



Poland

esero

ISAAC NEWTON NA TROPIE PRĘDKOŚCI ORBITALNEJ

Ludzie, którzy zrewolucjonizowali naukę



90 minut (2 godziny lekcyjne)



szkoła podstawowa (klasy VII–VIII)



fizyka



badania Newtona | armata Newtona | grawitacja |
prędkość orbitalna



www.esero.kopernik.org.pl



ISAAC NEWTON NA TROPIE PRĘDKOŚCI ORBITALNEJ

Ludzie, którzy zrewolucjonizowali naukę

Autor: Zbigniew Staniszewski

Opracowane dla ESERO-Polska

Poruszane wątki

- osiągnięcia Newtona
- prawo powszechnego ciążenia
- badania Newtona dotyczące grawitacji
- eksperyment myślowy z armatą
- dokładność pomiaru i błędy pomiaru
- prędkość orbitalna

Rozwijane umiejętności

- wyszukiwanie informacji
- sprawność motoryczna (motoryka mała)
- obserwacja i wnioskowanie
- obliczanie średniej arytmetycznej
- wyrażanie i uzasadnianie własnego zdania
- praca z infografiką
- praca z tekstem
- współpraca w grupie

Metody i formy pracy

- praca manualna (model armaty)
- pomiar
- praca w grupach



CZAS

90 minut
(2 godziny lekcyjne)



MIEJSCE

sala lekcyjna



NIEZBĘDNE MATERIAŁY

- arkusz ćwiczeniowy (dla każdego ucznia) – załącznik 1
- arkusz do wycinania (dla każdej grupy) – załącznik 2
- karta pomiaru (dla każdej grupy) – załącznik 3
- zdjęcia przedmiotów stanowiących inspirację odkryć – załącznik 4
- infografika przedstawiająca dorobek Newtona – załącznik 5
- jabłko
- zestaw do budowy modelu dla każdej grupy:
 - arkusz tektury falistej (format minimum A3)
 - 5 drewnianych patyków do szaszłyków
 - 2 gumki recepturki
 - 2 wkręty do drewna (o średnicy 3 mm i długości 15 mm)
 - plastikowa nakrętka do butelki
 - kawałek plasteliny
 - pistolet z klejem na gorąco
 - nożyczki
 - ołówek
 - kawałek nitki
- zestaw doświadczalny dla każdej grupy:
 - ćwierćkole o promieniu ok. 75 cm
 - kolorowa kreda
 - taśma miernicza
 - dynamometr
 - długopis
- komputer lub tablet z dostępem do Internetu

Przygotowanie zajęć

Podczas zajęć będziecie korzystać z komputera lub tabletu z dostępem do Internetu. Uczniowie będą pracować z arkuszami ćwiczeniowymi (załącznik 1).

Do przeprowadzenia ćwiczenia **Zaczęło się od jabłka** wykorzystasz zdjęcia przedmiotów stanowiących inspirację odkryć (załącznik 4), jabłko i infografikę przedstawiającą dorobek Newtona (załącznik 5).

Aby przeprowadzić ćwiczenie **Robimy model armaty**, będzie Ci potrzebny zestaw do budowy modelu oraz arkusz do wycinania (załącznik 2) dla każdej grupy.

W ćwiczeniu **Strzały z armaty** uczniowie w grupach przeprowadzą doświadczenie oparte na eksperymencie myślowym Newtona przy użyciu wykonanego przez siebie modelu armaty i zestawu doświadczalnego. Wyniki doświadczenia zanotują na kartach pomiaru (załącznik 3).



15
min

Zaczął się od jabłka



Pokaż uczniom zdjęcia z załącznika 4. Zapytaj, czy potrafią powiedzieć, co łączy przedstawione na nich obiekty. Wyjaśnij, że te zwyczajne przedmioty używane i spotykane na co dzień doprowadziły do odkryć lub wynalazków naukowych. Dzięki kąpieli w wannie Archimedes sformułował prawo wyporu. Obserwacja kościelnego żyrandola naprowadziła Galileusza na właściwości ruchu wahadłowego. Rzępy wczepione w ogon psa zainspirowały George'a de Mestrala do stworzenia zapięcia w formie rzepu, które do dziś jest powszechnie używane, także w przestrzeni kosmicznej. Pokaż uczniom jabłko. Powiedz: *Równie przypadkowe zdarzenie zaowocowało odkryciem zależności fundamentalnej dla całego wszechświata – prawa powszechnego ciążenia, czyli grawitacji. Wszystko zaczęło się od jabłka. Czy ktoś wie, kto dokonał tego odkrycia i w jakich okolicznościach?*

Jeśli uczniowie nie potrafią odpowiedzieć na pytanie, mogą poszukać informacji w Internecie. Następnie niech przyjrzą się infografice przedstawiającej dorobek Newtona (załącznik 5). Przeanalizujcie ją wspólnie.



Wskazówka

Wydrukuj wszystkie strony infografiki (o ile to możliwe na kolorowej drukarce). Połóż obok siebie karty 1 i 2, a pod nimi odpowiednio karty 3 i 4. Na wizerunku jabłka na karcie 1 połóż prawdziwy owoc. W ten sposób stworzysz mapę myśli.

Niech uczniowie samodzielnie opowiedzą o tym, co wyczytali z infografiki. Uzupełniaj ich wypowiedź w razie potrzeby. Możesz też podpowiedzieć im, w jaki sposób zacząć opowieść.

Przykładowy początek:

Któregoś dnia na ziemię spadło jabłko. Jabłonka, z której się urwało, rosta w Woolsthorpe, na terenie rodzinnego gospodarstwa Isaaca Newtona. Młody Isaac właśnie siedział w ogrodzie. Widząc spadające jabłko, doszedł do wniosku, że skoro jabłka zawsze spadają z drzewa na ziemię, musi istnieć siła, która je do ziemi przyciąga. W ten sposób zaczęły się jego badania nad grawitacją, które kontynuował, pracując na uniwersytecie w Cambridge.

Jako podsumowanie możesz zaprezentować uczniom film o dokonaniach Newtona, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza. Rozdaj uczniom **arkusze ćwiczeniowe** (załącznik 1) i poproś, by wykonali zadanie 1.



15
min

Armata Newtona



Porozmawiaj z uczniami na temat ich wyborów i tego, czym się kierowali. Wyjaśnij, że wszystkie dokonania Newtona są bardzo ważne dla dzisiejszej nauki, ale na tych zajęciach zajmiecie się przede wszystkim opisany przez badacza doświadczeniem z armatą. Chociaż Newton nigdy go nie przeprowadził (był to jedynie eksperyment myślowy), koncepcja ta pokazała, jak bardzo uczony wyprzedzał swoją epokę.



Ciekawostka

Newton postrzegał siebie jako spadkobiercę Galileusza. Kontynuował wiele zapoczątkowanych przez niego badań i korzystał z opisanych przez niego zależności, dotyczących np. ruchu ciał niebieskich, spadku swobodnego, trajektorii lotu pocisków. Podobnie jak Galileusz był zwolennikiem naukowego badania rzeczywistości: pomiaru i obserwacji. Uważał, że nauka może badać tylko zjawiska, a nie orzekać o ich przyczynach. Jego zdaniem badanie naukowe polegało na szukaniu związków pomiędzy zjawiskami, czyli praw.

Poproś uczniów, by wykonali zadanie 2 z [arkusza ćwiczeniowego](#) – przeczytali tekst i odpowiedzieli na pytania. Omówcie odpowiedzi uczniów.



25
min

Robimy model armaty

Zapowiedz uczniom, że zaraz spróbują przeprowadzić doświadczenie opisane przez Newtona i przekonać się, czy kula wystrzelona z armaty rzeczywiście zachowa się tak, jak przewidywał uczony. Ponieważ nie mają do dyspozycji prawdziwego działu, zrobią sobie jego model.

Podziel klasę na pięcioosobowe grupy, rozdaj każdej grupie materiały do budowy modelu oraz [arkusze do wycinania](#) (załącznik 2). Poproś, by postępowali według instrukcji zamieszczonej w zadaniu 3 [arkusza ćwiczeniowego](#). Pomagaj uczniom w razie potrzeby. Dopilnuj, by montowali elementy we właściwej kolejności oraz nakładali dużą ilość kleju, gdyż klej wzmocni konstrukcję armaty.



20
min

Strzały z armaty



Przygotujcie salę do doświadczenia. Ustawcie w jednym końcu sali tyle ławek, ile jest grup, a resztę ławek przestawcie pod ściany, tak by cały środek sali był wolny. Rozdaj grupom kredę (każdemu zespołowi w innym kolorze, najlepiej takim, by wyraźnie odznaczał się na podłodze), ćwierćkola, taśmy miernicze oraz **karty pomiaru**.



Wskazówka

Dopasuj promień ćwierćkola do wysokości ławki. Możesz je wyciąć z tekturowego kwadratu o boku równym wysokości ławki (ok. 75 cm). Tektura powinna być na tyle sztywna, żeby utrzymała się w pozycji pionowej, oparta o stół.

Niech grupy ustawią swoje armaty na krawędzi ławek, ćwierćkola oprą o nogę stołu i przeprowadzą pomiar według instrukcji opisanej w zadaniu 4 **arkusza ćwiczeniowego**. Pokaż uczniom, w jaki sposób należy mierzyć siłę naciągu dynamometrem.



Wskazówka

Jeżeli dysponujesz tylko jednym dynamometrem, niech grupy używają go na zmianę. Jeśli nie masz tego urządzenia, pomiń tę część pomiaru.

Dopilnuj, by grupy zanotowały wyniki na **kartach pomiaru** oraz obliczyły średnią odległości w przypadku każdego z trzech naciągów. Następnie na tej podstawie niech uczniowie uzupełnią pozostałe punkty zadania 4. Porównajcie wyniki grup i omówcie przebieg pomiaru.

Wyjaśnij uczniom, że przeprowadzony przez nich pomiar nie jest oczywiście ani badaniem naukowym, ani nie odwzorowuje idealnie założeń Newtona (żeby tak było, należałoby używać prawdziwego działu i strzelać z góry wystającej ponad granicę atmosfery ziemskiej), ale wystarczy, aby zilustrować rozumowanie, jakim kierował się Newton. Zapytaj uczniów, czy ich zdaniem jest to pomiar dokładny i dlaczego. Porozmawiaj z nimi o czynnikach powodujących błędy pomiarowe (zawodność oka, niedokładność narzędzi pomiarowych). Przypomnij, że w analizie wyników pomiarów należy brać pod uwagę tego typu błędy.



Wskazówka

Ten pomiar może posłużyć także do wyjaśnienia zjawiska rzutu poziomego, w którym prędkość początkowa jest skierowana równolegle do kierunku rzutu, a tor stanowi parabola z wierzchołkiem w punkcie rzutu. Rzut ten można przedstawić uczniom jako złożenie dwóch znanych im ruchów: ruchu jednostajnego w kierunku poziomym (ruch kuli) i ruchu jednostajnie przyspieszonego w kierunku pionowym (swobodnego spadku).



10 min

Czy Newton miał rację?



Zapytaj uczniów: *Czy w swoich rozważaniach na temat armaty Newton miał rację? Całkowicie czy tylko częściowo? W czym ewentualnie się mylił? Czy z taką wiedzą, jaką nauka dysponowała na przełomie XVII/XVIII w., mógł mieć słuszność?*

Zaprezentuj uczniom film z symulacją doświadczenia opisanego przez Newtona, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.

Wytłumacz, że same założenia Newtona były słuszne – ciało wystrzelone z Ziemi może osiągnąć orbitę ziemską, mylił się natomiast w przypuszczeniu, że kula armatnia mogłaby uzyskać prędkość wystarczającą do osiągnięcia tej orbity. Było to jednak zrozumiałe: Newton uwzględnił w swoim opisie przykład największej znanej sobie prędkości, gdyż prędkość wystrzału z broni była jedną z największych, jakie dało się uzyskać w tamtych czasach. Nie znał też dokładnie wartości przyciągania ziemskiego. Gdyby mógł przeprowadzić takie doświadczenie na mniejszym ciele niebieskim, np. planetoidzie, która przyciągałaby kulę z mniejszą siłą, jego próba miałaby szanse powodzenia.

Dziś wiemy, że prędkość orbitalna dla niskiej orbity Ziemi wynosi ok. 8000 m/s, a do jej uzyskania potrzebna jest jeszcze większa prędkość (ok. 10 000 m/s), którą może zapewnić jedynie napęd rakietowy. Taką prędkość osiągają dziś sztuczne satelity oraz promy kosmiczne wynoszone na orbitę przez rakiety kosmiczne.

Newtona można więc uznać za prekursora idei lotów orbitalnych.



Ciekawostka

Opis Newtonowskiej koncepcji strzału z armaty trafił na płyty Voyager Golden Records wystane w kosmos na pokładzie sond Voyager i zawierające opis ludzkiej cywilizacji i jej najdonioślejszych dokonań. Już sam ten fakt świadczy o tym, jak wysoko współcześni naukowcy cenią myśl Newtona.

Podsumowanie

Zapytaj uczniów: *Jaki według was był Newton? Jakie musiał mieć cechy charakteru, żeby przez tyle lat prowadzić takie trudne, wymagające i czasochłonne badania naukowe? I żeby głosić teorie podważające dotychczasowe przekonania?* Uczniowie przypuszczalnie wymienią cierpliwość, dokładność, pasję, odwagę, poświęcenie itp. Podkreśl, że zasługi Newtona dla nauki wynikały nie tylko ze sformułowanych przez niego praw, ale także z odważnego wyrażania swoich opinii oraz bronięcia przekonań, które uważał za słuszne. W tym znaczeniu był rewolucjonistą: przeciwstawiał się panującym poglądom, a jego postawa w końcu doprowadziła do rewolucji naukowej. To właśnie jemu zawdzięczamy powszechne przyjęcie przez naukę teorii heliocentrycznej.

Wykaz przydatnych linków:

- film przybliżający osiągnięcia Galileusza, Newtona i Edisona (w języku angielskim); fragment dotyczący Newtona 1:35–3:24:
https://www.youtube.com/watch?v=s_YidTB6Beg
- symulacja opisanego przez Newtona doświadczenia z armatą oparta na jego własnym rysunku:
http://galileoandeinstein.phys.virginia.edu/more_stuff/Applets/NewtonMtn/home.html
- film przedstawiający Newtonowską koncepcję prawa powszechnego ciążenia (w języku angielskim):
<https://youtu.be/kxkFaBG6a-A>

Odniesienie do podstawy programowej

FIZYKA

Cele kształcenia – wymagania ogólne

III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- 3) rozróżnia pojęcia: obserwacja, pomiar, doświadczenie; przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów;
- 4) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów;
- 5) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności.

II. Ruch i siły. Uczeń:

- 10) stosuje pojęcie siły jako działania skierowanego (wektor); wskazuje wartość, kierunek i zwrot wektora siły; posługuje się jednostką siły;
- 11) rozpoznaje i nazywa siły, podaje ich przykłady w różnych sytuacjach praktycznych (siły: ciężkości, nacisku, sprężystości, oporów ruchu);
- 16) opisuje spadek swobodny jako przykład ruchu jednostajnie przyspieszonego;
- 17) posługuje się pojęciem siły ciężkości; stosuje do obliczeń związek między siłą, masą i przyspieszeniem grawitacyjnym;
- 18) doświadcza: a) ilustruje: I zasadę dynamiki, II zasadę dynamiki, III zasadę dynamiki, c) wyznacza wartość siły za pomocą siłomierza albo wagi analogowej lub cyfrowej.

Źródło: Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej (Dz. U. z 2017 r., poz. 356).



1 Zaczął się od jabłka

Isaac Newton jest uznawany za jednego z najwybitniejszych uczonych wszech czasów. Opisał naukowo wiele zjawisk, które wcześniej obserwowano, ale nie znano rządzących nimi praw. Sformułował też wiele teorii, które znacznie wyprzedzały jego czasy i rewolucjonizowały ówczesne myślenie o świecie. Którą z jego koncepcji uważasz za najbardziej interesującą i dlaczego?

TUTAJ wpisz swoją odpowiedź i ją uzasadnij

2 Armata Newtona

A. Przeczytaj tekst.

Jednym z głównym zainteresowań Newtona była siła grawitacji. Badając jej działanie i występowanie, sformułował opisujące ją prawo powszechnego ciążenia, które mówi: „Między dowolną parą ciał posiadających masy pojawia się siła przyciągająca, która działa na linii łączącej ich środki, a jej wartość rośnie z iloczynem ich mas i maleje z kwadratem odległości”.

Uważał zatem, że siła ta jest tym większa, im większa jest masa ciał i im mniejsza odległość między nimi. Był przekonany, że siła ta działa w całym wszechświecie i że może to tłumaczyć, dlaczego Księżyc krąży po orbicie wokół Ziemi. Twierdził, że gdybyśmy stanęli na bardzo wysokiej górze i wystrzelili z armaty kulę w kierunku poziomym z określoną siłą, przy

Załącznik 1

Arkusze ćwiczeniowy



braku grawitacji kula opuściłaby Ziemię i wyleciała w kosmos, utrzymując ten kierunek. Ponieważ jednak istnieje siła grawitacji, kula upadnie na powierzchnię naszej planety, zakreślając łuk (parabolę). Gdybyśmy zwiększali siłę wystrzału, łuk stawałby się coraz niższy i bardziej wydłużony, a kula leciałaby coraz szybciej. Przy odpowiednio dużej sile wyleciałaby poza krzywiznę Ziemi i zaczęła ją okręgać po orbicie.

Na podstawie: <http://galileoandstein.physics.virginia.edu/lectures/newton.html>

B. Odpowiedz na pytania.

Czy Newton miał rację, uważając, że prawo ciążenia dotyczy wszystkich ciał niebieskich?

Czy ciało wystrzelone z Ziemi może się znaleźć na jej orbicie?

Jak sądzisz, jak duża musi być prędkość ciała (w m/s), by mogło się znaleźć na orbicie Ziemi?

Czy kula armatnia może osiągnąć taką prędkość?



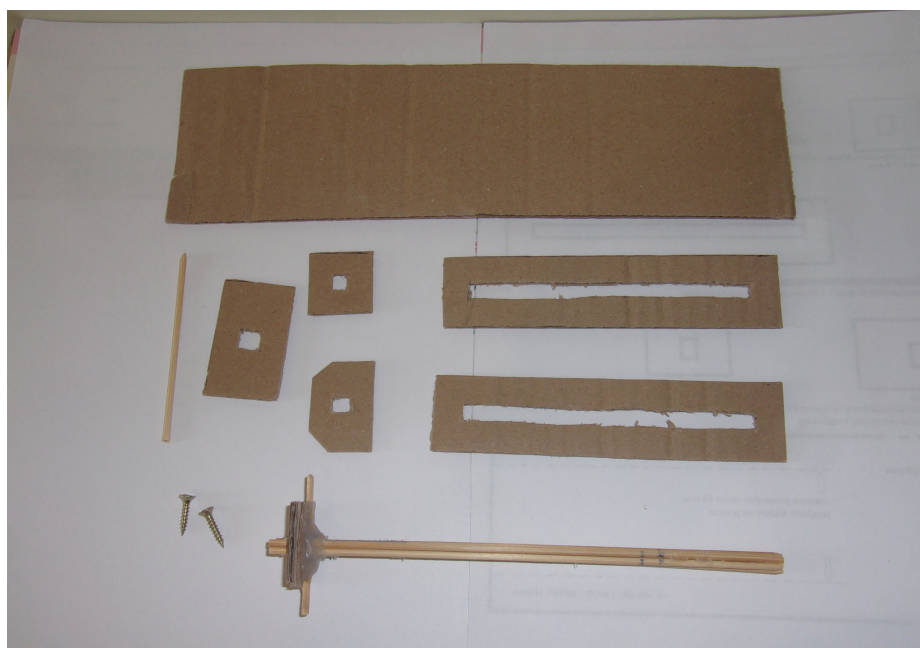
3 Robimy model armaty

Materiały i narzędzia

- **arkusz do wycinania** (załącznik 2)
- arkusz tektury falistej (format minimum A3)
- 5 drewnianych patyków do szaszłyków
- 2 wkręty do drewna (o średnicy 3 mm i długości 15 mm)
- 2 gumki recepturki
- plastikowa nakrętka do butelki
- kawałek plasteliny
- pistolet z klejem na gorąco
- nożyczki
- ołówek
- kawałek nitki

Wykonanie

1. Wytnijcie wszystkie szablony (A–F) z **arkusza do wycinania** i odrysujcie je ołówkiem na tekturze (element B trzeba odrysować dwa razy). Następnie wytnijcie tekturowe elementy.

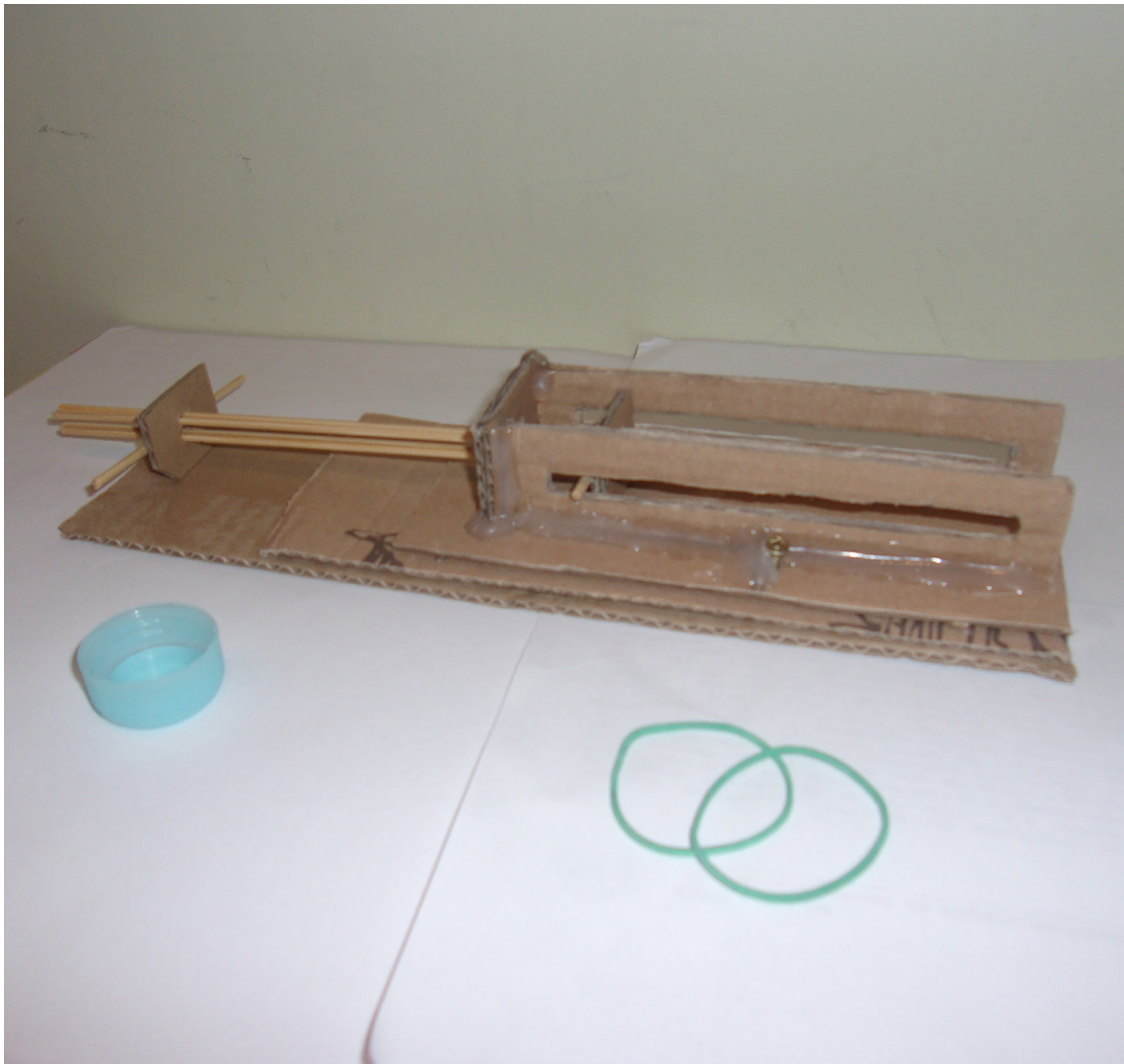




2. Sklejcie ze sobą klejem na gorąco cztery patyczki do szaszłyków (dwa na górze i dwa na dole), umieszczając klej tylko pośrodku ich długości. Pozostawcie między górną i dolną częścią odstęp na szerokość patyczka. To będzie trzon popychacza.
3. Odetnijcie z piątego patyczka dwa kawałki: o długości 50 mm i 80 mm. To będą wzmocnienia końcówek popychacza.
4. Wsuńcie krótszy patyczek poprzecznie pomiędzy górną i dolną część trzonu popychacza, tak żeby końce patyczka z obu stron trzonu były równe. Przyklejcie patyczek w odległości 20 mm od końca trzonu. Dla utwardzenia wcześniej owińcie złączenie trzonu popychacza i patyczka nitką.
5. Nałóżcie na ten koniec trzonu przednią końcówkę popychacza (A) i doklejcie ją do trzonu oraz poprzecznego patyczka.
6. Przyklejcie do wzmocnienia podstawy (F) część stanowiącą podstawę (E) – oba elementy powinny być wyrównane od strony krótszej krawędzi (X), a element mniejszy (E) należy usytuować mniej więcej na środku niej.
7. Przyklejcie do podstawy wzdłuż linii przerywanych zaznaczonych na szablonie obie ścianki boczne przewodnicy (B).
8. Wsuńcie w szczeliny ścianek do samego końca przednią końcówkę popychacza. Wzmacniający ją patyczek powinien oprzeć się z obu stron na przedniej części otworów w ściankach przewodnicy.
9. Od drugiego końca popychacza nałóżcie na trzon tylną ściankę przewodnicy (C). Przyklejcie ją do obu ścianek bocznych przewodnicy i podstawy.
10. Od tego samego końca nałóżcie tylną końcówkę popychacza (D). Docisnijcie ją do tylnej ścianki przewodnicy, nałóżcie za nią dłuższy patyczek, wsuwając go między dwa górne i dwa dolne patyki trzonu w taki sam sposób jak patyczek krótszy w punkcie 4. Przyklejcie patyczek do tylnej końcówki popychacza i trzonu. Wypełnijcie klejem puste miejsca między górną i dolną częścią trzonu, aby wszystkie patyki były ze sobą mocno sklejone.
11. W miejsca zaznaczone na szablonie podstawy (E) krzyżykami wkręćcie oba wkręty. Główki wkrętów powinny wystawać na ok. 8 mm. Zamocujcie wkręty w podstawie, oblewając je klejem na gorąco.
12. Na wkręty i końcówki dłuższego patyczka doklejonego do tylnej końcówki popychacza naciągnijcie gumki recepturki. Sprawdźcie, czy naciąg działa właściwie, wysuwając maksymalnie popychacz.

Załącznik 1

Arkusz ćwiczeniowy



13. Wypełnijcie plastikową nakrętkę plasteliną. To będzie wasza kula armatnia. Połóżcie ją na wystającej z przodu końcówce trzonu popychacza.



4 Strzały z armaty

A. Przeprowadźcie w grupach doświadczenie z armatą, które opisał Newton.

Materiały i narzędzia

- **karta pomiaru** (załącznik 3)
- model armaty
- ćwierćkole o promieniu ok. 75 cm
- kolorowa kreda
- taśma miernicza
- dynamometr
- długopis

Wykonanie

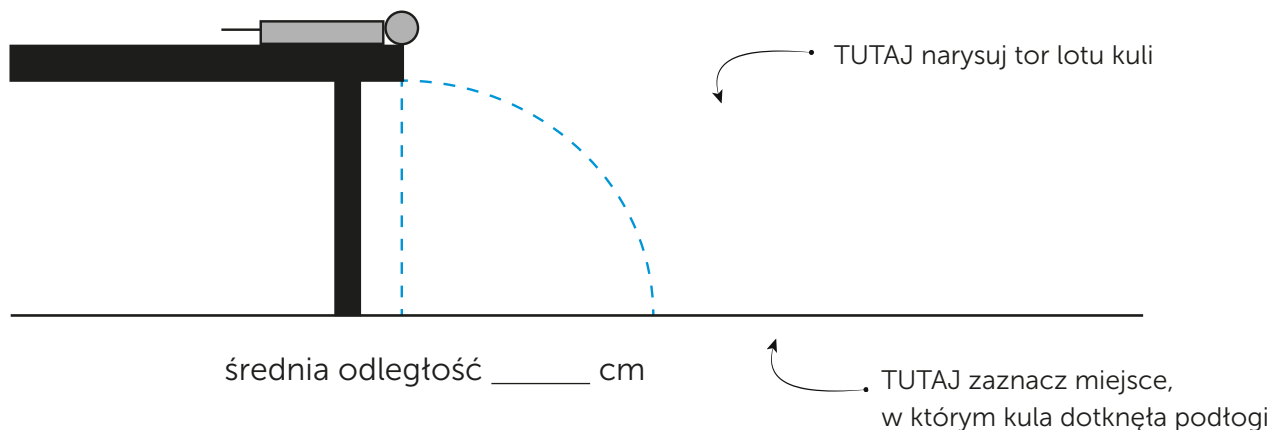
1. Ustawcie armatę na ławce – koniec popychacza z kulą powinien dotykać krawędzi ławki. Upewnijcie się, że przed ławką i obok niej nie stoją żadne sprzęty.
 2. Ustawcie ćwierćkole przed ławką łukiem do przodu, opierając pionowy bok o nogę stołu. Możecie podeprzeć je z drugiej strony krzesłem. Łuk będzie umownie wyznaczać obrys Ziemi.
 3. Podzielcie się zadaniami: jedna osoba niech trzyma podstawę armaty, druga naciąga popychacz i mierzy siłę naciągu, trzecia zaznacza kredą miejsce, w którym kula za każdym razem dotknęła podłogi, czwarta mierzy odległość od krawędzi ławki do zaznaczonego miejsca, a piąta notuje wyniki na **karcie pomiaru**.
 4. Wykonajcie dziewięć strzałów: trzy przy słabym, trzy przy średnim i trzy przy mocnym naciągu.
 5. Obliczcie średnią uzyskanych odległości przy każdym naciągu.
- B. Przedstaw przebieg doświadczenia przeprowadzonego przez twoją grupę. Zaznacz na rysunku miejsce, w którym wylądowała kula, wpisz odległość tego miejsca od krawędzi stołu i narysuj tor lotu kuli.

Załącznik 1

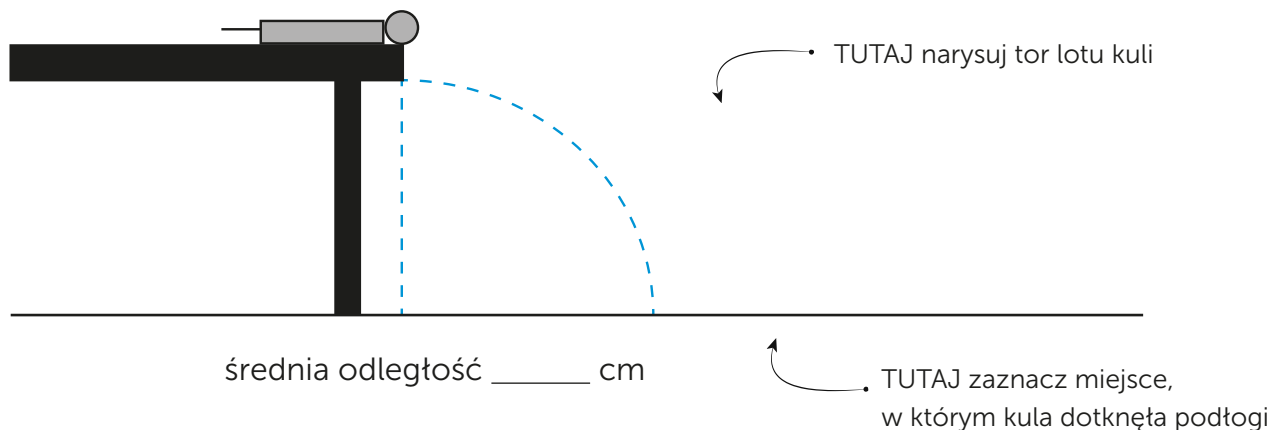
Arkusz ćwiczeniowy



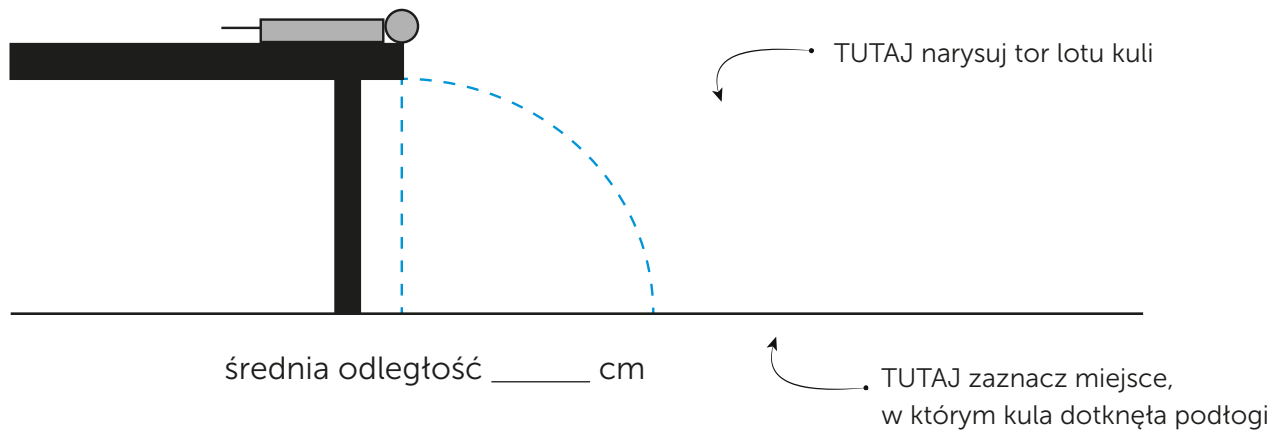
Pomiar 1



Pomiar 2



Pomiar 3



Załącznik 1

Arkusz ćwiczeniowy



C. Zaznacz właściwą odpowiedź.

Im większa była siła wystrzału, tym **DALEJ / BLIŻEJ** upadła kula.

Im większa była siła wystrzału, tym prędkość kuli była **WIĘKSZA / MNIEJSZA**.

Prędkość wystrzelenia kuli **ZMIENIAŁA TOR / NIE ZMIENIAŁA TORU** jej lotu.

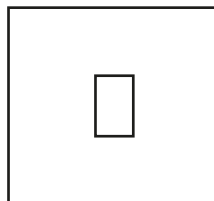
Kula **PRZEKROCZYŁA OBRYS / NIE PRZEKROCZYŁA OBRYSU** Ziemi.

Załącznik 2

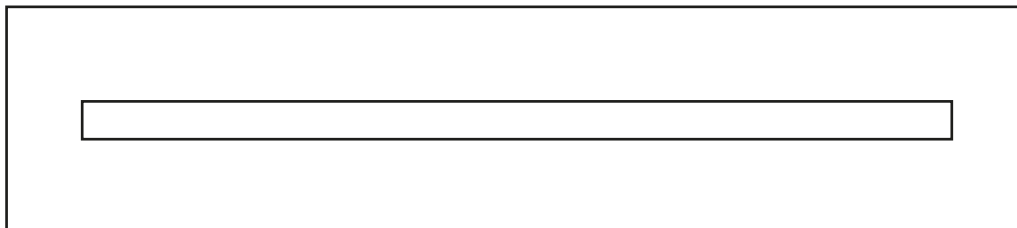
Arkusz do wycinania



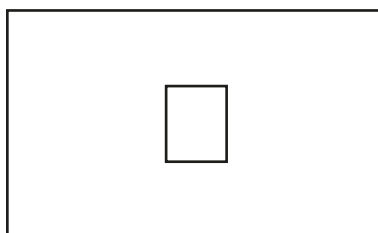
A. Końcówka popychacza



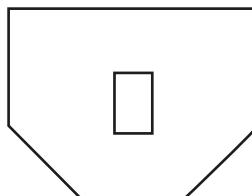
B. Ścianka boczna przewodnicy



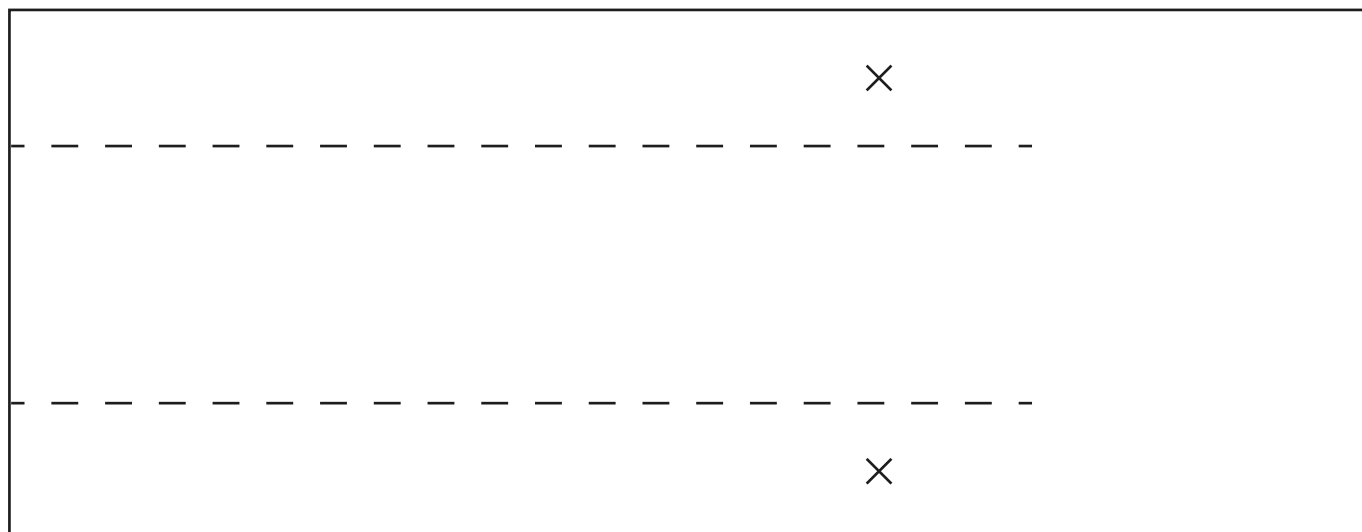
C. Tylna ścianka przewodnicy



D. Tylna końcówka popychacza



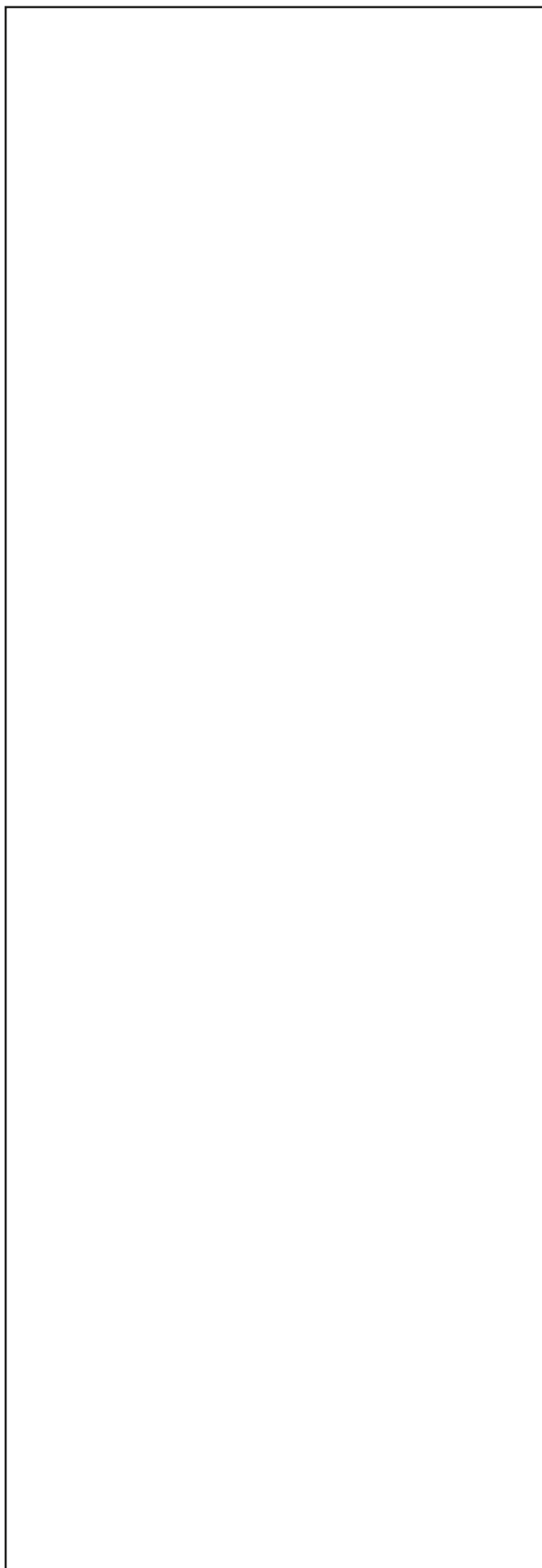
E. Podstawa



Załącznik 2

Arkusz do wycinania

F. Wzmocnienie podstawy



Załącznik 3

Karta pomiaru



Pomiar lotu kuli armatniej

Członkowie grupy:

Data pomiaru: _____

Godzina pomiaru: _____



TUTAJ wpiszcie imiona
i nazwiska członków grupy

	Odległość przebyta przez kulę [cm]	Średnia odległości [cm]	Wartość siły naciągu [N]
Pomiar przy słabym naciągu			
Pomiar przy średnim naciągu			
Pomiar przy mocnym naciągu			

Załącznik 4

Przedmioty stanowiące inspirację odkryć

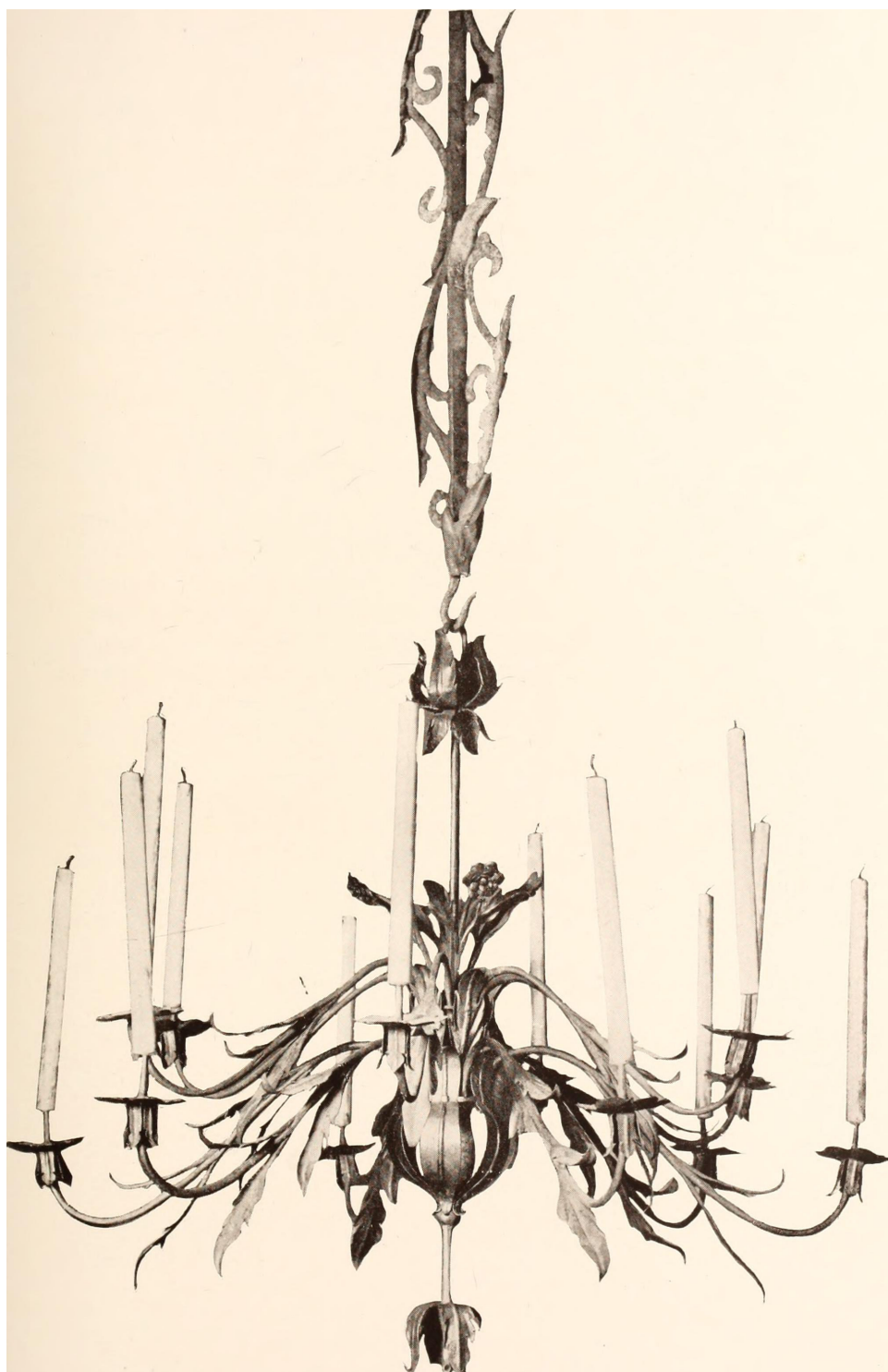


Wanna

Źródło: <https://pixabay.com/pl/illustrations/wanna-wann%C4%85-drena%C5%BC-prysznic-3937633/>

Załącznik 4

Przedmioty stanowiące inspirację odkryć



Zyrandol

Źródło: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Chandeliers?uselang=pl#/media/File:Illustrated_catalogue_of_the_exceedingly_rare_and_valuable_art_treasures_and_antiquities_formerly_contained_in_the_famous_Davanzati_Palace,_Florence,_Italy_\(1916\)_\(14780480972\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Chandeliers?uselang=pl#/media/File:Illustrated_catalogue_of_the_exceedingly_rare_and_valuable_art_treasures_and_antiquities_formerly_contained_in_the_famous_Davanzati_Palace,_Florence,_Italy_(1916)_(14780480972).jpg)

Załącznik 4

Przedmioty stanowiące inspirację odkryć



Łopian

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Dried_Arctium_lappa#/media/File:20181122Arctium_lappa2.jpg

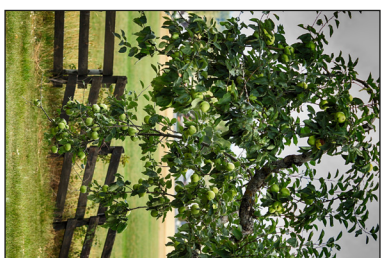
Załącznik 5

Infografika

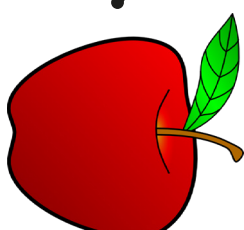
1



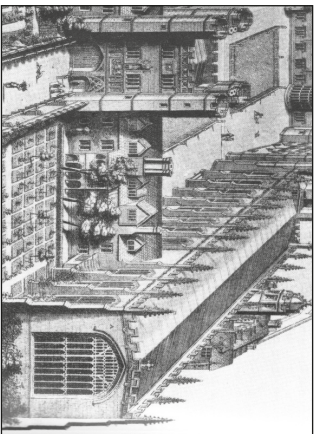
ISAAC NEWTON
(1643–1727)



Obserwując spadające z drzewa jabłko, Newton uświadomił sobie istnienie grawitacji.

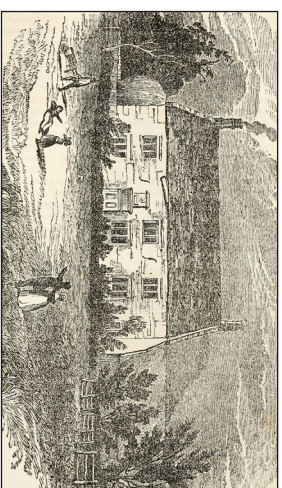


„Istota filozofii przyrody polega na tym, by na podstawie zjawiska ruchu zbadać siły przyrody, a na podstawie tych sił wyjaśnić inne zjawiska”.



Gabinet Newtona w Cambridge. Tu kontynuował badania nad grawitacją, rachunkiem różniczkowym i całkowym oraz wykładat optykę.

W domu, gdy uniwersytet był zamknięty z powodu zarazy, zajmował się m.in. matematyką, a zwłaszcza rachunkiem różniczkowym i całkowym.

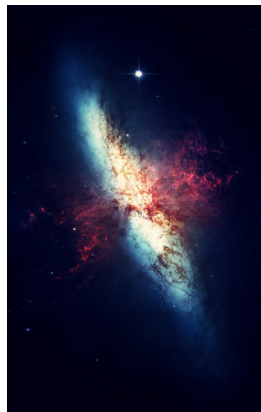


Dom rodzinny Newtona w Woolsthorpe ze słynną jabłonią.

Załącznik 5

Infografika

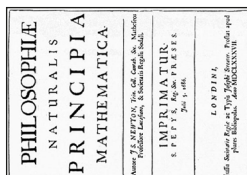
2



Newton wynioskował, że grawitacja istnieje nie tylko na naszej planecie, ale dotyczy wszystkich ciał niebieskich.



Newton był przekonany, że cały wszechświat podlega prawu ciążenia. Zakładał, że jeśli wystrzeli się kulę z armaty z odpowiednią siłą i z odpowiednio wysokiej góry, może ona spaść poza obrys Ziemi, a nawet zacząć orbitować wokół niej.



Przemyślenia związane z grawitacją zaowocowały sformułowaniem prawa powszechnego ciążenia opisanego w książce *Matematyczne podstawy filozofii naturalnej*.



Zgłębiając grawitację i jej rolę we wszechświecie, korzystając z teorii i badań Kopernika, Galileusza i Keplera dotyczących ruchów ciał niebieskich. Wiele z nich uzasadnił naukowo.



Oporając się na zasadach dynamiki, sformułował zasady zachowania pędu i momentu pędu.



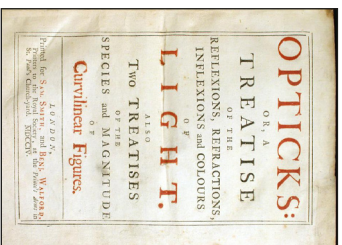
Newton opisał w niej także prawa dotyczące ruchu. Badając związki między ruchem ciał a działającymi na nie siłami, sformułował trzy zasady dynamiki.

„Jeśli widzę dalej,
to tylko dlatego, że stoję
na ramionach olbrzymów”.

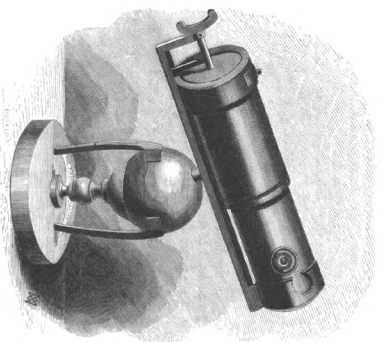
Załącznik 5

Infografika

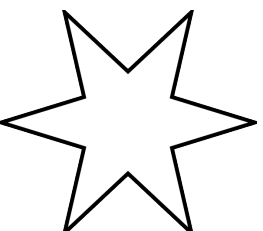
3



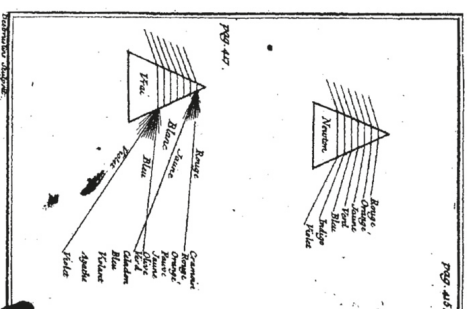
Teorie dotyczące zjawisk optycznych opublikował w dziele *Optyka*.



Zaprojektował i skonstruował teleskop zwierniadłany – wyposażony w zwierniadło zamiast soczewki – który ograniczał rozszczepianie i zatamywanie światła.



Sformułował teorię pochodzenia gwiazd.



Badat zatamianie światła w pryzmacie.

"Co wiemy, to tylko kropelka.
Czego nie wiemy, to cały ocean".

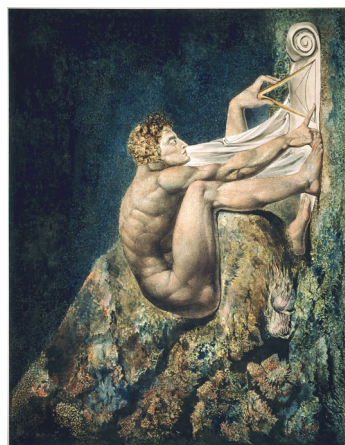


Opisał zjawisko przyprawów i odpływów.

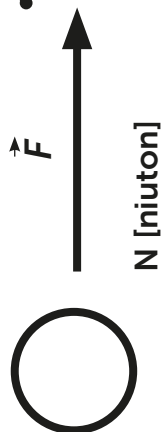
Załącznik 5

Infografika

4



ISAAC NEWTON WILLIAM BLAKE



Od nazwiska Newtona pochodzi nazwa jednostki siły.

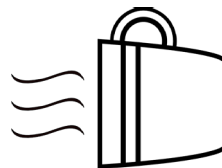
„Odkryte przeze mnie prawa są bardzo proste. Formułowałem je szybko, ale przedtem bardzo długo myślałem”.

Newton dokonał też szeregu odkryć z innych dziedzin.

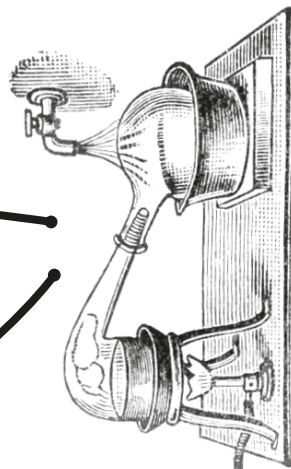
„Nie stawiam hipotez”.



Badat prędkość rozchodzenia się dźwięku.



Sformułował prawo stygnięcia.



Zajmował się także alchemią.

Załącznik 5

Infografika



Źródła:

<https://pixabay.com/pl/illustrations/wanna-wann%C4%85-drena%C5%BC-prysznic-3937633/>
[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Chandeliers?uselang=pl#/media/File:Illustrated_catalogue_of_the_exceedingly_rare_and_valuable_art_treasures_and_antiquities_formerly_contained_in_the_famous_Davanzati_Palace,_Florence,_Italy_\(1916\)_\(14780480972\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Chandeliers?uselang=pl#/media/File:Illustrated_catalogue_of_the_exceedingly_rare_and_valuable_art_treasures_and_antiquities_formerly_contained_in_the_famous_Davanzati_Palace,_Florence,_Italy_(1916)_(14780480972).jpg)
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Dried_Arctium_lappa#/media/File:20181122Arctium_lappa2.jpg
<http://www.clker.com/clipart-reeed-apple.html>
<https://pixabay.com/pl/photos/apple-apple-tree-owoc%C3%B3w-ogr%C3%B3d-p%C5%82ot-3583951/>
[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Woolsthorpe_Manor#/media/File:Illustrated_biography;_or,_Memoirs_of_the_great_and_the_good_of_all_nations_and_all_times;_comprising_sketches_of_important_statesmen,_philosophers,_heroes,_artists,_reformers,_philanthropists,__\(14595566810\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Woolsthorpe_Manor#/media/File:Illustrated_biography;_or,_Memoirs_of_the_great_and_the_good_of_all_nations_and_all_times;_comprising_sketches_of_important_statesmen,_philosophers,_heroes,_artists,_reformers,_philanthropists,__(14595566810).jpg)
https://commons.wikimedia.org/wiki/Isaac_Newton#/media/File:SS-newton.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Isaac_Newton#/media/File:Newtons_room_in_Cambridge.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/Isaac_Newton#/media/File:Opticks.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Castel_L%27Optique_des_couleurs_1740.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Isaac_Newton#/media/File:Newton's_reflecting_telescope.jpg
<http://www.clker.com/clipart-11264.html>
<https://pixabay.com/pl/photos/sun-ustawienie-niebo-zach%C3%B3d-s%C5%82o%C5%84ca-3726030/>
<https://pixabay.com/pl/photos/fala-druzgoc%C4%85cy-piana-opryskiwania-2211925/>
https://commons.wikimedia.org/wiki/Isaac_Newton#/media/File:Newton-Principia-Mathematica_1-500x700.jpg
<http://www.clker.com/clipart-bike-bicycle.html>
<https://pixabay.com/pl/photos/%C5%82y%C5%BCwiarka-figurowa-l%C3%B3d-elegancki-266512/>
<https://pixabay.com/pl/photos/galaktyka-przestrze%C5%84-wszech%C5%9Bwiat-11098/>
https://commons.wikimedia.org/wiki/Johannes_Kepler#/media/File:Johannes_Kepler.jpg
https://pl.wikipedia.org/wiki/Miko%C5%82aj_Kopernik#/media/Plik:Nicolaus_Copernicus._Reproduction_of_line_engraving.jpg
[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Galileo_Galilei#/media/File:EL_mundo_f%C3%ADsico,_1882_%22Galileo%22._\(4031761574\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Galileo_Galilei#/media/File:EL_mundo_f%C3%ADsico,_1882_%22Galileo%22._(4031761574).jpg)
<https://pixabay.com/pl/vectors/artylaria-bitwa-pod-bitwy-2026613/>
https://commons.wikimedia.org/wiki/Isaac_Newton#/media/File:Newton-WilliamBlake.jpg
<http://www.clker.com/clipart-43166.html>
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Historical_images_of_alambics?uselang=pl#/media/File:Distillation_by_Retort.png
<http://www.clker.com/clipart-yet-another-coffee-cup.html>