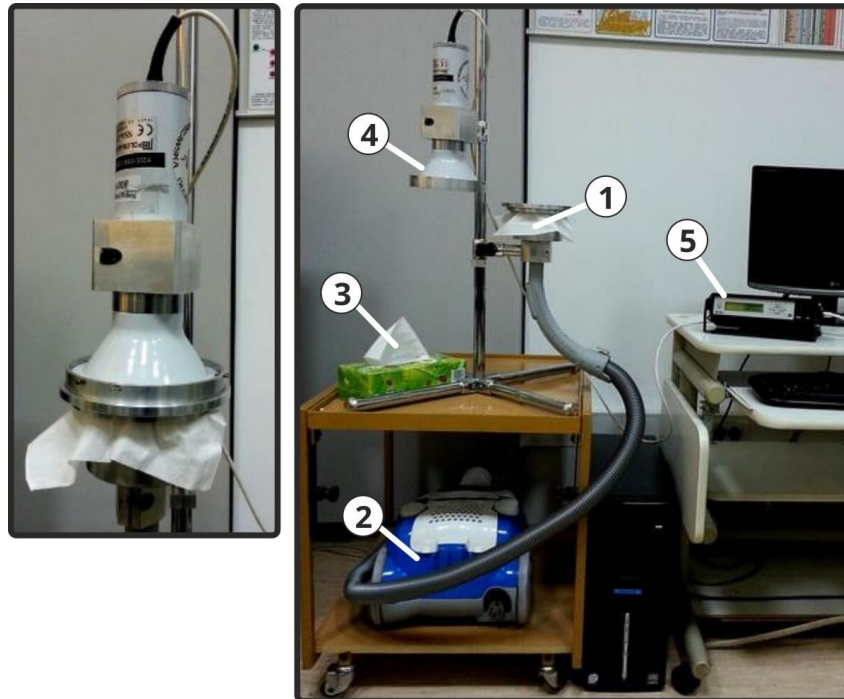
Szkolnymi przykładami źródeł niepewności pomiarowych zajmiemy się w części „Sprawdź się” tego e-materiału. W tej części chciałbym przedstawić Ci wyjątkowy przykład, z którym w szkole raczej się nie spotkasz. Przykład ten jest zaczerpnięty z laboratorium studenckiego na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Dzięki lekturze tego materiału poznasz pomiar, który zawiera wiele elementów i etapów realizacji i zobaczysz, jak wiele jest w nim źródeł niepewności pomiarowych. Niech Cię nie zraża, że niektóre terminy nie do końca będą dla Ciebie zrozumiałe. Najważniejsze z nich postaram się wyjaśnić, ale żywię też nadzieję, że obudzą one w Tobie chęć pełnego ich zrozumienia w przyszłości.

**Przedmiotem pomiaru będzie stężenie promieniotwórczego gazu (radonu) w powietrzu atmosferycznym.** Przebywanie w warunkach dużego stężenia radonu może być groźne dla zdrowia, dlatego pomiar taki jest interesujący nie tylko z punktu widzenia fizyki, ale także uświadomienia sobie potencjalnego zagrożenia.

Zawarty w powietrzu radon dostaje się do naszego organizmu przy oddychaniu. Stężenie radonu w powietrzu zależy od wielu różnorodnych czynników i jest na ogół większe w pomieszczeniach zamkniętych niż na zewnątrz. Zależy ono także od lokalizacji

i konstrukcji budynku. Dlatego sprawdzenie stężenia radonu w pomieszczeniach, gdzie spędzamy dużo czasu (np. pracujemy czy śpimy) jest tak ważne.

Spójrzmy raz jeszcze na nasz układ pomiarowy (Rys. 1.) i postarajmy się zrozumieć, jak on działa.



Rys. 1. Układ pomiarowy do wyznaczania stężenia radonu w powietrzu.

Zasysane przez odkurzacz (2) powietrze z pomieszczenia przechodzi przez filtr (1), którym jest chusteczka celulozowa (3). Znajdujące się w powietrzu radioaktywne produkty rozpadu radonu osadzają się przy tym na chusteczce. Ten etap pomiaru trwa zwykle ok. 15 minut. Następnie nasuwamy detektor (4) na podstawkę z filtrem (1), jak to jest pokazane na fotografii pomocniczej obok.

Uruchamiamy pomiar. Detektor rejestruje cząstki emitowane przez produkty rozpadu radonu osadzone na filtrze i zapisuje ich liczbę w pamięci radiometru (5). Liczba ta jest proporcjonalna do stężenia radonu w pomieszczeniu.

Jak widać, zasada pomiaru jest bardzo prosta.

Uzyskanie informacji ilościowej o wartości stężenia nie jest jednak takie proste. Aby wyznaczyć bezwzględną wartość stężenia radonu, trzeba wykonać szereg operacji dodatkowych. Wymieńmy te najważniejsze.

1. **Pomiar „tła”**, czyli wyznaczenie liczby zliczeń detektora przed uruchomieniem odkurzacza. Jest to konieczne, bo detektor rejestruje wszystkie cząstki naładowane, które do niego wpadają, a nie tylko te zebrane przez odkurzacz. Potem wyniki pomiaru tła odejmuje się od wyników pomiaru zasadniczego.

2. **Kalibracja detektora**, czyli wyznaczenie współczynnika, przez który należy pomnożyć zmierzoną liczbę zliczeń (po odjęciu „tła”), aby wyznaczyć inną wielkość zwaną „*stężeniem energii potencjalnej alfa*”. (Niech Cię ta nazwa nie straszy. Nazywam ją, bo traktuję Cię jak prawdziwego eksperymentatora, a nie tylko wykonawcę zadawanych do wykonania czynności.) Współczynnik ten określa się na podstawie kalibracji wzorcowej, wykonanej wcześniej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.
3. **Wyznaczenie stężenia radonu** - to ostatni etap, do wykonania którego wykorzystuje się rezultaty kalibracji i związek energii potencjalnej alfa ze stężeniem radonu w danych warunkach wykonywania pomiaru.

Każde z przedstawionych tu działań jest także źródłem niepewności pomiarowych. Omówmy teraz nieco bardziej szczegółowo niepewności występujące w tym pomiarze.

Jako pierwsze wymienimy niepewności wynikające z **własności obiektu mierzzonego**. W omawianym eksperymencie obiektem pomiaru jest radon, a dokładniej – jego stężenie w powietrzu. Stężenie to zależy od wielu czynników i zmienia się zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Pomiar wykonywane w różnych miejscach oraz w różnych porach dnia mogą dać różne wyniki. Wystarczy otwarcie okna, by zmieniło się stężenie radonu w pomieszczeniu. Trzeba o tym pamiętać i dlatego informacje: *gdzie, w jakich warunkach i kiedy wykonywany był pomiar, stanowią ważny element opracowania wyników pomiaru*.

**Własności metody pomiarowej** to kolejne źródło niepewności. Nie ma metod uniwersalnych. Każda ma dobre i złe strony i każda wprowadza do pomiaru jakieś niepewności. W przedstawionej metodzie pomiar nie dostarcza bezpośredniej informacji o stężeniu radonu, tylko o aktywności promieniotwórczej izotopów, które stanowią produkty jego rozpadu. Dopiero na podstawie tych danych oraz wykorzystując informacje dotyczące ustalania się równowagi promieniotwórczej w określonych warunkach pomiarowych, można wyznaczyć stężenie radonu. Każda z tych operacji jest również źródłem niepewności pomiarowych, które trzeba oszacować i przedstawić w dyskusji uzyskanych wyników.

Ważną cechą metody pomiarowej są też **granice stosowalności**. Opisywana metoda nie nadaje się do zastosowania w warunkach pozalaboratoryjnych. Trudno byłoby wykonać pomiar na zewnątrz budynku, a praktycznie niemożliwe byłoby jego przeprowadzenie w polu czy w lesie. Możliwości pomiarowe naszej metody nie obejmują także bardzo dużych, ani bardzo małych wartości stężenia radonu. W takich przypadkach należy używać innej aparatury. Przykładem mogą być mierniki do pomiarów w kopalniach, gdzie stężenia radonu bywają bardzo duże.

**Własności urządzeń pomiarowych** odgrywają zasadniczą rolę w uzyskaniu wyniku pomiaru i są kolejnym źródłem niepewności pomiarowych. Różne urządzenia pomiarowe w różny sposób pobierają informacje o własnościach obiektu mierzzonego. Jednak zawsze, aby tę informację pobrać, obiekt i instrument pomiarowy muszą w jakiś sposób na siebie

oddziaływać. Oczywiście *wspomniane oddziaływanie nie powinno istotnie zmieniać tej własności badanego obiektu, która jest przedmiotem pomiaru.*

Element aparatury pomiarowej, jakim jest odkurzacz, w oczywisty sposób zmienia warunki pomiarowe wywołując znaczny przepływ powietrza w pomieszczeniu. Z jednej strony – narusza to stabilność rozkładu stężenia radonu, jaki panował przed rozpoczęciem pomiaru. Nie możemy więc powiedzieć, że instrument pomiarowy nie wpływa na własności obiektu mierzonego. Z drugiej strony – uśrednia wyniki dla całego pomieszczenia, pracując przez 15 minut. Widać tu, jak ważne jest, aby wykonujący pomiar zdawał sobie sprawę z tego, co faktycznie zostało przez niego zmierzone.

**Przygotowanie pomiaru** to także element mogący mieć wpływ na wynik końcowy i jego niepewność. W naszym przypadku wykonanie pomiarów wymagało przygotowania filtrów, którymi są chusteczki celulozowe. Ich parametry (gęstość, grubość itp.) nie zawsze są takie same. Gdyby pomiar miał charakter badawczy, konieczne byłoby zastosowanie kalibrowanych filtrów. W warunkach laboratorium studenckiego to opiekun ćwiczenia podaje studentom wartość niepewności wynikającą z braku kalibracji.

**Omawiana procedura pomiarowa** ma też elementy uzupełniające, które wpływają na dokładność pomiaru. Jednym z nich jest wspomniany już pomiar tła, czyli taki sam pomiar, jak właściwy, ale bez badanej próbki. W naszym przypadku jest to pomiar wykonany przed uruchomieniem odkurzacza. Warto przy tym wydłużyć czas pomiaru tła w stosunku do pomiaru zasadniczego, a potem unormować wynik, dzieląc wynik pomiaru tła przez stosunek czasów trwania obu pomiarów.

**Czas zbierania danych i czas trwania pomiaru** zasadniczego jest w tym pomiarze niezwykle ważnym elementem procedury pomiarowej. Chodzi o to, że ilość produktów rozpadu radonu zebranych na filtry zależy od czasu ich zbierania, dlatego liczba cząstek zarejestrowanych przez detektor jest proporcjonalna do czasu trwania pomiaru, a niepewność tej liczby – do jej pierwiastka kwadratowego. Wynika z tego, że im większa jest liczba zarejestrowanych cząstek, tym mniejsza jest niepewność względna wyniku pomiaru. Wynika to wprost z faktu, że dla liczby naturalnej  $n$  mamy  $\sqrt{n} < n$ .

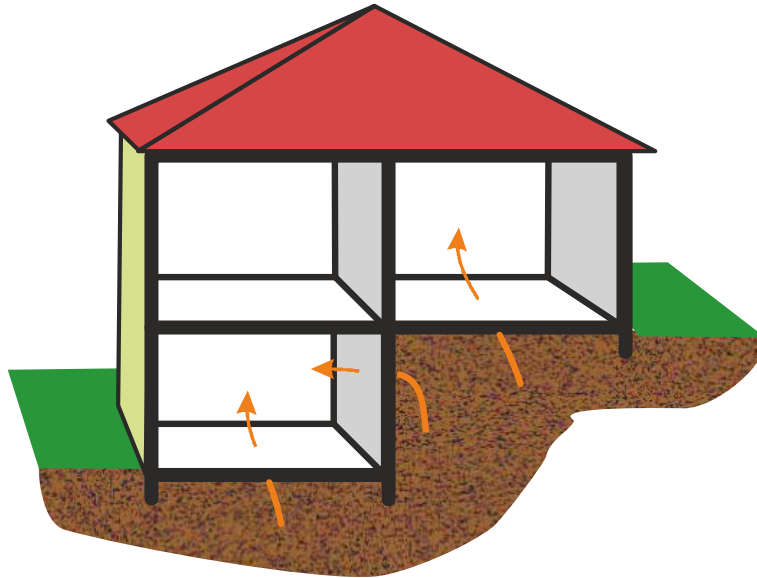
Jeśli jest taka możliwość, to zawsze warto **powtórzyć pomiar**. W naszym studenckim laboratorium czas trwania zajęć nie daje takiej możliwości, ale osoba prowadząca zajęcia ma możliwość porównania wartości wyników uzyskiwanych przez różne zespoły studentów w różnym czasie.

Na zakończenie wniosek praktyczny z pomiarów stężenia radonu. Zmierzone w naszym laboratorium wartości stężenia radonu nie stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka. Prawdą jest jednak, że pomiary, które są wykonywane w weekendy przez studentów studiów zaocznych, pokazują, że w soboty i niedziele stężenia radonu są większe niż w te odnotowane w dni robocze. Skąd ta różnica? Jest to spowodowane tym, że w weekendy ruch na Wydziale Fizyki jest o wiele mniejszy niż w pozostałe dni tygodnia. Zmniejszony

ruch oznacza słabszą wymianę powietrza i radon przedostający się do budynku z podłoża (Rys. 2.) kumuluje się w zamkniętych pomieszczeniach.

Wynika stąd ważny wniosek dla nas wszystkich:

**Dajmy o częste wietrzenie pomieszczeń, w których długo przebywamy!**



Rys. 2. Koncentracja radonu w powietrzu atmosferycznym na otwartym terenie jest zwykle bardzo mała. Natomiast radon, który powstaje w podłożu pod budynkami przenika przez szczeliny w podłodze, otwory na instalacje i gromadzi się w zamkniętych pomieszczeniach.

## Słowniczek

### metoda pomiarowa

(ang.: *measurement method*) ułożony w logiczny ciąg zestaw działań, których celem jest wyznaczenie wartości wielkości fizycznej, będącej przedmiotem pomiaru.

### błąd pomiaru

(ang.: *measurement error*) to różnica między wartością zmierzoną i rzeczywistą (prawdziwą), której z reguły nie znamy. Zasadnicze znaczenie pojęcia „błąd” jest jakościowe, jako nazwa dla faktu, że wartość mierzona różni się od rzeczywistej. W eksperymencie rozróżnia się trzy rodzaje błędów pomiarowych: systematyczne, przypadkowe i grube. Ilościową miarą błędu pomiarowego jest **niepewność pomiarowa**.

### niepewność pomiarowa

(ang.: *measurement uncertainty*) jest parametrem związanym w wyniku pomiaru charakteryzującym rozrzut wyników, który można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej (zob. również pojęcie „[niepewność pomiarowa standardowa](#)”). Do niedawna pojęcia „[błąd](#)” i „niepewność” były używane wymiennie. Ta praktyka jest przestarzała i powinna być zaniechana.

### **niepewność pomiarowa graniczna**

zwana dawniej niepewnością maksymalną - niepewność pomiaru wielkości fizycznej  $x$ , oznaczana symbolem  $\Delta x$ , związana z rozdzielczością i dokładnością przyrządu pomiarowego.

### **niepewność pomiarowa standardowa**

(ang.: *standard measurement uncertainty*) zwana również niepewnością standardową - niepewność pomiaru wielkości fizycznej  $x$ , oznaczana symbolem  $u(x)$ , związana z rozrzutem wyników, które można uzyskać w serii niezależnych pomiarów wykonanych w powtarzalnych warunkach. W przypadku pomiarów bezpośrednich mamy dwa rodzaje niepewności standardowych: [niepewność typu A](#) (wyznaczoną w oparciu o statystyczne metody opracowania wyników) i [niepewność typu B](#) (wyznaczoną w oparciu o naukowy osąd badacza wykonującego pomiary i biorącego pod uwagę dostępne informacje nt. rozdzielczości przyrządów pomiarowych, wyniki poprzednich pomiarów itd.).

### **niepewność standardowa typu A**

(ang.: *type A measurement uncertainty*) - w sytuacji, gdy wynik pomiaru bezpośredniego jest średnią arytmetyczną z serii pomiarów  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , oznaczaną przez  $\bar{x}$ , niepewność ta jest wyrażona odchyleniem standardowym wielkości średniej, oznaczanym przez  $\sigma_{\bar{x}}$ .

### **niepewność standardowa typu B**

(ang.: *type B measurement uncertainty*) - w sytuacji, gdy dysponujemy pojedynczym bezpośrednim pomiarem wielkości  $x$  z [niepewnością graniczną](#)  $\Delta x$ , niepewność ta jest równa:  $u(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$ .

### **paralaksa**

(ang.: *parallax*) niezgodność wyników odczytu pomiaru tej samej wielkości fizycznej będąca wynikiem obserwacji obiektu lub przyrządu pomiarowego z różnych kierunków.

# Grafika interaktywna

---

## Jakie mogą być źródła niepewności pomiarowych?

Wyobraź sobie, że planujesz wykonanie pomiaru pewnej wielkości fizycznej. Już na etapie planowania tego pomiaru musisz pamiętać, że równie ważne jak wynik pomiaru będzie oszacowanie jego niepewności.

Po zapoznaniu się z częścią „Warto przeczytać” tego materiału wiesz, że wiele czynników składa się na to, jaka będzie końcowa wartość niepewności pomiaru. Czynniki te, które nazywamy źródłami niepewności, mogą pojawiać się na wszystkich etapach procedury pomiarowej. Poniżej, na grafice interaktywnej, zamieszczamy ich krótkie zestawienie. Zapoznaj się z tym zestawieniem. Zauważ, że mądre planowanie pomiarów pozwala zmniejszyć (a niekiedy nawet wyeliminować) wpływ tych czynników na wyniki pomiarów.

ELEMENTY procedury pomiarowej i ŹRÓDŁA (przyczyny) niepewności pomiaru:

### Polecenie 1

Na załączonej grafice interaktywnej hasła reprezentujące elementy procedury pomiarowej zilustrowano rysunkami, które można odnieść do pomiaru wagi kul bilardowych. Czy potrafisz wyjaśnić, w jaki sposób rysunki te nawiązują do tych haseł, a w szczególności do powiązanych z nimi źródeł niepewności pomiarowych?

### Polecenie 2

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



W celu zmierzenia przyspieszenia ziemskiego  $g$  wykonujesz pomiar czasu  $t_{\text{spadania}}$  ciała z ustalonej wysokości  $h$ , mierząc stoperem czas, kiedy spadanie się rozpoczyna i kiedy kończy. Jakie są możliwe źródła błędów systematycznych, a jakie przypadkowych w tym pomiarze? Które z tych błędów można zmniejszyć lub wyeliminować? Jeśli nie pamiętasz, czym błędy systematyczne różnią się od przypadkowych, zajrzyj do podpowiedzi.

Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz lekcji

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Jan Pluta
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Jakie mogą być źródła niepewności pomiarowych?</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

<p><b>Podstawa programowa:</b></p>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.  II. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe.  Uczeń:  13) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności;  14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe.  Uczeń:  13) rozróżnia błędy przypadkowe i systematyczne;  14) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzanego;  15) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych i złożonych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności; uwzględnia niepewności przy sporządzaniu wykresów;  16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p>
<p><b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b></p>	<p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>

<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. wyjaśnia pochodzenie niepewności pomiarowych w pomiarach pośrednich i bezpośrednich,</li> <li>2. charakteryzuje źródła niepewności pomiarowych w różnych elementach procedury pomiarowej,</li> <li>3. ilustruje poznane niepewności pomiarowych przykładami z obserwacji w życiu codziennymi i/lub doświadczeniami wykonywanymi w pracowni szkolnej,</li> <li>4. analizuje metody zmniejszenia i/lub eliminacji wybranych źródeł niepewności pomiarowych.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	strategia nauczania: nauczanie przez dociekanie IBSE
<b>Metody nauczania:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dyskusja,</li> <li>- burza mózgów.</li> </ul>
<b>Formy zajęć:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- praca najpierw wspólna,</li> <li>- potem w małych grupach.</li> </ul>
<b>Środki dydaktyczne:</b>	komputer z rzutnikiem, animacja będąca elementem tego e-materiału
<b>Materiały pomocnicze:</b>	e-materiały : „Błąd przypadkowy, błąd systematyczny”, „Dokładność i precyzja dokonywania pomiarów”, „W jakim celu niektóre pomiary wykonuje się wielokrotnie i jaki jest ich wynik?”, „Jaką mamy pewność, że wynik pomiaru jest prawidłowy?”
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
Wprowadzenie przez prowadzącego zwracające uwagę, na możliwość pojawiania się niepewności pomiarowych na różnych etapach procedury pomiarowej – nie tylko w samym pomiarze.	
<b>Faza realizacyjna:</b>	

Uczniowie zapoznają się z tekstem „**Warto przeczytać**”.

Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają podany w tekście przykład.

Nauczyciel dzieli uczniów na grupy (maksymalnie 4-osobowe). Każda grupa proponuje jakiś pomiar i rozważa, jakie mogą być w nim źródła niepewności pomiarowych. Potem na forum klasy reprezentanci grup omawiają analizowane przykłady.

Aby usprawnić pracę uczniów nauczyciel może przed lekcją przygotować kilka propozycji pomiarów i w drodze losowania przydzielić je uczniom. Przykłady pomiarów: pomiar długości stołu, pomiar temperatury wody w szklance, pomiar wagi kul bilardowych, pomiar liczby osób widzianych przez okno sali lekcyjnej w czasie 5 min. itp.

#### **Faza podsumowująca:**

Uczniowie oglądają grafikę interaktywną dołączoną do tego materiału. Nauczyciel wspólnie z uczniami omawia zawartość grafiki. Podczas jej omawiania, każda z grup stara się dopasować zidentyfikowane wcześniej w przeanalizowanych przykładach źródła niepewności do tych, które zostały przedstawione na grafice.

#### **Praca domowa:**

Ćwiczenia z zestawu: dla wszystkich uczniów: 1,2 i 3, dla uczniów realizujących rozszerzony zakres podstawy programowej dodatkowo ćw. 7 i 8.

**Wskazówki  
metodyczne  
opisujące różne  
zastosowania  
danego  
multimedium:**

Multimedium ma charakter ogólny i może być wielokrotnie wykorzystane do analizy niepewności pomiarowych w różnych przykładach pomiarów.