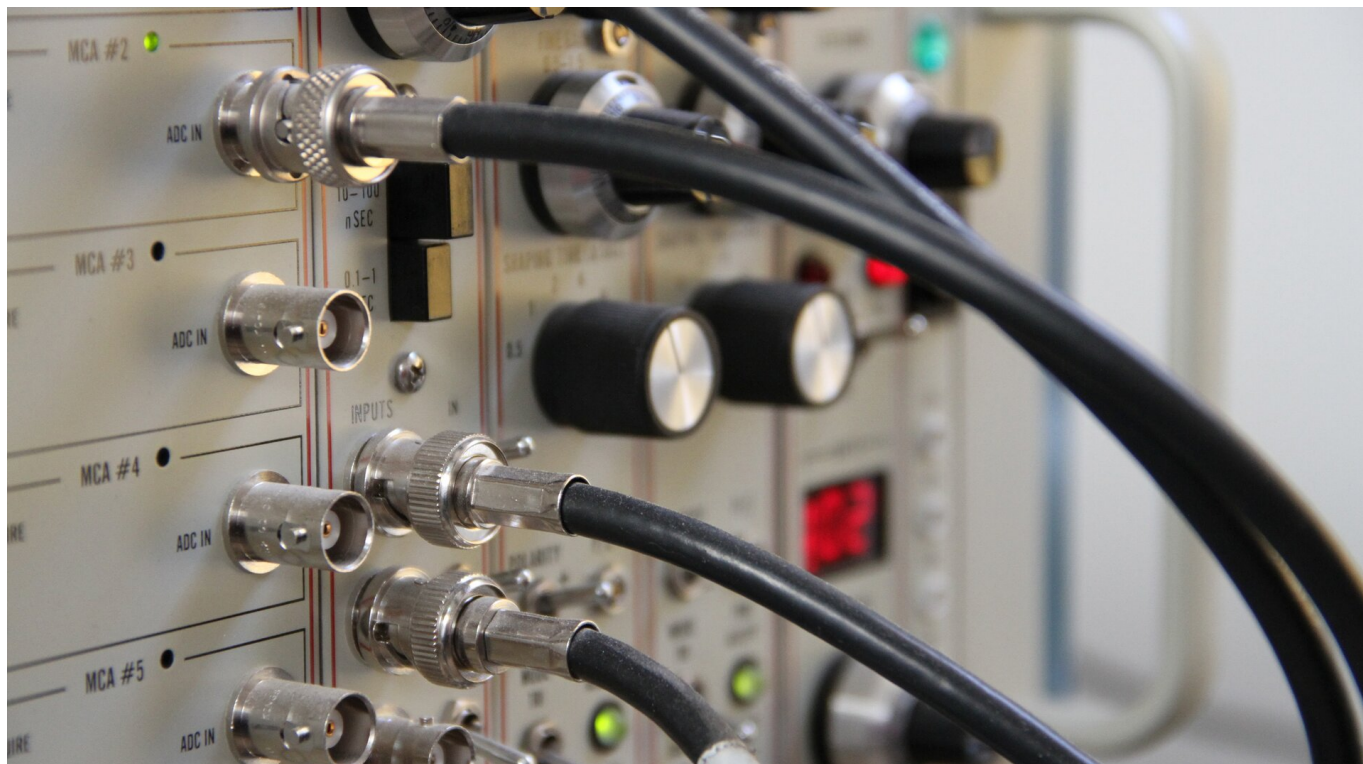




Jak definiuje się pomiar?

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

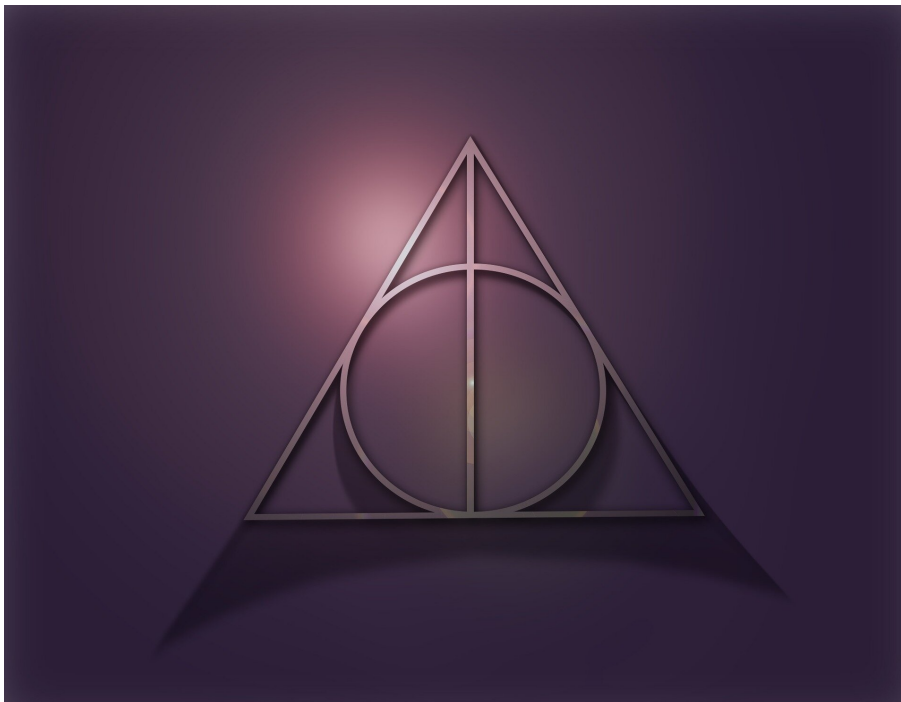


Jak definiuje się pomiar?

Czy to nie ciekawe?

Zapewne czasem chcemy ubrać się w „pelerynę niewidkę”, jak Harry Potter (zob. Rys. a.) – to wielka frajda być niewidzialnym, a samemu obserwować, co się dzieje wokół. Tu niestety muszę Cię zmartwić, bo będąc w pelerynie niewidce jest się nie tylko niewidzialnym, ale także niewidzącym. To, niestety, przekreśla sens ubierania się w taką pelerynę.

Zapewne zapytasz – „Dlaczego miałbym być niewidzącym?” Zrozumiesz to, kiedy dowiesz się, jak w fizyce definiuje się pomiar.



Rys. a. Fani Harrego Pottera zapewne rozpoznają symbol przedstawiony na tym rysunku. Jest to symbol Insigniów Śmierci (ang. *Deathly Hallows*), który pojawia się w siódmym tomie serii o przygodach tego młodego czarodzieja. W tym symbolu pionowa kreska symbolizuje Czarną Różdżkę, koło – Kamień Wskrzeszenia, a trójkąt – Pelerynę Niewidkę. [źr.: pixabay.com]

Twoje cele

Dzięki lekturze tego tekstu:

- dowiesz się, na czym polega pomiar z punktu widzenia fizyki,
- zrozumiesz, na czym polega pomiar z punktu widzenia wykonywanych czynności,
- wyjaśnisz różnicę między błędami i niepewnościami pomiarowymi,
- przeanalizujesz cechy prawidłowo wykonanego pomiaru.

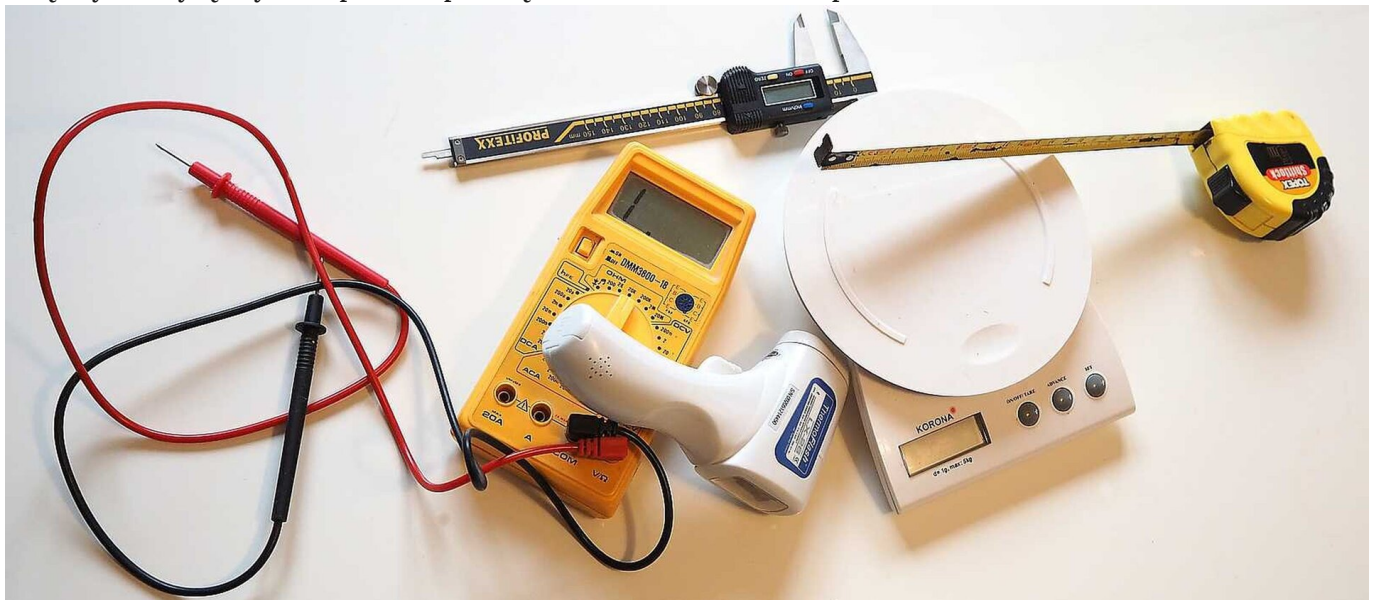
Przeczytaj

Warto przeczytać

Kiedy wpiszesz w wyszukiwarce internetowej słowo „pomiar”, to [Wikipedia](#) powie Ci że:

Pomiar – według współczesnej fizyki proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem, zachodzący w czasie i przestrzeni, którego wynikiem jest uzyskanie informacji o własnościach obiektu.

Rzeczywiście, aby zmierzyć długość biurka możemy przyłożyć do niego taśmę mierniczą i odczytać wynik (Rys. 1.). Aby zmierzyć temperaturę wody w szklance, możemy do szklanki włożyć termometr (np. alkoholowy). Aby zmierzyć oporność opornika, możemy przyłożyć do niego końcówki przewodów od omomierza. Aby zmierzyć czas spadania ciała, możemy włączyć i wyłączyć stoper na początku i końcu ruchu itp.



Rys. 1. Różne przyrządy pomiarowe wykorzystywane w szkolnym laboratorium fizycznym.

szystkie te czynności to nic innego jak „proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem”. Dokładnie tak samo jest z naszym wzrokiem. Abym mógł zauważyć leżącą na stole książkę, światło musi się od niej odbić, trafić do mojego oka i spowodować powstanie impulsu, który następnie wywoła odpowiednią reakcję w mózgu. Jeśli jednak mam być niewidzialnym, światło musi przeze mnie przenikać bez jakiegokolwiek oddziaływania: załamania, odbicia, czy pochłonięcia. Wtedy jednak żaden impuls w moim oku się nie pojawi, żadnej reakcji w mózgu nie będzie. Innymi słowy - nic nie zobaczę.

Oddziaływanie przyrządu pomiarowego z badanym obiektem, wykorzystywane w celu wykonania pomiaru, może być różne. Do pomiaru temperatury niekoniecznie trzeba używać klasycznego termometru. Można użyć termopary, w której powstaje siła elektromotoryczna na złączach dwóch metali, może to być pirometr wykorzystujący promieniowanie cieplne badanego obiektu, może być stop metali o różnym współczynniku

rozszerzalności. W pomiarach czasu znacznie lepszym od stopera jest pomiar elektroniczny, a w pomiarach długości coraz częściej wykorzystuje się cyfrowe mierniki laserowe. Nie zmienia to jednak faktu, że w każdym pomiarze mamy do czynienia z **oddziaływaniem mierzonego obiektu i układu pomiarowego**. Gdyby takiego oddziaływania nie było – bylibyśmy „ślepi”. To dlatego, z fizycznego punktu widzenia, peleryny i czapki niewidki to nawet nie jest science fiction, tylko zwykłe bajki.

Wszystko, co powiedzieliśmy dotychczas, nie jest jednak jeszcze pełną definicją pomiaru. Jest raczej określeniem procesu pomiarowego, a więc takiego procesu fizycznego, w wyniku którego uzyskuje się określoną informację o badanym obiekcie, a raczej o określonej wielkości (zwykle jednej z wielu) charakteryzującej ten obiekt. Przykładem obiektu możesz być Ty, a wielkością charakteryzującą Cię – Twoja waga lub wzrost. Są to wielkości, którym możemy przypisać wartości liczbowe. Nazywamy je **wielkościami mierzalnymi**, w odróżnieniu od charakteryzujących Cię również **wielkości niemierzalnych**, jak na przykład Twoje zainteresowania, uczucia, czy chwilowy nastrój. Wielkości mierzalne nazywamy także **wielkościami fizycznymi**.

Z Wikipedii możesz się również dowiedzieć, że:

*Pomiar jest to zespół czynności wykonywanych w celu ustalenia **miary** określonej wielkości fizycznej lub umownej, jako iloczynu jednostki miary oraz liczby określającej wartość liczbową tej wielkości, inaczej mówiąc porównywanie wartości danej wielkości z jednostką miary tej wielkości.*

Ta **miara**, o której mowa wyżej, posiada dwa elementy: **wartość liczbową** oraz **jednostkę miary**. Pomiar umożliwia jej wyznaczenie. Wynik pomiaru wielkości fizycznej o symbolu X , ma postać iloczynu zmierzonej wartości liczbowej $\{X\}$ pomnożonej przez jednostkę miary tej wielkości $[X]$:

$$X = \{x\} \cdot [X],$$

np. $d = 3,6 \text{ m}$, $V = 1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l}$, $I = 5,4 \text{ A}$, $U = 220 \text{ V}$. Proces pomiaru możemy więc rozpatrywać także jako porównanie wielkości mierzonego obiektu z wzorcem przyjętym za jednostkę. Wynik pomiaru określa, ile razy mierzony obiekt jest większy lub mniejszy od przyjętego wzorca.

Teraz możemy już napisać pełną definicję pomiaru.

Definicja: Pomiar

Pomiar to proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem. W wyniku tego oddziaływania wyznaczona zostaje wartość liczbową danej wielkości fizycznej. Wartość wielkości jest iloczynem wyznaczonej wartości liczbowej i jednostki miary tej wielkości.

Dobry pomiar to taki, który przekazuje informację o wartości wielkości mierzonej, nie zmieniając przy tym tej wielkości. Nie wszystkie pomiary można przeprowadzić w taki sposób, by nie zmieniały wielkości, którą mierzymy. Na przykład: kiedy – w celu zmierzenia temperatury wody w szklance – do szklanki z gorącą wodą wkładamy termometr o temperaturze pokojowej, to temperatura wody nieco się zmniejszy, bo woda ogrzewa termometr. Pokazana przez termometr temperatura nie będzie więc już taka, jak temperatura wody przed włożeniem termometru do szklanki. Poprawnie wykonane pomiary powinny też charakteryzować **powtarzalność**, która określa, w jakim stopniu pomiar wykonany drugi raz i w tych samych warunkach daje ten sam wynik. Inną cechą dobrego pomiaru jest **odtwarzalność**, czyli stopień zgodności, kiedy pomiar tej samej wielkości wykonywany jest przez kogoś innego i innymi metodami.

Zasadą pomiaru jest zjawisko fizyczne stanowiące podstawę wykonania pomiaru.

Metodą pomiarową jest sposób uzyskania wartości liczbowej będącej wynikiem pomiaru. Wyróżnić tu można **metody bezpośrednie**, w których wartość wielkości mierzonej uzyskuje się od razu w wyniku wykonania pomiaru. Bywa jednak, że uzyskanie tej wartości wymaga nie tylko wykonania pomiaru, ale także dodatkowych obliczeń. Czasami trzeba wykonać pomiary kilku wielkości i wykonać obliczenia, aby uzyskać wynik końcowy. Takie pomiary nazywamy **pomiarami pośrednimi**. Dla przykładu pomiar gęstości wymaga zmierzenia masy i objętości, pomiar prędkości wymaga zmierzenia drogi przebytej w określonym czasie itd.

Czy w wyniku pomiaru uzyskuje się informację, jaka jest rzeczywista wartość wielkości mierzonej? Odpowiedź na to pytanie brzmi – **nie**, bo rzeczywista wartość mierzonej wielkości, wyrażana liczbą rzeczywistą, jest wyznaczona w wyniku pomiaru z **niepewnością pomiarową** określoną przez dokładność pomiaru. Choćbyś więc długość wyznaczał z dokładnością odpowiednio do: metra, milimetra, czy mikrona, to w dalszym ciągu nie wiesz, o ile części, odpowiednio: metra, milimetra, czy mikrona, się pomyliłeś. Różnicę pomiędzy wynikiem pomiaru, a prawdziwą wartością wielkości mierzonej nazywamy **błędem pomiarowym**. Błędy te spowodowane są różnorodnymi czynnikami, na przykład skończoną dokładnością przyrządów pomiarowych, warunkami pomiaru, błędami człowieka, przypadkowymi zakłóceniami, a także własnościami obiektu mierzonego. Zagadnienia związane z analizą możliwych źródeł błędów pomiarowych oraz związanych z nimi niepewności pomiarów są szczegółowo omawiane w wielu oddzielnych e-materiałach.

Warto też zauważyć, że są jednak przypadki, kiedy wynik pomiaru jest bezbłędny. Ma to miejsce wtedy, kiedy mierzona wielkość może przyjmować tylko wartości wyrażane liczbami naturalnymi, np. liczba uczniów w klasie, czy pasażerów w autobusie. Mówimy wtedy, że zbiór możliwych wartości danej wielkości jest skończony. To właśnie dlatego w takich przypadkach używa się sformułowania „liczba”, a nie „ilość”, np. „w windzie jest duża **liczba** osób, więc mała jest **ilość** wolnego miejsca”.

Dla zainteresowanych

W matematyce rozróżnia się między zbiorami *przeliczalnymi* a *nieprzeliczalnymi*. W szczególności wszystkich liczb naturalnych jest nieskończenie wiele, ale jest to nieskończoność przeliczalna. Co być może zaskakujące, np. liczb parzystych jest „tyle samo”, co naturalnych. Tzn. jest to ta sama nieskończoność, a zaskoczenie bierze się z naturalnego odruchu widzenia problemu z użyciem skończonych podzbiorów N . O zbiorach mówi się, że są równoliczne, jeśli istnieje wzajemnie jednoznaczna funkcja z jednego zbioru na drugi. W przypadku liczb naturalnych i parzystych ma ona postać

$$f(n) = 2n .$$

Co jeszcze bardziej zaskakujące: liczb wymiernych jest „tyle samo”, co naturalnych. Stoi to w pozornej sprzeczności z faktem, że każdy przedział (różny od punktu) w zbiorze liczb wymiernych ma nieskończenie wiele elementów, bowiem między dowolne dwa elementy takiego przedziału, nieistotne, jak bliskie sobie, można wstawić trzeci. Gwarancja, że będzie on liczbą wymierną wynika z konstrukcji – wystarczy wziąć średnią arytmetyczną wyjściowych! Ale: istnieje wzajemnie jednoznaczne odwzorowanie z każdego takiego podzbioru na cały zbiór liczb wymiernych, a ten da się wzajemnie jednoznacznie odwzorować na zbiór liczb naturalnych.

W fizyce powinniśmy raczej operować terminami wielkość *dyskretna* oraz wielkość *ciągła*. Te pierwsze utożsamiamy z ciągami liczbowymi, tj. funkcjami liczb naturalnych w (na przykład) rzeczywiste. Przykładem niech będą poziomy energetyczne elektronów związanych w atomach. Wielkości ciągłe zależą od parametrów z R zazwyczaj w sposób ciągły i zmieniają się dowolnie mało w razie odpowiednio małej zmiany wielkości, od których zależą (np. położenia czy czasu).

Dla wielkości dyskretnych pomiar daje pozbawioną błędów wartość wtedy i tylko wtedy, gdy odwzorowanie z N w R jest de facto odwzorowaniem z ograniczonego (więc skończonego) podzbioru N na ograniczony podzbiór N . W przeciwnym wypadku – choćby w przytoczonym przykładzie z elektronem w atomie – można jedynie zliczyć, ile jest takich wartości. Każda z nich natomiast mierzona będzie z błędem.

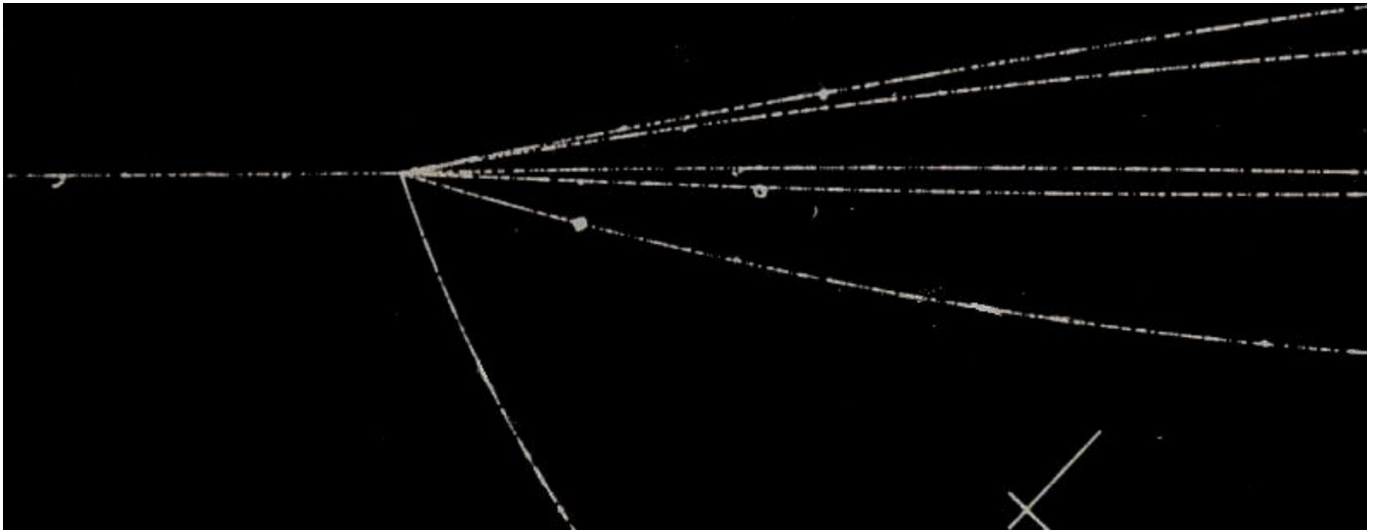
Jeśli istnieją wielkości fizyczne modelowane liczbami wymiernymi, to dla ograniczonego zakresu takiej wielkości intuicja podpowiada, żeby jednak użyć terminu ilość, skoro każdy (poza zdegenerowanymi do punktu) przedział w zbiorze liczb wymiernych jest nieskończony.

Reszta – na kółku i olimpiadzie (a na pewno na studiach) matematycznych.

Podamy teraz przykład ciekawego **pomiaru pośredniego**, w którym dla wyznaczenia danej wielkości mierzy się coś zupełnie innego. W fizyce jądrowej bardzo ważne jest wyznaczenie pędu cząstek produkowanych w reakcjach jądrowych. Nie tak łatwo jest jednak zmierzyć

pęd cząstki, bowiem jest to iloczyn dwóch wielkości: prędkości i masy. Pomiar zarówno masy, która jest miliony razy mniejsza niż jedna milionowa milionowej części kilograma, jak i prędkości, która jest niewiele mniejsza od prędkości światła, to sprawa naprawdę trudna. Okazuje się jednak, że wcale nie trzeba mierzyć ani prędkości ani masy, by wyznaczyć pęd cząstki. Promień okręgu, po którym porusza się w polu magnetycznym cząstka posiadająca ładunek elektryczny, proporcjonalny jest do jej pędu. Mając zmierzony promień tego okręgu możemy wyznaczyć pęd cząstki bez znajomości jej masy i prędkości.

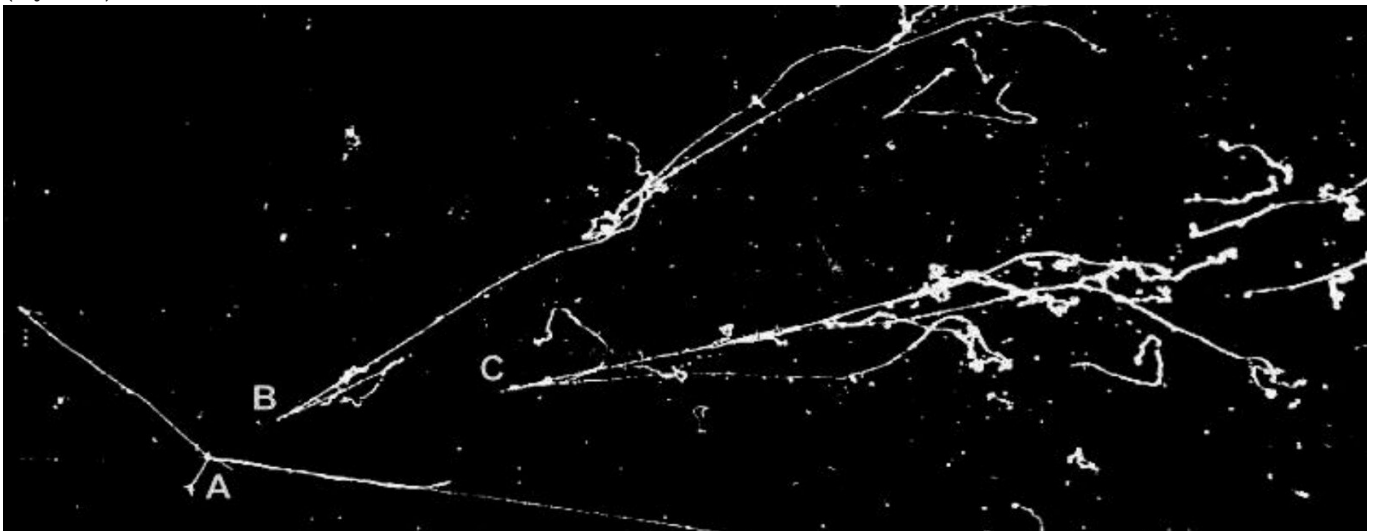
Jak to zrobić – pokazane jest na Rys. 2. Rysunek ten przedstawia fotografię śladów cząstek wyprodukowanych w zderzeniu dwóch protonów i zarejestrowanych w tzw. [komorze pęcherzykowej](#).



Rys. 2. Ślady cząstek wyprodukowanych w zderzeniu dwóch protonów i zarejestrowanych w wodorowej komorze pęcherzykowej.

Wyraźnie widać, że te ślady to fragmenty okręgów. Mierząc współrzędne wielu punktów na okręgu można wyznaczyć jego promień. Potem wystarczy już tylko podstawić wyznaczoną wartość promienia do odpowiedniego wzoru, by wyznaczyć pęd cząstki.

Na zakończenie wróćmy do naszej czapki-niewidki i przyjrzyjmy się poniższej fotografii (Rys. 3.).



Rys. 3. Ślady konwersji fotonów na pary (e^+ , e^-), zarejestrowane w ksenonowej komorze pęcherzykowej.

Fotografia ta także została wykonana w komorze pęcherzykowej, gdzie w punkcie A miała miejsce reakcja jądrowa, w wyniku której wyemitowane zostały między innymi dwa fotony. Fotony te przebiegły odcinki AB i AC , nie pozostawiając żadnych śladów. Ujawniły się dopiero w punktach B i C , gdzie nastąpiła ich konwersja (zamiana) na dwie pary cząstek (e^+ , e^-). Zjawisko to nosi nazwę kreacji par (e^+ , e^-).

Nie martw się, że to wszystko jest dla Ciebie wielką egzotyką. (Nie musisz wchodzić w szczegóły związanej z tym fizyki, choć zapewniam Cię, że jest bardzo ciekawa.) Chcę zwrócić Twą uwagę tylko na jedno: Fotony nie pozostawiły śladów dlatego, że nie oddziaływały na tych odcinkach drogi z materią w komorze. Były jakby w pelerynach-niewidkach. Ani same nie traciły energii, ani nie były widoczne dla otoczenia. W punktach B i C nastąpiło oddziaływanie przyrządu pomiarowego (tj. komory) z badanymi obiektami (tj. fotonami), w wyniku którego powstały inne cząstki (e^+ , e^-), które oddziałując z komorą pozostawiły swe ślady czyniąc pomiar możliwym.

Tak, oddziaływanie przyrząd-obiekt jest podstawą wykonania pomiaru. W omówionym przykładzie zasadą pomiaru było zjawisko konwersji fotonów i oddziaływanie z materią powstałych w wyniku konwersji cząstek. Zapytasz jednak, jakie było oddziaływanie w przypadku pomiaru długości stołu taśmą mierniczą. Takie, że poprzez przyłożenie taśmy do stołu przekazane zostały informacje, gdzie stół się zaczyna, a gdzie kończy. Gdyby stół był przykryty peleryną-niewidką, żadnego pomiaru nie udałooby się wykonać.

Niech więc peleryną-niewidką zabawia się Harry Potter, a my zajmijmy się prawdziwymi pomiarami.

Słowniczek

Błąd pomiaru

(ang. *measurment error*) – odstępstwo wyniku pomiaru od wartości prawdziwej mierzonej wielkości, której na ogół nie znamy.

Komora pęcherzykowa

(ang. *bubble chamber*) – urządzenie służące do obserwacji śladów cząstek elementarnych (promieniowania jonizującego) zaprojektowane w roku 1952 przez Donalda Glasera, za co został uhonorowany w 1960 Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki.

Niepewność pomiaru

(ang. *measurement uncertainty*) – parametr związany z wynikiem pomiaru charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej. Niepewność wielkości fizycznej x oznacza się jako $u(x)$.

Pomiar

(ang. *measurement*) – jest to proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem; w wyniku tego oddziaływania wyznaczona zostaje wartość liczbową danej

wielkości fizycznej.

Pomiar bezpośredni

(ang. *direct measurment*) to taki, który jest wykonywany przy użyciu jednego przyrządu dającego od razu gotowy wynik. Innymi słowy, podczas pomiarów bezpośrednich, wartość wielkości mierzonej uzyskuje się bezpośrednio, bez potrzeby wykonywania dodatkowych obliczeń. Przykładami takich pomiarów są: pomiar długości przy użyciu linijki, pomiar średnicy pręta przy użyciu suwmiarki, pomiar czasu przy użyciu stopera, czy pomiar napięcia przy użyciu woltomierza.

Pomiar pośredni

(ang. *indirect measurment*) polega na bezpośrednim zmierzeniu jednej lub kilku różnych wielkości fizycznych i obliczeniu wartości poszukiwanej wielkości na podstawie wzoru wiążącego wielkości mierzone bezpośrednio. Przykładami pomiarów pośrednich są: wyznaczenie pola powierzchni bocznej walca na podstawie pomiarów jego wysokości i średnicy podstawy, wyznaczenie rezystancji na podstawie pomiaru natężenia prądu i napięcia, czy wyznaczenie wartości przyspieszenia ziemskiego na podstawie długości i okresu drgań wahadła matematycznego.

Odtwarzalność pomiaru

(ang. *measurement reproducibility*) – stopień zgodności z pomiarem tej samej wielkości, ale wykonywanym przez kogoś innego i innymi metodami.

Powtarzalność pomiaru

(ang. *measurement repeatability*) – określa, w jakim stopniu pomiar wykonany drugi raz i w tych samych warunkach daje ten sam wynik.

Wynik pomiaru

(ang. *meausurement result*) – jest iloczynem wyznaczonej wartości liczbowej i jednostki miary tej wielkości.

Wielkości mierzalne

(ang. *measurable quantities*) – są to wielkości, którym możemy przypisać wartości liczbowe.

Wikipedia

(ang. *wikipedia*) – wolna encyklopedia, którą każdy może redagować (<https://pl.wikipedia.org>).

Jak definiuje się pomiar?

Wysłuchaj informacji o tym, w jaki sposób w fizyce definiuje się pomiar. Następnie wykonaj umieszczone poniżej polecenia, które pomogą Ci w utrwaleniu zdobytych informacji.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PZxwI5I5W>

Jak definiuje się pomiar?

Pytania: „Co to jest?”, „Jak to działa?”, „Dlaczego?”, „Po co?”..., na pewno zadawałeś już w dzieciństwie. Z pewnością zadajesz je także i teraz, chociaż o co innego pytasz, bo już sporo wiesz i rozumiesz. Wiele jednak masz jeszcze do poznania, dlatego zapewne pytania zadawać będziesz także w przyszłości. Nie jest to nic dziwnego, bo człowiek, jako istota rozumna ma w swej naturze dążenie do poznania otaczającej nas rzeczywistości i rozumienia zjawisk zachodzących w przyrodzie.

To poznawanie realizuje się przez obserwacje i pomiary. Obserwacje dostarczają informacji o charakterze jakościowym; pomiary umożliwiają uzyskanie informacji ilościowych, wyrażanych w postaci liczb.

Aby można było wykonać pomiar, mierzony obiekt musi w jakiś sposób oddziaływać z instrumentem pomiarowym. Pomiar długości stołu wymaga przyłożenia do niego miarki milimetrowej, a radarowy pomiar prędkości samochodu, wymaga wysłania w kierunku auta impulsu fali elektromagnetycznej, która musi się od niego odbić.

Pomiar jest to więc proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem.

Pomyśl też sam, jakie oddziaływania są podstawą pomiaru: temperatury, prędkości, ciśnienia, napięcia elektrycznego, objętości, masy, siły ciężkości itd.

Czynności, które wykonujemy, aby dokonać pomiaru, nazywamy procesem lub procedurą pomiarową. Celem tych czynności jest wyznaczenie wartości liczbowej, która charakteryzuje mierzony przez nas obiekt, np. Twój wzrost lub wagę.

Mówimy, że ta wartość liczbową jest miarą wyznaczanej wielkości fizycznej. Ta miara, to coś więcej niż po prostu liczba. To taka liczba, która mówi, ile jednostek danej wielkości zawiera mierzony obiekt: ile centymetrów ma Twój wzrost, ile kilogramów Twoja waga. Jest więc iloczynem jednostki miary danej wielkości i zmierzonej wartości liczbowej.

Mówimy także, że proces pomiaru polega na porównaniu wielkości mierzonego obiektu z wzorcem przyjętym za jednostkę. Wynik pomiaru zawiera więc dwie informacje: wymiar jednostki (np. metr, sekunda, kilogram, amper itp.) oraz wartość liczbową, która określa, ile razy mierzony obiekt jest większy lub mniejszy od wartości jednostkowej – tj. wzorca.

Odpowiedzmy więc sobie krótko na pytanie „Jak definiuje się pomiar?”

Pomiar jest to proces oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem, w wyniku którego wyznaczona zostaje wartość liczbową danej wielkości fizycznej. Wynik pomiaru jest iloczynem wyznaczonej wartości liczbowej i jednostki miary tej wielkości.

Można zapytać, czy wartość zmierzona stanowiąca wynik pomiaru jest równa wartości rzeczywistej mierzonego obiektu? Jeśli wartość prawdziwa mierzonej wielkości jest liczbą rzeczywistą, to nie jest i nie może być – i to niezależnie od dokładności naszego pomiaru. Jeśli bowiem długość zmierzemy krokami, to można dokładność powiększyć, wykonując pomiar z pomocą taśmy mierniczej. Każda z tych metod ma jednak swą dokładność i jest to dokładność skończona. Mówimy, że każdy pomiar obarczony jest **niepewnością pomiarową**.

Oczywiście istnieją sytuacje, w których wyznaczona wartość jest bezwzględnie dokładna. Spróbuj podać przykład, kiedy tak jest.

Zanim to zrobisz zauważmy, że informacja, ile wynosi **niepewność pomiarowa** jest tak samo ważna, jak i sam wynik pomiaru, a wynik pomiaru bez podania informacji o jego **niepewności** jest po prostu bezwartościowy, bo nic z niego nie wynika.

Kiedy skaczecie w dal na lekcji gimnastyki i mierzycie długość skoku, to chcesz wiedzieć, czy jesteś lepszy od kolegi, który skakał przed Tobą, czy nie. W takiej sytuacji, gdyby zasady wykonania pomiaru długości skoku nie byłyby wyraźnie określone, to nawet gdyby jego wynik był o centymetr dłuższy od Twojego, to można byłoby się spierać o to, czy piasek był wyrównany, od jakiego i do jakiego punktu mierzyć długość itp. Dlatego wszystkie elementy, które mają wpływ na dokładność pomiaru muszą być rozpatrzone i uwzględnione w procedurze pomiarowej, a podając wynik pomiaru musimy podać także jego niepewność. Dopiero wtedy wynik pomiaru może być podstawą do wyciągania wniosków.

To teraz już odpowiem Ci na pytanie, kiedy wyznaczona wartość jest bezwzględnie dokładna. Kiedy mówisz ile książek leży na stole, to podana przez Ciebie wartość jest ścisła i bezbłędna. (Oczywiście, jeśli dobrze policzyłeś.) Jest tak zawsze, kiedy wynikiem pomiaru mogą być tylko liczby naturalne. O takiej czynności mówmy jednak raczej „policzyć” niż „zmierzyć”, a o wyniku pomiaru mówimy „liczba” a nie „ilość”.

Polecenie 1

Własnymi słowami wyjaśnij, czym różni się pojęcie błędu pomiarowego od pojęcia niepewności pomiarowej. Rozstrzygnij, czy pojęć tych można używać zamiennie.

Polecenie 2

Wróć do części „Czy to nie ciekawe?” tego e-materiału. Czy teraz, gdy już wiesz, w jaki sposób w fizyce definiuje się pomiar potrafisz wyjaśnić, dlaczego w świecie, w którym obowiązują prawa fizyki, ubrany w pelerynę niewidkę czarodziej byłby nie tylko niewidzialny, ale również niewidzący?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Które z wymienionych poniżej wielkości są mierzalne, a które niemierzalne?

mieralne

niemierzalne

wartości etyczne przekazywane w treści

tytuł książki

ciężar książki

masa książki

rozmiar książki

docelowa grupa czytelników

kolor okładki książki

liczba stron książki

Ćwiczenie 2



Określone warunki zewnętrzne mają wpływ na wyniki określonych pomiarów. Połącz w pary podane poniżej pomiary z warunkami zewnętrznymi, które mogą na nie wpływać.

długość skoków narciarskich

wilgotność podłoża

ciśnienie atmosferyczne

siła i kierunek wiatru

długość stalowego pręta

temperatura

współczynnik tarcia kinetycznego

wysokość nad poziomem morza

Ćwiczenie 3



Które z wymienionych poniżej pomiarów są pomiarami bezpośrednimi, a które pośrednimi?

bezpośrednie

pomiar masy ciała przy użyciu wagi szalkowej

pomiar gęstości poprzez zbadanie masy i objętości

pośrednie

pomiar przyspieszenia ziemskiego

pomiar okresu wahadła stoperem

odcinkowy pomiar prędkości samochodu

pomiar napięcia elektrycznego woltomierzem

pomiar długości stołu taśmą mierniczą

pomiar oporu z wykorzystaniem prawa Ohma

pomiar temperatury ciała termometrem rtęciowym

Ćwiczenie 4



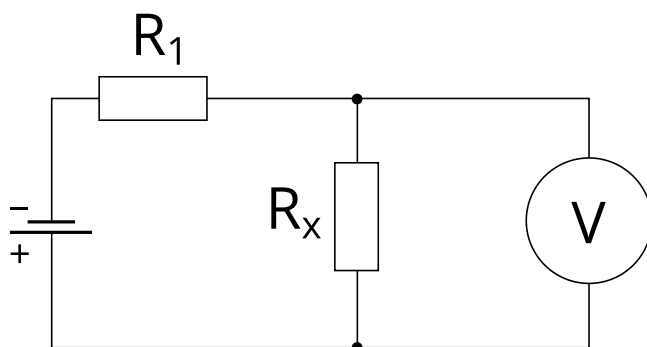
Dawniej wyrażano ciśnienie atmosferyczne w milimetrach słupka rtęci, dzisiaj w hektopaskalach. Jeden milimetr słupka rtęci odpowiada 133,322 paskala ($1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa}$). Ciśnienie normalne wynosi 760 mmHg. Ile to jest hektopaskali? Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Odpowiedź: hPa

Ćwiczenie 5



Wykonujesz pomiar spadku napięcia na oporniku R_x według schematu pokazanego na rysunku. Jaki powinien być opór wewnętrzny woltomierza, aby jego wpływ jak najmniej zaburzał wynik pomiaru?



☐ jak największy

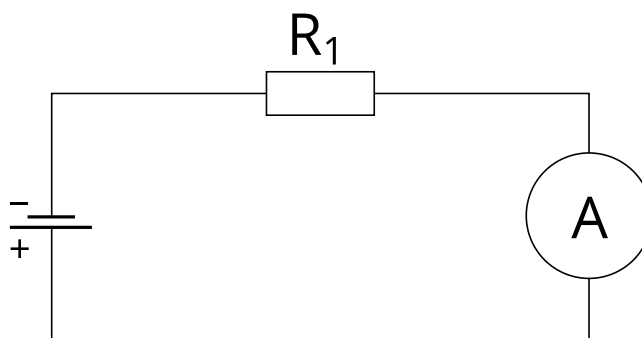
☐ nie ma wpływu

☐ jak najmniejszy

Ćwiczenie 6



Wykonujesz pomiar natężenia prądu płynącego w obwodzie pokazanym na rysunku. Jaki powinien być opór wewnętrzny amperomierza, aby jego wpływ jak najmniej zaburzał wynik pomiaru?



☐ nie ma wpływu

☐ jak najmniejszy

☐ jak największy

Ćwiczenie 7



Wyobraź sobie, że żyjesz w dawnych czasach, kiedy nie ma jeszcze jednostki miary długości. Proponujesz, by była nią „stopa”. Jak określiłbyś jej długość?

Ćwiczenie 8



Zaproponuj sposób, aby z wielkości niemierzalnej, jaką jest np. kolor przedmiotu, uczynić wielkość mierzalną.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Jan Pluta
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak definiuje się pomiar?
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: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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;
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, na czym polega pomiar z punktu widzenia fizyki. 2. wyjaśnia jakie są elementy wyniku pomiaru, 3. rozróżnia pomiary bezpośrednie i pośrednie, 4. rozróżnia wielkości mierzalne (tj. fizyczne) od niemierzalnych, 5. analizuje cechy dobrego pomiaru, 6. charakteryzuje różnice między pojęciami błędów i niepewności pomiarowych.
Strategie nauczania:	nauczanie przez dociekanie IBSE
Metody nauczania:	Lekcja oparta na dyskusjach prowadzonych w małych zespołach i wspólnym podsumowaniu.
Formy zajęć:	praca w małych grupach
Środki dydaktyczne:	komputer z dostępem do Internetu
Materiały pomocnicze:	Materiały z Internetu: różne definicje pomiaru formułowane przez różnych specjalistów: fizyków, inżynierów, przedsiębiorców itd. Omówienie cech wspólnych i różnic.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie przez prowadzącego według treści zawartej w części „Warto przeczytać” e-materiału.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie pracują w grupach: – Poszukują przykładów na różne terminy wprowadzone w części „Warto przeczytać” e-materiału: – odpowiadają, na czym polega oddziaływanie układu pomiarowego z mierzonym obiektem, – podają przykłady wielkości mierzalnych i niemierzalnych, – odpowiadają, jak wykonywać dobrze pomiary różnych wielkości, – podają przykłady wielkości, do określenia miary których stosuje się terminy „liczba” i „ilość”. – podają przykłady pomiarów bezpośrednich i pośrednich, – dyskutują o różnicy między pojęciami błędu i niepewności pomiarowej.	
Faza podsumowująca:	
Przedstawiciele grup referują wyniki swych dyskusji i odpowiedzi na omawiane w grupach pytania. Nauczyciel podsumowuje wypowiedzi uczniów.	

Praca domowa:

Pisemna praca domowa: Opisz szczegółowo jeden z pomiarów wykonywanych już na lekcjach z fizyki. Zwróć uwagę, gdzie są w nim omawiane cechy pomiarów.

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

Audiobook może być wykorzystany przez uczniów przed lekcją w celu sprowokowania do dyskusji lub po lekcji jako praca domowa.