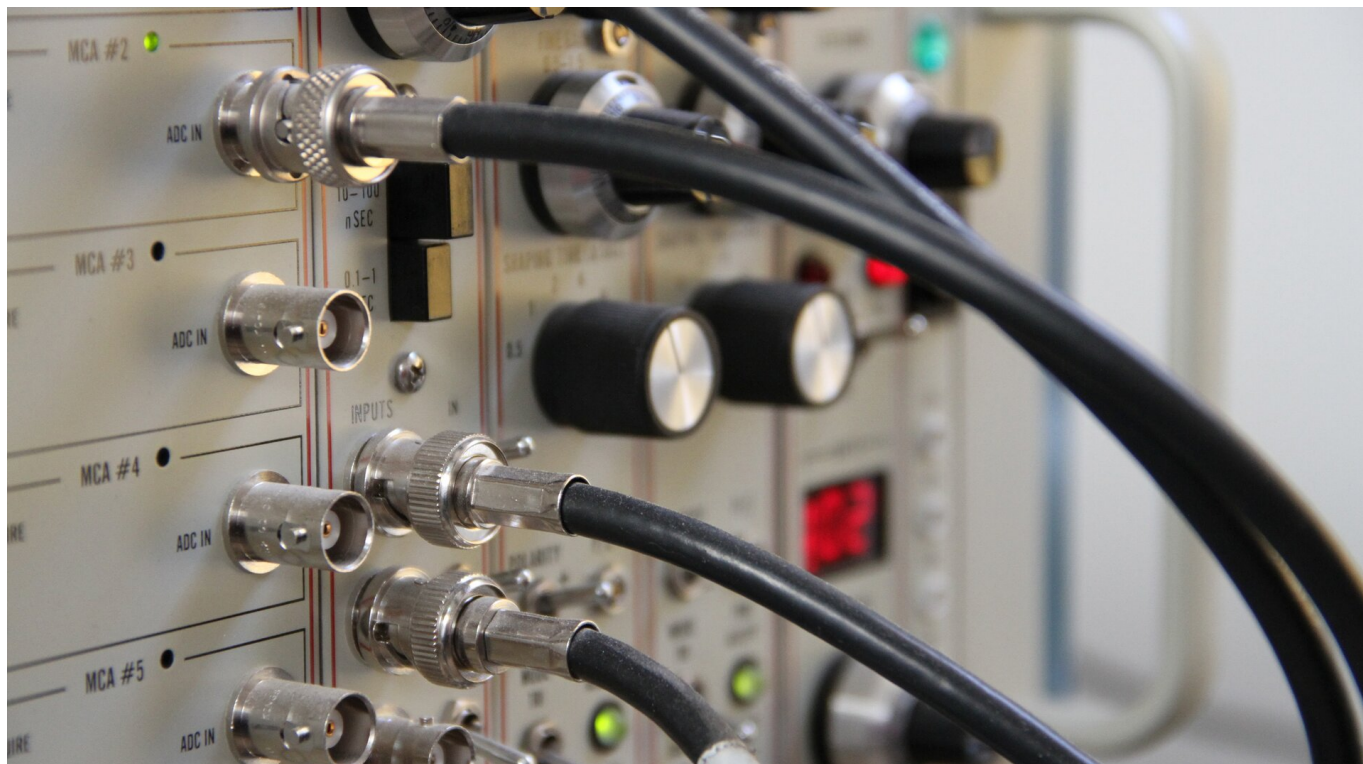




Rola pomiarów we współczesnej fizyce

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Rola pomiarów we współczesnej fizyce

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, Tomasz Wójcik, licencja: CC BY 4.0.

Po wpisaniu w przeglądarce hasła „bozon Higgsa” z Wikipedii dostaje się taką informację:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Bozon_Higgsa

- „**Bozon Higgsa (higson)** – cząstka elementarna, której istnienie jest postulowane przez model standardowy, nazwana nazwiskiem Petera Higgsa.
- 4 lipca 2012 ogłoszone zostało odkrycie nowej cząstki elementarnej przez detektory ATLAS i CMS, w eksperymentach prowadzonych w Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN.
- Koncepcja mechanizmu Higgsa pochodzi z trzech prac teoretycznych opublikowanych w 1964 r. w czasopiśmie „Physical Review Letters”.
- Za przewidzenie istnienia bozonu Higgsa Nagrodą Nobla w 2013 wyróżnieni zostali Peter Higgs oraz François Englert.”

Tyle z Wikipedii. Oblicz: $2013 - 1964 = 49$. Prawie pół wieku czekano z przyznaniem nagrody Nobla twórcom nowej teorii. A przyznano prawie natychmiast po odkryciu bozonu Higgsa w pomiarach wykonanych w CERN.

To jest wymowna odpowiedź na pytanie o rolę pomiarów we współczesnej fizyce oraz o relację między doświadczeniem a teorią.

Twoje cele

Dzięki lekturze tego tekstu:

- dowiesz się, jaką rolę we współczesnej fizyce pełnią prace teoretyczne, a jaką badania doświadczalne,
- poznasz różne aspekty ról pełnionych przez pomiary we współczesnej fizyce,
- zapoznasz się z konkretnymi przykładami ról, jakie we współczesnej fizyce pełnią pomiary,
- przeanalizujesz przykłady relacji między fizyką doświadczalną i teoretyczną w przeszłości i obecnie.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Panuje przekonanie, że fizyka opiera się na dwóch filarach. Są nimi: teoria i eksperyment. Każdy z nich spełnia inne zadania. Teoria formułuje prawa i zasady opisujące obserwowane i badane w eksperymentach procesy fizyczne. Formułuje także przewidywania na przyszłość. Prowadzone w eksperymentach **pomiary potwierdzają lub obalają postulaty teorii oraz poszukują nowych, niezbadanych jeszcze zjawisk**. Zauważmy, że każda teoria uznawana jest za słuszną tak długo, jak długo jej postulaty zgadzają się z wynikami pomiarów. Wystarczy jeden wynik pomiaru niezgodny z teorią, by teoria mogła być obalona.

Oczywiście, to bardzo mocne stwierdzenie. Rzeczywistość nie jest czarno-biała. Może być tak, że wynik pomiaru nie zgadza się z jakimś elementem teorii i wystarczy wprowadzenie niewielkiej poprawki, by wszystko się zgadzało. To właśnie dlatego o teorii i eksperymencie w fizyce mówi się także jako o dwóch filarach, które wzajemnie się wspierają i uzupełniają.

Czy pomiar i eksperyment to to samo? Nie, pomiar to zwykle element eksperymentu i wiele pomiarów bardzo różnych wielkości składa się na tę całość, którą zwiemy eksperymentem. Niekiedy jednak celem eksperymentu jest pomiar niezmierzonej jeszcze wielkości lub sprawdzenie wartości zmierzonej, ale inną metodą. Tak właśnie było w przypadku wspomnianych tu eksperymentów ATLAS i CMS w CERN, w których odkryty został bozon Higgsa.

Mówiąc bardziej precyzyjnie, wykonany został pomiar masy cząstki, której własności zgadzają się z przewidywanymi przez teorię własnościami bozonu Higgsa. Wyniki pomiarów obu tych eksperymentów, wykonanych przez różne zespoły z pomocą całkowicie różnej aparatury, okazały się zgodne w zakresie niepewności pomiarowych, potwierdzając przewidywania teoretyczne. To właśnie przesądziło o przyznaniu nagrody Nobla.

Trzeba jednak doprecyzować, co w tym przypadku oznacza słowo „pomiar”. Jeśli bowiem wyobrażasz sobie pomiar na podobieństwo tych wykonywanych miernikiem w klasie, to jesteś bardzo daleko od rzeczywistości. Zobacz Fot. 1.



Fot. 1. Detektor CMS w CERN. Zdjęcie zrobiłem z wysokości 3-go piętra. Całość ma wysokość pięciopiętrowego budynku i znajduje się ok. 100 metrów pod powierzchnią Ziemi.

Źródło: dostępny w internecie: <https://home.cern/science/experiments/cms> [dostęp 15.02.2022 r.], licencja: CC BY 4.0.

Na fotografii widać tylko mały fragment. Ten „miernik” ma wysokość 16 metrów, długość 21 metrów i waży 12,5 tysiąca ton.

Wykonanie pomiarów, o których tu mowa, wymagało kilkunastu lat przygotowań i zbudowania największego na świecie urządzenia badawczego, jakim jest **Wielki Zderzacz Hadronów, LHC**.

Wyniki otrzymano, nagrodę Nobla przyznano – czy to oznacza zakończenie akcji i aparaturę można demontować? Bynajmniej. Odkrycie bozonu Higgsa potwierdza słuszność założeń teorii cząstek elementarnych zwanej **Modelem Standardowym**, ale pozostawia otwartymi wiele kwestii i pytań, na które wciąż brak odpowiedzi. To podobnie jak w górach – wejście na jeden szczyt ukazuje następne, których zdobycie może być znacznie trudniejsze.

Możemy już zrobić małe podsumowanie. Zauważamy, że:

Pomiar jest źródłem informacji w fizyce doświadczalnej oraz inspiracją dla rozwoju fizyki teoretycznej.

Wynik pomiaru stanowi podstawowe kryterium weryfikacji teorii fizycznych.

Trzeba tu zauważyć, że eksperyment fizyczny jest zawsze dziełem unikalnym i jako taki dostarcza nie tylko informacji oczekiwanych przez teorię, ale także pozwala zaobserwować zjawiska, których nikt wcześniej nie obserwował, a nawet się ich wcześniej nie spodziewał. Przykładem niech będą prowadzone w sposób ciągły obserwacje astronomiczne. Coraz potężniejsze teleskopy sięgają do coraz odleglejszych zakątków Wszechświata, by co jakiś

czas nawet w codziennej prasie ukazywały się informacje o odkryciu nowego obiektu astronomicznego. Stąd uzasadniona konstatacja:

Wynik pomiaru może wskazywać na istnienie nowego, dotychczas nieznanego zjawiska fizycznego.

Prowadzenie coraz bardziej skomplikowanych pomiarów wymaga coraz bardziej skomplikowanej aparatury. Tu jednak pojawiają się różne bariery. Zapewne wiesz z lekcji fizyki, że mikroskop optyczny ma ograniczone możliwości powiększania nie ze względu na trudności techniczne, ale dlatego, że długość fali światła widzialnego na to nie pozwala. Do większych powiększeń potrzebny jest mikroskop elektronowy. Są i inne bariery. Ilość danych dostarczanych przez eksperymenty podobne do tych w CERN i wspomnianych tutaj, wymagają komputerów o potężnych mocach obliczeniowych oraz przechowywania i analizowania ogromnych ilości danych i możliwości komunikowania się zespołów fizyków rozsianych po całym świecie. W przeciwnym przypadku nie dałoby się wykonać analizy informacji stanowiącej wyniki pomiarów. Stąd rodzi się kolejny wniosek:

Wykonanie pomiaru może wymagać pokonania nierozwiązanych dotychczas problemów technologicznych, informatycznych itp.

Rozwiązanie problemów i pokonywanie barier to w fizyce sprawa naturalna, bo przecież każdy eksperyment to rzecz bez precedensu. Do nowych pomiarów projektuje się nowe detektory i opracowuje nowe metody analizy danych. To często zadania trudne, ale też wyzwające inwencję i przynoszące satysfakcję. Opracowywane nowe urządzenia pomiarowe i opracowywane nowe metody często okazują się użyteczne w dziedzinach zupełnie innych niż fizyka, np. w przemyśle lub medycynie. Stąd jeszcze jeden wniosek:

Rozwiązanie problemu pomiarowego w zakresie fizyki może mieć wykraczające daleko poza potrzeby fizyki zastosowania praktyczne.

Mówiąc o roli pomiarów w fizyce, trzeba też mieć świadomość, że wykonanie jednego pomiaru, takiego jak wspomniany tutaj, który przynosi nagrodę Nobla, to trwające latami przygotowania eksperymentów, co wiąże się z wykonaniem niezliczonych pomiarów najróżniejszych wielkości, bez których niemożliwe byłoby wyregulowanie niezwykle skomplikowanej aparatury. Stąd wniosek że:

Współczesny eksperyment fizyczny jest nie do pomyślenia bez wykonania ogromnej liczby pomiarów pomocniczych, związanych z fizyką i metodyką eksperymentu.

Pokazaliśmy tu wiele różnych aspektów i ról, jakie pomiary odgrywają we współczesnej fizyce. Wymieńmy je teraz dla przypomnienia:

1. Pomiar jest źródłem informacji w [fizyce doświadczalnej](#) oraz inspiracją dla rozwoju [fizyki teoretycznej](#).

2. Wynik pomiaru stanowi podstawowe kryterium dla przyjęcia bądź odrzucenia teorii fizycznej.
3. Wynik pomiaru może wskazywać na istnienie nowego, dotychczas nieznanego zjawiska fizycznego.
4. Rozwiązanie problemu pomiarowego w zakresie fizyki może mieć wykraczające daleko poza potrzeby fizyki zastosowania praktyczne.
5. Wykonanie pomiaru może wymagać pokonania nierozwiązanych dotychczas problemów technologicznych, informatycznych itd.
6. Współczesny eksperyment fizyczny jest nie do pomyślenia bez wykonania ogromnej liczby pomiarów pomocniczych, związanych z fizyką i metodyką eksperymentu.

W naszym Multimedium – dla każdej z wymienionych tu ról podamy konkretne przykłady.

Słowniczek

Fizyka teoretyczna

(*ang.: theoretical physics*) działalność naukowa, której celem jest opis zjawisk fizycznych obserwowanych w przyrodzie poprzez formułowanie praw i zasad z użyciem formalizmu matematycznego. Zadaniem fizyki teoretycznej jest także interpretacja wyników pomiarów oraz stawianie hipotez i tworzenie modeli oraz teorii opisujących niezbadane dotąd zjawiska i obiekty. Słuszność teorii jest przedmiotem doświadczalnej weryfikacji.

Fizyka doświadczalna

(*ang.: experimental physics*) działalność naukowa, której celem jest dostarczenie informacji jakościowej i ilościowej o przebiegu zjawisk fizycznych na podstawie wykonanych pomiarów. Wyniki pomiarów porównywane są z przewidywaniami fizyki teoretycznej, umożliwiając w ten sposób ich weryfikację. Rezultatami pomiarów mogą być także odkrycia nowych, nieznanych dotychczas obiektów i zjawisk.

Fizyka współczesna

(*ang.: modern physics*) działy fizyki, które bazują na odkryciach dokonanych w XX wieku, tj. uwzględniają efekty kwantowe oraz teorię względności. Do fizyki współczesnej zalicza się m.in.: fizykę atomową, jądrową, cząstek elementarnych, ciała stałego, fazy skondensowanej itd.

Film (standardowy)

Rola pomiarów we współczesnej fizyce

Film z udziałem dr hab. inż. Hanny Zbroszczyk z Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej zawiera odpowiedzi na kilka ważnych pytań dotyczących pomiarów we współczesnej fizyce. Obejrzyj film i wykonaj polecenia.

Trwa wczytywanie danych...

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dh8Qs8qp2>

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Film z udziałem dr hab. inż. Hanny Zbroszczyk z Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej dotyczy roli pomiarów we współczesnej fizyce. Film jest podzielony na cztery sekcje, w których ekspertka odpowiada na następujące pytania. Co w fizyce jest ważniejsze, teoria czy eksperyment? Z jakich przyrządów pomiarowych korzystają współcześni naukowcy eksperymentatorzy? Jakie wielkości fizyczne mierzy się w tych eksperymentach oraz czy eksperymentowanie jest drogie? W tle prezentowanego filmu z udziałem dr hab. inż. Hanny Zbroszczyk pojawiają się zdjęcia ilustrujące jej wypowiedź. Są to np. detektor CMS, satelita, mikroskop optyczny i elektronowy czy wizualizacja jądra atomowego.

Polecenie 1

Co w fizyce jest ważniejsze: teoria czy eksperyment?

Polecenie 2

Podaj dwa przykłady „przyrządów pomiarowych”, z których korzystają współcześnie naukowcy-eksperymentatorzy. Jakie wielkości fizyczne mierzy się za pomocą tych przyrządów?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż nazwiska fizyków, którzy za wyniki swych pomiarów otrzymali nagrodę Nobla.

☐

Bohr

☐

Becquerel

☐

Faraday

☐

Feynman

☐

Maxwell

☐

Newton

☐

Röntgen

☐

Schrödinger

☐

Skłodowska-Curie

Ćwiczenie 2



Wybierz z listy i wstaw w puste miejsca właściwe nazwiska.

Zjawisko promieniotwórczości odkrył .

Jądro atomowe zostało odkryte w pomiarach, które wykonał .

Pierwszy reaktor jądrowy zbudował zespół, którym kierował .

Geiger

Roentgen

Anderson

Dirac

Rutherford

Fermi

Einstein

Faraday

Becquerel

Hertz

Ćwiczenie 3



Co to jest „bozon Higgsa”?

☐ pierwiastek chemiczny

☐ cząstka elementarna

☐ pojazd kosmiczny

☐ groźny wirus

Ćwiczenie 4



Odgaduj po kolei nazwiska uczonych, a z rozwiązania krzyżówki dowiesz się, jak nazywa się najmniejszy składnik struktury materii.

1.											
2.											
3.											
4.											
5.											

1. Wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię.
2. Jeden z tych dwóch, co skroplili tlen i azot.
3. Jego nazwisko nosi jednostka natężenia prądu elektrycznego.
4. Wykonał pomiar, w którym wykazał istnienie jądra atomowego.
5. Sformułował prawa ruchu planet.

Ćwiczenie 5



Wstaw odpowiednie wyrażenie, aby otrzymane stwierdzenie było poprawne.

Promień Roentgena jest to strumień .

jonów

fotonów

elektronów

cząstek alfa

Ćwiczenie 6



Zgodnie z obserwacjami Hubble'a, galaktyki oddalają się od nas tym szybciej, im bardziej są odległe. Odpowiedz, czy z tego wynika, że Ziemia znajduje się w środku Wszechświata?

☐ tak

☐ nie

Ćwiczenie 7



W doświadczeniach przeprowadzanych w CERN, w których cząstki przyspieszane są do prędkości bliskich prędkości światła, doprowadza się do ich zderzenia. Wydziela się wtedy ogromna energia. Zjawisko to przebiega zgodnie z teorią:

☐ Klasyczną Newtona

☐ Klasyczną Maxwella

☐ Relatywistyczną Einsteina

☐ Futurystyczną Feynmana

Ćwiczenie 8



Wyniki niektórych pomiarów warto pamiętać. Uszereguj w kolejności wzrastającej wymienione poniżej prędkości:

głosu w powietrzu



Ziemi wokół Słońca



głosu w wodzie



światła w próżni



pierwszej prędkości kosmicznej



Księżycy wokół Ziemi



Ćwiczenie 9



Zastanów się, jaką rolę w fizyce pełnią eksperymenty, które dają wynik sprzeczny z przewidywanym, czy w których hipoteza teoretyczna nie została potwierdzona.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Jan Pluta
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Rola pomiarów we współczesnej fizyce
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. 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.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie 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, • kompetencje w zakresie przedsiębiorczości.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wskazuje, jaką rolę we współczesnej fizyce pełnią prace teoretyczne, a jaką badania doświadczalne, 2. wymienia różne aspekty ról pełnionych przez pomiary we współczesnej fizyce, 3. wskazuje konkretne przykłady ról, jakie we współczesnej fizyce pełnią pomiary, 4. analizuje przykłady relacji między fizyką doświadczalną i teoretyczną w przeszłości i obecnie.
Strategie nauczania:	nauczanie przez dociekanie IBSE
Metody nauczania:	wykład informacyjny, dyskusja
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer z dostępem do Internetu, tablica
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie według treści zawartej w pierwszej części „Czy to nie ciekawe?” E-materiału. Nauczyciel podaje informacje o nagrodach Nobla z dziedziny fizyki wraz z zapytaniem o praktyczne zastosowania: laserów, półprzewodników, diod LED i w szczególności emitujących światło niebieskie, ale także o odkryciach w dziedzinie astrofizyki (promieniowanie reliktowe), itp.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel podaje informacje, także w formie wizualnej i graficznej o pomiarach prowadzonych w ramach eksperymentów fizycznych w celu pobudzenia dyskusji na lekcji. Uczniowie, w dyskusji stymulowanej przez nauczyciela, przedstawiają jaką rolę we współczesnej fizyce pełnią prace teoretyczne, a jaką badania doświadczalne. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy. Uczniowie poszukują przykładów relacji między fizyką doświadczalną i teoretyczną w przeszłości i obecnie, a także praktycznych zastosowań wyników pomiarów w fizyce. Nauczyciel wspólnie z uczniami dyskutują nad różnymi aspektami ról pełnionych przez pomiary we współczesnej fizyce i o rozwoju technik pomiarowych. Uczniowie oglądają film edukacyjny.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie wykonują powiązane z filmem polecenia dotyczące roli pomiarów we współczesnej fizyce.

Praca domowa:

Praca indywidualna: znalezienie przykładów, w których teorie fizyczne znalazły potwierdzenie w pomiarach oraz takich, w których takiego potwierdzenia jeszcze nie znalazły. Poszukanie przykładów, w których wyniki pomiarów fizycznych znalazły zastosowania praktyczne w innych dziedzinach niż fizyka.

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

Multimedium może być zastosowane jako wprowadzenie do innych lekcji z fizyki współczesnej.