



Scenariusz zajęć

Czujniki i pomiary

Wszystkie materiały i dane kontaktowe znajdują się na stronach internetowych projektów, a także w profilu projektu Erasmus+:
<https://sites.google.com/campus.ul.pt/hands-on-remote-language/home>
<https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2020-1-DE02-KA226-VET-008295>

Główny zespół ds. rozwoju

- Marion Pellowski i Lorenz Kampschulte, Deutsches Museum, Monachium, Niemcy
- Pedro Reis, Mónica Baptista, Luís Alexandre da Fonseca Tinoca, Uniwersytet Lizboński, Instytut Edukacji, Lizbona, Portugalia
- Wojciech Karcz, Adam Zahler, Anna Strzeszewska-Potyrała, Karolina Klimaszewska, Centrum Nauki Kopernik, Warszawa, Polska
- Miriam Voss, Mike Kramler, Marion Pellowski, Uniwersytet Techniczny w Monachium, Monachium, Niemcy

Oświadczenie

Wsparcie Komisji Europejskiej dla powstania tej publikacji nie oznacza poparcia dla jej treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Wydawca

Autorzy: Karolina Klimaszewska, Adam Zahler, Wojciech Karcz
Centrum Nauki Kopernik, Warszawa, Polska

Deutsches Museum, Monachium, Niemcy
Layout & Design: Michał Romański
Drukuj: Luty 2023 r.




Ta praca jest objęta licencją Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 International License. Elementy oznaczone jako cytaty mogą podlegać innym licencjom.

Spis treści

1	Wstęp.....	3
1.1	Cele ogólne	4
1.2	Przesłanki dydaktyczne	4
1.3	Poczucie wspólnoty i współpraca cyfrowa.....	5
2	Podstawa programowa	6
3	Przegląd jednostek scenariusza "Czujniki i pomiary"	7
4	Scenariusz zajęć: "Czujniki i pomiary"	8
4.1	Jednostka 1. Błędy pomiarowe.....	8
4.2	Jednostka 2. W ruchu	15
4.3	Jednostka 2.a Wprowadzenie do zrozumienia zjawiska (lekcja 1)	16
4.4	Jednostka 2.b Napęd z gumki recepturki (lekcja 2)	27
4.5	Jednostka 2.c Porównywanie wyników (lekcja 3)	34
4.6	Jednostka 3. Wahadło.....	35
4.7	Jednostka 3.a Wprowadzenie do zrozumienia zjawiska część 1 (lekcja 1)	36
4.8	Jednostka 3.b Wprowadzenie do rozumienia zjawiska część 2 (lekcja 2).....	44
4.9	Jednostka 3.c Porównanie wyników (lekcja 3)	53
4.10	Jednostka 4. Elektromagnes.....	55
4.11	Jednostka 4.a Budowa elektromagnesu (lekcja 1)	56
4.12	Jednostka 4.b Budowa czujnika (lekcja 2).....	65
4.13	Jednostka 4.c Demonstracja urządzenia sortującego (Lekcja 3)	73
5	Dodatek – Jak używać czujników z Arduino Journal App	75

Moduł dydaktyczny Czujniki i pomiary

Uczniowie wykonują różne eksperymenty polegające na wykonaniu czujników DIY. Badają podstawowe zjawiska fizyki, takie jak sprężystość, przyspieszenie i elektromagnetyzm. Uczniowie mogą pracować indywidualnie lub w zespole. Możliwa jest również współpraca zdalna.

Jednostka opcjonalna	Główny moduł nauczania		
Jednostka 1 Biłd pomiarowy Cel: Poznanie błędów pomiarowych Zadanie: Pomiar przekątnej kartki papieru i obliczanie błędów grubych/systematycznych	Jednostka 2a Proca Cel: Badanie odległości wyrzuczonego przedmiotu – rozciągniętej gumki. Zadanie: Zbudowanie prostego modelu procy w celu wykonania kilku eksperymentów	Jednostka 2b Napęd z gumką-recepturką Cel: Wykorzystanie energii potencjalnej sprężystości do zaprojektowania prostego napędu Zadanie: Budowa modelu samochodu z napędem na gumkę	Jednostka 2c Analiza wyników eksperymentu Cel: Przedstawienie grupie analizy zebranych danych pomiarowych i porównanie wyników z innymi uczniami Zadania: Prezentacja zebranych danych przez grupy uczniowskie
 Nauczyciele mogą zmienić kolejność modułów lub wykorzystać tylko jeden jako niezależną jednostkę	Jednostka 3a Budowa wahadła Cel: Wykorzystanie wahadła do wykonania kilku pomiarów np. okresu drgań Zadanie: Budowa modelu wahadła matematycznego z wykorzystaniem prostych narzędzi i materiałów	Jednostka 3b Wykonanie narzędzia pomiarowego Cel: Wykonanie zdalnego czujnika do zbierania danych z wahadła Zadanie: Wykorzystanie Arduino Science Journal lub NodeMCU do wykonania prostego czujnika i zbierania danych	Jednostka 3c Porównanie wyników Cel: Przedstawienie grupie analizy zebranych danych pomiarowych i porównanie wyników z innymi uczniami Zadania: Prezentacja zebranych danych przez grupy uczniowskie
	Jednostka 4a Budowa elektromagnesu Cel: Budowa prostego modelu elektromagnesu w celu zbadania zjawiska elektromagnetyzmu Zadanie: Pomiar siły elektromagnesu za pomocą kompasu i tablicy z podziałką	Jednostka 4b Budowa czujnika Cel: Znalazienie sposobu pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego Zadanie: Pomiar natężenia pola elektromagnetycznego za pomocą smartfona lub czujnika DIY (NodeMCU + czujnik Halla)	Jednostka 4c Urządzenie sortujące Cel: Wykorzystanie nowo zdobytej wiedzy do zaprojektowania prostego urządzenia do sortowania monet Zadanie: Budowa urządzenia sortującego z wykorzystaniem elektromagnesu

1.1 Cele ogólne

Głównym celem tego modułu jest pokazanie uczniom jak przeprowadzać pomiary i wykonywać urządzenia pomiarowe od bardzo prostych przyrządów do czujników elektronicznych. W każdej jednostce uczniowie budują zestaw do eksperymentów (np. model wahadła matematycznego lub samochodu napędzanego gumką). Wykorzystują do tego bardzo proste materiały i narzędzia, do których każdy powinien mieć dostęp. Następnie, wykorzystując zbudowany sprzęt, przeprowadza się eksperymenty. Do rejestrowania pomiarów mogą być użyte różne czujniki, od zwykłych obserwacji, z wykorzystaniem wbudowanych czujników w telefonie, po zbudowane od podstaw czujniki DIY. W zależności od poziomu technicznego grupy, nauczyciel może stosować jedynie proste obserwacje i ręcznie zapisywać wyniki, lub wspólnie z uczniami skonstruować własny czujnik. Niezależnie od wybranej drogi, najważniejszym elementem każdego scenariusza jest końcowe omówienie wyników z uczniami i wyciągnięcie wniosków z przeprowadzonych eksperymentów.

1.2 Przesłanki dydaktyczne

Każda jednostka lekcyjna w tym module zbudowana jest według podobnego schematu, który składa się z krótkiego wprowadzenia do tematu poprzez prostą demonstrację zjawiska, dyskusji z uczniami, zaprojektowania eksperymentu, zebrania pomiarów i obserwacji, analizy wyników poprzez dyskusję z uczniami. Główną ideą całego modułu jest podkreślenie zaangażowania uczniów w aktywne analizowanie wyników obserwacji i samodzielne podejmowanie prób eksperymentowania. W tym procesie nauczyciel pełni rolę facylitatora, który wspiera uczniów w procesie dochodzenia do wniosków, projektowania eksperymentu i przeprowadzania całego procesu zgodnie z metodą badawczą.

Ważnym aspektem jest nacisk kładziony na działania praktyczne podejmowane przez uczniów. Niestety, w dzisiejszych czasach wielu młodych ludzi ma mniejsze możliwości wykonywania czynności typu DIY. Więcej procesów związanych z uczeniem się przenosi się do świata online, zwłaszcza w sytuacji pandemii COVID-19, co spowodowało jeszcze większe pogłębienie wszelkich form edukacji zdalnej, często oderwanej od praktycznego, namacalnego aspektu.

Dlatego w proponowanym module wszystkie jednostki lekcyjne są silnie ukierunkowane na działania praktyczne poprzez np. budowę przyrządu pomiarowego lub aparatury do doświadczeń. Również tematy zostały zaprojektowane tak, aby wykorzystać bardzo proste i dostępne materiały i narzędzia do budowy aparatury badawczej, co minimalizuje próg wejścia nawet dla osób bez doświadczenia w majsterkowaniu (czy to nauczycieli, czy studentów).

Główną osią każdej jednostki lekcyjnej jest samodzielne przeprowadzenie eksperymentu i skonstruowanie urządzenia badawczego. Nauczyciel ma możliwość wyboru techniki, jaką należy zastosować podczas obserwacji i pomiarów. Wszystko zależy od poziomu zaawansowania uczniów i to nauczyciel najlepiej wie, do czego zdolni są jego uczniowie. Dlatego można wykorzystać zwykły zeszyt i długopis, telefon komórkowy lub samodzielnie zaprogramować czujnik DIY. Również jeśli chodzi o budowę układu pomiarowego, w niektórych lekcjach udostępniono pliki stl do samodzielnego wydruku na drukarce 3D, które można włączyć w proces konstruowania elementów eksperymentu. Jeśli nie ma dostępu do druku 3D, to nic nie szkodzi, bo każdy eksperyment można zbudować z prostych materiałów.

Ostatnim elementem każdej lekcji jest analiza wyników i dyskusja z uczniami w celu wyciągnięcia wniosków. Jak wspomniano powyżej, do analizy danych można wykorzystać techniki całkowicie analogowe (np. ręcznie rysowane wykresy) lub zastosować oprogramowanie takie jak MS Excel czy Google Sheets. Ważnym aspektem, na który warto zwrócić uwagę podczas korzystania z tego modułu, jest połączenie świata fizycznego (eksperyment, obserwacje) ze światem cyfrowym (pomiar, analiza danych). Dzięki takiej formie zajęć uczniowie mają szansę rozwinąć swoje kompetencje cyfrowe i dostrzec związek między rzeczywistym zjawiskiem a danymi w postaci cyfrowej uzyskanymi w wyniku pomiaru tego zjawiska.

1.3 Poczucie wspólnoty i współpraca cyfrowa

Moduł może być wykorzystywany zarówno stacjonarnie w klasie, jak i w pełni zdalnie. Proponowane metody rejestracji pomiarów (aplikacja na smartfona i czujnik DIY) domyślnie przechowują dane w formie cyfrowej. Pozwala to na bardzo szybkie i łatwe udostępnianie wyników, np. za pomocą dowolnej usługi chmurowej, np. Google Sheets.

Również jednym z wariantów, który może zastosować nauczyciel jest przydzielenie zadania – stworzenie czujnika (opartego na NodeMCU), który automatycznie zbiera dane i wysyła je do wspólnej bazy danych. Dzięki temu w jednym miejscu można zebrać dane z rozproszonych stacji pomiarowych. Można też odwrócić to podejście i stworzyć fizyczny zestaw do eksperymentowania w jednym fizycznym miejscu z czujnikiem (np. w szkole), który wysyła dane do wspólnej chmury i wszyscy mogą analizować wyniki eksperymentu zdalnie, bez fizycznej obecności, np. w szkolnej klasie.

Struktura jednostek

Moduł podzielony jest na 2 główne części. Pierwsza (Jednostka 1) dotyczy błędów pomiarowych i podstaw analizy wyników eksperymentalnych. Nie jest to część obowiązkowa i każdy nauczyciel może ją wykorzystać według własnego uznania. W drugiej części znajdują się trzy większe tematy (Jednostki 2–4). Każdy temat stanowi odrębną całość i nie musi być realizowany w kolejności. W tematach tych poruszamy zagadnienia związane z przyspieszeniem, sprężystością i elektromagnetyzmem. Można je łatwo dostosować do realizowanej podstawy programowej. To od nauczyciela zależy, który moduł lub jego elementy na lekcji chce wykorzystać ze swoimi uczniami.

2 Podstawa programowa

Moduł powstał w oparciu o konsultacje z nauczycielami pracującymi w polskich szkołach zawodowych i technicznych. Wszystkie działania zostały dopasowane do podstawy programowej obowiązującej w tym przypadku na lekcjach fizyki i matematyki. Nauczyciele mocno podkreślali wartość łączenia umiejętności technicznych z innymi standardowymi przedmiotami szkolnymi. Ćwiczenia zawarte w module dydaktycznym obejmują następujące tematy:

Jednostka 1 – Błędy pomiarowe

Jednostka 2 – Energia kinetyczna sprężystości

Jednostka 3 – Wahadło matematyczne

Jednostka 4 – Elektromagnetyzm

Na początku każdego z zajęć wymienione są wszystkie tematy i podtematy związane z tematem głównym. Dzięki temu każdy nauczyciel, niezależnie od kraju, będzie mógł dostosować poszczególne elementy zajęć lub całe zajęcia do swojej podstawy programowej.

3 Przegląd jednostek scenariusza "Czujniki i pomiary"

Jednostka 1. Błąd pomiaru
Poznanie błędów pomiarowych
Jednostka 2. W ruchu
<u>Jednostka 2.a Proca</u> Badanie odległości wystrzelonego przedmiotu – rozciągniętej gumki recepturki
<u>Jednostka 2.b Napęd z taśmą gumową</u> Wykorzystanie energii potencjalnej sprężystości do zaprojektowania prostego napędu
<u>Jednostka 2.c Analiza wyników doświadczenia</u> Przedstawienie grupie analizy zebranych danych pomiarowych i porównanie wyników z innymi uczniami
Jednostka 3. Wahadło
<u>Jednostka 3.a Budowa wahadła</u> Wykorzystanie wahadła do wykonania niektórych pomiarów np. okresu oscylacji
<u>Jednostka 3.b Wykonanie narzędzia pomiarowego</u> Wykonanie zdalnego czujnika do zbierania danych z wahadła
<u>Jednostka 3.c Porównanie wyników</u> Przedstawienie grupie analizy zebranych danych pomiarowych i porównanie wyników z innymi uczniami
Jednostka 4. Elektromagnes
<u>Jednostka 4.a Budowa elektromagnesu</u> Budowa prostego modelu elektromagnesu do badania zjawiska elektromagnetyzmu
<u>Jednostka 4.b Budowa czujnika</u> Znalezienie sposobu pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego
<u>Jednostka 4.c Urządzenie sortujące</u> Wykorzystanie nowo nabytej wiedzy do zaprojektowania prostego urządzenia do sortowania monet

4 Scenariusz zajęć: "Czujniki i pomiary"

4.1 Jednostka 1 . Błędy pomiarowe



Krótki opis

W tym eksperymencie dowiemy się o błędach pomiarowych, które są częścią pracy badawczej.

Poruszane tematy

Metrologia (wykonywanie pomiarów), błędy i niepewności pomiarowe, dokładność narzędzi pomiarowych, statystyka pomiarów, rozkład wielkości.

Czas

1 lekcja + samodzielna praca uczniów w domu

Lekcja 1

Formularz

Spotkanie z uczniami w klasie lub online

Można połączyć z Jednostką 3, która bada wahadło matematyczne.

Cel pomocy

Zbadać ruch wahadła matematycznego, zbudować je i obliczyć jego okres drgań oraz wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego.

Materiały potrzebne dla nauczyciela

- program online do zbiorczej prezentacji pomiarów uczniów (w przypadku pracy zdalnej)
- tablicę do zapisywania pomiarów (jeśli pracujemy w klasie)

Materiały potrzebne dla ucznia

- metalowa nakładka większa niż M8 lub podobny metalowy ciężar
- nierozciągliwa nić o długości około 1 m
- taśma klejąca
- sztywny pręt, na którym można zawiesić nitkę
- mocna konstrukcja umożliwiająca zamocowanie wędki na odpowiedniej wysokości, tak aby gwint i nasadka nie przesunęły punktu zawieszenia
- biały arkusz techniczny A3
- kątomierz
- ołówek
- różne przyrządy do mierzenia długości (linijki szkolne o różnych długościach, reguła składana, miara stolarska, miara krawiecka)
- stoper (np. w telefonie)
- arkusz ćwiczeń dla uczniów – lekcja 1

Zadanie 1: Pomiar długości przekątnej

Demonstracja nauczyciela

1. Poproś każdego ucznia o zmierzenie przekątnej kartki A3 własną miarką (w miarę możliwości inną).
2. Po kolei zanotuj uzyskane przez uczniów wartości w arkuszu kalkulacyjnym (praca zdalna) lub na tablicy.
3. Przedstawienie wyników uczniom.
4. Wspólnie z uczniami eliminujemy pomiary, które mają "gruby błąd" (mocno odbiegają od reszty) i obliczamy średnią arytmetyczną wszystkich pozostałych pomiarów.
5. Wynik porównujemy z wartością obliczoną na podstawie standardowych wymiarów arkusza A3.

Pytania do uczniów po zakończeniu demonstracji

- Czy były rozbieżności w wynikach?
- Czy były rozbieżności w wynikach przy użyciu tego samego narzędzia pomiarowego?
- Ile wynosiła najmniejsza podziałka w użytej przez nas miarce?
- Jak rozkładają się wartości na wykresie słupkowym?
- Czy wartość przekątnej obliczona ze średniej arytmetycznej uzyskanych pomiarów różni się od wartości obliczonej ze standardowych wymiarów arkusza A3?

Dyskusja

Celem dyskusji jest zwrócenie uwagi uczniów na fakt, że podczas pomiarów mogą wystąpić różne błędy:

- błędy "grube" - wynikające z nieuwagi, braku skupienia (np. nieprawidłowe odczytanie, przesunięcie linijki na mierzonej powierzchni, użycie skali w calach zamiast skali w cm itp.); wyniki z takimi błędami są odrzucane - nie bierzemy ich pod uwagę.
- błędy systematyczne - wynikające z konstrukcji narzędzia lub przyjętej techniki pomiaru (np. zbyt mocne naciągnięcie taśmy mierniczej).

- błędy przypadkowe – spowodowane czynnikami zewnętrznymi (np. wpływ temperatury na długość taśmy mierniczej) lub sytuacyjnymi (np. paralaksa – nieprawidłowe odczytanie wyniku spowodowane nieprawidłowym ustawieniem oka w stosunku do skali na linijce).

Ważne jest, aby uczniowie uświadomili sobie, że błędy zawsze będą się pojawiać, ale ważne jest, aby je zidentyfikować i w miarę możliwości wyeliminować. Dyskusję można zakończyć eksperymentem, w którym uczniowie identyfikują błędy, które mogły wystąpić podczas pierwszego pomiaru i starają się je wyeliminować w kolejnym, czyli powtarzają pomiar długości przekątnej arkusza A3. Zbieramy ich wyniki, przedstawiamy je w formie graficznej (wykres słupkowy), obliczamy średnią ze zmierzonych wartości i porównujemy z wynikami uzyskanymi z pierwszego pomiaru.

Zadanie 2: Wahadło

Każdy uczeń przeprowadza eksperymenty niezależnie na stabilnej powierzchni.

Wykonanie wahadła

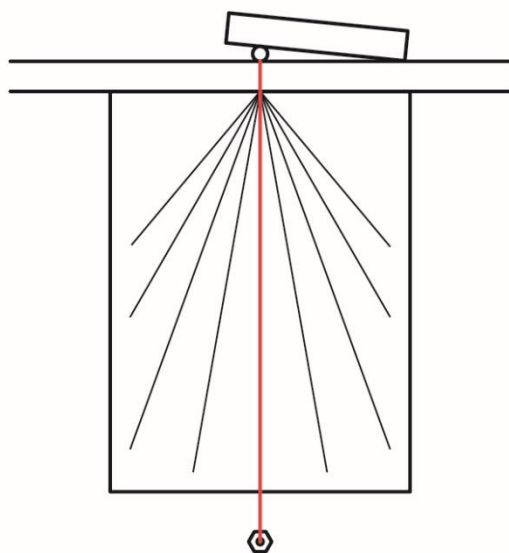
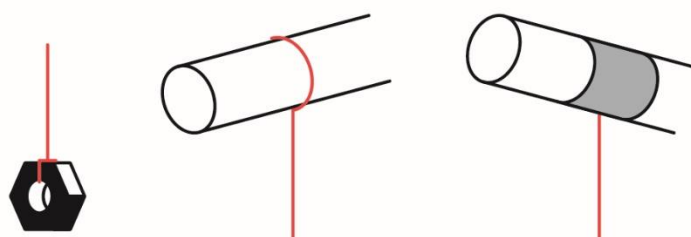
1. Zamocować nasadkę na gwincie.
2. Drugi koniec nici przymocuj do pręta.
3. Zamocuj pręt do stabilnej konstrukcji, tak aby nasadka wahadła nie przesunęła punktu mocowania.
4. Narysuj na kartce A3 skalę kątową (jak na rysunku).
5. Umieść arkusz za nitką tak, aby punkt środkowy skali był równy z punktem, w którym nitka wisi na pręcie.

PYTANIE BADAWCZE 1

Jaki jest okres oscylacji zbudowanego przez Ciebie wahadła?

Część 1 Narzędzie pomiarowe – człowiek ze stoperem

1. Odchyl wahadło o około 10 stopni. Zwolnij wahadło, jednocześnie włączając stoper.
2. Policz liczbę oscylacji, zatrzymaj stoper na pięciu, zapisz wynik.
3. Oblicz okres drgań wahadła, dzieląc wynik przez 5.
4. Powtórzcie pomiar kilka razy. Wyniki umieść na wykresie słupkowym.



PYTANIE BADAWCZE NR 2

Jaka jest wartość przyspieszenia siły ciężkości?

- Spraw, aby wahadło wychyliło się o 10 stopni. Zwolnij wahadło i jednocześnie uruchom stoper.
- Policz liczbę oscylacji, zatrzymaj stoper przy piątej, zapisz wynik.
- Oblicz okres wahadła, dzieląc wynik przez 5.
- Po każdym pomiarze okresu oscylacji zmierz długość nici (od punktu zawieszenia do środka ciężkości nasadki).
- Korzystając z przekształconego wzoru na okres drgań wahadła, oblicz wartość przyspieszenia grawitacyjnego:
$$g = 4\pi^2 / T^2$$
- Powtórzcie pomiar kilka razy. Wyniki nanieś na histogram.

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Punkt zawieszenia porusza się wraz z ruchem wahadła.

- Unieruchomić miejsce zawieszenia np. plasteliną lub klejem na gorąco.

Podsumowanie eksperymentu

Pytania pomocnicze:

- Jak można dokładniej zmierzyć daną wartość?
- Czy zmierzona wartość przekątnej kartki papieru A3 jest jej rzeczywistą wielkością?
- Jak zmieni się wartość okresu drgań i wyznaczona wartość przyspieszenia, jeśli zmienimy kąt wychylenia wahadła?

Zgodnie z teorią, dla nieskończonej liczby pomiarów, jeśli występują tylko błędy losowe, to wartość średnia powinna odpowiadać wartości prawdziwej (zwanej też wartością rzeczywistą).

Prawdziwa wartość wielkości mierzonej zwykle nie jest znana przed pomiarem (przynajmniej w pomiarach naukowych), więc eliminacja błędu statystycznego, czy jego identyfikacja, może być trudna. Dlatego ważnym elementem rozwoju nauki jest

prorowadzenie i powtarzanie pomiarów przez różne zespoły – co w naszym przypadku jest realizowane poprzez pracę wielu (samodzielnych) studentów.

Z kolei błędy grube są stosunkowo łatwe do wyeliminowania. W naszym przypadku taki błąd mógłby wynikać np. z użycia taśmy mierniczej wyskalowanej w calach i odczytania ich jako centymetrów. Innym częstym przypadkiem błędów grubych w pomiarach długości jest przesunięcie początkowego "0" względem mierzonego obiektu w trakcie pomiaru. Kolokwialna staranność w dokonywaniu pomiarów jest więc kluczowa.

Podczas pomiaru okresu drgań w wahadle w części 1 głównym źródłem błędu był odruch osoby trzymającej stoper, jej czas reakcji. Gdy wyeliminowaliśmy czynnik ludzki poprzez zastosowanie narzędzia pomiarowego uzyskane wyniki są mniej rozproszone. W praktyce wykres dla uzyskanych okresów wahadła (dla np. 100 pomiarów) powinien być bardziej "stromy" niż dla pomiarów ręcznych – czyli błędy są mniejsze i uzyskane zakresy niepewności pomiarowych też są mniejsze.

Ocena niepewności i błędu pomiaru – informacje dodatkowe

Jak stwierdzono powyżej, w różnych pomiarach mogą wystąpić następujące rodzaje błędów:

- błędy "grube"
- błędy systematyczne
- błędy przypadkowe

Przy wyznaczaniu przyspieszenia siły ciężkości spróbuj przeprowadzić z uczniami pełne obliczenia błędów, uwzględniając niepewności pomiarowe, dokładność przyrządów pomiarowych oraz reguły wynikające z ograniczonej liczby pomiarów (współczynniki t-Studenta). Czy w tym przypadku możliwe jest porównanie z wartością "prawdziwą" (jak dla przekątnej kartki papieru)?

4.2 Jednostka 2. W ruchu

Krótki opis

W tym eksperymencie zapoznamy się z energią potencjalną sprężystości, zbadamy od czego zależy odległość, na jaką poruszył się obiekt po rozciągnięciu gumki o tej energii. Na koniec eksperymentu wykorzystamy zdobytą wiedzę do zbudowania pojazdu napędzanego energią zgromadzoną w gumce i przeanalizujemy jego ruch.

Poruszane tematy

Kinematyka, przyspieszenie, sprężysta energia potencjalna, analiza danych, budowa pojazdu, czujnik przyspieszenia

Czas

2 lekcje + samodzielna praca uczniów w domu

4.3 Jednostka 2.a Wprowadzenie do zrozumienia zjawiska (lekcja 1)

Formularz

Spotkanie z uczniami w klasie lub online

Cel pomocy

Wprowadzenie tematu energii potencjalnej sprężystości i zbadanie od czego zależy odległość wystrzelonego przedmiotu za pomocą rozciągniętej gumki (odkształcenie materiału sprężystego).

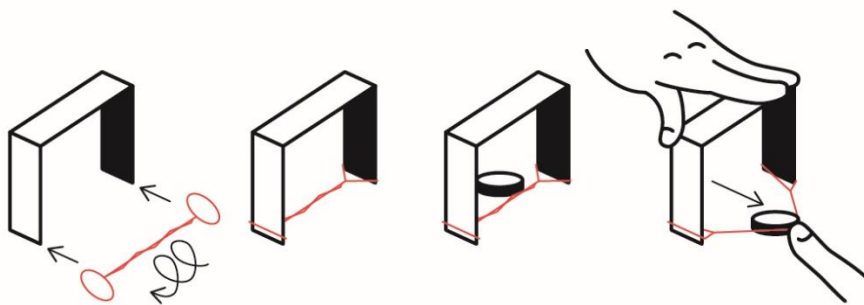
Materiały potrzebne dla nauczyciela

- gumowa taśma (min. średnica rozciągniętej gumy 100 mm, przekrój np. 2x3 lub 2x4 mm)
- kapsel od butelki (najlepiej szeroki kapsel od butelki po mleku)
- mocna rama w kształcie litery U, której rozpiętość ramion musi pomieścić kapsel

Materiały potrzebne dla ucznia

- gumowa taśma (min. średnica rozłożonej gumy 100 mm, przekrój np. 2x3 lub 2x4 mm)
- kapsel/nakrętka od butelki (najlepiej szeroki kapsel od butelki po mleku)
- stabilna rama w kształcie litery "U", odległość między jej ramionami musi pomieścić kapsel
- plastelina
- waga
- kartkę papieru formatu A5
- ołówek
- linijka
- taśma miernicza
- arkusz ucznia – lekcja 1

Demonstracja nauczyciela



1. Chwyć gumę w dwa palce i rozciągnij.
2. Rozciągniętą gumkę skręć tak, aby tworzyła jedną linię.
3. Przymocuj końce skręconej gumki do końcówek ramion ramy. Gumka powinna być napięta.
4. Postaw ramę na jej końcach. Gumka powinna być równoległa do podłoża.
5. Umieść kapsel przed gumką. Gumka powinna być mniej więcej w połowie wysokości kapsla.
6. Nacisnąć ramę w dół. Za pomocą jednego palca docisnąć kapsel do podłoża. Rozciągnij ją lekko, a następnie zwolnij gumkę.
7. Użyj tej samej metody, aby ponownie wyskakiwał kapsel. Tym razem mocniej zaciśnij gumkę.

Pytania do uczniów po zakończeniu demonstracji

- Co się stało z kapslem wystrzelonym z procy?
- W której próbie kapsel poleciał dalej?
- Czym różniła się pierwsza próba od drugiej?
- Skąd wzięła się energia, która wprowadziła kapsel w ruch?

Dyskusja

Uczniowie zastanawiają się, co jeszcze, oprócz siły nacisku gumki, wpływa na odległość, na jaką polecą kapsel. Dyskusja powinna zainspirować do postawienia kolejnych pytań badawczych.

Główne pytanie badawcze

Od czego zależy odległość, na jaką zostanie wystrzelony kapsel?

Dyskusja powinna być poprowadzona w taki sposób, aby uczniowie sami wymyślili odpowiedzi na główny problem badawczy. Do moderowania dyskusji używaj pytań przewodnich.

- Jakie siły działają na kapsel w każdym momencie jej ruchu?
- Jaką energię ma rozciągnięta gumka?
- Jaką energię ma kapsel bezpośrednio po wystrzeleniu z procy?

Dyskusja ma inspirować do stawiania dalszych, szczegółowych pytań badawczych i projektowania nowych eksperymentów.

Propozycja pracy z uczniami

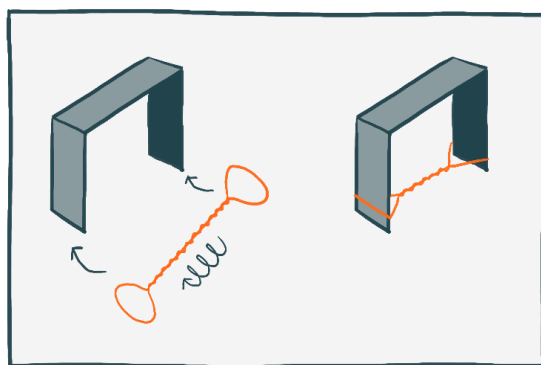
Aby skrócić czas możemy podzielić uczniów na 2 zespoły, każdy zespół wykonuje zadanie 1 i jeden z trzech eksperymentów. Po wykonaniu eksperymentów dzielą się wynikami w klasie.

Zadania i eksperymenty dla uczniów

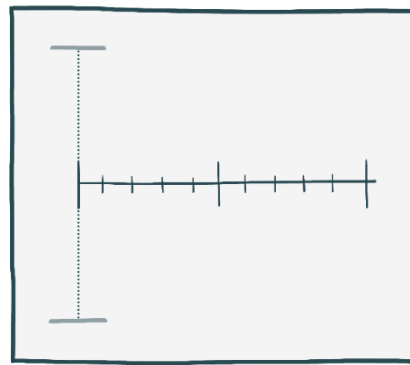
Każdy uczeń przeprowadza eksperymenty niezależnie na płaskiej, stabilnej powierzchni.

Zadanie 1: Wykonanie procy

1. Chwyć gumkę w dwa palce i rozciągnij ją.
2. Rozciągniętą gumkę skręć tak, aby tworzyła jedną linię.
3. Przymocuj końce skręconej gumki do końcówek ramion ramy. Gumka powinna być napięta (patrz Rys. 1).
4. Na kartce A5 narysuj skalę milimetrową od 0 – 10 cm (patrz rysunek 2).



Rys. 1

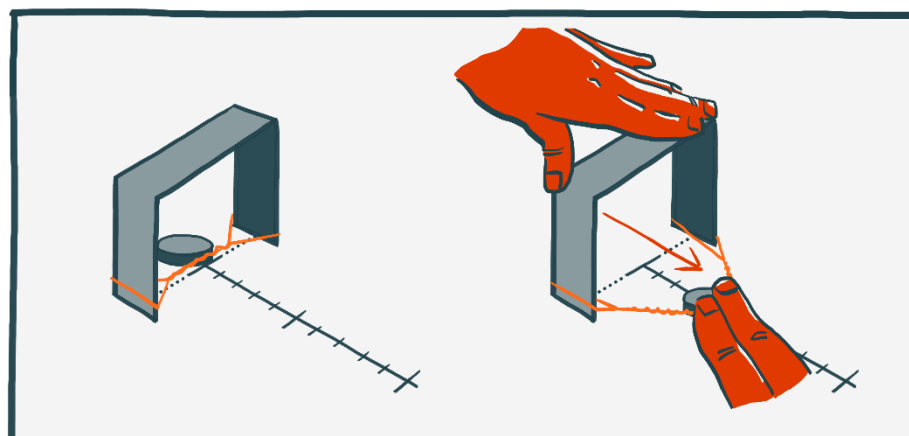


Rys. 2

PYTANIE BADAWCZE 1

W jaki sposób napięcie gumki wpływa na odległość, jaką pokonuje kapsel?

1. Zważyć nakrętkę, masę zapisać w tabeli.
2. Położyć kartkę papieru z narysowaną na niej skalą. Na kartce ustawić prócę tak, aby napięta gumka znajdowała się nad linią "0" (patrz rys. 3).
3. Umieścić kapsel przed rozciągniętą gumką.
4. Nacisnąć ramkę w dół. Jednym palcem docisnąć kapsel do podłogi. Dokręcić gumkę do 0,5 cm (0,5 cala), a następnie zwolnić gumkę (patrz rys. 3).



Rys. 3

1. Powtórz pomiar odległości pokonanej przez kapsel pięć razy. Przy każdym powtórzeniu rozciągnij gumkę na taką samą odległość 0,5 cm (skorzystaj z narysowanej na kartce skali). Wyznacz średnią z uzyskanych wyników.

2. Powtórz pomiar odpowiednio dla 1, 1,5, 2, 3 i 4 cm.
3. Wyniki wpisz do tabeli lub programu Excel/Calc i wykorzystaj je do stworzenia wykresu drogi przebytej przez kapsel i napięcia gumki dla pustego kapsla.

Masa kapsla =g

Materiał kapsla - / Materiał ładunku -

Naciąg gumowej taśmy d [cm]	0	0,5	1	1,5	2	3	4
Średnia odległość, jaką przebył kapsel s [cm]	0						

Pytanie badawcze nr 2

W jaki sposób masa wystrzelonej przez ciebie kapsla wpływa na odległość, na jaką się on przemieszcza?

1. Powtórz pomiary, tym razem kręcąc kapsłem poprzez rozciąganie gumki zawsze tak samo ($d = \text{const}$), ale zwiększając jego masę za każdym razem poprzez dodanie kawałka plasteliny. Za każdym razem zważ kapsel i wpisz jego masę do tabeli przed przystąpieniem do pomiarów.
2. Wyniki wpisz do tabeli lub Excela/calc i wykorzystaj je do skonstruowania wykresu odległości pokonanej przez kapsel i masy kapsla.

Naprężenie gumowej taśmy $d = \dots\dots\dots\text{cm}$

Materiał kapsla - $\dots\dots\dots$ / materiał ładunku - $\dots\dots\dots$

Waga kapsla $m [\text{g}]$							
Średnia odległość, jaką przebył kapsel $s [\text{cm}]$							

PYTANIE BADAWCZE NR 3

Czy materiał, z którego wykonany jest kapsel i ładunek wpływa na odległość, na jaką się przemieszcza?

1. Powtórzcie pomiary, tym razem z kapslem o stałej masie m i rozciągając gumkę zawsze tak samo ($d = \text{const}$), ale zmieniając materiał kapsla i ładunku. Wyniki wpisz do tabeli lub programu Excel/Calc i wykorzystaj je do wykreślenia drogi przebytej przez kapsel w stosunku do napięcia gumki dla kapsla z taśmą.
2. Zapiszcie swoje wyniki w tabeli i porównajcie je. Spróbujcie znaleźć w Internecie współczynnik tarcia badanych materiałów i wykreślić drogę przebytą przez kapsel na tle współczynnika tarcia.

Naprężenie taśmy gumowej $d = \dots\dots\dots\text{cm}$

Masa kapsla = $\dots\dots\dots\text{g}$

Materiał kapsla/materiał ładunku	$\dots\dots\dots$ / $\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$ / $\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$ / $\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$ / $\dots\dots\dots$
Współczynnik tarcia f	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$
Średnia odległość, jaką przebył kapsel $s [\text{cm}]$				

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Po odpaleniu kapsel "wyskakuje".

- Wciskaj kapsel w dół, aż proca wystrzeli.
- Dociąż kapsel za pomocą plasteliny. Pamiętaj, aby plastelinę rozprowadzić równomiernie na całej powierzchni kapsla.
- Sprawdź, czy gumka jest w połowie drogi do kapsla.

Gumy rozciągają się, nie wracają do swojej pierwotnej długości.

- Podczas wystrzeliwania nie należy zbytnio rozciągać gumki.

Podczas wystrzeliwania porusza się karta z podziałką i ramka, na której spoczywa.

- Zamocuj kartę wyników na przykład za pomocą taśmy dwustronnej. Cały czas mocno dociskaj ramkę.

Jak zmienić materiał kapsla bez zmiany jej masy?

- Użyj kapsla z pewną ilością plasteliny. Jeśli na powierzchni nakrętki przykleisz jakiś inny materiał (np. taśmę malarską lub kartkę papieru), zważ nakrętkę i odejmij tyle plasteliny, aby nakrętka zachowała swoją pierwotną wagę.

Podsumowanie eksperymentów

Pytania przewodnie:

- Czy powstałe zależności są jednostajne, kwadratowe, czy jeszcze inne?
- Który parametr ma największy wpływ na odległość, z jakiej został wystrzelony kapsel?
- Czy wszyscy uczniowie wymyślili te same zależności? Jakie mogą być przyczyny ewentualnych różnic?

Energię potencjalną sprężystości można wykorzystać do wykonania konkretnej pracy, czyli przesunięcia kapsla na pewną odległość. Im większe napięcie gumki (odchylenie od 0), tym większa praca wykonana (przebyta droga) przez poruszający się kapsel. Zależność między odległością przebytą przez zakrętkę a napięciem gumki jest kwadratowa. Zwiększenie zasięgu kapsla wymaga zwiększenia napięcia gumki, czyli większego wydatku energii.

Zwiększanie masy kapsla to jednocześnie zwiększanie jego ciężaru, co wpływa na siłę tarcia działającą przeciwnie do ruchu kapsla. Zatem im większa masa kapsla, tym większa siła tarcia działająca na poruszającą się kapsel, co skutkuje krótszym dystansem, jaki pokona kapsel. Zmiana materiału skuwki lub podłoża również wpływa na siłę tarcia i obserwujemy różne odległości, na które przesunie się skuwka.

Wyjaśnienie zjawiska

Energia potencjalna sprężystości to energia zgromadzona w ciele sprężystym (np. sprężyna, gumka, cięciwa łuku itp.). Jeżeli ciało jest doskonale sprężyste, czyli spełnione jest prawo Hooke'a, to siła potrzebna do rozciągnięcia ciała sprężystego o długość od jego położenia równowagi wynosi:

$$F = kx$$

gdzie:

k – stała sprężystości.

Energia potencjalna E_s sprężystości zgromadzona w rozciągniętej gumce jest wtedy równa:

$$E_s = \frac{kx^2}{2}$$

Mówiąc inaczej, energia rośnie proporcjonalnie do kwadratu wydłużenia ciała sprężystego. W eksperymencie ciało elastyczne (gumka) jest wydłużone, gdy jest rozciągnięte przed odpaleniem. Kiedy rozciągnięta gumka zostaje zwolniona (puszczona), zmagazynowana energia potencjalna sprężystości zostaje przekazana do kapsla, który wykorzystuje ją do wykonania określonej pracy, czyli przemieszczenia się na określoną odległość. Przy pewnych uproszczeniach (np. cała energia zgromadzona w gumce jest przekazywana do kapsla bez strat) można przyjąć, że:

$$E_s = W$$

gdzie:

W – praca wykonana przez kapsel w stosunku do sił oporu ruchu na przebytej drodze. Gdy pominiemy siły oporu powietrza, będzie to siła tarcia. Którą można wyrazić wzorem:

$$W = Ts$$

Na poruszający się kapsel działa siła tarcia przeciwna do wektora prędkości kapsla. Wzór na siłę tarcia wynosi:

$$T = fN$$

gdzie:

f – współczynnik tarcia;

N – siła nacisku (w tym przypadku siła ciężkości).

Można zatem napisać:

$$T = fmg$$

gdzie:

m – masa kapsla;

g – natężenie pola grawitacyjnego przy powierzchni Ziemi (potocznie nazywane przyspieszeniem ziemskim).

Zamiana energii potencjalnej sprężystej gumki na pracę wykonaną przez kapsel w stosunku do siły tarcia działającej na poruszający się po niej kapsel wyraża się wzorem

$$E_s = W \Rightarrow \frac{kx^2}{2} = Ts \Rightarrow \frac{kx^2}{2} = fmg s$$

z którego można wyznaczyć drogę s przebytą przez kapsel:

$$s = \frac{kx^2}{2fmg}$$

Dla stałego systemu pomiarowego (ta sama gumka, ten sam kapsel i obciążenie) jedyną wartością, która może być zmieniona w celu wystania kapsla na różne odległości, jest napięcie gumki.

Ponieważ uczniowie budowali różne układy pomiarowe o różnych parametrach, uzyskane wyniki były różne. Jeżeli w jednym układzie gumka była nieco bardziej skręcona (kilka skrętów więcej) niż w drugim, to wyniki były różne. Bardziej skręcona gumka będzie miała inną stałą sprężystości. Różne wyniki pojawią się również w eksperymentach, w których jeden układ pomiarowy ustawiony jest na podłodze pokrytej dywanem, a drugi na ławce szkolnej – współczynniki tarcia będą inne w każdym układzie.

Opisane tu zależności są od wieków wykorzystywane w konstrukcji broni miotającej: łuków, kuszy i katapult. Wzór na energię mechaniczną broni miotającej zawiera współczynnik sprężystości (elastomerowa gumka ma inny współczynnik niż stalowe ramię kuszy czy kompozytowy łuk mongolski wykonany z drewna i ścięgien zwierzęcych). Znajomość tego współczynnika pozwalała na konstruowanie coraz doskonalszych typów broni miotającej.

Ciekawostka

Skręcone gumki są często wykorzystywane w modelarstwie jako napęd dla miniaturowych modeli samolotów. Głównymi zaletami tego rozwiązania jest stosunkowo prosta konstrukcja, mała masa i niski koszt. Innym przykładem zastosowania struktur sprężystych są resory piórowe lub sprężynowe. Energia powstająca podczas jazdy po wybojach jest zamieniana na energię sprężyny poprzez odkształcanie elementów sprężystych.

4.4 Jednostka 2.b Napęd z gumki recepturki (lekcja 2)

Formularz

Spotkanie z uczniami w klasie lub online

Cel pomocy

Przedstawienie napędu gumowego (związanego z odkształceniem materiału sprężystego) i pokazanie uczniom jego działania.

Pokazanie uczniom aplikacji dziennika naukowego i przetestowanie jej.

Materiały potrzebne dla nauczyciela

- samochód – model
- smartfon z aplikacją Arduino Science Journal

Materiały potrzebne dla ucznia

- smartfon
- Arduino Science Journal instrukcja

Demonstracja nauczyciela

1. Pokazujemy uczniom jak zbudowany jest pojazd napędzany gumką i jakie elementy są kluczowe.
2. Zademonstruj uczniom możliwości takiego pojazdu, przykręcając gumkę i puszczając pojazd w ruch.

Pytania, które należy zadać po demonstracji

- Co dzieje się z gumką przed i w trakcie ruchu samochodu?
- Jak porusza się pojazd napędzany gumkami?
- Jak rozciągnięta jest gumka?
- Jak daleko porusza się taki pojazd?

Dyskusja

Dyskusja powinna wyjaśnić uczniom i dać lepsze zrozumienie praw fizyki, które odpowiadają za ruch pojazdu z gumką oraz wzmocnić wiedzę zdobytą na poprzedniej lekcji.

Główny problem badawczy

Jaki jest ruch pojazdu napędzanego gumką?

- Do moderowania dyskusji można wykorzystać pytania pomocnicze.
- Jaką energię ma rozciągnięta gumka?
- W jaki sposób gumka napędza pojazd?
- Jakie siły powodują zatrzymanie się pojazdu po pewnym czasie?
- Jakim ruchem porusza się pojazd i jak możemy to sprawdzić?
- Jakiego czujnika możemy użyć do badania ruchu pojazdu?
- Czy w Waszych smartfonach znajduje się taki czujnik?

Narzędzie pomiarowe

Dzięki aplikacji Arduino Science Journal będziemy mogli lepiej przeanalizować ruch pojazdu z gumką. Aplikacja wykorzystuje czujniki wbudowane w nasze smartfony. W naszym przypadku potrzebny będzie czujnik przyspieszenia inaczej akcelerometr.

1. Prosimy uczniów o zainstalowanie aplikacji Arduino Science Journal.
2. Pokazujemy jak ustawić pomiar przyspieszenia i jak go uruchomić i prosimy uczniów, aby zrobili to samo na swoich smartfonach.
3. Prosimy uczniów, aby poruszali telefonem w różnych kierunkach i obserwowali, co dzieje się na ekranie telefonu w zależności od wybranego kierunku przyspieszenia (do wyboru są trzy: wzdłuż osi x, y i z).
4. Następnie poproś ich o zarejestrowanie kilku pomiarów przyspieszenia wzdłuż jednej z wybranych osi podczas poruszania telefonem w różnych kierunkach, a następnie przeanalizuj powstałe wykresy.

Pytania i zadania dla uczniów do samodzielnej odpowiedzi:

- Co widzimy na ekranach telefonów?
- Jakie dane rejestruje czujnik przyspieszenia?

- Jaka jest różnica między pomiarami przyspieszenia podpisanymi jako x, y, z w aplikacji?
- Przesuń telefon tylko w kierunku jego długiej krawędzi na płaskiej powierzchni i zobacz, wzdłuż której osi zmienia się przyspieszenie.

Film pokazujący jak korzystać z aplikacji i jak można ją wykorzystać do różnych pomiarów:



<https://youtu.be/p2w2y6noE34>

Podsumowanie

Za pomocą smartfona możemy odkryć, jakim ruchem porusza się pojazd napędzany gumkami. Prosimy uczniów o samodzielne wykonanie w domu kolejnego kroku Zadanie domowe. Pytania pomocnicze:

- W jakim kierunku montujemy smartfon na pojeździe, aby prawidłowo zmierzyć jego przyspieszenie w czasie?
- Jakie wartości przyspieszenia zapiszemy w aplikacji: x, y, czy z?

ZADANIE DOMOWE – Budowa i badanie pojazdu

Formularz

Samodzielna praca uczniów w domu lub w małych grupach w szkole.

Cel pomocy

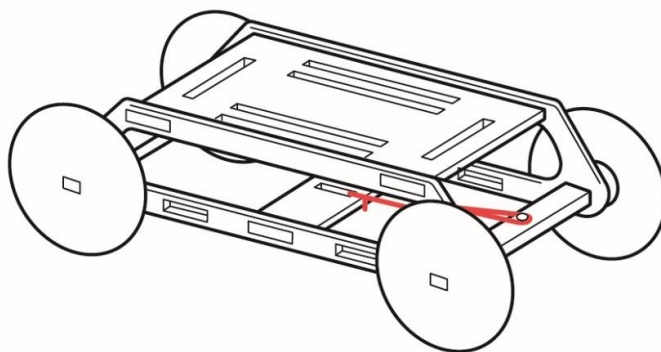
Zlecić uczniom zbudowanie pojazdu i wykorzystanie go do wykonania pomiarów przyspieszenia i odległości, jaką pojazd pokona w zależności od napięcia napędzającej go gumki.

Materiały potrzebne dla ucznia

- części do budowy pojazdu (wydrukowane na drukarce 3D lub wycięte z twardego materiału – sklejki, sztywnej tektury)
- instrukcja budowy
- smartfon
- Instrukcja obsługi aplikacji Arduino Science Journal
- gumki (4 na koła samochodu i 1-3 na napęd)
- taśma miernicza
- arkusz dla ucznia – zadanie domowe

Zadanie 1: Wykonanie pojazdu

- Wydrukować lub wyciąć potrzebne części (wydrukować; wyciąć)
- Zmontować pojazd zgodnie z instrukcją



PYTANIE BADAWCZE 1

Jakim ruchem porusza się pojazd napędzany gumką?

Część 1: Badania przyspieszenia

1. Uruchom na swoim smartfonie preinstalowaną aplikację Arduino Science Journal.
2. Przymocuj smartfon do pojazdu za pomocą gumek.
3. W aplikacji wybierz pomiar akcelerometru (czujnika przyspieszenia) wzdłuż odpowiedniej osi.
4. Ustawić pojazd na ziemi i rozciągnąć gumkę obracając 4 razy tylnymi kołami.
5. W tym samym czasie zacznij rejestrować w telefonie pomiar przyspieszenia i puść pojazd.
6. Gdy pojazd zatrzyma się, przerwij pomiar i zmierz odległość, na jaką przemieścił się pojazd za pomocą taśmy mierniczej.
7. Powtórzyć pomiar kilkakrotnie, ale dla różnych napięć gumek.
8. Przenieś swoje pomiary do programu Excel lub Calc i użyj ich do wykreślenia przyspieszenia w zależności od czasu dla różnych wydłużeń gumki.

Pytania dla uczniów do samodzielnej odpowiedzi:

- Co jest wyświetlane w aplikacji?
- Czy został zarejestrowany pomiar przyspieszenia?
- W jakim rozszerzeniu pliku zapisywane są wyniki pomiarów?
- Czy program (Excel lub Calc) prawidłowo odczytuje dane pomiarowe?
- Jaki kształt ma wykres zależności przyspieszenia od czasu?
- W którym momencie pojazd zaczął się poruszać?
- Jaki jest ruch pojazdu?

Część 2: Analiza danych

1. Przeanalizuj wykresy zależności przyspieszenia od czasu dla różnych odcinków gumki.
2. Korzystając z danych o zmierzonym przyspieszeniu, spróbuj obliczyć/narysować za pomocą całki wartości prędkości w czasie i drogi w czasie.
3. Przeanalizuj wykresy i spróbuj określić, jakim ruchem poruszał się samochód.

Pytania i zadania dla uczniów do samodzielnej odpowiedzi:

- Jak zmienia się przyspieszenie w trakcie ruchu pojazdu?
- Jak zmienia się prędkość w trakcie ruchu pojazdu?
- W jakim ruchu porusza się pojazd? Spróbujcie wymienić te fragmenty na wykresie, w których pojazd porusza się ruchem jednostajnym, ruchem jednostajnie przyspieszonym, ruchem niejednostajnie przyspieszonym, ruchem opóźnionym itp.
- Jaką odległość przebył pojazd, gdy gumka została rozciągnięta przy 4-krotnym obrocie koła, a jak przy większych i mniejszych rozciągnięciach?
- Porównaj otrzymane wartości odległości, na jakie poruszał się pojazd z wykresu, z wartościami zmierzonymi taśmą mierniczą. Skąd mogą wynikać ewentualne różnice?
- Co można zmienić w projekcie, aby pojazd pokonywał większe odległości przy tym samym napięciu gumki?
- Wprowadź proponowane przez siebie modyfikacje i sprawdź, czy pojazd rzeczywiście porusza się na większe odległości.

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Pojazd nie porusza się.

- Moc gumki może być zbyt słaba, wtedy skręć gumkę bardziej lub połącz 2-3 gumki w jedną.
- Może być zbyt duże tarcie między osią samochodu a jego ramą boczną, w takim przypadku użyj małego pilnika i lekko przeszlifuj powierzchnie styku obu tych elementów.

Samochód nie porusza się w linii prostej.

- Jeśli połączenie kółek z wałkiem jest zbyt luźne, spróbuj zlikwidować luz np. kawałkami papieru. Możesz też usztywnić konstrukcję klejem odpowiednim do plastiku, ale wtedy nie będzie można jej zdjąć w celu jakiegokolwiek modyfikacji.

Koła ślizgają się na początku (boksują).

- Dodaj gumowe podkładki pod koła lub postaw pojazd na przykład na wykładzinie dywanowej, aby zwiększyć tarcie kół o podłogę.

Ruch trwa zbyt krótko, by mógł zostać zarejestrowany przez smartfon.

- Gumkę należy naciągnąć mocniej, a jeśli nie jest to możliwe, należy użyć większej i grubszej gumki.

Dane w programie Excel/Calc nie są wyświetlane prawidłowo.

- Zanim otworzysz plik *.csv w Excelu lub Calc, otwórz go w Notatniku i sprawdź, jak zapisane są dane. Jeśli poszczególne kolumny są oddzielone znakiem ";", zastąp go znakiem ",". Dodatkowo dane zmiennoprzecinkowe mogą być zapisane z kropką, aby Excel/Calc prawidłowo je odczytał "." należy zastąpić ",".

Trudno jest włączyć pomiar i jednocześnie odpuścić.

- Jest to naturalna czynność. Ważne jest, aby rozpocząć pomiar przed puszczeniem pojazdu. Na wykresie będzie widoczny moment rozpoczęcia ruchu (przyspieszenie zaczyna rosnąć od 0). Dane w arkuszu kalkulacyjnym można już odpowiednio przetworzyć i wyciąć część przed momentem rozpoczęcia ruchu, pamiętając o odpowiedniej zmianie wartości czasu.

4.5 Jednostka 2.c Porównywanie wyników (lekcja 3)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Przedstawienie grupie analizy zebranych danych pomiarowych i porównanie wyników z innymi uczniami.

Wymagane materiały dla ucznia

- wypełnione arkusze
- wyniki zadań i eksperymentów (tabele, wykresy)

SUMMARY

Analiza wykresu przyspieszenia:

- Poproś jednego z uczniów o pokazanie/podzielenie się wykresem czasowo-przyspieszeniowym dla pojazdu z gumką, który stworzył na podstawie swoich pomiarów.
- Wspólnie omawiamy poszczególne etapy ruchu pojazdu.
- Zapytaj, czy ktoś otrzymał inny wykres i poproś, aby pokazał nam swój.
- Wspólnie omawiamy różnice i zastanawiamy się skąd się one biorą.

Pytania pomocnicze:

- W którym punkcie wykresu pojazd ma największe przyspieszenie?
- Jakie było maksymalne przyspieszenie pojazdu dla napięcia gumki, gdy koło obrócono 2 razy?
- Czy wszystkie pojazdy uzyskały podobne przyspieszenie dla tego samego napięcia gumki?
- Czym różniły się te projekty i jak to wpłynęło na wyniki?
- Co możemy zmienić w projekcie, aby pojazd pokonywał większe odległości?

4.6 Jednostka 3. Wahadło

Krótki opis

W tym eksperymencie dowiemy się jak działa wahadło matematyczne. Skonstruujemy narzędzie do pomiaru okresu wahadła i zbadamy, od jakich parametrów on zależy. Na koniec wykorzystamy tę wiedzę do eksperymentalnego wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego.

Poruszane tematy

Wahadło matematyczne, teoria drgań, ruch harmoniczny, amplituda, okres drgań, przyspieszenie ziemskie, analiza danych, projektowanie narzędzi pomiarowych.

Czas

3 lekcje + samodzielna praca ucznia w domu

4.7 Jednostka 3.a Wprowadzenie do zrozumienia zjawiska część 1 (lekcja 1)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Przeanalizuj ruch wahadła matematycznego, zbuduj je i oblicz jego okres drgań.

Materiały potrzebne dla nauczyciela

- model DIY wahadła matematycznego
- stoper

Materiały potrzebne dla ucznia

- metalowa nakładka M8 lub podobna (średnica około 1,5 cm; waga około 4,5 g)
- nierozciągliwa nić o długości ok. 1 m
- taśma klejąca
- sztywny pręt do zawieszania nici
- stabilna konstrukcja umożliwiająca zamocowanie pręta na odpowiedniej wysokości, tak aby gwint i nasadka zwiisały swobodnie (statyw laboratoryjny, stół lub biurko)
- biała kartka papieru technicznego A4 lub A3
- kątomierz
- ołówek
- długą linijkę lub taśmę mierniczą (minimum 50 cm)
- stoper (np. smartfon)
- arkusz ćwiczeń dla uczniów – lekcja 1

Demonstracja nauczyciela

1. Rozchyl wahadło i puść je, wprawiając w ruch. Wspólnie z uczniami obserwujcie ruch wahadła.
2. Wspólnie z uczniami, używając stopera, zmierzcie czas, jaki potrzebuje ciężarek wahadła na przebycie drogi w przód i w tył przez kilka kolejnych wahnięć.
3. Zwróć uwagę na poszczególne czasy wahnięcia i porównaj je ze sobą.

Pytania, które możemy zadać uczniom po spektaklu

- Jak porusza się ciężarek zawieszony na końcu wahadła?
- Jaka była różnica czasowa między każdą fluktuacją?
- Czy ta różnica maleje? A może rośnie?
- Jak nazywamy różnicę czasu mierzoną między każdym wahnięciem wahadła?

Dyskusja

Celem tej dyskusji jest uświadomienie uczniom, że różnica czasu, którą zauważają między każdym wahnięciem, jest okresem drgań wahadła.

Główny problem badawczy

Jaki jest okres oscylacji wahadła?

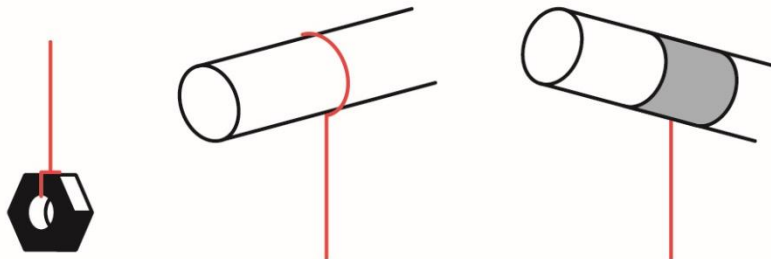
Poprowadź dyskusję tak, aby uczniowie zbudowali własne wahadła i zmierzili ich okres oscylacji.

Ćwiczenia i eksperymenty dla studentów

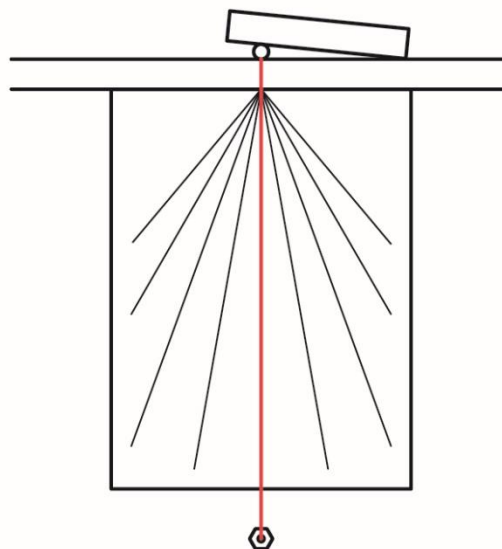
Każdy uczeń przeprowadza eksperymenty niezależnie na stabilnej powierzchni.

Zadanie 1: budowa wahadła

1. Zamocuj nasadkę na gwincie.
2. Przymocuj drugi koniec nici do pręta, przymocuj punkt zawieszenia za pomocą taśmy klejącej.



3. Przymocuj wędkę do stabilnej konstrukcji tak, aby nasadka swobodnie zwisała na gwincie.
4. Na kartce A4 lub A3 narysuj skalę kątową (jak na ilustracjach).
5. Umieść arkusz za nitką tak, aby punkt środkowy skali był równy z punktem, w którym nitka wisi na pręcie.



Pytanie badawcze 1

Jaki jest okres drgań skonstruowanego wahadła?

1. Odchyl wahadło o **10 stopni**. Zwolnij wahadło, jednocześnie włączając **stoper**.
2. Policz wahnięcia, przy piątym zatrzymaj stoper, zapisz wynik.
3. Oblicz okres drgań wahadła, dzieląc otrzymany wynik przez 5.
4. Powtórz pomiar kilkakrotnie i uśrednić uzyskane wartości. Otrzymany wynik to wartość okresu drgań dla skonstruowanego wahadła.

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Podczas ruchu wahadłowego różnice czasowe pomiędzy każdym wahnięciem są zbyt duże.

- Upewnij się, że punkt zawieszenia wahadła jest nieruchomy.
- Czas powinien być mierzony przez kilka osób. Zaproszenie do udziału w pokazie kilku uczniów wyeliminuje duże błędy.
- Używaj stopera z funkcją pomiaru. Korzystanie z tej funkcji pozwoli Ci uniknąć błędów pomiarowych – możesz skupić się na ruchu wahadła, a naciśnięcie odpowiedniego przycisku spowoduje automatyczny zapis wyników.
- Kąt wychylenia wahadła powinien być niewielki, najlepiej około 10 stopni.

W powtarzanych pomiarach przy stałych parametrach mogą pojawić się duże różnice w wartościach okresu wahadła.

- Można zwiększyć liczbę zliczanych wahnięć, co zminimalizuje błędy wynikające z czasu reakcji przy zliczaniu wartości czasowych kolejnych wahnięć.
- Do obliczonej średniej nie należy wliczać wartości skrajnych, które mocno odbiegają od reszty wyników (błędy grube).

Punkt zawieszenia porusza się wraz z ruchem wahadła.

- Unieruchom miejsce zawieszenia, użyj np. plasteliny lub kleju na gorąco.

Podsumowanie eksperymentu

Pytania pomocnicze:

- Jakie wartości okresu drgań uzyskałeś?
- Czy wszyscy wyszli od tych samych wartości i skąd mogli się wziąć ewentualne różnice?
- Czym różniły się wasze wahadła?

Wahadło (ciężarek zawieszony na nitce) porusza się po łuku, tam i z powrotem. Ten jeden pełny obrót to odległość, jaką pokonuje wahadło od momentu rozpoczęcia ruchu do powrotu do punktu wyjścia. Czas potrzebny wahadłu na wykonanie jednego pełnego obrotu jest stały. Czas ten to **okres oscylacji wahadła**, którego wartość zależy od konstrukcji wahadła.

Wartości okresów drgań wyznaczone doświadczalnie dla różnych wahadeł będą się różnić. Jest to naturalne, ponieważ każdy uczeń inaczej zbudował swoje wahadło. Na następnej lekcji spróbujemy dowiedzieć się, jakie parametry wpływają na okres wahadła. Różnice w wartościach dla tej samej konstrukcji wahadła wynikają z błędów ludzkiego. Ludzkie oko i czas reakcji mogą wpływać na to, jak szybko stoper się zatrzymuje lub zatrzymuje się w niewłaściwym momencie. Aby uniknąć takich błędów, można użyć narzędzia pomiarowego, które automatycznie zmierzy czas każdego wahadła samodzielnie.

Zadaniem domowym dla uczniów jest wykonanie takiego narzędzia/urządzenia pomiarowego.

Zadanie domowe nr 1 – Narzędzie pomiarowe

Formularz

Samodzielna praca uczniów w domu lub w małych grupach w szkole.

Cel pomocy

Poproś uczniów, aby zaprojektowali i zbudowali narzędzie pomiarowe, które pośrednio lub bezpośrednio zmierzy okres oscylacji zbudowanego przez nich wahadła.

Materiały potrzebne dla nauczyciela

- brak

Materiały potrzebne dla ucznia

- smartfon z czujnikiem światła lub mikrokontroler z czujnikiem światła
- elementy konstrukcyjne
- zbudował wahadło do badań

Wskazówki dla uczniów przy tworzeniu narzędzia pomiarowego:

Wybór czujnika:

- Czujnik powinien umożliwiać rejestrowanie zmian w ruchu nakładki.
- Czujnik nie powinien zauważalnie reagować na zmiany w otoczeniu.

Montaż czujników

- Konstrukcja i sam czujnik nie powinny blokować ani zakłócać ruchu wahadła-kapsułki (np. gdyby czujnik miał być zamontowany na końcu gwintu zamiast kapsła, to pamiętajmy, że musi mieć zasilanie, którego waga lub sztywność kabla zasilającego może zakłócać ruch wahadła, więc przy tym rozwiązaniu te problemy powinny być wyeliminowane).
- Czujnik powinien być zamontowany stabilnie, aby np. drgania, ruchy nie miały wpływu na wyniki pomiarów.

Testowanie narzędzi

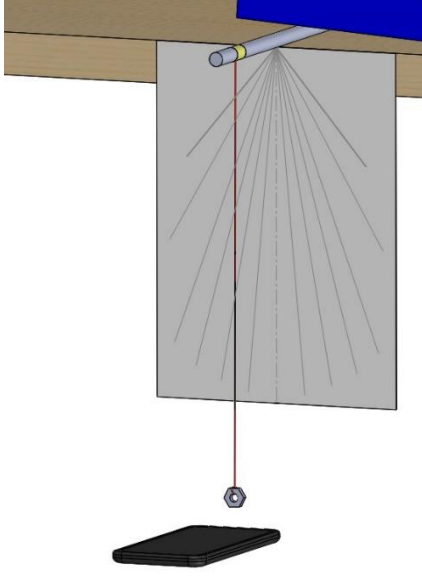
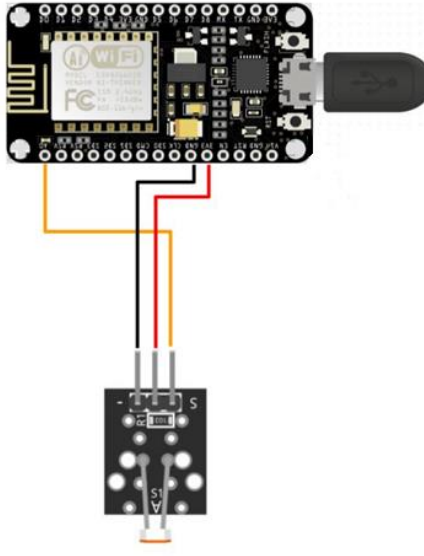
- Po zbudowaniu i ewentualnym zaprogramowaniu urządzenia przetestuj je na skonstruowanym wahadle.
- Sprawdzamy jakie dane uzyskamy i czy jesteśmy w stanie odczytać z nich bezpośrednio lub pośrednio okres oscylacji wahadła.
- Sprawdzamy poprawność uzyskanych danych, np. zbierając dane w tym samym czasie mierzymy stoperem okres drgań

wahadła i porównujemy go z czasami odczytanymi z danych zebranych za pomocą narzędzia pomiarowego (niewielkie odchylenia są normalne).

- W razie potrzeby poprawiamy program lub projekt.
- Jeśli nie jesteśmy w stanie odczytać z danych okresu drgań, a wprowadzone poprawki nie poprawiły tego, powinniśmy rozważyć stworzenie nowego narzędzia z innym czujnikiem.

Przykładowe rozwiązania:

KORZYSTANIE Z CZUJNIKA ŚWIATŁA

	
<p>Telefon jest umieszczony w taki sposób, że przedni aparat, który jest czujnikiem światła, znajduje się nad swobodnie zwisającą nakładką. Gdy wahadło będzie się poruszać, to w momencie ruchu przez punkt 0 nakładka zakryje czujnik światła. Dzięki aplikacji Arduino Science Journal będziemy mogli rejestrować momenty, w których nakładka zakrywa czujnik, a później z tych danych odczytać wartość okresu oscylacji wahadła.</p>	<p>Wykorzystując mikrokontroler nodeMCU i podłączony do niego czujnik światła w postaci fotorezystora. Fotorezystor umieszczamy jak aparat telefoniczny pod swobodnie wiszącą nakładką. Mikrokontroler jest zaprogramowany tak, aby wysyłał zarejestrowane dane z czujnika przez wifi do komputera. Z danych na komputerze odczytujemy/obliczamy okres wahadła.</p>

4.8 Jednostka 3.b Wprowadzenie do rozumienia zjawiska część 2 (lekcja 2)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Przeanalizuj ruch wahadła i zbadaj, od jakich parametrów wahadła zależy jego okres drgań.

Materiały potrzebne dla ucznia

- zbudowane wahadło
- miernik
- waga z dokładnością do 0,1g
- karta pracy ucznia – lekcja 2

Podsumowanie pracy domowej – prezentacja stworzonych narzędzi pomiarowych

- Prosimy jednego z uczniów o zaprezentowanie stworzonego przez siebie narzędzia pomiarowego.
- Pytamy, czy ktoś zbudował inny, a jeśli tak, to prosimy również o jego prezentację.
- Omawiamy różnice w budowie.
- Jeśli są jakieś problemy, staramy się je wspólnie rozwiązywać.

Dyskusja

Celem tej dyskusji jest przegląd tego, czego nauczyliśmy się na poprzedniej lekcji, a mianowicie jak wyznaczamy okres wahadła doświadczalnie oraz że wyznaczaliśmy różne okresy drgań dla różnych konstrukcji wahadła.

Główny problem badawczy

Jakie parametry wahadła wpływają na jego okres oscylacji?

Należy tak poprowadzić dyskusję, aby uczniowie sami wymyślili parametry, od których może zależeć okres wahadła i zachęcić ich do użycia własnych urządzeń pomiarowych, aby sprawdzić, jak i czy okres zmienia się przy zmianie danego parametru. Przykładowe pytania badawcze znajdują się poniżej w sekcji "Eksperymenty uczniowskie", ale każdy uczeń może zaproponować własne.

Propozycja pracy z uczniami

Możemy podzielić uczniów na zespoły i przydzielić każdemu zespołowi jeden parametr/jedno pytanie badawcze do zbadania. Na koniec wszystkie zespoły dzielą się swoimi wynikami z całą klasą.

Eksperymenty uczniów

Każdy uczeń przeprowadza eksperymenty niezależnie na stabilnej powierzchni.

PYTANIE BADAWCZE 1

Jak zmiana kąta początkowego wychylenia wpływa na wartość okresu oscylacji?

Zmierz okres drgań wahadła za pomocą przyrządu pomiarowego dla różnych wartości kąta początkowego wahadła (długość i masa wahadła pozostają bez zmian). Uzyskane dane zapisz w tabeli lub przenieś do arkusza kalkulacyjnego i na ich podstawie utwórz wykres.

Początkowy kąt wychylenia α [°]	5	10	15	20	30	40	50
Okres drgań T [s]							

PYTANIE BADAWCZE NR 2

Jak zmiana masy wahadła wpływa na wartość okresu drgań?

Powtórzyć pomiary dla różnych mas wahadła. Masę wahadła można zmieniać dodając kolejne kapsle jako ciężarki lub kawałki

plasteliny uprzednio zważone (długość wahadła i kąt początkowego wychylenia wahadła pozostają bez zmian).
 Uzyskane dane zapisz w tabeli lub przenieś do arkusza kalkulacyjnego i na ich podstawie utwórz wykres.

Masa wahadła m [g].							
Okres drgań T [s].							

PYTANIE BADAWCZE NR 3

Jak zmiana długości wahadła wpływa na wartość okresu drgań?

Powtórz pomiary dla różnych długości wahadła. Możesz zmieniać długość wahadła, stopniowo skracając nitkę. (Masa i kąt początkowego wychylenia wahadła pozostają niezmiennione).
 Otrzymane dane zapisz w tabeli lub przenieś do arkusza kalkulacyjnego i na ich podstawie utwórz wykres.

Długość wahadła l [cm]	100	80	60	40	30	20	10
Okres drgań T [s]							

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Punkt zawieszenia porusza się wraz z ruchem wahadła.

- Unieruchom miejsce zawieszenia, użyj np. plasteliny lub kleju na gorąco.

Urządzenie pomiarowe nie rejestruje pomiarów.

- Próbuje naprawić urządzenie. Jeśli to się nie uda kontynuujemy pomiar za pomocą stopera.

Typ relacji nie jest widoczny na wykresie lub jest trudny do rozpoznania.

- Rozszerzyć dane pomiarowe, wykonać kilka dodatkowych pomiarów dla wartości parametrów spoza tych, które wykonaliśmy.

Podsumowanie eksperymentu

Pytania pomocnicze:

- Od jakich parametrów zależy okres oscylacji wahadła?
- O jaki kąt odchylił się wahadło przed wypuszczeniem?

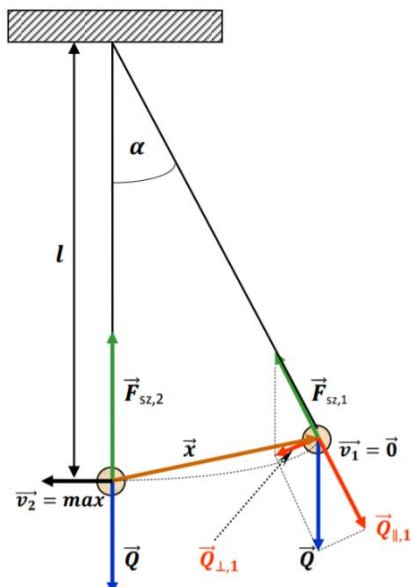
Wartość **Okresu drgań wahadła** zależy tylko od długości wahadła i od pewnej stałej, którą jest natężenie pola grawitacyjnego przy powierzchni Ziemi. Stała ta nazywana jest potocznie przyspieszeniem siły ciężkości.

Powyższe wnioski z eksperymentów są prawdziwe **tylko dla małych początkowych kątów wychyleń**. Funkcja opisująca zależność okresu oscylacji wahadła od jego długości jest rosnąca – wraz ze wzrostem długości wahadła rośnie również okres jego oscylacji w funkcji pierwiastkowej.

Okres drgań wahadła, przy założeniu, że odchylamy je o mały kąt, nie zależy od jego masy i kąta początkowego odchylenia.

Wyjaśnienie zjawiska – teoria wahadła matematycznego

Wahadłem matematycznym nazywamy masę punktową zawieszoną na nierozciągliwej i nieważkiej nici. Dobrym przykładem takiego wahadła jest mała kulka zawieszona na długiej nici, gdzie nić jest wielokrotnie dłuższa od promienia kulki, a masa nici jest pomijalnie mała w porównaniu z masą kulki.



Oznaczenia przyjęte na rysunku:

l - Długość wahadła (odległość od środka ciężkości kuli do osi obrotu);

m - Masa wahadła (masa kuli);

\vec{Q} - waga kuli ($Q = \text{const} = m \cdot g$);

\vec{Q}_{\perp} - Składowa masy kulki w kierunku prostopadłym do nitki;

\vec{Q}_{\parallel} - Składowa masy kulki w kierunku określonym przez nitkę;

\vec{F}_{sz} - siła naciągu nici;

\vec{F}_w - Wektor siły wypadkowej;

\vec{x} - Wektor odchylenia od położenia równowagi;

1 - Piłka jest wychylona z równowagi tak daleko, jak to możliwe;

2 - piłka w trakcie przechodzenia przez położenie równowagi;

A - Amplituda drgań (maksymalne wychylenie z położenia równowagi).

$$|\vec{x}_1| = \text{max} = A \quad |\vec{x}_2| = 0$$

Po zwolnieniu wahadła z punktu o początkowym kącie wychylenia α wahadło zacznie wykonywać ruch okresowy o amplitudzie równej początkowemu wychyleniu. Przy niewielkim oporze ośrodka (powietrza) i w krótkim przedziale czasu amplitudę tę można uznać za stałą. Na ruch wahadła wpływają dwie siły: siła ciężkości \vec{Q} oraz siła reakcji nici \vec{F}_{sz} . Można je wyrazić w następujący sposób:

$$\vec{F}_w = \vec{Q} + \vec{F}_{sz}$$

Waga kuli \vec{Q} można rozłożyć na dwa składniki: \vec{Q}_{\perp} i \vec{Q}_{\parallel} i musi zachodzić zależność:

$$\vec{Q}_{\perp} + \vec{Q}_{\parallel} = \vec{Q} \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_w = \vec{Q}_{\perp} + \vec{Q}_{\parallel} + \vec{F}_{sz}$$

Kulka nie porusza się w kierunku wyznaczonym przez nitkę, co oznacza, że siły działające w tym kierunku równoważą się, co można napisać:

$$\vec{Q}_{\parallel} + \vec{F}_{sz} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_w = \vec{Q}_{\perp}$$

Przy kącie odchylenia od położenia równowagi α wartość składowej siły ciężkości prostopadłej do nitki wyraża się zależnością dla

trójkąta prostego wyznaczonego przez wektor siły ciężkości i jego składowe (patrz rysunek). Zatem:

$$Q_{\perp} = Q \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad \Rightarrow \quad F_w = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Dla wystarczająco długiego wahadła i małego kąta wychylenia z położenia równowagi ($\alpha < 10^\circ$) trójkąt określony przez wahadło w stanie równowagi, wahadło przy maksymalnym wychyleniu oraz wektor wychylenia \vec{x} można traktować (w przybliżeniu) jako trójkąt prosty. Dla takiego trójkąta można wówczas napisać, że:

$$\sin \alpha \approx \frac{x}{l} \quad \Rightarrow \quad F_w = -\frac{m \cdot g}{l} \cdot x \quad \Rightarrow \quad F_w \sim -x$$

Wynika z tego, że **wartość siły wypadkowej jest wprost proporcjonalna do wychylenia wahadła z położenia równowagi**.

Ta zależność jest prawdziwa tylko dla małych kątów, nie większych niż 10 stopni, bo takie założenie przyjęto przy jej wyprowadzaniu. Ponadto, wektory \vec{F}_w i \vec{x} mają (w przybliżeniu) te same kierunki, ale przeciwne zwroty, stąd znak "-" w przedstawionych powyżej wzorach. Zatem:

$$\vec{F}_w \sim -k \cdot \vec{x}$$

W fizyce takie równanie nazywane jest równaniem oscylatora harmonicznego.

Oznacza ono, że **wahadło matematyczne wykonuje ruch harmoniczny**. W takim ruchu występuje zależność:

$$k = m \cdot \omega^2 \quad \text{gdzie} \quad \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

gdzie T jest okresem drgań w ruchu harmonicznym.

Bo:

$$\begin{aligned} F_w = -\frac{m \cdot g}{l} \cdot x &\Rightarrow k = \frac{m \cdot g}{l} \Rightarrow m \cdot \omega^2 = \frac{m \cdot g}{l} \Rightarrow \omega^2 \\ &= \frac{g}{l} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \Rightarrow \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{l}} \end{aligned}$$

Zatem (po prostym przekształceniu) **okres oscylacji wahadła matematycznego** T wyraża zależność:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Podsumowując:

- dla małych kątów wychylenia z położenia równowagi okres drgań wahadła matematycznego **nie zależy od masy wahadła (masy kuli)**;

- dla małych kątów wychylenia z położenia równowagi okres drgań wahadła matematycznego **nie zależy od wartości kąta wychylenia z położenia równowagi** (tzw. izochronizm wahadła);
- dla małych kątów odchylenia od położenia równowagi okres drgań wahadła matematycznego **jest wprost proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z długości wahadła**. Oznacza to, że jeśli długość wahadła wzrośnie np. dziewięciokrotnie, to okres wahadła wzrośnie trzykrotnie.

W eksperymentach wyniki były podobne, właśnie dlatego, że pomiary były wykonywane dla kątów mniejszych niż 10 stopni.

Znając wzór na okres drgań wahadła matematycznego, możemy doświadczalnie wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego.

Może to być bardzo ciekawa praca domowa dla uczniów.

Zadanie domowe nr 2 – Przyspieszenie ziemskie

Formularz

Samodzielna praca uczniów w domu lub w małych grupach w szkole.

Cel pomocy

Zaprojektuj doświadczenie z wykorzystaniem skonstruowanego wahadła i narzędzia pomiarowego, aby doświadczalnie wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego.

Materiały potrzebne dla ucznia

- zbudowane wahadło
- miernik
- waga z dokładnością do 0,1g
- miara/szarfa
- arkusz ćwiczeń dla uczniów – zadanie domowe 2

PYTANIE BADAWCZE 1

Jakie jest przyspieszenie ziemskie?

- Wykonanie niezbędnych pomiarów.
- Na podstawie uzyskanych danych oblicz wartość przyspieszenia ziemskiego.
- Porównanie otrzymanej wartości przyspieszenia wywołanego siłą ciężkości z wartością podawaną na lekcjach fizyki.

Pytania dla uczniów do samodzielnej odpowiedzi:

- W przybliżeniu ile wynosi przyspieszenie ziemskie?
- Czy przyspieszenie ziemskie ma taką samą wartość w każdym miejscu na kuli ziemskiej?
- Jaki jest wzór na okres drgań wahadła matematycznego?
- Jakie wartości muszą zmierzyć, aby obliczyć wartość przyspieszenia ziemskiego korzystając z powyższego wzoru?

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Otrzymana wartość przyspieszenia siły ciężkości mocno odbiega od wartości podanej na lekcji fizyki.

- Powtórzyć pomiary nawet kilka razy, odrzucić wartości skrajne (obarczone grubym błędem) i wyciągnąć średnią.
- Sprawdzamy system pomiarowy: konstrukcję wahadła i narzędzia pomiarowego, aby upewnić się, że nie są one źródłem błędów grubych.

4.9 Jednostka 3.c Porównanie wyników (lekcja 3)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Przedstaw grupie analizę zebranych danych pomiarowych i porównaj uzyskane wyniki z innymi uczniami. Podsumowanie i wnioski.

Materiały potrzebne dla nauczyciela

- brak

Materiały potrzebne dla ucznia

- wypełnione arkusze
- wyniki zadań i eksperymentów (tabele, wykresy)

Prezentacja uzyskanych wyników

1. Prosimy uczniów o przedstawienie wyników swoich doświadczeń, czyli wartości przyspieszenia Ziemi wyznaczonej na podstawie danych zebranych podczas przeprowadzania doświadczenia.
2. Omawiamy różnice w uzyskanych wartościach.
3. Prosimy uczniów, aby opisali swoją metodę pomiaru, narzędzie pomiarowe, którym się posługiwali.

Dyskusja

Celem dyskusji jest zachęcenie uczniów do zapoznania się z teorią związaną z błędami pomiaru, których temat poruszany jest w jednym z naszych doświadczeń.

Należy mocno podkreślić, że używając różnych narzędzi, wykonując pomiary w różnych warunkach, przez różnych ludzi, możemy uzyskać różne wyniki i w świecie badań naukowych jest to rzecz naturalna.

Gdy odpowiemy na pytanie, co i jak wpłynęło na nasze pomiary, dowiemy się, jak dokładniej mierzyć badany obiekt, unikając lub minimalizując ewentualne błędy. Czy w ten sposób wyznaczymy np. rzeczywiste przyspieszenie Ziemi? Raczej nie. Podamy jedynie jego przybliżoną, maksymalnie prawdopodobną wartość.

Podsumowanie wszystkich lekcji

Pytania pomocnicze:

- Jak porusza się wahadło, gdy jest puszczane luzem?
- Jak nazywamy czas pomiędzy fluktuacjami (ruch tam i z powrotem)?
- Od jakich parametrów zależy okres oscylacji wahadła?
- Jaki jest wzór na okres drgań wahadła matematycznego i przy jakim założeniu jest on prawdziwy?
- Jakie jest przyspieszenie ziemskie?

4.10 Jednostka 4. Elektromagnes

Krótki opis

W tym eksperymencie dowiemy się jak działają elektromagnesy. Zbudujemy narzędzie do pomiaru natężenia pola magnetycznego i zbadamy, jakie parametry decydują o sile pola magnetycznego wytwarzanego przez elektromagnes. Na koniec wykorzystamy zdobytą wiedzę do stworzenia sortera monet.

Poruszane tematy

Elektromagnes, prąd, linie pola magnetycznego, natężenie pola magnetycznego, wektor indukcji magnetycznej, analiza danych, projektowanie narzędzi pomiarowych, czujnik magnetyczny.

Czas

3 lekcje + samodzielna praca ucznia w domu

4.11 Jednostka 4.a Budowa elektromagnesu (lekcja 1)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Budowa elektromagnesu.

Materiały potrzebne dla nauczyciela

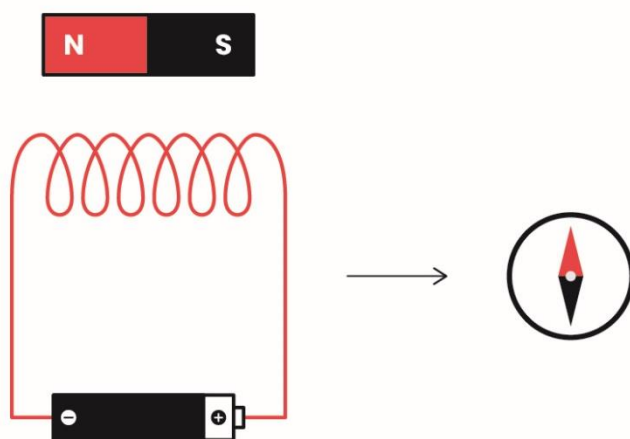
- elektromagnes DIY (nie podłączony do baterii)
- bateria AA lub AAA
- taśma izolacyjna
- nożyczki
- magnes sztabkowy
- kompas

Materiały potrzebne dla ucznia

- lakierowany lub izolowany drut miedziany o długości ok. 1 m
- papier ścierny
- taśma klejąca
- cylinder (gruby marker, plastikowa rurka), na który można nawinąć drut
- Bateria AA lub AAA
- kompas
- Kartka papieru A4
- ołówek
- linijka
- nożyczki
- arkusz ćwiczeń dla uczniów – lekcja 1

Demonstracja nauczyciela

- Podłącz cewkę do akumulatora za pomocą taśmy izolacyjnej.
- Ustaw elektromagnes w stosunku do igły kompasu tak, aby były do siebie prostopadłe (rys. 1) i oddalone od siebie o np. 20 cm.
- Powoli zbliżaj elektromagnes do kompasu i obserwuj z uczniami, co się dzieje.
- Odłącz solenoid od akumulatora, żeby się nie nagrzewał.
- Następnie ustawiamy magnes sztabkowy w miejscu elektromagnesu i powoli zbliżamy go do kompasu obserwując co się dzieje z igłą kompasu.



Rys. 1. Ustawienie elektromagnesu i magnesu sztabkowego względem kompasu podczas demonstracji.

Pytania, które możemy zadać uczniom po spektaklu

- Czy igła reagowała tak samo na elektromagnes i magnes sztabkowy?
- W którym przypadku igła zareagowała szybciej?
- Z jakich elementów składa się elektromagnes?
- Z której strony elektromagnesu "powstaje" biegun południowy, a z której biegun północny?

Dyskusja

Celem dyskusji jest zainteresowanie uczniów zjawiskiem elektromagnetyzmu i zainspirowanie ich do zbadania, co może wpływać na siłę elektromagnesów.

Główne pytanie badawcze

Co wpływa na siłę elektromagnesu?

Pokieruj dyskusję tak, aby uczniowie sami sugerowali, jakie czynniki mogą wpływać na siłę elektromagnesu. Dyskusja powinna zainspirować ich do zbadania tych czynników za pomocą samodzielnie wykonanych elektromagnesów. Do moderowania dyskusji można wykorzystać pytania pomocnicze.

- Co możemy zrobić, aby zwiększyć siłę elektromagnesu?
- Jak można porównać działanie różnych samodzielnie zbudowanych elektromagnesów?

Propozycja sposobu pracy w zespołach

Każdy uczeń buduje swój własny elektromagnes i bada jego siłę. Idealnie byłoby, gdyby każdy uczeń miał taki sam kompas.

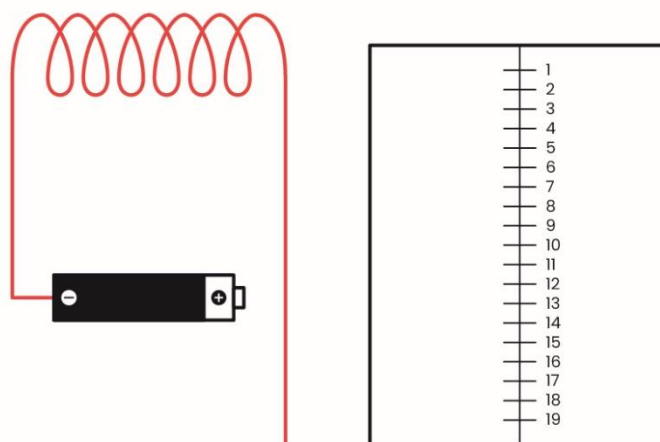
Ćwiczenia i eksperymenty dla studentów

Każdy uczeń buduje swój własny elektromagnes i testuje go.

Zadanie 1: Wykonanie elektromagnesu i tablicy do pomiarów

1. Usunąć izolację na końcach drutu (około 1 cm na każdym końcu). Jeśli drut jest lakierowany, usuń izolację za pomocą papieru ściernego. Jeśli izolacja jest gumowa, użyj nożyczek.
2. Część drutu owiń ciasno wokół małego walca. Na każdym końcu pozostaw trzy do czterech centymetrów nierozwiniętego drutu. Na koniec wyjmij cylinder ze środka.
3. Podłącz jeden koniec przewodu do "-" akumulatora. Użyj taśmy izolacyjnej. Drugi koniec pozostaw na razie niepodłączony.

4. Przez środek kartki A4 narysuj linię prostą wzdłuż dłuższej krawędzi i zaznacz na niej skalę centymetrową od 0 do 20 cm.

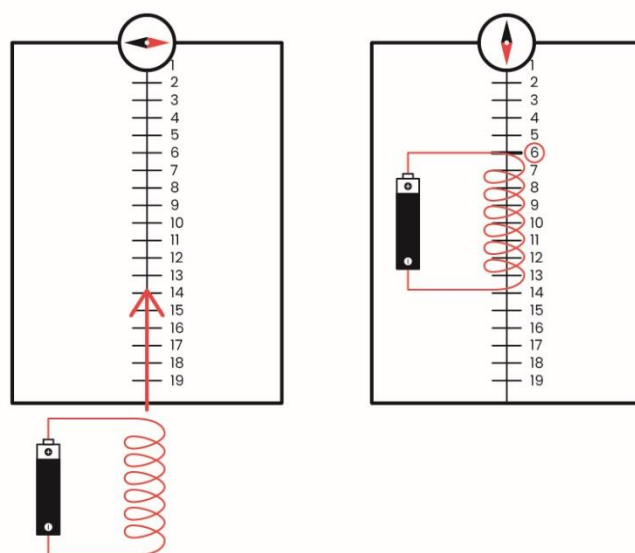


Rysunek 2: Przykładowy elektromagnes i płytka wagi.

Pytanie badawcze 1

Jak silny jest wykonany przez nas elektromagnes?

1. Umieść kompas na tablicy w punkcie 0. Ustaw kartkę z kompasem tak, aby igła pokrywała się z krótszą krawędzią tablicy.
2. Ustaw elektromagnes na płytce jak na rysunku 3 i połącz wolny koniec przewodu z "+" baterii za pomocą taśmy izolacyjnej.
3. Powoli przesuwaj elektromagnes w kierunku kompasu i obserwuj igłę.
4. Gdy tylko zauważysz, że igła kompasu poruszyła się, zatrzymaj elektromagnes i zanotuj odległość na skali.
5. Odłącz przewód od "+" akumulatora, aby cewka nie nagrzewała się niepotrzebnie.
6. Powtórzenie pomiarów kilkakrotnie.



Rys. 3 Przebieg eksperymentu

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Cewka nie działa na igłę.

- Sprawdź, czy używany akumulator nie jest rozładowany i czy przewody prawidłowo stykają się z akumulatorem.
- Sprawdź czy igła jest zaklinowana, przetestuj ją za pomocą magnesu sztabkowego. Jeśli jednak igła działa, oznacza to, że musisz skonstruować nowy elektromagnes z większą ilością zwojów lub większym przekrojem drutu.

Elektromagnes nagrzewa się aż do zaparowania.

- W rękawiczkach podłączamy przewód do baterii na krótsze odcinki, odczekując chwilę przed każdym podłączeniem.

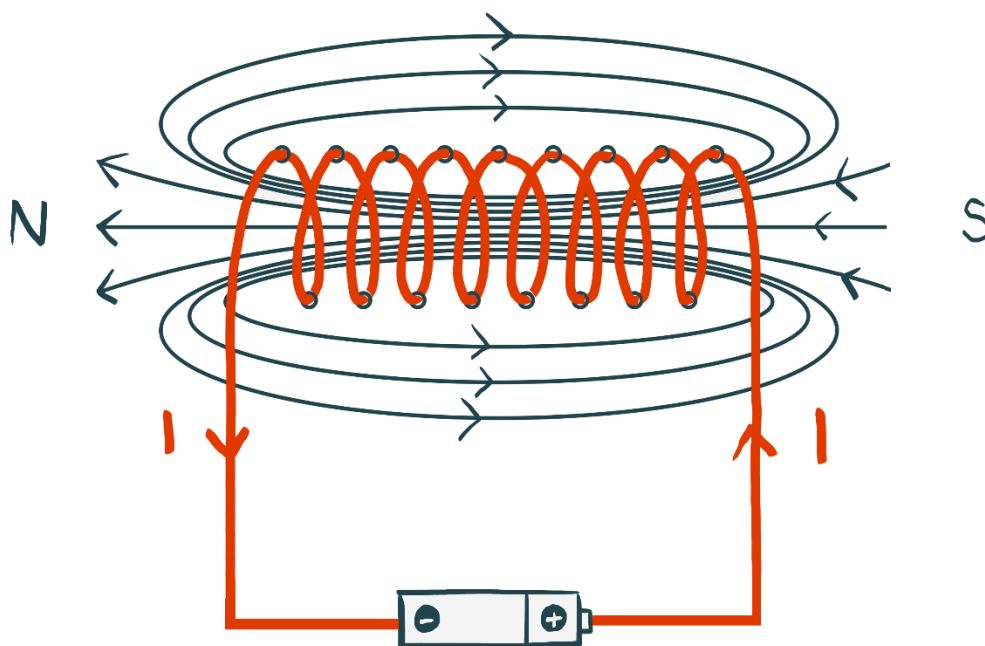
Podsumowanie eksperymentu

Pytania pomocnicze:

- W jakiej odległości od kompasu twój elektromagnes wychylił igłę kompasu?
- Czy u wszystkich pojawiły się te same wartości?
- Skąd mogą wynikać ewentualne różnice?
- Czym różniły się wasze elektromagnesy?

Przewodnik (w naszym przypadku drut miedziany), przez który płynie prąd i który jest zawinięty w spiralę, wytwarza wokół siebie

pole magnetyczne. Kształt tego pola jest podobny do kształtu pola wytwarzanego wokół magnesu sztabkowego (rys. 4).



Rysunek 4: Układ linii pola magnetycznego wokół cewki (zwinętego drutu) podłączonej do baterii.

Sprawdzaliśmy siłę pola magnetycznego naszych elektromagnesów za pomocą skali centymetrowej i kompasu. Im silniejszy był elektromagnes tym większa była odległość na jaką wychylał igłę kompasu. Wartości tych odległości dla różnych elektromagnesów będą się różnić. Jest to naturalne, ponieważ każdy uczeń zbudował swój elektromagnes trochę inaczej. Na następnej lekcji postaramy się odkryć, które elementy budowy elektromagnesu, jego parametry, wpływają na siłę jego pola magnetycznego.

Nasza metoda pomiaru jest w stanie jedynie określić czy dany elektromagnes jest silniejszy lub słabszy od innego. Aby móc dokładnie sprawdzić jak zmienia się natężenie pola magnetycznego elektromagnesu przy zmianie jakiegoś konkretnego elementu jego budowy potrzebujemy narzędzia pomiarowego które zmierzy to pole (np. jego natężenie). Zadaniem domowym dla uczniów jest wykonanie takiego narzędzia/urządzenia pomiarowego.

Zadanie domowe nr 1 – Narzędzie pomiarowe

Formularz

Samodzielna praca uczniów w domu lub w małych grupach w szkole.

Cel pomocy

Poproś uczniów, aby zaprojektowali i zbudowali narzędzie pomiarowe, które pośrednio lub bezpośrednio zmierzy siłę zbudowanego przez nich elektromagnesu.

Materiały potrzebne dla ucznia

- smartfon z odpowiednim czujnikiem lub mikrokontroler z odpowiednim czujnikiem
- elementy konstrukcyjne
- elektromagnes DIY do testowania

Wskazówki dla uczniów przy tworzeniu narzędzia pomiarowego:

Wybór czujnika

- Czujnik powinien umożliwiać rejestrację zmian natężenia pola magnetycznego wytwarzanego przez elektromagnes.
- Czujnik nie powinien zauważalnie reagować na zmiany w otoczeniu.

Montaż czujników

- Czujnik powinien być zamontowany stabilnie, aby np. jego drgania lub ruchy nie miały wpływu na wyniki pomiarów.
- Czujnik powinien być zawsze w tej samej odległości od elektromagnesu. Jeśli zmienimy tę odległość w trakcie pomiarów, możemy zniekształcić wyniki. Dlatego można pomyśleć o takim umocowaniu elektromagnesu i czujnika, aby odległość między nimi była taka sama dla każdego pomiaru.

Testowanie narzędzi

- Gdy urządzenie jest już zbudowane i ewentualnie zaprogramowane, przetestuj je na zbudowanym elektromagnecie.
- Sprawdzamy jakie dane otrzymamy i czy możemy z nich odczytać bezpośrednio lub pośrednio natężenie pola magnetycznego, siłę pola magnetycznego lub inny parametr pozwalający określić siłę pola magnetycznego.
- Sprawdzamy czy uzyskane dane są poprawne, np. po zbliżeniu elektromagnesu do narzędzia wartości natężenia pola magnetycznego powinny wzrosnąć.
- W razie potrzeby poprawiamy program lub projekt.
- Jeśli nie jesteśmy w stanie odczytać z danych natężenia pola magnetycznego, siły, czy jakiegokolwiek innego parametru, który pozwoliłby nam to określić, a wprowadzone poprawki tego nie skorygowały, powinniśmy rozważyć stworzenie nowego narzędzia z innym czujnikiem.

Przykładowe rozwiązania:

UŻYWANIE CZUJNIKA HALLA (MAGNETOMETRU)

 	 <p>NodeMCU</p> <p>kabel</p> <p>czujnik</p> <p>VCC</p> <p>GND</p> <p>A0</p> <p>przewody połączeniowe</p> <p>czujnik Halla</p>
<p>Aplikację Arduino Science Journal uruchamiamy na telefonie umieszczonym w niewielkiej odległości od elektromagnesu i odczytujemy natężenie pola magnetycznego za pomocą magnetometru. Nie każdy telefon ma wbudowany taki czujnik, więc przed wyborem tej opcji należy się upewnić, że jest on dostępny w danym modelu telefonu. Wartości nie są stabilne, tzn. występują pewne wahania, dlatego należy odczekać chwilę i mniej więcej odczytać średnią z wartości, które pokazuje czujnik. Poza tym czujnik na samym początku pokazuje niezerowe natężenie, ponieważ w otoczeniu mogą znajdować się magnesy, a także czujnik rejestruje pole magnetyczne ziemi.</p>	<p>Za pomocą mikrokontrolera nodeMCU i podłączonego do niego czujnika Halla. Czujnik umieszczamy jak telefon w niewielkiej odległości od elektromagnesu. Mikrokontroler jest zaprogramowany tak, aby wysyłał zarejestrowane dane z czujnika przez wifi do komputera. Z danych na komputerze odczytujemy/obliczamy natężenie pola magnetycznego.</p>

4.12 Jednostka 4.b Budowa czujnika (lekcja 2)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Zbadaj, od jakich parametrów zależy natężenie pola magnetycznego elektromagnesu.

Materiały potrzebne dla ucznia

- przewody miedziane lakierowane lub izolowane o długości ok. 2 m o różnych przekrojach
- papier ścierny
- taśma klejąca
- cylinder o różnych średnicach (gruby marker, plastikowa rurka, ołówek), na który można nawinąć drut
- baterie AA lub AAA
- linijka
- nożyczki
- miernik
- multimetr (opcjonalnie)
- arkusz ćwiczeń dla uczniów – lekcja 2

Podsumowanie pracy domowej

Prezentacja stworzonych narzędzi pomiarowych

1. Prosimy jednego z uczniów o zaprezentowanie stworzonego przez siebie narzędzia pomiarowego.
2. Pytamy, czy ktoś zbudował inny, a jeśli tak, to prosimy również o jego prezentację.
3. Omawiamy różnice w budowie.
4. Jeśli są jakieś problemy, staramy się je wspólnie rozwiązywać.

Dyskusja

Celem tej dyskusji jest powtórzenie wiedzy z poprzedniej lekcji, a mianowicie jak można zmierzyć natężenie pola magnetycznego elektromagnesu i że dla różnych konstrukcji elektromagnesów obserwowaliśmy różne natężenia ich pól magnetycznych.

Główny problem badawczy

Jakie parametry elektromagnesu wpływają na natężenie jego pola magnetycznego?

Pokieruj dyskusją tak, aby uczniowie sami zaproponowali parametry, od których zależy natężenie pola magnetycznego elektromagnesu i zachęć ich do wykorzystania swoich przyrządów do zbadania, jak i czy natężenie pola magnetycznego zmienia się przy zmianie danego parametru. Poniżej w sekcji "Eksperymenty uczniowskie" znajdują się przykładowe pytania badawcze, ale każdy uczeń może zaproponować własne.

Propozycja pracy z uczniami

Możemy podzielić uczniów na zespoły i przydzielić każdemu zespołowi jeden parametr/jedno pytanie badawcze do zbadania. Na koniec wszystkie zespoły dzielą się swoimi wynikami z całą klasą.

Eksperymenty uczniów

Każdy uczeń przeprowadza eksperymenty niezależnie.

PYTANIE BADAWCZE 1

Jak liczba zwojów elektromagnesu wpływa na natężenie jego pola magnetycznego?

Zmierz natężenie pola magnetycznego za pomocą przyrządu pomiarowego dla elektromagnesów o różnej liczbie zwojów (upewnij się, że warunki otoczenia, jak również inne parametry nie ulegną zmianie podczas pomiarów). Uzyskane dane zapisz w tabeli lub arkuszu kalkulacyjnym i utwórz na ich podstawie wykres.

- Używamy tego samego cylindra do nawijania, tej samej baterii, tego samego drutu, długość cewki również staramy się, aby była taka sama.
- Najlepiej zacząć od największej liczby zwojów, zaznaczyć na cylindrze początek i koniec zwoju. Zmniejszając liczbę zwojów, upewnij się, że początek i koniec zawsze znajdują się w miejscach zaznaczonych na cylindrze.
- Należy również pamiętać o jak najszybszym wykonaniu pomiaru, a po jego zakończeniu natychmiast odłączyć elektromagnes od akumulatora. Zapobiegnie to nagrzewaniu się elektromagnesu.

Liczba zwojów						
Natężenie pola magnetycznego $H [\mu T]$						

PYTANIE BADAWCZE NR 2

Jak średnica przekroju poprzecznego drutu, z którego wykonany jest elektromagnes, wpływa na natężenie jego pola magnetycznego?

Zmierz natężenie pola magnetycznego za pomocą przyrządu pomiarowego do elektromagnesów wykonanych z drutów miedzianych o różnych średnicach przekroju (upewnij się, że warunki otoczenia, jak również inne parametry nie ulegną zmianie podczas kolejnych pomiarów). Uzyskane dane zapisz w tabeli lub arkuszu kalkulacyjnym i na ich podstawie stwórz wykres (jeśli masz tylko 2-3 druty o różnej grubości, nie rób wykresu, tylko porównaj wyniki).

- Używamy tego samego cylindra do nawijania, jednej baterii, tej samej liczby zwojów, długość zwoju również powinna być taka sama.
- Najlepiej jest zaznaczyć na cylindrze początek i koniec cewki, a następnie nawinąć na niego drut o najmniejszej średnicy przekroju. Następnie zdejmij cylinder i zrób to samo dla innych grubości drutu, które masz do dyspozycji.

- Należy również pamiętać o jak najszybszym wykonaniu pomiaru, a po jego zakończeniu natychmiast odłączyć elektromagnes od akumulatora. Zapobiegnie to nagrzewaniu się elektromagnesu.

Średnica przekroju drutu [mm]						
Natężenie pola magnetycznego H [μ T]						

PYTANIE BADAWCZE NR 3

Jak średnica samej cewki (walca, na którym nawinięty jest drut) elektromagnesu wpływa na natężenie jego pola magnetycznego?

Zmierz natężenie pola magnetycznego za pomocą przyrządu pomiarowego do elektromagnesów składającego się z rolek o różnych średnicach, na które nawinięty jest drut miedziany (upewnij się, że warunki otoczenia jak i inne parametry nie zmieniają się podczas kolejnych pomiarów). Uzyskane dane zapisujemy w tabeli lub arkuszu kalkulacyjnym i na ich podstawie tworzymy wykres (jeśli mamy tylko 2-3 rolki o różnej grubości, nie robimy wykresu, tylko porównujemy wyniki).

- Używamy tego samego drutu nawojowego, jednej baterii, stałej liczby zwojów, długość zwoju również powinna być taka sama.
- Najlepiej jest zaznaczyć taką samą długość każdej rolki (początek i koniec zwoju), a następnie nawinąć drut na największą rolkę, pamiętając o ilości nawiniętych zwojów. Następnie wykonaj pomiar i zdemontuj elektromagnes. Następnie buduj elektromagnesy jeden po drugim używając coraz mniejszych zwojów i pamiętając, że liczba zwojów i długość zwoju nie zmienia się.
- Należy również pamiętać o jak najszybszym wykonaniu pomiaru, a po jego zakończeniu natychmiast odłączyć elektromagnes od akumulatora. Zapobiegnie to nagrzewaniu się elektromagnesu.

Średnica przekroju poprzecznego cewki (cylindra) [mm]						
Natężenie pola magnetycznego H [μT]						

PYTANIE BADAWCZE NR 4

Jak długość samego zwoju (odległość od pierwszego zwoju do ostatniego) elektromagnesu wpływa na natężenie jego pola magnetycznego?

Zmierz natężenie pola magnetycznego za pomocą przyrządu pomiarowego dla elektromagnesów o różnych długościach cewki (upewnij się, że warunki otoczenia, jak i inne parametry nie zmieniają się podczas pomiarów). Uzyskane dane zapisz w tabeli lub arkuszu kalkulacyjnym i utwórz na ich podstawie wykres.

- Używamy tego samego drutu do nawijania, tego samego wałka, jednej baterii, stałej liczby zwojów.
- Najlepiej zaznaczyć na cylindrze "początek" zwoju (miejsce pierwszego zwoju) oraz w różnych odległościach niektóre jego "końce" (miejsce ostatniego zwoju). Zaczynając od największego odcinka nawijamy drut pamiętając o ilości nawiniętych zwojów. Mierzmy elektromagnes, a następnie demontujemy go, aby stworzyć kolejny o innej długości zwoju, pamiętając o zachowaniu liczby zwojów.
- Należy również pamiętać o jak najszybszym wykonaniu pomiaru, a po jego zakończeniu natychmiast odłączyć elektromagnes od akumulatora. Zapobieganie to nagrzewaniu się elektromagnesu.

Długość cewki [cm]						
Natężenie pola magnetycznego H [μT]						

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

Elektromagnes nie działa na urządzenie pomiarowe.

- Sprawdź, czy używany akumulator nie jest rozładowany i czy przewody prawidłowo stykają się z akumulatorem.
- Sprawdź, czy narzędzie pomiarowe działa prawidłowo, np. przetestuj je za pomocą zwykłego magnesu.

Elektromagnes nagrzewa się aż do zaparowania.

- W rękawiczkach, przewód do akumulatora na krótszy czas, zawsze należy odczekać chwilę przed ponownym podłączeniem.

W kolejnych częściach doświadczenia nie ma różnicy w działaniu elektromagnesu.

- Stosuj większe różnice w badanych parametrach (np. nie porównuj działania solenoidu z 10 i 12 zwojami, ale np. 10 i 20 lub nawet 30).
- Jeśli używasz kilku różnych baterii, sprawdź, czy dają one różne napięcia (czy działanie drutu nie zmienia się po podłączeniu do innej baterii, nie chcemy, aby bateria była czynnikiem zmiennym w eksperymentach).
- Jeśli masz miernik prądu, użyj go podczas pomiarów, aby upewnić się, że prąd płynący przez elektromagnes jest stały lub zmienia się tylko nieznacznie. Wyjątkiem jest eksperyment #2, w którym prąd będzie się zmieniał w zależności od grubości użytego drutu.

Podsumowanie eksperymentów i wyjaśnienie zjawiska

Pytania pomocnicze:

- Od jakich parametrów zależy natężenie pola magnetycznego wytwarzanego przez elektromagnes?
- Czy zbadaliśmy wszystkie możliwe parametry/czynniki wpływające na natężenie pola magnetycznego elektromagnesu?

Praca domowa 2 – Urządzenie do sortowania

Formularz

Samodzielna praca uczniów w domu lub w małych grupach w szkole.

Cel pomocy

Zaprojektowanie i wykonanie urządzenia, które z rozrzuconych na podłodze monet wyłowi tylko te o wartości 1 i 2 groszy.

Materiały potrzebne dla ucznia

- elementy do budowy elektromagnesu
- narzędzie pomiarowe do pomiaru natężenia pola magnetycznego
- elementy konstrukcyjne (np. sklejka, twarda tektura, klocki LEGO)
- Skala dokładności 0,1g (opcjonalnie)
- monety o różnych nominałach

Zadanie 1: Budowa urządzenia sortującego

1. Zważ monety o różnych nominałach.
2. Zbuduj elektromagnes i zmodyfikuj go tak, aby przyciągał tylko wybrane monety.

Pytania dla uczniów do samodzielnej odpowiedzi

- Jakie siły działają na monety unoszone przez elektromagnes?
- Jakie parametry elektromagnesu możemy zmienić, aby zmienić jego siłę na przyciągane monety?
- Jakie wartości muszą zmierzyć aby dobrać parametry elektromagnesu tak aby podnosił on tylko monety 1 i 2 "groszowe"?

4.13 Jednostka 4.c Demonstracja urządzenia sortującego (Lekcja 3)

Formularz

W klasie lub online spotkanie z uczniami.

Cel pomocy

Przedstaw grupie działanie skonstruowanego urządzenia sortującego oraz porównaj jego budowę i działanie z innymi. Podsumowanie i wnioski.

Materiały potrzebne dla ucznia

- wypełnione arkusze
- zbudowane urządzenia
- monety o różnych nominałach

1. Podsumowanie pracy domowej

Prezentacja uzyskanych wyników

- Prosimy uczniów o zaprezentowanie swoich urządzeń do sortowania monet.
- Omawiamy różnice w budowie i działaniu różnych urządzeń do sortowania monet.
- Prosimy uczniów o opisanie swojej metody sortowania, narzędzia/mechanizmu, którego użyli.

Dyskusja

Celem dyskusji jest zachęcenie uczniów do podzielenia się trudnościami, jakie napotkali podczas wykonywania urządzenia i jak sobie z nimi poradzili. Jeśli coś poszło nie tak, to przedyskutujcie dlaczego tak się stało i jak możemy to naprawić.

2. Podsumowanie wszystkich lekcji

Pytania pomocnicze:

- Jak zbudowany jest elektromagnes?
- Czy elektromagnes działa tak samo jak zwykły magnes?
- Od jakich parametrów zależy "siła" elektromagnesu?
- Jaki jest wzór na natężenie pola magnetycznego wytwarzanego przez elektromagnes?

5 Dodatek – Jak używać czujników z Arduino Journal App



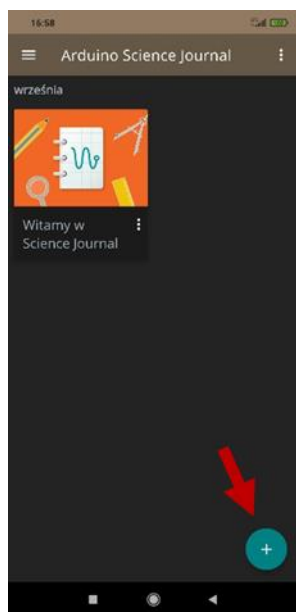
Arduino Science Journal

Film pokazujący jak obsługiwać aplikację i jak można ją wykorzystać do różnych pomiarów:



<https://youtu.be/p2w2y6noE34>

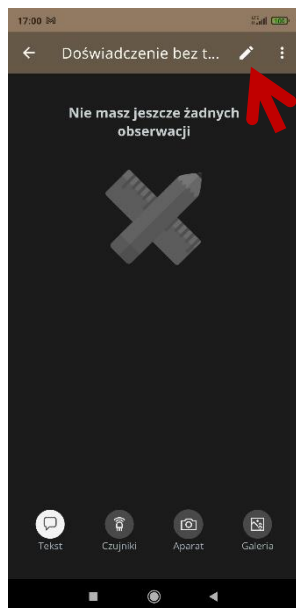
URUCHAMIANIE APLIKACJI



Po uruchomieniu aplikacji widzimy okno z wykonanymi eksperymentami/projektami. Przy pierwszym uruchomieniu widzimy tylko blok "Welcome to Science Journal", w którym możemy znaleźć informacje o aplikacji.

Aby rozpocząć nowe doświadczenie, klikamy na przycisk w prawym dolnym rogu ze znakiem "+". Pojawi się okno eksperymentu, w którym zostaną zapisane nasze obserwacje.

OKNO EKSPERYMENTU



W oknie eksperymentu możemy zmienić tytuł eksperymentu, klikając na ikonę pióra w prawym górnym rogu.

Pojawi się okno do aktualizacji eksperymentu

Możemy wtedy zmienić jego tytuł i wkleić zdjęcie/motyw eksperymentu.

Po wprowadzeniu zmian, kliknij "v" w prawym górnym rogu, aby zatwierdzić zmiany

Na dole okna eksperymentu znajdują się ikony, dzięki którym możemy wprowadzać obserwacje do naszego eksperymentu:

Tekst – w formie notatki tekstowej

Sensory – w postaci pomiarów z czujników wbudowanych w nasz telefon.

Aparat fotograficzny – w postaci zdjęcia, które wykonujemy

Galeria – w formie zdjęcia/ilustracji wybranej z galerii zdjęć w naszym telefonie.

POMIARY PRZEZ CZUJNIKI

Po kliknięciu ikony czujników w oknie eksperymentu pojawia się okno rejestracji danych pomiarowych.

W górnym menu mamy do wyboru różne czujniki.

Możemy obserwować/rejestrować dane z kilku czujników jednocześnie. W tym celu dodajemy je za pomocą przycisku "Add Sensor", który znajduje się w lewym dolnym rogu...



Po wybraniu czujnika, który chcemy obserwować, dane pomiarowe pojawiają się na ekranie w postaci wykresu w czasie rzeczywistym. Aby zapisać dane pomiarowe musimy rozpocząć zapis od czerwonej kropki na dole wykresu.



Aby zatrzymać rejestrowanie danych i zapisać pomiary, kliknij czerwony kwadrat u dołu wykresu. Dane pomiarowe zostały zapisane i będą dostępne w oknie eksperymentu.



Aby zobaczyć zapisany pomiar, znajdź go w oknie eksperymentu i kliknij na jego ramkę

Możemy nazwać nasz pomiar, w tym celu klikamy ikonę pióra w prawym górnym rogu.

W nowym oknie wpisz tytuł rejestrowanych danych.

Aby zapisać dane w formacie pliku *.csv, należy kliknąć trzy kropki w prawym górnym rogu i wybrać z listy opcję Pobierz (przy pobieraniu należy wybrać opcję Czas względny).

Dane pomiarowe możemy również przeglądać na wykresie w aplikacji.

W tym celu możemy przesuwając suwak na osi czasu i odczytywać poszczególne punkty pomiarowe na wykresie.

Możemy również dodać notatki do pomiarów w postaci tekstu lub zdjęcia za pomocą ikonek umieszczonych na dole.

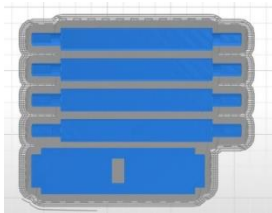
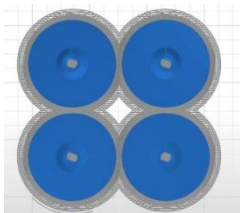

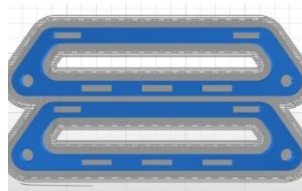




DRUK 3D SAMOCHODU (Jednostka 3)

Części do wydrukowania:

3 x axle_car.stl
 1 x car_axle.stl
 1 x sub-set_phone.stl
 2 x rama boczna.stl
 4 x wheel.stl
 1 x hitch_rubber.stl

Parametry wydruku:

Materiał: dowolny
 Tratwa: nie jest potrzebna
 Wsparcie: nie jest potrzebne
 Wypełnienie/wypełnienie: 20-40 %
 Grubość warstwy/ grubość warstwy: 0,19 - 0,29

			
REPORT  Estimated print time: 3h 3m Material usage: 14.54m (35g) Printer: Zortrax M200 Profile: Last settings Support type: Automatic Support: 20° Material: Z-ULTRAT Nozzle diameter: 0.4 mm Layer: 0.19 mm Quality: Normal Infill: 40%	REPORT  Estimated print time: 3h 57m Material usage: 22.48m (53g) Printer: Zortrax M200 Profile: Last settings Support type: Automatic Support: 20° Material: Z-ULTRAT Nozzle diameter: 0.4 mm Layer: 0.29 mm Quality: Normal Infill: 20%	REPORT  Estimated print time: 3h 35m Material usage: 20.91m (50g) Printer: Zortrax M200 Profile: Last settings Support type: Automatic Support: 20° Material: Z-ULTRAT Nozzle diameter: 0.4 mm Layer: 0.29 mm Quality: Normal Infill: 30%	REPORT  Estimated print time: 3h 27m Material usage: 18.43m (44g) Printer: Zortrax M200 Profile: Last settings Support type: Automatic Support: 20° Material: Z-ULTRAT Nozzle diameter: 0.4 mm Layer: 0.29 mm Quality: Normal Infill: 30%



**CENTRUM
NAUKI
KOPERNIK**



Technische Universität München

Wszystkie materiały dostępne są na stronie

<https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2020-1-DE02-KA226-VET-008295>

Projekt Hand-on Remote był finansowany w programie Erasmus+ KA226
Partnerships for Digital Education Readiness (2020-1-DE02-KA226-VET-008295)

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

