

Andrzej Fogt

Aktywność badawcza uczniów w edukacji fizycznej w szkole podstawowej

- ✓ Fizyka jako nauka doświadczalna
- ✓ Przykłady zajęć i doświadczeń fizycznych wspierających aktywność badawczą uczniów
- ✓ Przykładowe pytania i problemy do przemyślenia dla uczniów



Recenzja
dr Danuta Kitowska

Analiza merytoryczna
dr Joanna Borgensztajn

Redakcja językowa i korekta
Karolina Dzimira-Zarzycka

Projekt graficzny, projekt okładki
Wojciech Romerowicz, ORE

Skład i redakcja techniczna
Grzegorz Dębiński

Projekt motywu graficznego „Szkoły ćwiczeń”
Aneta Witecka

ISBN 978-83-65967-46-6 (Zestawy materiałów dla nauczycieli szkół ćwiczeń – przyroda)
ISBN 978-83-65967-57-2 (Zestaw 3: Aktywność badawcza uczniów w edukacji przyrodniczej w klasach IV–VIII szkoły podstawowej)
ISBN 978-83-65967-60-2 (Zeszyt 3: Aktywność badawcza uczniów w edukacji fizycznej w szkole podstawowej)

Warszawa 2017
Ośrodek Rozwoju Edukacji
Aleje Ujazdowskie 28
00-478 Warszawa
www.ore.edu.pl

Publikacja jest rozpowszechniana na zasadach wolnej licencji Creative Commons – Użycie niekomercyjne 3.0 Polska (CC-BY-NC).

Spis treści

Wstęp	3
Fizyka jako nauka doświadczalna	4
Przykłady zajęć i doświadczeń fizycznych wspierających aktywność badawczą uczniów	8
Maszyny proste	8
Doświadczenie 1. Deska jako dźwignia jednostronna	11
Doświadczenie 2. Kilof jako dźwignia dwustronna – zajęcia terenowe	13
Doświadczenie 3. Obcęgi jako przykład dźwigni dwustronnej	15
Doświadczenie 4. Badanie klasycznej równi pochyłej – doświadczenia terenowe	17
Doświadczenie 5. Śruba jako równia pochyła	18
Doświadczenie 6. Blok nieruchomy	19
Doświadczenie 7. Blok ruchomy	21
Przykładowe pytania i problemy do przemyślenia dla uczniów	23
Bibliografia	24



Wstęp

Autorzy podstawy programowej kształcenia ogólnego w szkole podstawowej podkreślają, że „eksperymentowanie, rozwiązywanie zadań problemowych oraz praca z materiałami źródłowymi winny stanowić główne obszary aktywności podczas zajęć fizyki” (Podstawa – fizyka, 2017: 17). Jako jeden z głównych celów kształcenia określono natomiast „planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników” (Podstawa – fizyka, 2017: 11).

W dokumencie zaznaczono również, że przedmiot ten jest ściśle związany z życiem codziennym człowieka, dlatego też „uczenie podstaw fizyki bez nieustannego odwoływania się do przykładów z codziennego życia, bogatego ilustrowania kontekstowego oraz czynnego badania zjawisk i procesów jest sprzeczne z fundamentalnymi zasadami nauczania tego przedmiotu” (Podstawa – fizyka, 2017: 17).

Wymagania przekrojowe, które nauczyciel powinien uwzględnić w toku nauczania fizyki w szkole podstawowej, w dużej mierze odnoszą się do przeprowadzania na lekcji doświadczeń i obserwacji fizycznych. Zgodnie z podstawą programową 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; [...]

9) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń” (Podstawa – fizyka, 2017: 11).

Prezentowany zestaw materiałów dotyczy problemu aktywności badawczej uczniów szkoły podstawowej. Wszystkie zeszyty zawierają propozycje doświadczeń, obserwacji i ćwiczeń (opatrzone komentarzem metodycznym), które mogą stać się ciekawym elementem zajęć przedmiotowych. Każdy zeszyt poświęcony jest innej dziedzinie nauk przyrodniczych:

- Zeszyt 1 – edukacja biologiczna;
- Zeszyt 2 – edukacja chemiczna;
- Zeszyt 3 – edukacja fizyczna;
- Zeszyt 4 – edukacja geograficzna.



Fizyka jako nauka doświadczalna

„Nauka to raczej sposób myślenia niż zasób wiedzy. Jej celem jest odkrycie zasady rządzącej światem, poszukiwanie możliwych prawidłowości, penetrowanie związków między rzeczami – od subjądrowych cząstek, z których być może składa się cała materia, do żyjących organizmów, społeczności ludzkich, aż po kosmos jako całość”

Carl Sagan

Fizyka jest jedną z pierwszych nauk doświadczalnych, sięgającą swoimi korzeniami czasów starożytnych. Początków fizyki należy szukać w obserwacjach astronomicznych dokonywanych już przez kultury prehistoryczne. Egipskie piramidy, Stonehenge czy inne imponujące budowle kamienne (megality) w Europie i na świecie świadczą o tym, że starożytni interesowali się niebem, obserwowali układ gwiazd i innych ciał niebieskich, a także oddawali im cześć. Być może konstrukcje megalityczne służyły jako obserwatoria, dzięki którym obserwowano rocznego cyklu i wyznaczano długość roku.

Przypuszcza się także, że niektóre malowidła naskalne powstałe w okresie paleolitu mogą przedstawiać obiekty astronomiczne (np. Plejady) lub zaobserwowane regularności w zmianach wyglądu nieba (np. fazy Księżyca).

Również późniejsze cywilizacje, takie jak chińska, hinduska, grecka, Majów czy Babilończyków, znały metody obserwacji nieba. Prowadzono je wtedy bez użycia narzędzi (pierwszy teleskop wynaleziono dopiero w XVII w.). Efektem tych badań było stworzenie map nieba oraz katalogów gwiazd i planet. Uważano, że Ziemia jest centrum Wszechświata, a wokół niej krążą Księżyc, Słońce i planety (geocentryzm).

Astronomia przekształciła się w nowoczesną naukę dopiero po wynalezieniu teleskopu. Współcześnie jest w dużej mierze utożsamiana z astrofizyką, ale historycznie jest pojęciem szerszym, gdyż obejmowała m.in.

- astrometrię;
- astronomię obserwacyjną;
- astronawigację;
- konstruowanie kalendarzy;
- astrologię.

Wyodrębnienie astrofizyki oraz rozwój fizyki jako dyscypliny naukowej wiąże się z przełomowymi odkryciami XVI-wiecznych naukowców i myślicieli, takich jak Mikołaj Kopernik i Galileusz. W kolejnym stuleciu Isaac Newton sformułował trzy zasady dynamiki, kładąc podwaliny pod nowoczesną fizykę, a w szczególności jeden z jej najważniejszych działów – mechanikę klasyczną. Badania prowadzone w XVIII w. wpłynęły z kolei na rozwój termodynamiki.



W XIX w. dokonano natomiast ważnych odkryć związanych z elektrycznością i magnetyzmem, opartych na dokonaniach m.in. Michaela Faradaya, George'a Ohma, André Ampère'a, Gustava Kirchhoffa, Jamesa Clerka Maxwella czy Alessandro Volty. Rozwój tej gałęzi fizyki zaowocował setkami wynalazków, a wiele wprowadzonych wówczas innowacji zrewolucjonizowało życie codzienne człowieka. Warto wymienić np. telefon (opatentowany przez Alexandra Bella), żarówkę (jeden z licznych wynalazków Thomasa Edisona), aparat rentgenowski (skonstruowany dzięki odkryciu promieniowania X dokonanego przez Wilhelma Röntgena) czy silnik elektryczny (dzieło Nikoli Tesli).

W ubiegłym stuleciu fizyka poszerzyła się o kolejne działy. Do najistotniejszych należy mechanika kwantowa, rozwijana dzięki badaniom prowadzonym przez m.in. Maxa Plancka, Alberta Einsteina, Erwina Schrödingera czy Nielsa Bohra.

Nawet krótki przegląd historii tej dziedziny pokazuje, jak bardzo obszernym pojęciem jest fizyka. W toku rozwoju dyscypliny zaczęły krystalizować się w jej obrębie różne działy i poddziały. Należą do nich m.in.

- mechanika (np. dynamika, kinematyka);
- elektrodynamika;
- termodynamika;
- fizyka atomowa;
- fizyka kwantowa;
- fizyka cząstek elementarnych;
- fizyka jądrowa;
- fizyka materii skondensowanej;
- optyka.

Także astrofizykę można podzielić na specjalistyczne dziedziny, m.in. kosmologię, planetologię czy heliofizykę.

Poszczególne działy fizyki są ze sobą powiązane, a wiele teorii i modeli teoretycznych ma zastosowanie w różnych obszarach dyscypliny. Ponadto można wyróżnić także działy interdyscyplinarne, które obejmują badaniem z pogranicza różnych dziedzin naukowych. Z fizyki czerpią m.in.

- agrofizyka;
- elektronika;
- geofizyka;
- biofizyka;
- chemia fizyczna (np. elektrochemia);
- fizyka atmosfery (np. meteorologia);
- fizyka medyczna (np. radiodiagnostyka);
- oceanografia.



Przenikanie się dziedzin widać również na przykładzie zainteresowań badawczych naukowców, którzy nierzadko wykorzystują w pracy wiedzę z kilku dyscyplin. Maria Skłodowska-Curie została laureatką Nagrody Nobla w dwóch dziedzinach – fizyce i chemii. John Dalton, który jako pierwszy opisał wadę wzroku nazwaną później daltonizmem, badał zjawiska z zakresu chemii, fizyki oraz meteorologii. Osiągnięcia naukowe Carla Friedricha Gaussa obejmują natomiast odkrycia dokonywane na polu matematyki, fizyki, astronomii oraz geodezji.

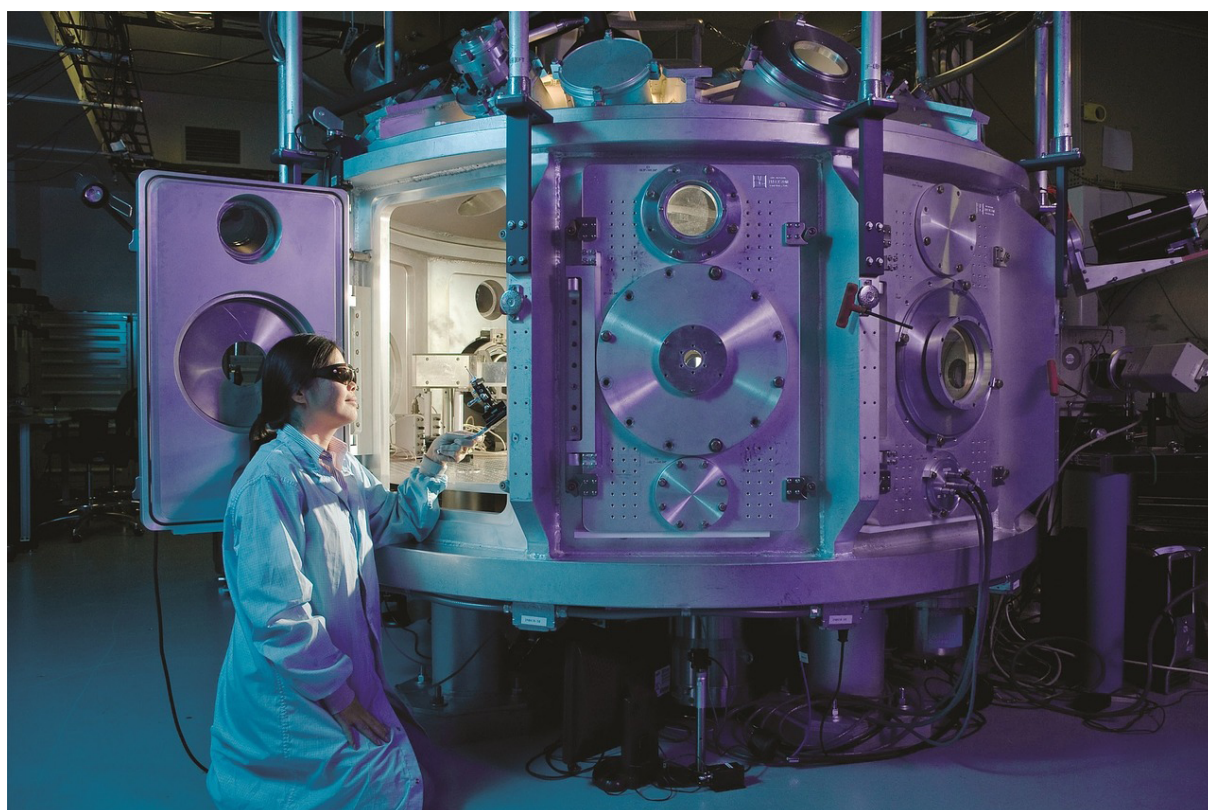
Współczesna fizyka zbudowana jest na podwalinach metody naukowej sformułowanej w XVI w. Składa się ona z pięciu etapów:

- „1. Sformułowanie problemu.
2. Postawienie hipotezy.
3. Przewidywanie konsekwencji hipotezy.
4. Przeprowadzenie eksperymentów potwierdzających przewidywania i hipotezę.
5. Sformułowanie najprostszej reguły, która łączy w jedną teorię trzy główne elementy: hipotezę, przewidywania, eksperyment” (Hewitt, 2000).



Przedmiotem badań fizyki jest więc przede wszystkim rzeczywistość materialna. Zachodzące w niej zjawiska opisywane są za pomocą struktur matematycznych, ale w centrum zainteresowań fizyków cały czas znajduje się eksperyment. Przeprowadzanie doświadczeń i pomiarów jest domeną fizyki doświadczalnej, ale fizyka teoretyczna opiera się na matematycznej analizie wyników eksperymentów lub rozwijaniu teorii, które mogą zostać zweryfikowane doświadczalnie.

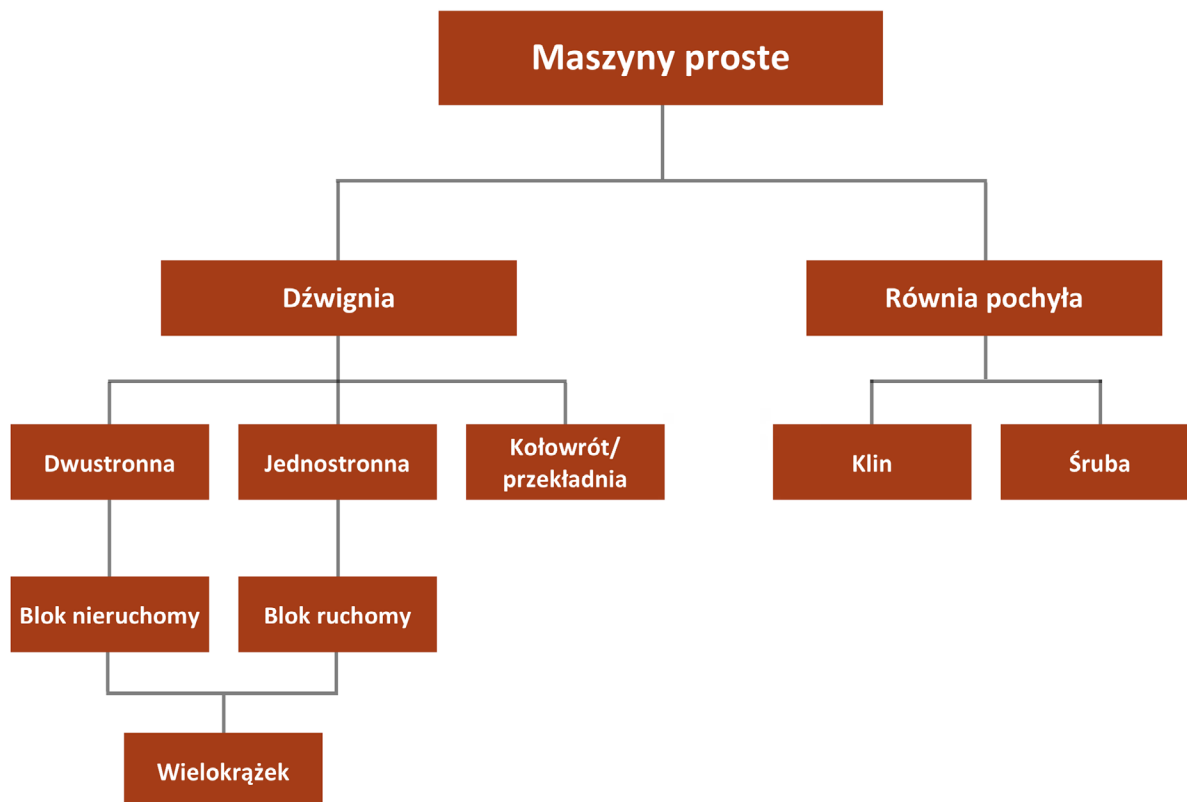
Bardzo istotna rola eksperymentu w fizyce powinna zostać uwzględniona również w toku edukacji szkolnej. Autorzy komentarza do nowej podstawy programowej podkreślają, „że nauczanie podstaw fizyki to nieustanne odwoływanie się do przykładów z życia codziennego, bogate ilustrowanie kontekstowe oraz czynne badania zjawisk i procesów. To także konieczność i sposobność zaspokajania ciekawości poznawczej uczniów, na bazie których kształtuje się umiejętności zdobywania wiedzy. Zawarte w podstawie programowej wymagania doświadczalne [...] winny być traktowane priorytetowo i stanowić kluczowy element osiągnięć uczniów” (Thomas i in., 2017: 18).





Przykłady zajęć i doświadczeń fizycznych wspierających aktywność badawczą uczniów

Maszyny proste



Rys. 1. Podział maszyn prostych

Podstawa programowa

Fizyka:

„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; [...]

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); [...]

13) opisuje wzajemne oddziaływanie ciał posługując się trzecią zasadą dynamiki; [...]

17) posługuje się pojęciem siły ciężkości; stosuje do obliczeń związek między siłą, masą i przyspieszeniem grawitacyjnym;

III. Energia. Uczeń:

1) posługuje się pojęciem pracy mechanicznej wraz z jej jednostką; stosuje do obliczeń związek pracy z siłą i drogą, na jakiej została wykonana” (Podstawa – fizyka, 2017: 11–12).

Technika

„I. Rozpoznawanie i opis działania elementów środowiska technicznego. [...]

5. Wyjaśnianie działania wybranych narzędzi, przyrządów i urządzeń technicznych. [...]

III. Sprawne i bezpieczne posługiwanie się narzędziami i sprzętem technicznym. [...]

2. Sprawne posługiwanie się podstawowymi narzędziami do obróbki ręcznej i mechanicznej, narzędziami pomiarowymi oraz urządzeniami domowymi. [...]

4. Analizowanie sytuacji zagrażających zdrowiu i życiu podczas pracy z narzędziami i urządzeniami” (Podstawa – technika, 2017: 10–11).

Cele

- zapoznanie uczniów z prawami fizyki leżącymi u podstaw budowy maszyn prostych;
- zapoznanie uczniów z praktycznymi zastosowaniami maszyn prostych;
- przeprowadzenie praktycznych demonstracji i samodzielnych doświadczeń uczniów z maszynami prostymi;
- doskonalenie zdolności analizy wyników doświadczeń i wyciągania wniosków;
- wyrabianie kultury technicznej;
- wyrabianie nawyków prawidłowego i bezpiecznego posługiwania się podstawowymi narzędziami mechanicznymi;
- kształtowanie nawyków utrzymywania porządku na stanowisku pracy lub stanowisku badawczym.

Uczeń:

- na praktycznych przykładach zapoznaje się z urządzeniami zwanymi maszynami prostymi.



Metody nauczania

- pogadanka, ćwiczenia praktyczne, doświadczenia przeprowadzane przez uczniów (niektóre doświadczenia mogą mieć formę zajęć terenowych).

Formy pracy

- praca indywidualna, w parach, w grupach.

Potrzebne materiały

- wskazywane przy każdym konkretnym doświadczeniu.

Doświadczenia i pokazy zaproponowane poniżej wymagają nieraz przygotowań warsztatowych.

Przebieg

Trzonem zajęć są doświadczenia uczniowskie. Nauczyciel przedstawia tylko krótki wstęp teoretyczny, skupiając się na:

- analizie sił w maszynach prostych (głównie dźwigniach);
- analizie pracy tych sił.

Dalsze wyjaśnienia udzielane są uczniom w trakcie omawiania przebiegu i wyników eksperymentów.

Komentarz metodyczny

Doświadczenia dydaktyczne wskazują, że eksperymenty uczniowskie dotyczące mechaniki przeprowadzane w mikroskali są przekonujące jedynie dla zdolnych uczniów o rozwiniętej umysłowości analitycznej i syntetycznej. Tylko oni umieją wyobrazić sobie podobne działania w dużej skali. Większość uczniów nie potrafi dostrzec w takich doświadczeniach odniesień do realnych działań bądź zastosowań praktycznych w życiu codziennym i technice.

Zaproponowane lekcje mogą być przeprowadzone jako wspólne lekcje z przedmiotów: fizyka i technika.



Doświadczenie 1. Deska jako dźwignia jednostronna

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenie wykonywane przez uczniów pod kontrolą nauczyciela.

Formy pracy

- praca z całą klasą.

Potrzebne materiały

- deska sosnowa o grubości min. 25 mm, szerokości ok. 25 cm oraz długości większej bądź równej 2 m (lepiej ok. 3 m); nie musi być strugana;
- dowolne rękawice robocze, mogą być „wampirki” (jeśli deska jest niestrugana);
- beleczka drewniana o grubości ok. 20 mm, szerokości ok. 20 mm oraz długości 25 cm lub podobna podstawka (może być pasek twardego styropianu);
- miarka warsztatowa zwijana o długości 3–5 m, ewentualnie calówka o długości 2 m. Ze względów dydaktycznych wskazane jest, by miarka była dłuższa od deski (nie trzeba wtedy mierzyć deski odcinkami; patrz uwagi).

Przebieg

1. Uczniowie kładą deskę na podłodze. Pod jeden z jej końców podkładają podstawkę (taką, by można było pod deskę wsunąć palce).
2. Nauczyciel ustawia 2–3 uczniów na desce, jak najbliżej końca opierającego się na podłodze.
3. Jeden uczeń chwyta za drugi koniec deski (ten podparty) i unosi bez większego wysiłku do góry. Nauczyciel wspólnie z uczniami wskazuje oś obrotu i ramiona powstałej w ten sposób dźwigni jednostronnej.
4. Uczniowie mierzą miarką długości obu ramion dźwigni. Przyjmują, że ciężar grupki uczniów-obciążników jest przyłożony w środku obszaru zajmowanego przez ich stopy (uczeń-obszernik zaznacza to miejsce na desce pisakiem).
5. Uczniowie, którzy stali na desce, mówią, ile ważą. Wszyscy wspólnie obliczają, jaką siłą czwarty uczeń podnosił deskę (w wersji najprostszej nie uwzględnia się ciężaru deski).
6. Nauczyciel zwraca uwagę uczniów na to, że długość ramion zawsze mierzymy od osi obrotu oraz że uczniowie-obciążniki unieśli się tylko nieznacznie, gdy tymczasem koniec deski został podniesiony znacznie wyżej.



7. Uczniowie mierzą miarką wznios końca deski (można to zmierzyć już na desce nieobciążonej) i wznios punktu środkowego, wokół którego stali uczniowie obciążający dźwignię.
8. Korzystając ze wzoru na pracę obu sił, wszyscy ponownie liczą wartość siły ucznia dźwigającego deskę. Otrzymany wynik powinien być podobny do poprzedniego.

Doświadczenie można powtórzyć, przesuwając uczniów obciążających nieco bliżej środka deski (nie za blisko – siła na końcu deski nie może zagrażać zdrowiu ucznia dźwigającego) lub zmieniając liczbę uczniów obciążających deskę przy osi obrotu

Bezpieczeństwo

Nauczyciel musi zawsze w pamięci oszacować siłę potrzebną do podniesienia deski, by nie narażać ucznia na przeciążenie. Przykładowo, przy desce dwumetrowej, na której w odległości 20 cm od końca deski stoi trzech uczniów (po 45 kg każdy), siła podnosząca będzie równoważna ciężarowi $135 \text{ kg}/10 = 13,5 \text{ kg}$. Trzeba dbać o to, by grupa obciążająca była przesunięta jak najbliżej końca deski.

Jeżeli nie przeprowadzamy tego doświadczenia w terenie, warto wyjść na korytarz lub do pomieszczenia, w którym jest wystarczająco dużo wolnej przestrzeni. Jeśli nie mamy takiej możliwości, to przynajmniej odsuńmy ławki i krzesła. Uczniów obserwujących pomiary ustawmy tak, by w razie utraty równowagi przez osoby stojące na desce wpadły one w objęcia obserwatorów i nie uderzyły się o meble.

Komentarz metodyczny

Należy podkreślić, że długość ramion każdej dźwigni mierzymy zawsze od osi obrotu. W przypadku dźwigni jednostronnej uczniowie mają z tym kłopoty: często mierzą odległość od osi do punktu przyłożenia pierwszej siły, a potem, nieprawidłowo, od tego miejsca do punktu przyłożenia drugiej siły. Dla utrwalenia poprawnego obrazu pomiarów w pamięci uczniów należy mierzyć długość deski „na raz”, dlatego miarka musi być wystarczająco długa.

Można zastosować również bardziej zaawansowany wariant obliczeń, uwzględniający ciężar samej deski. Nie trzeba sumować wszystkich momentów sił. Wystarczy oszacować siłę potrzebną do podniesienia jednego końca deski jako połowę ciężaru deski (patrz: doświadczenie z kilofem i blokiem kamiennym) i dodać tę poprawkę. Masę deski obliczamy, przyjmując, że gęstość suchego drewna sosnowego wynosi ok. 500 kg/m^3 (1 l ma masę 0,5 kg, a 1 cm^3 masę 0,5 g). Objętość deski liczymy ze wzoru na objętość prostopadłościanu po wykonaniu odpowiednich pomiarów.

Podnosząc deskę z podłogi, nauczyciel może zwrócić uwagę uczniów na prawidłowy sposób dźwigania, bez narażania dolnego odcinka kręgosłupa (który notabene też działa jak dźwignia) na nadmierne obciążenie. Dźwigamy, wykorzystując mięśnie ud przy zachowaniu prostych pleców, a nie schylając się i prostując.



Doświadczenie 2. Kilof jako dźwignia dwustronna – zajęcia terenowe

Cele

Uczeń:

- poznaje sposób dźwigania ciężkiego, kamiennego bloku;
- liczy jego masę i ciężar;
- porównuje z siłą użytą za pomocą dźwigni.

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenia terenowe przeprowadzane przez uczniów.

Formy pracy

- praca z całą klasą.

Potrzebne materiały

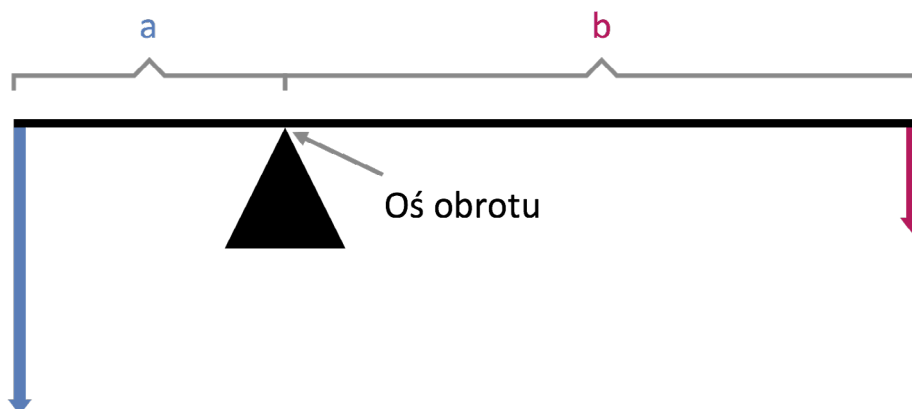
- kilof oprawny o ciężarze 1,5 lub 2,5 kg (z możliwie długim trzonkiem);
- duży kamienny lub betonowy krawężnik, ewentualnie duży polny gład z jedną płaszczyzną częściowo płaską;
- stalowa miarka zwijana o długości 2 m;
- notatniki i pisaki do zapisywania wyników pomiarów.

Przebieg

1. Nauczyciel prezentuje kilof i pyta uczniów, w jaki sposób wykorzystać go jako dźwignię. Wraz z uczniami ustala, że można go użyć jako dźwigni dwustronnej, podobnie jak zakrzywionego łomu.
2. Nauczyciel wskazuje na ciężki krawężnik. Nawet bez próbowania można ocenić, że dźwignięcie obiektu jest niemożliwe.



3. Nauczyciel wbija ostrze łomu pod krawężnik, który musi leżeć na miękkim podłożu lub pod nim musi znajdować się szczelina (by wsunąć ostrze). Uczniowie, ciągnąc za koniec trzonka, podnoszą nieznacznie ciężar oparty o ostrze.



Rys. 2. Dźwignia dwustronna. Zaznaczone ramiona sił

4. Po opuszczeniu ciężaru, ale bez usuwania kilofa, nauczyciel i uczniowie ustalają, gdzie jest oś obrotu i jakie są ramiona dźwigni. Miarką zwijaną mogą zrobić pomiary długości ramion dźwigni (przy opuszczonym ciężarze!) i w przybliżeniu policzyć, ile razy siła rąk była mniejsza od siły naciskającej na ostrze kilofa.
5. Nauczyciel pyta, czy w trakcie podnoszenia obiektu na ostrze kilofa naciskał cały ciężar bloku kamiennego. Uczniowie powinni zauważyć, że drugi koniec krawężnika opierał się cały czas o ziemię.
6. Nauczyciel pyta, jaką częścią ciężaru krawężnik napiera na ostrze kilofa. W razie problemów z odpowiedzią sugeruje, by potraktować krawężnik jako dźwignię jednostronną. Wyjaśnia też jakościowo pojęcie środka ciężkości i wskazuje, że w przypadku brył regularnych pokrywa się on ze środkiem geometrycznym bryły.
7. Po zrobieniu schematycznego rysunku uczniowie powinni łatwo dojść do wniosku, że na ostrze kilofa naciska połowa ciężaru bloku kamiennego.
8. Jeśli krawężnik ma regularny kształt prostopadłościanu, to nauczyciel poleca zmierzyć miarką jego wymiary i obliczyć objętość. Uczniowie mierzą i liczą objętość w m^3 lub w litrach (dm^3). Nauczyciel podpowiada, że $1 m^3$ granitu lub dobrego betonu ma masę ok. 2600 kg, czyli gęstość tych materiałów wynosi $2600 kg/m^3$ ($1 dm^3$ waży 2,6 kg).
9. Uczniowie wyliczają masę bloku kamiennego i siłę, jaką działa on na ramię dźwigni-kilofa. Na tej podstawie obliczają, jakiej siły trzeba było użyć, ciągnąc trzonek, by podnieść blok.



Bezpieczeństwo

Nie wolno dopuścić do tego, by ktokolwiek wsuwał stopy lub dłonie w szczelinę między dźwigniętym ciężarem a podłożem. W szczególności należy poinstruować ucznia napierającego na trzonek kilofa, by odpowiednio daleko ustawił stopy, gdy zapiera się nogami w ziemię. Wszelkie pomiary robimy, gdy ciężar jest opuszczony i stabilnie spoczywa na podłożu.

Komentarz metodyczny

W tym doświadczeniu siła oporu nie jest siłą tarcia (jak w przypadku gwoździ), tylko siłą ciężkości. Daje to okazję do zaznajomienia uczniów z intuicyjnie traktowanym pojęciem środka ciężkości ciała.

Doświadczenie 3. Obcęgi jako przykład dźwigni dwustronnej

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenie wykonywane przez uczniów pod kontrolą nauczyciela.

Formy pracy

- praca z całą klasą lub w grupach.

Potrzebne materiały

- obcęgi (możliwie duże);
- krawędziak z drewna sosnowego o grubości ok. 10 cm, szerokości ok. 10 cm oraz o długości ok. 50 cm;
- gwoździe stalowe o długości ok. 6–10 cm (dostosowane do wielkości obcęarów).

Krawędziak można zastąpić kawałkiem deski grubości powyżej 3 cm, ale wtedy gwoździe przejdą na wylot, więc trzeba uważać przy ich wbijaniu, by nie zniszczyć blatu stołu. Gwoździe powinny być tradycyjne (okrągłe), a nie kręte, z zadziarami itp., które trzymają za mocno.

Przebieg

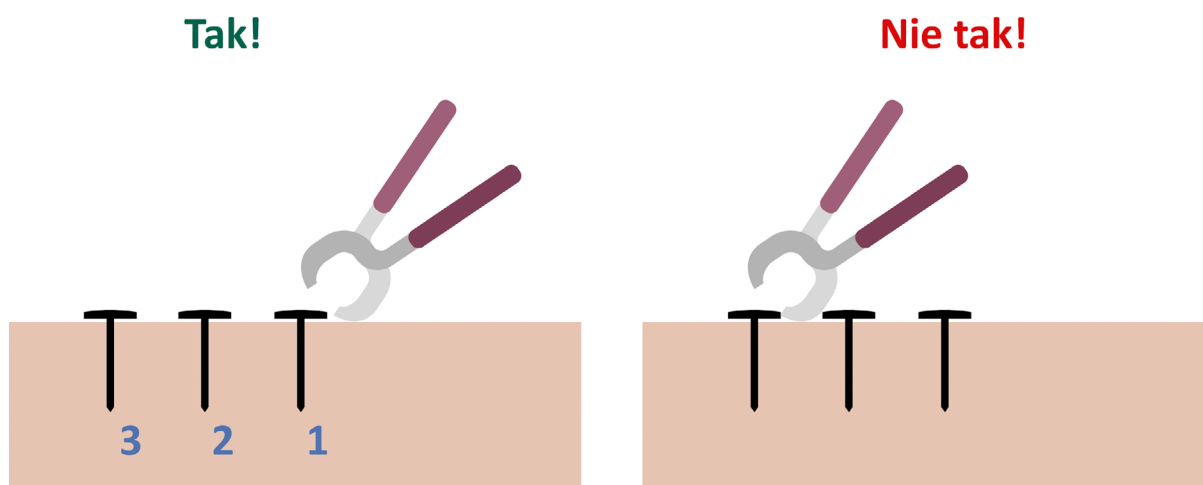
1. Nauczyciel prezentuje klasyczne obcęgi do wyciągania gwoździ. Uczniowie oczywiście rozpoznają narzędzie obecne w większości domowych, podręcznych warsztatów.
2. Podczas krótkiej pogadanki nauczyciel i uczniowie ustalają, że obcęgi to odmiana dźwigni dwustronnej o nierównych ramionach, sworznię łączący szczęki wyznacza oś obrotu, a różnica długości szczęk i rękojeści pozwala na mocne zaciśnięcie szczęk na gwoździu.



3. Nauczyciel prosi uczniów o wbicie kilku gwoździ w przygotowaną beleczkę. Gwoździe nie są wbijane całkowicie – łepki powinny wystawać na 1–3 mm dla łatwego chwytu szczękami obcęgow. Jeśli uczniowie robią to nieporadnie, obawiając się uderzyć młotkiem w palce przytrzymujące gwóźdź, to nauczyciel demonstruje prawidłowy sposób trzymania młotka i posługiwania się nim. Alternatywą jest wcześniejsze przygotowanie beleczki z gwoździami.
4. Na polecenie nauczyciela uczniowie przystępują do wyciągania gwoździ obcęgami.
5. Nauczyciel prosi o przerwanie, gdy gwóźdź jest do połowy wyciągnięty. Pyta wtedy uczniów, gdzie jest oś obrotu ramienia dźwigni wyciągającej gwóźdź.
6. Część uczniów błędnie wskazuje sworzeń łączący szczęki obcęgow. Nauczyciel wspólnie z nimi ustala prawidłowe położenie osi obrotu.
7. Dla wykazania zwielokrotnienia siły wyciągającej nauczyciel poleca spróbować wyciągnąć jeden gwóźdź przez pociągnięcie go po prostu do góry. Oczywiście się to nie udaje, dzięki czemu uczniowie przekonują się, że użycie dźwigni w formie obcęgow przynosi efekty.
8. Przy okazji nauczyciel pokazuje prawidłowy kierunek wyciągania gwoździ wbitych skośnie.

Bezpieczeństwo

Wyciągamy gwoździe w takiej kolejności, by w razie omsknięcia się obcęgow nie zranić dłoni pozostałymi gwoździami.



Rys. 3. Prawidłowa kolejność wyciągania gwoździ

Dla pewniejszego chwytu, gdy uczniom pocą się ręce, wskazane jest użycie rękawic powlekanych gumą (tzw. grip; wystarczą „wampirki”).



Element z gwoździami przymocowujemy ściskami stolarskimi do stołu lub dwóch stołów, jeśli gwoździe wystają z drugiej strony. Może być też przytrzymywany rękami przez innych uczniów, ale z daleka od pola działania narzędzia.

Komentarz metodyczny

Fizyka

Przy okazji wbijania gwoździ nauczyciel może poczynić uwagi nt. pracy, energii kinetycznej i przemian energii, siły i zmian pędu, prędkości liniowej w ruchu obrotowym itp. (jeśli tematy te były już omawiane/wspominane lub będą realizowane w najbliższej przyszłości).

Technika

Przy wbijaniu gwoździ należy unikać niefachowych sposobów przytrzymywania gwoździa szczypczykami, tekturką, drucikiem itp. Takie podejście, jakkolwiek można uznać je za kształcenie kreatywności, nie wyrabia właściwych nawyków i sprawności manualnej, a także utrwała dyletantyzm w posługiwaniu się najprostszymi narzędziami.

Doświadczenie 4. Badanie klasycznej równi pochyłej – doświadczenia terenowe

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenie wykonywane przez uczniów pod kontrolą nauczyciela.

Formy pracy

- praca z całą klasą.

Potrzebne materiały

- rower ze sprawnymi hamulcami;
- teren z szerokim wzniesieniem o kącie nachylenia ok. 45°.

Przebieg

1. Dla bezpieczeństwa uczeń obniża siodełko roweru tak, by w razie utraty równowagi swobodnie dosięgnąć nogami do ziemi (nawet na pochyłym terenie). Wygoda pedałowania jest bez znaczenia, gdyż podczas doświadczenia nie będzie pedałować.
2. Cyklista wsiada na rower i stawia nogi na pedałach. Dwóch lub trzech uczniów trzyma rower za siodełko i kierownicę oraz popycha wolno cyklistę, pomagając mu jednocześnie utrzymać równowagę. Najpierw przejeżdżają w ten sposób po płaskim



terenie, potem wracają i wjeżdżają na wzniesienie zakosami (najpierw pod małym kątem, potem pod większym).

3. Wraz ze wzrostem kąta podjazdu uczniowie obserwują coraz większą trudność popychania kolegi-cyklisty. Podjazd prostopadle do zbocza staje się praktycznie niemożliwy.
4. Nauczyciel wyjaśnia uczniom, że wraz ze wzrostem kąta podjazdu coraz większa część ciężaru cyklisty i jego roweru musi być dźwigana przez popychających. Przy pionowej ścianie cały ciężar spoczywałby na ich barkach, gdy tymczasem na drodze poziomej cały ciężar jest przejmowany przez podłoże.
5. Nauczyciel zwraca uwagę, że droga zakosami, choć łatwiejsza, jest za to znacznie dłuższa.

Doświadczenie 5. Śruba jako równia pochyła

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenie wykonywane przez uczniów pod kontrolą nauczyciela.

Formy pracy

- praca z całą klasą.

Potrzebne materiały

- metalowy, obrotowy taboret lekarski (starego typu) na śrubie do regulacji wysokości (tzw. kręciołek).

Przebieg

1. Nauczyciel stwierdza, że skoro śruba jest równią pochyłą, to powinna redukować siłę potrzebną do podnoszenia przedmiotu.
2. Uczeń siada na taborecie opuszczonym maksymalnie w dół. Nie opiera się stopami o podłogę.
3. Drugi uczeń zaczyna kręcić nim w prawo. Nie potrzebuje do tego wielkiego wysiłku. Po kilkunastu obrotach siedzisko taboretu z uczniem jest znacznie wyżej.
4. Nauczyciel wskazuje uczniom, że demonstrator siedzący na stołku został podniesiony bez żadnego wysiłku. Gdybyśmy chcieli go po prostu podnieść, byłoby to bardzo trudne.



5. Nauczyciel zwraca uwagę na samohamowność śruby. Choć uczeń cały czas naciska na siedzisko taboretu, a tym samym na śrubę, to nie zaczyna się kręcić w lewo i opuszczać. Przyczyną tego zjawiska są siły tarcia między obiema częściami gwintu.

Doświadczenie 6. Blok nieruchomy

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenie wykonywane przez uczniów pod kontrolą nauczyciela.

Formy pracy

- praca z całą klasą.

Potrzebne materiały

- blok nieruchomy (zblocze budowlane) z liną lub łańcuchem stalowym;
- solidne zamocowanie do podwieszenia zblocza;
- dwa obciążniki – dobrze sprawdzają się plastikowe butle po wodzie mineralnej o pojemności 5 l (z uszami do przenoszenia), mogą być też plastikowe kanistry o pojemności 5–10 l;
- wysoki taboret albo niska drabinka.

Podczas zajęć prowadzonych przez autora jako zamocowanie do podwieszenia zblocza wykorzystano przerobioną drabinkę gospodarczą o wysokości ok. 2 m. W tym celu do górnego podestu drabinki został przykręcony solidny hak (bardziej wytrzymałe jest jednak oczko pełne). By nie doszło do odkształcenia cienkiej blachy podestu, podłożono kawałek sklejkę jako podkładkę rozkładającą siły na całą powierzchnię. Tak przygotowaną drabinę wykorzystywano również w następnych doświadczeniach. Przeróbka nie przeszkadza w normalnym użytkowaniu drabiny, więc elementów nie trzeba demontować.

Przebieg

1. Przed przystąpieniem do doświadczenia uczniowie są już zaznajomieni z teorią i wiedzą, że w takim bloczku nie ma „zysku” na sile, podobnie jak w dźwigni dwustronnej o równych ramionach.
2. Nauczyciel i uczniowie rozstawiają drabinkę z hakiem. Wieszają bloczek z przerzuconą liną (końce liny mogą swobodnie opadać na ziemię).
3. Uczniowie przesuwają bloczek, przekonując się, że tarcie jest bardzo małe (takie powinno być – jeśli bloczek jest zanieczyszczony i źle się obraca, to czyścimy i smarujemy oś przed zajęciami).



4. Nauczyciel mówi, że podczas doświadczenia zostanie sprawdzone, czy dwie jednakowe masy zawieszono po obu stronach bloczka będą w równowadze.
5. Uczniowie napełniają butle/kanistry wodą. Stawiają je na podłodze pod drabiną i jedną butlę przywiązują (węzłem zwykłym) do liny (reszta leży luźno na podłodze). Ciągnąc za drugi koniec liny, podciągają przywiązaną butlę do góry i podstawiają pod nią taboret. Drugą butlę (z przeciwnej strony bloczka) przywiązują tak, aby liny były już lekko napięte. Usuwają taboret, a oba ciężary zawisają na linach. Jeśli nalano do nich tyle samej wody, nie powinny się przesuwają. Uczniowie, nieznacznie przesuwając linę, mogą się przekonać, że przesuwanie obciążników nie wymaga prawie żadnego wysiłku.
6. W trakcie podciągania pierwszego kanistra nauczyciel pyta uczniów, jaka siła działa na hak, na którym wisi zbloczek. Niektórzy uczniowie twierdzą błędnie, że siła równa podnoszonemu ciężarowi.
7. Nauczyciel czeka, aż zostaną podwieszono dwa ciężary. Wtedy staje się jasne, że hak jest wyrwany z sufitu siłą równą podwojonemu ciężarowi jednego obciążnika. Wspólnie z uczniami dyskutuje nad tym problemem.
8. Nauczyciel pyta uczniów, czy znają jakieś przykłady techniczne, w których zastosowano podobne rozwiązanie. Przedstawiają różne możliwości. Nauczyciel sugeruje uczniom, by w hipermarketach lub innych budynkach publicznych przyjrzyli się przeciwwadze klatki windy, której szyb jest przezroczysty.
9. Nauczyciel ciągnie jeden koniec liny skośnie (nie do dołu), gdy na drugim umocowany jest ciężar. Zauważa, że przy takich nieprzeciwstawnych kierunkach obie siły na linie (po obu stronach bloczka) są także takie same. Wykorzystując więc blok nieruchomy, możemy zmieniać kierunek sił dowolnie (choć najczęściej odwracamy go o 180°). Nauczyciel zwraca także uwagę, że nie ma tu zmiany przesunięć: po obu stronach bloczka wybieramy tyle samo liny, a każdy z ciężarów przesuwa się o tyle samo (ale w przeciwnych kierunkach).

Bezpieczeństwo

Kolejność czynności planujemy tak, by uczniowie nie musieli sami dźwigać ciężkich kanistrów. Należy również uważać, by uczniowie, ciągnąc linę, nie wkręcili sobie palców w bloczek.

Komentarz metodyczny

W trakcie podciągania pierwszego ciężaru nauczyciel zwraca uwagę, że nie mamy tu „zysku” na sile, a główną zaletą i zastosowaniem bloku nieruchomego jest zmiana kierunku działania siły. W tym przypadku zamiast ciągnąć w górę możemy ciągnąć w dół, co jest wygodniejsze. To doświadczenie wykonane w skali mikro (z zastosowaniem typowych zestawów szkolnych) jest dla uczniów niemalże równie przekonujące, choć nie tak atrakcyjne.



Doświadczenie 7. Blok ruchomy

Metody nauczania

- pogadanka, doświadczenie wykonywane przez uczniów pod kontrolą nauczyciela.

Formy pracy

- praca z całą klasą.

Potrzebne materiały

- wszystkie materiały z doświadczenia z blokiem nieruchomym;
- jeden dodatkowy bloczek;
- jeden dodatkowy kanister na wodę;
- całówka o długości 2 m lub miarka zwijana (mniej wygodna).

Bloczki nie muszą być identyczne. Wskazane, by blok używany jako ruchomy był jak najlżejszy (wybieramy mniejszy z posiadanych). Ze względów dydaktycznych lepiej jednak, by oba bloki były identyczne.

Jeśli dysponujemy wielokrążkiem, możemy wypleść z niego linę, pozostawiając ją tylko na dwóch krążkach: górnym (nieruchomym) i dolnym (ruchomym). W ten sposób otrzymamy dwukrążek, czyli układ analogiczny do zmontowanego z dwóch bloków. Niestety tarcie będzie w tym przypadku nieco większe.

Przebieg

1. Przed przystąpieniem do doświadczenia uczniowie są już zaznajomieni z teorią oraz wiedzą, że w takim bloczku występuje dwukrotny „zysk” na sile (podobnie jak w dźwigni jednostronnej o stosunku długości ramion równym 2:1).
2. Nauczyciel udziela instrukcji i pilnuje, by uczniowie prawidłowo zestawili dwukrążek.
3. Uczniowie przywiązują jeden koniec liny np. do poręczy drabinki. Przekładają linę przez blok ruchomy (lżejszy), wieszają na haku blok nieruchomy i również przeciągają przez niego linę, której drugi koniec swobodnie opada na ziemię. Opuszczają blok ruchomy i przyczepiają do jego haka dwa pojemniki z wodą. Podciągają blok do góry, ciągnąc za swobodny koniec liny, i podstawiają taboret pod ciężary. Do swobodnej części liny przywiązują jeden zbiornik z wodą. Usuwają taboret i lekko przesuwają ciężary, które pozostają w równowadze, jeśli ciężar bloku ruchomego jest nieznaczny w porównaniu z ciężarem ładunków.



4. Nauczyciel zwraca uwagę na oczywisty fakt, że ciężar na bloku nieruchomym równoważy dwukrotnie większy ciężar na bloku ruchomym. Poleca uczniom poruszać układem i zmierzyć drogi pokonywane przez podwieszony ciężar.
5. Uczniowie opuszczają podwójny ciężar niemalże do samego dołu (pojedynczy jedzie wtedy do góry). Nie opierają go o podłogę! Liny muszą pozostać naprężone!

Zaznaczają (pisakiem lub naklejając kawałeczek kolorowej taśmy) na linie punkt odniesienia tuż powyżej pojedynczego ciężaru. Punktem odniesienia podwójnego ciężaru będzie oś bloku ruchomego. Mierzą calówką odległość punktów odniesienia od podłogi. Lekko ciągnąc pojedynczy ciężar (układ jest przecież w stanie równowagi), podnoszą podwójny ciężar na ruchomym bloku. Mierzą ponownie odległości punktów odniesienia od podłogi i obliczają przebyte drogi. Otrzymują wynik wskazujący na to, że mniejszy ciężar przebył dwukrotnie większą drogę.

6. Wspólnie z nauczycielem uczniowie wyciągają wniosek, że siły po obu stronach układu bloków wykonały taką samą pracę.
7. Nauczyciel pyta uczniów, czy wynik byłby taki sam, gdyby krążki miały różne średnice, oraz czy wtedy lina mogłaby w ogóle przesuwac się bez poślizgu. Uczniowie ustalają odpowiedź na pytania.

Jeśli dysponujemy wielokrążkiem z liną wplecioną z części bloków, to po prostu wieszamy go na haku i wykonujemy analogiczne pomiary i obserwacje.

Bezpieczeństwo

Uwagi identyczne jak w doświadczeniu z blokiem nieruchomym.

Komentarz metodyczny

By doświadczenie się udało, także pod względem ilościowym, konieczne jest wstępne naprężenie lin. Jeżeli liny przed pomiarami przesunięć będą luźne, to na początku będą się dość znacznie rozciągały pod wpływem sił, co zafałszuje wyniki.

Jeśli nie chcemy komplikować doświadczenia problemem rozciągliwości lin, to zamiast nich używamy stalowego łańcucha.

To doświadczenie wykonane w skali mikro (z zastosowaniem typowych zestawów szkolnych) jest także możliwe, jednak pod warunkiem, że zastosowane obciążniki będą znacznie cięższe niż bloczek ruchomy. Tarcie też nie może być duże, bo uczniowie łatwo odkryją oszustwo.



Przykładowe pytania i problemy do przemyślenia dla uczniów

Zadanie 1

Niektóre łomy są zagięte na końcu o 180° (patrz: fotografia obok). Omów, jak używać takiego łomu. Jakie są jego wady i zalety? Zastanów się, jakiego rodzaju jest to dźwignia (jedno- czy dwustronna).

Zadanie 2



Zdjęcie przedstawia kotwę stalową do betonu. Kotwę taką wsuwa się do wywierconego w betonie otworu i z całej siły dokręca się nakrętkę. Zastanów się, jak działa taka kotwa. Wskaż, jakie maszyny proste są tu zastosowane. Czy prawdziwy jest slogan reklamowy: „Im mocniej usiłujesz ją wyciągnąć, tym bardziej się zaciska”?



Bibliografia

Hewitt P.G., (2000), *Fizyka wokół nas*, Warszawa: Wydawnictwa Naukowe PWN.

[Podstawa programowa kształcenia ogólnego z komentarzem. Szkoła podstawowa, fizyka](#), (2017), Ministerstwo Edukacji Narodowej, [online, dostęp dn. 16.12.2017, pdf. 3,36 MB].

[Podstawa programowa kształcenia ogólnego z komentarzem. Szkoła podstawowa, technika](#), (2017), Ministerstwo Edukacji Narodowej, [online, dostęp dn. 16.12.2017, pdf. 2,49 MB].

Thomas M., Skibińska L., Bossowski D., (2017), *Komentarz do podstawy programowej przedmiotu fizyka na II etapie edukacyjnym*, [w:] [Podstawa programowa kształcenia ogólnego z komentarzem. Szkoła podstawowa, fizyka](#), (2017), Ministerstwo Edukacji Narodowej, [online, dostęp dn. 16.12.2017, pdf. 3,36 MB].

