

FIZYKA

Biblioteka Eksperymentu Uczniowskiego

Siła tarcia

Bożena Zgardzińska

Lublin, 2022

Scenariusze i komplety materiałów do lekcji wspieranej doświadczeniem i/lub obserwacją

Spis treści

Siła tarcia	4
Odbiorcy zajęć	4
Realizowane elementy podstawy programowej	4
Cele ogólne – intencje nauczyciela	5
Cele operacyjne – osiągnięcia ucznia:	5
Metody pracy	6
Formy pracy	6
Czas realizacji zajęć	6
Środki i materiały dydaktyczne	6
Lista doświadczeń/obserwacji	8
Przebieg zajęć	17
Lekcja	17
1. Czynności organizacyjne:	17
2. Wprowadzenie do tematyki zajęć:	18
3. Zasadnicza część zajęć	18
4. Podsumowanie zajęć	20
5. Czynności organizacyjne końcowe	21
Materiały wsparcia dla uczniów	22
Podstawowe informacje o tarcia	26
SAM eksperymentuje	28
Infografiki	29
Tarcie	30
Współczynnik tarcia poślizgowego, μ	31
Karta pracy ucznia	33
Karta pracy ucznia – Tarcie	34
Doświadczenie 1. Tarcie statyczne i kinetyczne	35
Doświadczenie 2. Zależność siły tarcia od pola powierzchni styku ciał	36
Doświadczenie 3. Zależność siły tarcia od ciężaru ciał	37
Doświadczenie 4. Zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni kontaktowych	38
Doświadczenie 5. Pomiar wartości siły tarcia kinetycznego	39
Doświadczenie 6. Pomiar wartości siły tarcia tocznego	40
Materiały wsparcia dla nauczycieli	41

Wypełniona karta pracy ucznia – Tarcie.....	42
Doświadczenie 1. Tarcie statyczne i kinetyczne.....	42
Doświadczenie 2. Zależność siły tarcia od pola powierzchni styku ciał.....	43
Doświadczenie 3. Zależność siły tarcia od ciężaru ciał.....	44
Doświadczenie 4. Zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni kontaktowych.....	45
Doświadczenie 5. Pomiar wartości siły tarcia kinetycznego.....	46
Doświadczenie 6. Pomiar wartości siły tarcia tocznego.....	47
Materiały wsparcia dla nauczycieli.....	48
Merytoryczne wsparcie dla Nauczyciela.....	48
Układ do badania tarcia z bloczkami i siłomierzami.....	49
Modele 3D do wydruku wraz z podstawowymi informacjami dotyczącymi wydruku.....	50
Ogólna instrukcja BHP.....	54
PRZEPISY OGÓLNE.....	55
OBSŁUGA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.....	56
PRACA Z SUBSTANCJAMI TOKSYCZNYMI I SZKODLIWYMI.....	56
PRACA ZE ŹRÓDŁAMI CIEPŁA.....	56
PRACA ZE ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA.....	57
UWAGI KOŃCOWE.....	57

Siła tarcia

Odbiorcy zajęć

Fizyka, uczniowie kl. 7 lub 8 szkoły podstawowej.

Realizowane elementy podstawy programowej

Materiały służą do przeprowadzenia lekcji z działu *Siły w przyrodzie*, wspierają zadania i funkcje wychowawcze szkoły, m.in. w zakresie:

- rozbudzania zainteresowania zjawiskami otaczającego świata,
- kształtowania ciekawości poznawczej przejawiającej się w formułowaniu pytań i szukaniu odpowiedzi z wykorzystaniem metodologii badawczej,
- wyrabiania nawyku poszerzania wiedzy, korzystania z materiałów źródłowych i bezpiecznego eksperymentowania,
- posługiwania się pojęciami i językiem charakterystycznym dla fizyki, odróżniania znaczenia pojęć w języku potocznym od ich znaczenia w nauce,
- wykorzystywania elementów metodologii badawczej do zdobywania i weryfikowania informacji,
- kształtowania podstaw rozumowania naukowego obejmującego rozpoznawanie zagadnień naukowych, wyjaśnianie zjawisk fizycznych w sposób naukowy, interpretowanie oraz wykorzystywanie wyników i dowodów naukowych,
- uświadamiania roli fizyki jako naukowej podstawy współczesnej techniki i technologii, w tym również technologii informacyjno-komunikacyjnej,
- kształtowania kompetencji kluczowych: wiedzy, umiejętności oraz postaw, jako stałych elementów rozwoju jednostki i społeczeństwa.
- wartościowania znaczenia fizyki w procesie rozwoju gospodarczego i społecznego, a także codziennego życia.

Cele kształcenia realizowane w ramach zajęć:

- Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.
- Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
- Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.

W szczególności uczeń doświadczalnie:

- sprawdza zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni,
- sprawdza zależność siły tarcia od rozmiaru powierzchni,
- sprawdza zależność siły tarcia od ciężaru ciała,
- dokonuje pomiaru siły tarcia,
- porównuje wartości siły tarcia poślizgowego i tocznego.

Cele ogólne – intencje nauczyciela

- teoretyczne omówienie oraz doświadczalne sprawdzenie, jakie czynniki wpływają na wartość siły tarcia i w jaki sposób,
- kształtowanie umiejętności wyznaczania siły tarcia za pomocą siłomierza,
- ćwiczenie umiejętności szacowania oraz obliczania,
- kształtowanie umiejętności przekładania wiedzy teoretycznej na praktykę doświadczalną,
- kształtowanie umiejętności wyznaczania wartości siły za pomocą siłomierza;
- kształtowanie umiejętności tworzenia wykresów,
- zapoznaje uczniów z urządzeniami pomiarowymi,
- kształtowanie umiejętności wnioskowania na podstawie obserwacji,
- kształtowanie postawy odpowiedzialnego pełnienia ról w pracy wymagającej realizacji doświadczeń,
- nabywanie umiejętności współpracy i pracy samodzielnej.

5

F

Cele operacyjne – osiągnięcia ucznia:

Uczeń:

- wyjaśnia czym jest i jakimi wzorami się wyraża siła, w szczególności siła tarcia,
- stosuje pojęcie siły jako działania skierowanego (wektor); wskazuje wartość, kierunek i zwrot wektora siły,
- postępuje się jednostką siły,
- podaje, czy i jak siła tarcia zależy od rodzaju powierzchni, rozmiaru powierzchni, ciężaru ciała,
- nabywa umiejętność doświadczalnej weryfikacji, od czego zależy siła tarcia,
- wyznacza i rysuje siłę wypadkową, opisuje i rysuje siły, które się równoważą,
- prawidłowo sporządza wykresy,
- stosuje zasady dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał,
- potrafi przeprowadzić samodzielnie doświadczenie prezentujące siłę tarcia,
- potrafi zastosować siłomierz, prawidłowo mierzy wartość siły,

- prawidłowo realizuje polecenia zawarte w instrukcjach,
- nabywa umiejętności samodzielnej pracy, obserwacji zjawisk fizycznych, stawiania pytań i poszukiwania odpowiedzi,
- jest gotów do pełnienia różnych ról w pracy zespołowej.

Metody pracy

Rozmowa dydaktyczna: metoda asymilacji wiedzy – rozmowa z uczniem, samodzielne dochodzenia do wiedzy.

Metoda praktyczna – realizacji doświadczalnych zadań odtwórczych i twórczych, obserwacja demonstracji, samodzielne wykonywanie doświadczeń.

Formy pracy

Praca indywidualna – samodzielne wykonywanie wybranych etapów doświadczenia, samodzielne wypełnianie kart pracy.

Praca grupowa – wspólne wykonywanie zadań doświadczalnych, współpraca przy realizacji doświadczeń.

Praca zbiorowa – obserwacja demonstracji wykonywanych przez nauczyciela powiązana ze wspólnym dochodzeniem do wniosków.

Czas realizacji zajęć

Planowany czas realizacji zajęć, 1 lub 2 godziny lekcyjne.

Środki i materiały dydaktyczne

Do realizacji zajęć w klasie liczącej L uczniów, z których utworzono K grup przygotuj zasoby wg katalogu i w ilości wskazanej w Tabeli 1.

Tabela 1. Katalog zasobów do przeprowadzenia lekcji ze wskazaniem ilości zasobów oraz użytkownika zasobów.

Lp.	Nazwa	Ilość	Użytkownik zasobów
1	Materiały wsparcia dla nauczyciela	1	Nauczyciel
2	Instrukcja BHP	1	Nauczyciel/uczeń
3	Waga (najlepiej elektroniczna)	K	Uczeń

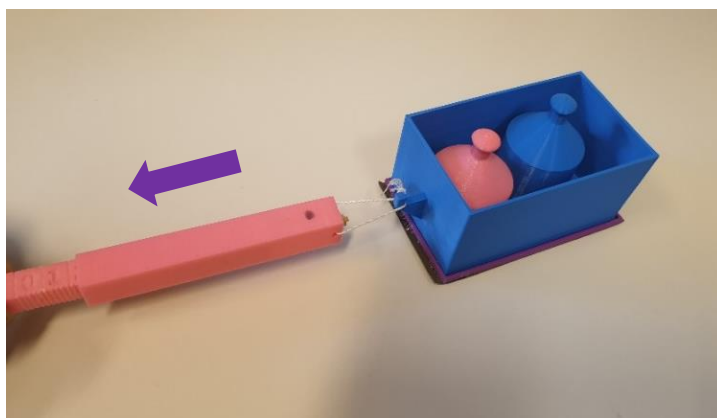
4	<p>Klocki z haczykami do demonstracji siły tarcia, czyli o różnych ciężarach, strukturach powierzchni oraz rozmiarach powierzchni kontaktowej.</p> <p>Opcja 1. Wydrukowane na drukarce 3D klocki (pudło z haczykiem, płyta gładka, płyta-połowa, płyta-kółka) oraz odważniki lub sól/piasek.</p> <p>Opcja 2. Klocki drewniane do demonstracji siły tarcia, o różnych rozmiarach, z różnymi powierzchniami kontaktowymi.</p>	K	Uczeń
5	<p>Siłomierze (dynamometry).</p> <p>Opcja 1. Wydrukowane na drukarce 3D siłomierze (siłomierz zewnętrzny i siłomierz wewnętrzny) oraz gumki recepturki.</p> <p>Opcja 2. Siłomierze mechaniczne.</p>	K	Uczeń
6	Rurki lub słomki do napojów lub ołówki przekroju okręgu (komplet min. 4)	K	Uczeń
7	Komplet materiałów wsparcia dla uczniów (materiały opisowe, infografiki, SAM eksperymentuje)	K	Uczeń
8	Tablica	1	Nauczyciel
9	<p>Film instruktażowy</p> <p>https://youtu.be/461jhh4SQNQ</p>	1	Uczeń/nauczyciel
10	Karty pracy uczniów	L	Uczeń

Lista doświadczeń/obserwacji

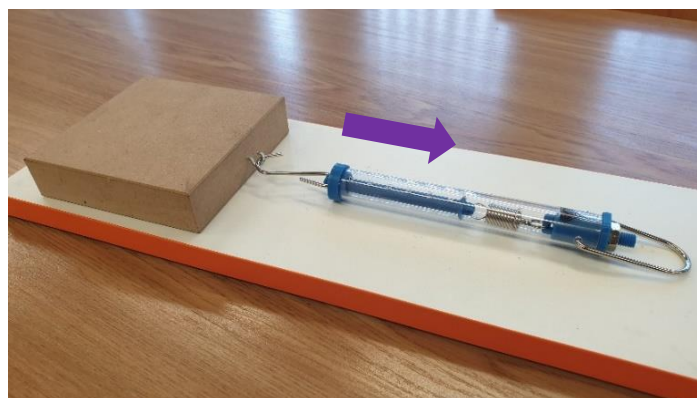
Doświadczenie 1. Tarcie statyczne i kinetyczne.

Uczniowie pracują w grupach. Do demonstracji wykorzystują klocek (pudło z haczykiem – **opcja 1 na rys. 1 a** lub wybrany klocek z zestawu – **opcja 2 na rys. 1 b**) oraz siłomierz i wagę. Pracę rozpoczynają od zważenia na wadze klocka i zapisania jego masy m . Wynik pomiaru zapisują w **tabeli wyników 1** zawartej w karcie pracy ucznia. Klocek układają na poziomym blacie ławki szkolnej lub na torze dołączonym do zestawu do demonstracji siły tarcia. Zaczepiają siłomierz do klocka, jak to pokazuje **rys. 1**, a następnie bardzo wolno, ze stałą prędkością ciągną trzymając siłomierz w pozycji równoległej do kierunku ruchu (w kierunku wskazanym na rysunku). Obserwują wskazanie siłomierza. Wypełniają **tabelę wyników 1** w karcie pracy ucznia notując wskazanie siłomierza w momencie, gdy klocek zostaje wprawiony w ruch (maksymalna siła tarcia statycznego) oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).

a) Opcja 1



b) Opcja 2



Rys. 1. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru tarcia statycznego i kinetycznego z wykorzystaniem zestawu drukowanego na drukarce 3D lub klasycznego zestawu do demonstracji siły tarcia.

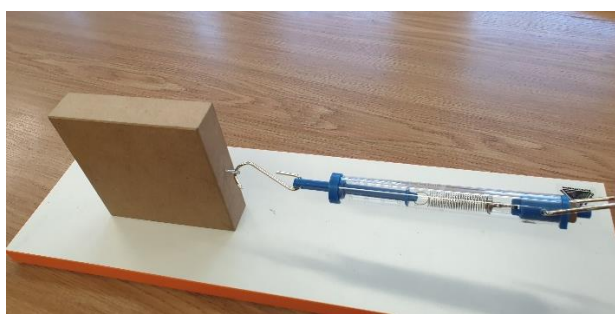
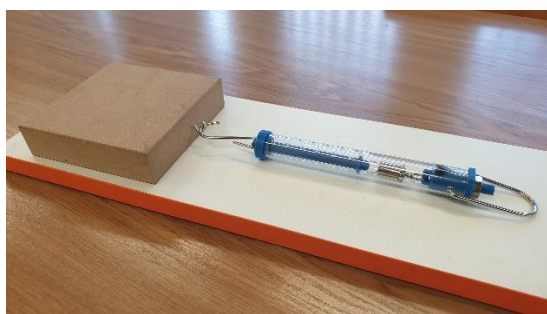
Doświadczenie 2. Zależność siły tarcia od pola powierzchni styku ciał.

W doświadczeniu uczniowie sprawdzają, czy wskazanie siłomierza (maksymalna wartość siły tarcia statycznego oraz siły tarcia kinetycznego) będzie zależęć od rozmiaru pola powierzchni kontaktowej klocka z podłożem. Uczniowie pracują w grupach korzystając z zasobów z doświadczenia 1. W przypadku zestawu drukowanego na drukarce 3D uczniowie ustawiają pudełko z haczykiem na podstawie o powierzchni kontaktu zmniejszonej o połowę oraz powierzchnie z kółkami (**rys. 2 a**). W przypadku zestawu klocków do demonstracji siły tarcia uczniowie przekręcają klocek, kładąc go na mniejszej ze ścianek (**Rys. 2 b**). Następnie bardzo wolno, ze stałą prędkością ciągną klocek trzymając siłomierz w pozycji równoległej do kierunku ruchu. Obserwują wskazanie siłomierza. Wypełniają **tabelę wyników 1** w karcie pracy ucznia notując wskazanie siłomierza w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna siła tarcia statycznego) oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (siła tarcia kinetycznego).

a) Opcja 1



b) Opcja 2



Rys. 2. Zdjęcie zestawu do testowania, czy siła tarcia zależy od wielkości (pola) powierzchni styku ciała z podłożem (a – zasoby z zestawu w opcji 1, b – zasoby z zestawu w opcji 2).

Doświadczenie 3. Zależność siły tarcia od ciężaru ciała.

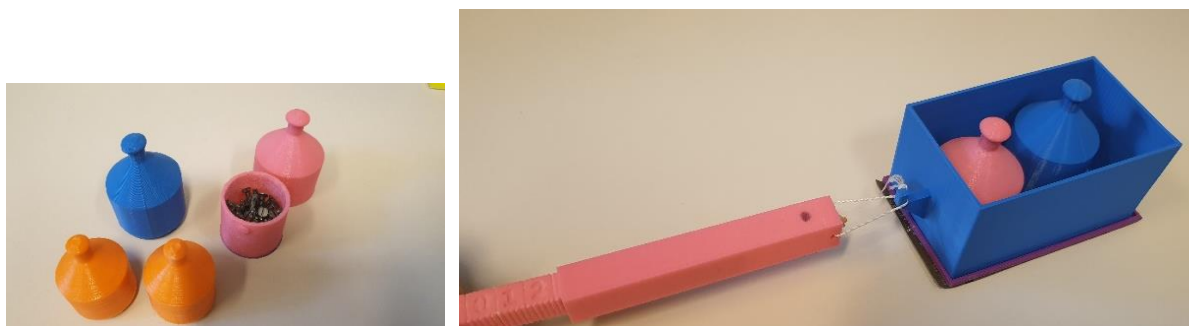
W doświadczeniu uczniowie sprawdzają, jak zmieniać się będą wskazania siłomierza (maksymalna siła tarcia statycznego oraz siła tarcia kinetycznego), gdy masa klocka będzie wzrastać. Uczniowie pracują w grupach rozbudowując o kolejne elementy układ z doświadczenia 1. Do demonstracji wykorzystują dodatkowo odważniki lub sól/piasek (opcja 1, **rys. 3 a**) lub dodatkowe wybrane klocki (opcja 2 – **rys. 3 b**). Masę pudełka z haczykiem uczniowie zmieniają wkładając do niego odważniki lub wsypując do pudełka sól/piasek. Masę klocka z zestawu do demonstracji tarcia uczniowie zmieniają ustawiając na pierwszym z klocków kolejne klocki.

Pomiar przy różnych masach klocków przebiega analogicznie, jak w doświadczeniu 1. Uczniowie rozpoczynają od pomiaru masy klocka po jego dodatkowym obciążeniu (odważnikami, solą, piaskiem lub dodatkowym klockiem).

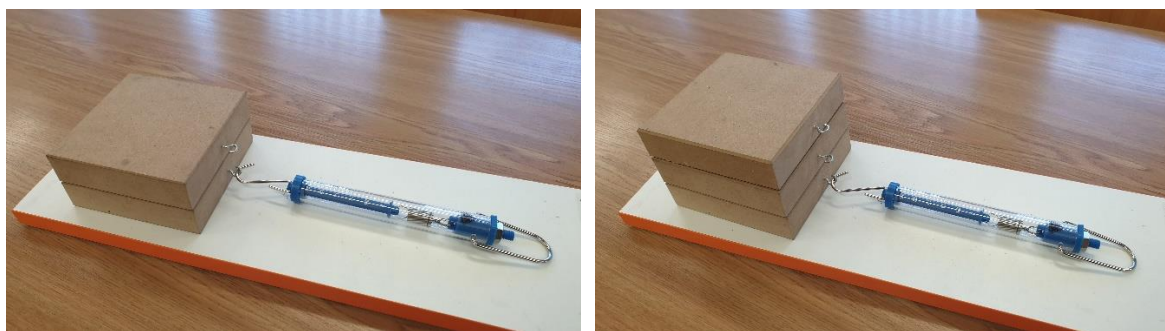
Ustawiają klocek o zmienionej masie na stole lub torze i zaczepiają siłomierz do klocka, jakto pokazuje **rys. 3** (powierzchnia kontaktu z podłożem pozostaje zawsze ta sama). Następnie wolno, ze stałą prędkością ciągną układ trzymając siłomierz w pozycji równoległej do kierunku ruchu. Obserwują wskazanie siłomierza. Wypełniają **tabelę wyników 1** w karcie pracy ucznia notując wskazanie siłomierza w momencie, gdy klocek zostaje wprawiony w ruch (maksymalna siła tarcia statycznego) oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).

Uczniowie dokonują pomiarów co najmniej dla trzech różnych mas klocków.

Opcja 1



Rys. 3 a. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru zależności maksymalnej siły tarcia statycznego i siły tarcia kinetycznego od masy ciała.

Opcja 2

Rys. 3 b. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru zależności siły maksymalnej siły tarcia statycznego i siły tarcia kinetycznego od masy ciała.

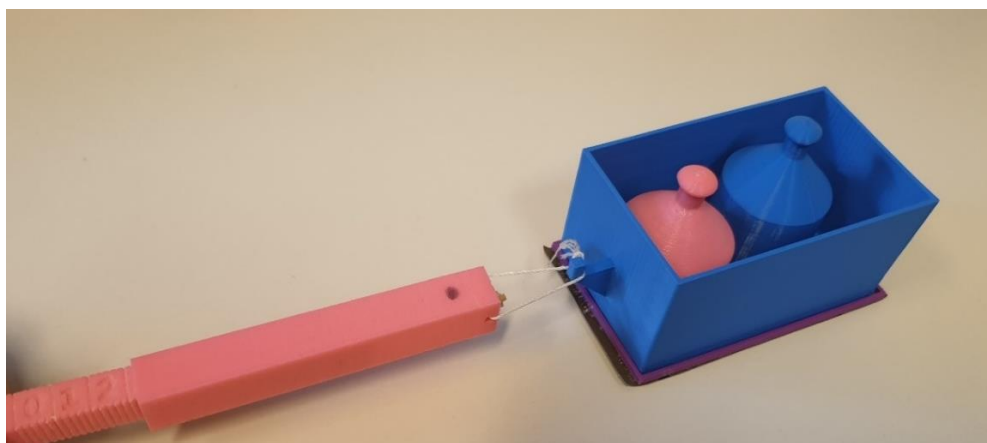
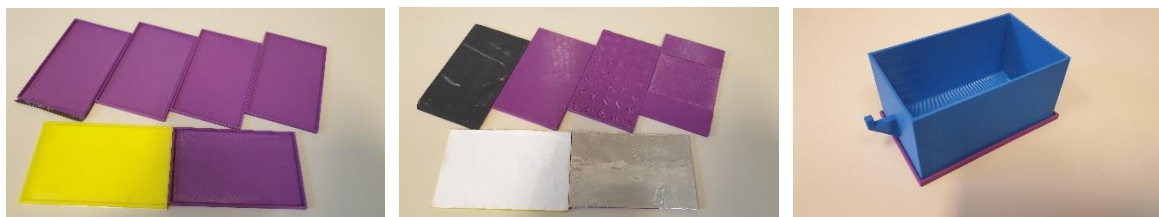
Doświadczenie 4. Zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni kontaktowych.

W doświadczeniu uczniowie sprawdzają, czy i jak maksymalna siła tarcia statycznego oraz siła tarcia kinetycznego zależą od rodzaju powierzchni trącej (od chropowatości powierzchni). Wskazane jest, aby klocki o różnych powierzchniach miały taką samą masę. Uczniowie pracują w grupach rozbudowując o kolejne elementy układ z doświadczenia 1. Do demonstracji wykorzystują dodatkowo podstawę gładką, pokrytą papierem, papierem ściernym, folią aluminiową (opcja 1 – **rys. 4 a**) lub dodatkowe klocki z przyklejoną na jedną ze ścianek klocka gumą lub papierem ściernym (opcja 2 – **rys. 4 b**).

Pomiar przy różnych rodzajach powierzchni styku klocków z podłożem przebiega analogicznie, jak w doświadczeniu 1 (**rys. 4**). Uczniowie wolno, ze stałą prędkością ciągną układ trzymając siłomierz w pozycji równoległej do kierunku ruchu. Obserwują wskazanie siłomierza. Wypełniają **tabelę wyników 1** w karcie pracy ucznia notując wskazanie siłomierza w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna siła tarcia statycznego) oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (siła tarcia kinetycznego).

Uczniowie dokonują pomiarów co najmniej dla dwóch różnych rodzajów powierzchni styku klocków z podłożem.

a) Opcja 1



b) Opcja 2



Rys. 4. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru zależności siły tarcia statycznego i kinetycznego od rodzaju powierzchni styku ciał (a – zasoby z zestawu w opcji 1, b – zasoby z zestawu w opcji 2).

Doświadczenie 5. Pomiar wartości siły tarcia kinetycznego.

W doświadczeniu uczniowie wyznaczają wartość siły tarcia kinetycznego. Uczniowie pracują w grupach korzystając z tych samych zasobów, co w doświadczeniu 1. Pomiar realizowany jest w dwóch krokach:

Krok 1. Wycechowanie siłomierza w jednostkach siły. Uczniowie wybierają klocek i wagą go. Wynik (wyrażony w jednostkach masy, m) zapisują w **tabeli wyników 2** z karty pracy ucznia. Wiedząc, że przyspieszenie ziemskie $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ wyliczają ciężar klocka ze wzoru:

$$Q = m g. \quad (1)$$

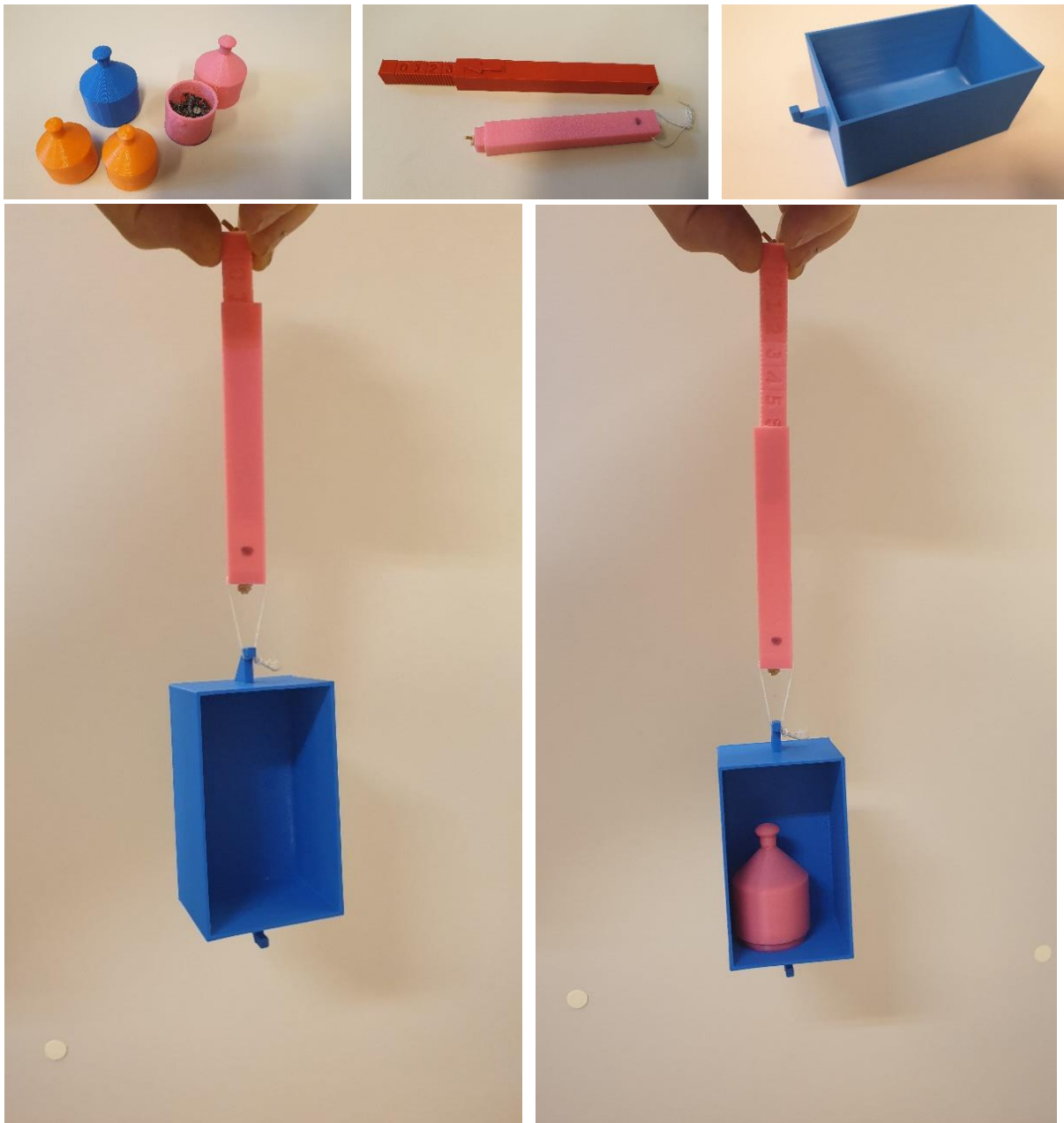
Następnie klocek należy zaczepić na siłomierzu, jak to pokazuje **rys. 5 a** i **rys. 5 b**, notując wskazanie siłomierza W w **tabeli wyników 2**.

Dla uproszczenia przyjmujemy, że siłomierz działa liniowo i wskazanie siłomierza W odpowiada wartości siły Q .

Krok 2. Pomiar wartości siły tarcia. Uczniowie kładą klocek na ławce szkolnej (lub torze do pomiaru tarcia) i powtarzają pomiar z doświadczenia 1, zapisując wskazanie siłomierza W_s w **tabeli wyników 2**. Aby obliczyć siłę tarcia kinetycznego T_k , uczniowie wykorzystują już zapisane w tabeli dane podstawiając je do wzoru:

$$T_k = W_s \frac{Q}{W} \quad (2)$$

Powyższy wzór może być wykorzystywany w pomiarze wartości dowolnej siły mierzonej przy użyciu wycechowanego siłomierza.

Opcja 1

Rys. 5 a. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru wartości siły tarcia kinetycznego (opcja 1).

Opcja 2



Rys. 5 b. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru wartości siły tarcia kinetycznego (opcja 2).

Doświadczenie 6. Pomiar wartości siły tarcia tocznego.

W doświadczeniu uczniowie mierzą i porównują wartość siły tarcia kinetycznego (T_k) i tocznego (T_t). Uczniowie pracują w grupach rozbudowując o kolejne elementy układ z doświadczenia 1. Do demonstracji wykorzystują dodatkowo rurki (np. słomki do napojów, okrągłe ołówki). Uczniowie umieszczając rurki do napojów pod klokiem, układając je prostopadle do kierunku przesuwania klocka (jak pokazano na **rys. 6**).

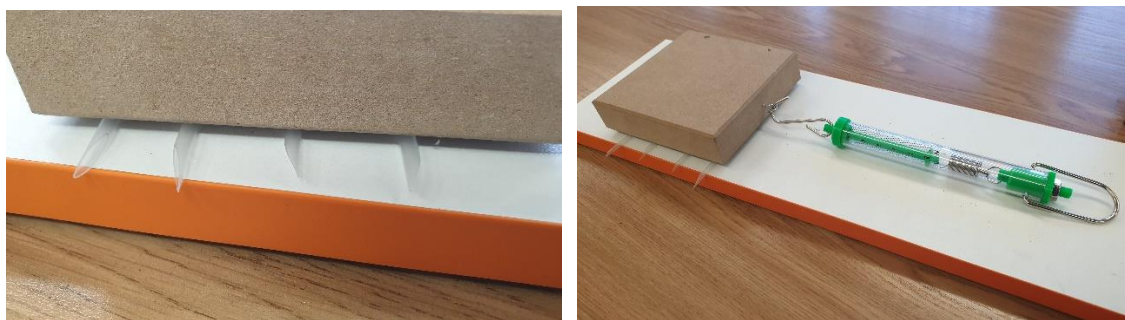
Następnie powtarzają pomiar z doświadczenia 1, obserwują i notują w **Tabeli wyników 3** w karcie pracy ucznia wskazanie siłomierza, w sytuacji, gdy klocek się znajduje się na rurkach, W_t .

Następnie, postępując analogicznie, jak w poprzednim doświadczeniu, uczniowie wykorzystują odczytane wskazanie siłomierza W_t i wyznaczają wartość siły tarcia tocznego T_t wstawiając do wzoru:

$$T_t = W_t \frac{Q}{W} \quad (3)$$

W przypadku, gdyby klocek przesuwiał się po rurkach bardzo łatwo, uniemożliwiając pomiar siły, sugerowane jest użycie klocka o większej masie (np. ustawienie kilku klocków jeden na drugim). Wymaga to pomiaru tarcia kinetycznego również dla tej zwiększonej masy.

Opcja 2



Rys. 6. Zdjęcie zestawu stosowanego do pomiaru wartości siły tarcia tocznego.

Przebieg zajęć

Zajęcia będą realizowane w sali lekcyjnej w K grupach z wykorzystaniem podstawowego zestawu zasobów wykorzystywanego na lekcjach z tarciem. Zajęcia wymagają przygotowania się nauczyciela. Zajęcia rozpoczyna przygotowanie zestawów doświadczalnych i poinstruowanie uczniów w zakresie posługiwania się urządzeniami, dokonywania pomiarów oraz sposobie użytkowania zasobów i narzędzi. Następnie nauczyciel dokonuje wprowadzenia do tematyki zajęć (warto zapoznać się z materiałami wsparcia, gdzie można znaleźć dodatkowe informacje). W zasadniczej części zajęć uczniowie przystępują do samodzielnego wykonywania doświadczeń. Na tym etapie pracy wypełniają też karty pracy. Wyciągają wnioski. Na zakończenie zajęć nauczyciel podsumowuje lekcje. Lekcje kończy uprzątnięcie sali.

Nauczycielko/nauczycielu, przed przystąpieniem do realizacji zajęć:

- Sprawdź, czy dysponujesz odpowiednią, wymaganą liczbą urządzeń i zasobów oraz ustal ile grup będzie pracować na zajęciach.
- Ustal iluosobowe zespoły stworzysz.
- Wydrukuj odpowiednią liczbę kart pracy i pozostałych materiałów wsparcia dla uczniów.
- Obejrzyj film instruktażowy.
- Przetestuj pracę urządzeń (wagi, siłomierzy). Sprawdź wykonalność doświadczeń zaproponowanych w scenariuszu na urządzeniach, którymi dysponujesz.
- Poinformuj uczniów, że lekcja jest wspierana doświadczeniem i/lub obserwacją i będzie realizowana w K grupach.

Lekcja

Oznaczenia w opisie:

N – nauczyciel

U – uczeń

1. Czynności organizacyjne:

N i U: Zorganizowanie przestrzeni sali lekcyjnej:

- rozstawienie stolików, jeśli trzeba;
- podzielenie zasobów między K grup i porozstawianie ich na ławkach (są to wszystkie zasoby wskazane w **Tabeli 1** w ilości K).

N: Sprawdzenie listy obecności.

N i U: Podział uczniów na K grup i wskazanie ich miejsc pracy.

N: Rozdanie uczniom materiałów do pracy samodzielnej (są to zasoby wskazane w **Tabeli 1** w ilości L) i grupowej (w liczbie K).

N: Poinstruowanie uczniów o środkach ostrożności w pracy z urządzeniami i narzędziami oraz zasadach ich bezpiecznego użytkowania.

U: Zapoznanie się z **kartą Bezpieczny Badacz**.

N: Przypomnienie uczniom, że lekcja wymaga od nich zaangażowania w samodzielne wykonywanie doświadczeń. Istotne jest wykonywanie doświadczeń według instrukcji nauczyciela. Na aktywność na lekcji składać się będzie indywidualne wypełnianie kart pracy.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 3-5 min.

2. Wprowadzenie do tematyki zajęć:

N: Wprowadzenie/przypomnienie pojęcia siły tarcia. Przypomnienie zasad dynamiki Newtona.

U: Korzysta z dołączonych **infografik „Zasady dynamiki Newtona” oraz „Tarcie”**.

N: Prezentuje przykłady ilustrujące temat główny lekcji: podaje przykłady sytuacji, w których uczniowie spotykają się z siłą tarcia.

U: Dyskutuje na temat przykładów podanych przez nauczyciela. Wskazuje własne.

N: Wprowadza uczniów w tematykę przedstawiając jej cel: doświadczalne sprawdzenie, jak i od czego zależy siła tarcia.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 5 min.

3. Zasadnicza część zajęć

N: Wprowadzenie do wykonywania **Doświadczenia 1. Tarcie statyczne i kinetyczne**.

Omówienie przyrządów i czynności niezbędnych do przeprowadzenia eksperymentu. Poinstruowanie uczniów o sposobie wykonania pomiarów i zanotowaniu uzyskanego wyniku.

U: Wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją z materiałów wsparcia dla ucznia, poleceniami i komentarzami nauczyciela oraz wypełniają **tabelę wyników 1** z karty pracy – **Doświadczenie 1**.

U: Wyciągają wnioski z doświadczenia 1:

Chcąc wprowadzić ciało w ruch musimy działać siłą, której wartość przekracza wartość maksymalnej siły tarcia statycznego.

Chcąc utrzymać w ruchu ciało poruszające się ze stałą prędkością musimy działać siłą równoważącą siłę tarcia kinetycznego.

Maksymalna siła tarcia statycznego jest większa od siły tarcia kinetycznego.

N: Wprowadzenie do wykonywania **Doświadczenia 2. Zależność siły tarcia od pola powierzchni styku ciał.**

Poinstruowanie uczniów, by powtórzyli czynności z poprzedniego doświadczenia, ale teraz zmieniając wielkość powierzchni styku ciał.

U: Wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją z materiałów wsparcia dla ucznia, poleceniami i komentarzami nauczyciela oraz wypełniają kolejne rubryki w **tabeli wyników 1** z karty pracy.

U: Wyciągają wnioski z doświadczenia 2:

Wartość siły tarcia kinetycznego nie zależy od pola powierzchni styku ciał.

N: Wprowadzenie do wykonywania **Doświadczenia 3. Zależność siły tarcia od ciężaru ciała.**

Poinstruowanie uczniów, by powtórzyli czynności z poprzedniego doświadczenia, ale teraz zmieniając ciężar ciał.

U: Wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją z materiałów wsparcia dla ucznia, poleceniami i komentarzami nauczyciela oraz wypełniają kolejne rubryki w **tabeli wyników 1** z karty pracy.

U: Wyciągają wnioski z doświadczenia 3:

Wartość siły tarcia kinetycznego zależy od ciężaru ciała. Im większy jest nacisk ciała na podłoże, tym większa jest siła tarcia.

N: Wprowadzenie do wykonywania **Doświadczenia 4. Zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni kontaktowych.**

Poinstruowanie uczniów, by powtórzyli czynności z poprzedniego doświadczenia, ale teraz wykorzystując klocki o różnym rodzaju powierzchni.

U: Wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją z materiałów wsparcia dla ucznia, poleceniami i komentarzami nauczyciela oraz wypełniają kolejne rubryki w **tabeli wyników 1** z karty pracy.

U: Wyciągają wnioski z doświadczenia 4:

Wartość siły tarcia kinetycznego zależy od rodzaju powierzchni styku (chropowatości) ciał.

N: Wprowadzenie do wykonywania **Doświadczenia 5. Pomiar wartości siły tarcia kinetycznego.**

Poinstruowanie uczniów, by w pierwszym kroku wycechowali siłomierze, a następnie powtórzyli czynności z doświadczenia 1, dokonując obliczeń wg wzorów zawartych w karcie pracy oraz notując wyniki i obliczenia w **Tabeli wyników 2** z karty pracy ucznia.

U: Wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją z materiałów wsparcia dla ucznia, poleceniami i komentarzami nauczyciela oraz wypełniają kolejne rubryki w **tabeli wyników 2** z karty pracy.

U: Wyciągają wnioski z doświadczenia 5:

Po wycechowaniu siłomierz może służyć do pomiaru wartości siły wyrażonej w niutonach.

N: Wprowadzenie do wykonywania **Doświadczenia 6. Pomiar wartości siły tarcia tocznego.**

Poinstruowanie uczniów, by powtórzyli czynności z doświadczenia 1, ale umieszczając rurki do napojów pod klokiem.

U: Wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją z materiałów wsparcia dla ucznia, poleceniami i komentarzami nauczyciela oraz wypełniają kolejne rubryki w **tabeli wyników 3** z karty pracy.

U: Wyciągają wnioski z doświadczenia 6:

Wartość siły poślizgowego tarcia kinetycznego jest większa od wartości siły tarcia tocznego.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 30 min.

4. Podsumowanie zajęć

N: Prowadzi pogadankę z elementami konwersacji o konsekwencjach występowania sił oraz wzajemnym oddziaływaniu ciał. Podsumowuje wyniki uzyskane przez różne grupy i prowadzi dyskusję nad dokładnością i względnością pomiarów. Podsumowuje lekcję formułując główne wnioski dotyczące wiedzy i umiejętności, jakie uczniowie zdobyli w trakcie zajęć:

- Chcąc wprowadzić ciało w ruch musimy działać siłą, której wartość przekracza wartość maksymalnej siły tarcia statycznego.
- Chcąc utrzymać w ruchu ciało poruszające się ze stałą prędkością musimy działać siłą równoważącą siłę tarcia kinetycznego.
- Maksymalna wartość siły tarcia statycznego jest większa od siły tarcia kinetycznego.
- Wartość siły tarcia kinetycznego nie zależy od pola powierzchni styku ciał.

- Wartość siły tarcia kinetycznego zależy od ciężaru ciała. Im większy jest nacisk ciała na podłoże, tym większa jest siła tarcia.
- Wartość siły tarcia kinetycznego zależy od rodzaju (chropowatości) powierzchni styku ciał.
- Wartość siły poślizgowego tarcia kinetycznego jest większa od wartości siły tarcia tocznego.

N: zachęca uczniów do samodzielnego wykonania doświadczeń, np. wg pomysłów wskazanych w „**SAM eksperymentuje**”.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 5 min.

5. Czynności organizacyjne końcowe

N i U: demontaż i złożenie zestawów, sprawdzenie kompletności zasobów, uprzątnięcie sali lekcyjnej.

Szacowany czas niezbędny na powyższe czynności: 3 min.

Materiały wsparcia dla uczniów

Tarcie, kl. 7 lub 8 SP

22

F

Zasady dynamiki Newtona

Podstawowe informacje o tarcu

Zasady dynamiki Newtona

I zasada dynamiki Newtona

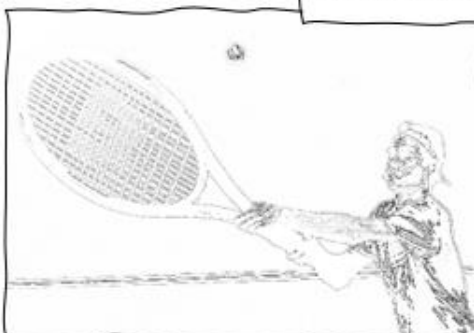
nazywana też zasadą bezwładności



Kopnięta piłka porusza się, pomimo, że piłkarz już na nią nie działa

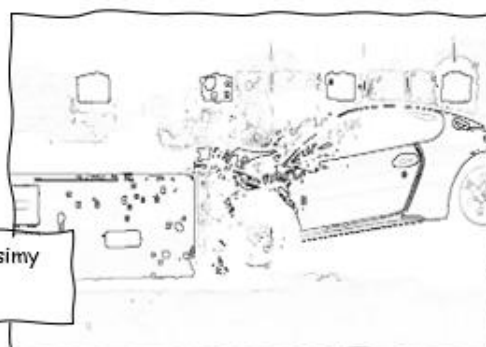
...podobnie piłka tenisowa uderzona rakieta tenisisty.

Jeśli na ciało nie działają żadne siły, albo działające na ciało siły się równoważą, to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.



Na astronautów w stanie nieważkości nie działa siła ciężkości.

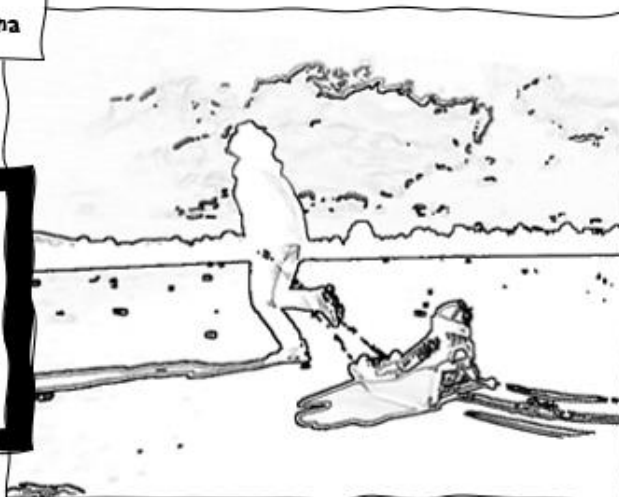
Aby wprowadzić ciało w ruch lub je zatrzymać musimy zadziałać na nie pewną siłą.



Zasady dynamiki Newtona

II zasada dynamiki Newtona

Jeśli na ciało działa stała siła F , to ciało porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym lub jednostajnie opóźnionym z przyspieszeniem a .



$$F = ma$$

m - masa ciała

a - przyspieszenie

Jednostką siły jest niuton, N. Siła ma wartość 1 N, jeżeli pod wpływem jej działania, ciało o masie 1 kg uzyskuje przyspieszenie 1 m/s^2 .



Im większa siła (np. napędzająca silnik samochodu) tym większe przyspieszenie.

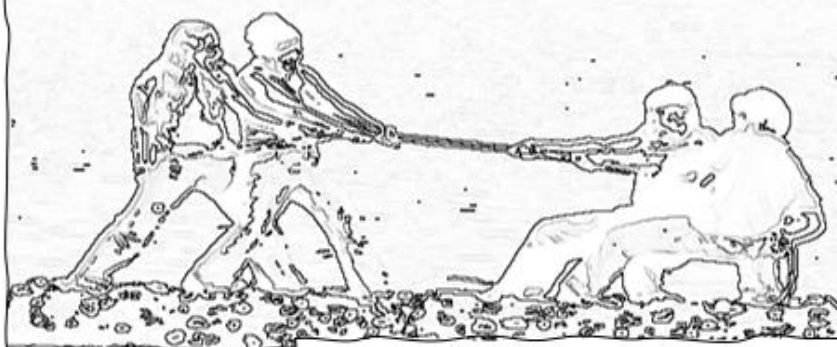
Dla tej samej działającej siły, im większa masa tym mniejsze przyspieszenie.



Zasady dynamiki Newtona

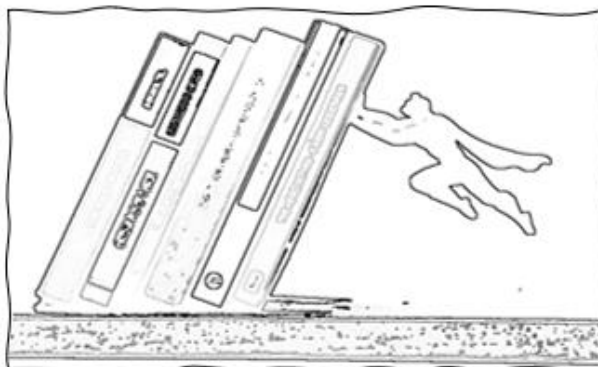
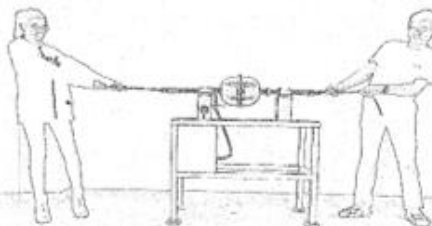
III zasada dynamiki Newtona

Każdej akcji towarzyszy reakcja.



Przeciągający linę oddziałują na siebie siłą o tej samej wartości, wzdłuż tego samego kierunku, ale o przeciwnym zwrocie.

Jeśli pierwsze ciało działa pewną siłą na drugie ciało, to drugie ciało działa na pierwsze siłą o tej samej wartości, ale o przeciwnym zwrocie.



Podstawowe informacje o tarcii

Tarcie towarzyszy przemieszczaniu się względem siebie stykających się ciał.



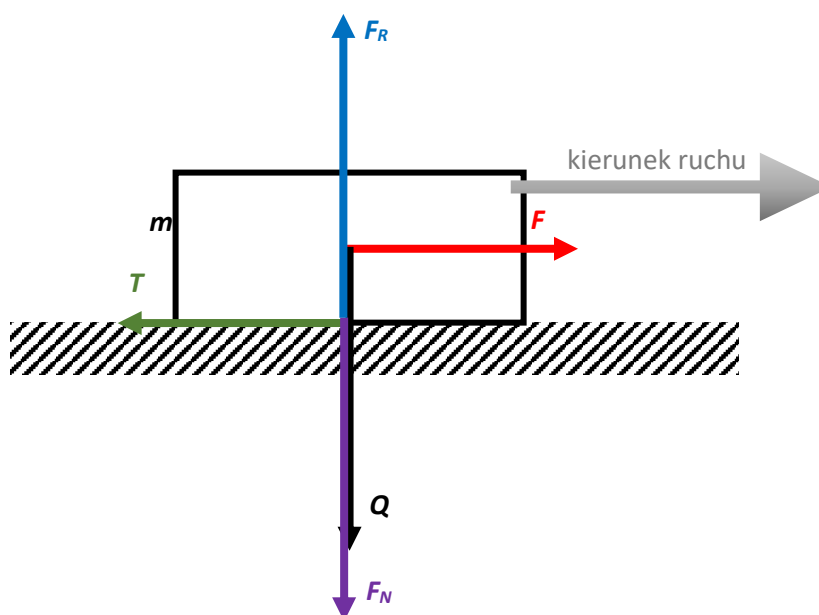
Siła tarcia jest siłą oporu zapobiegającą lub przeciwdziałającą ruchowi.

Na granicy dwóch ciał stałych występuje **tarcie zewnętrzne**.

Tarcie to dzielimy na **ślizgowe** i **toczne**.

W cieczech występuje **tarcie wewnętrzne**.

Tarcie ślizgowe



m – masa klocka

Q – siła ciężkości

F_N – siła nacisku klocka na podłoże

R – siła reakcji podłoża

F – siła zewnętrzna (ciągnąca klocek)

T – siła tarcia

Wartość siły tarcia T (kinetycznego oraz maksymalnego statycznego) zależy od współczynnika tarcia μ i siły nacisku ciała na podłoże F_N . Wartość siły tarcia możemy obliczyć ze wzoru:

$$T = \mu \cdot F_N$$



Współczynnik tarcia zależy od rodzaju powierzchni trących, np. ich chropowatości, kształtu, czystości. Współczynnik tarcia jest różny dla ciała, które staramy się wprowadzić w ruch i ciała już poruszającego się. Współczynnik tarcia statycznego jest większy od współczynnika tarcia kinetycznego.

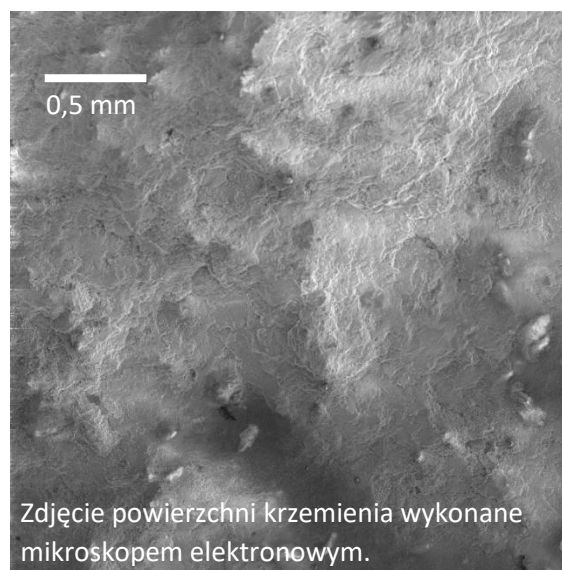
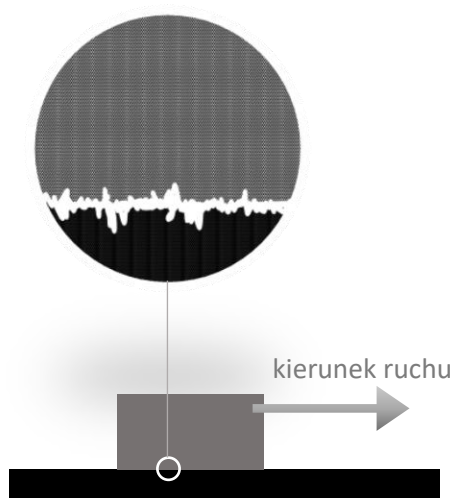
Niedoskonałość powierzchni a tarcie



Mikroskopowo idealna powierzchnia byłaby gładka. W rzeczywistości powierzchnie ciał są niedoskonałe, występują na nich błędy kształtu, falistość i chropowatość.

Chropowatość jest geometryczną cechą powierzchni odpowiadającą za jej nierówność.

Siła tarcia maleje, jeśli maleje chropowatość powierzchni. Chropowatość powierzchni można zmniejszyć np. obróbką mechaniczną lub smarowaniem.



SAM eksperymentuje



Tarcie można zademonstrować w kilku prostych doświadczeniach.



Doświadczenie 1.

Wykorzystaj swoje dłonie w doświadczeniu. Zadanie jest proste: pocieraj dłońmi o siebie.

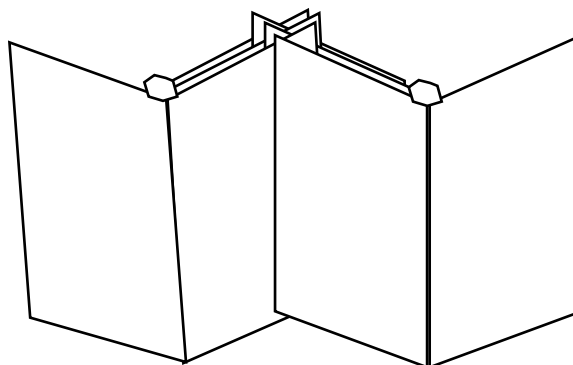
Pocierając ręką o rękę wykonujemy pracę przeciwko siłom tarcia. Skutkiem tej pracy jest wzrost średniej energii kinetycznej cząsteczek naszych dłoni, co objawia się wzrostem temperatury.

Doświadczenie 2.

Tarcie kartek papieru.

Z łatwością przesuniesz kartkę papieru po drugiej kartce. Jeśli położysz książkę na książce, to również bez problemu przesuniesz jedną po drugiej. Sprawdź jednak co będzie, jeśli poprzekładasz kartki dwóch książek, jak to pokazano na grafice obok.

Tarcie kartek jest na tyle duże, że rozdzielenie książek będzie bardzo trudne (o ile w ogóle możliwe).

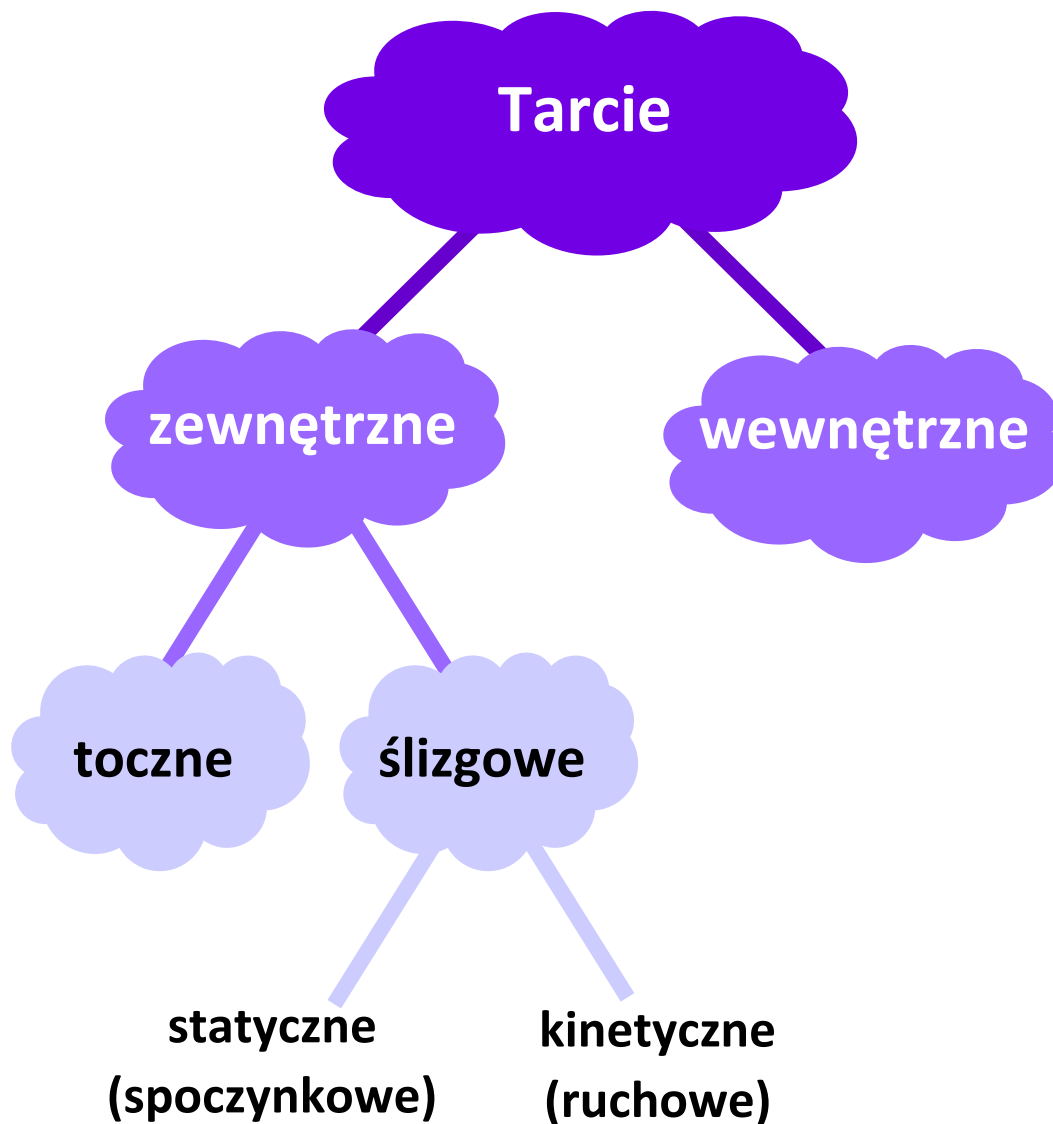


Infografiki






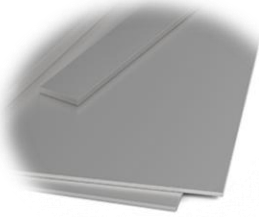


Tarcie


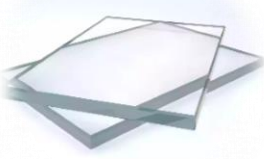


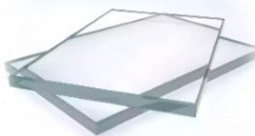
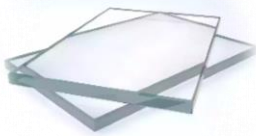
Współczynnik tarcia poślizgowego, μ

Tarcie



Współczynnik tarcia poślizgowego, μ

Materiały		statycznego	kinetycznego
		0,4 – 0,7	0,2 – 0,4
drewno	drewno		
		0,3 – 0,47	
drewno	skóra		
		0,5 – 0,6	0,2 – 0,5
drewno	stal		
		0,15 – 0,17	0,1 – 0,15
stal	stal		

Materiały		statycznego	kinetycznego
		0,5 – 0,7	0,25
stal	szkło		
		0,6	0,25
stal	guma		
		0,9 – 1,0	0,2 – 0,4
szkło	szkło		

Karta pracy ucznia

Tarcie, kl. 7 lub 8 SP

33

F

Karta pracy ucznia – Tarcie

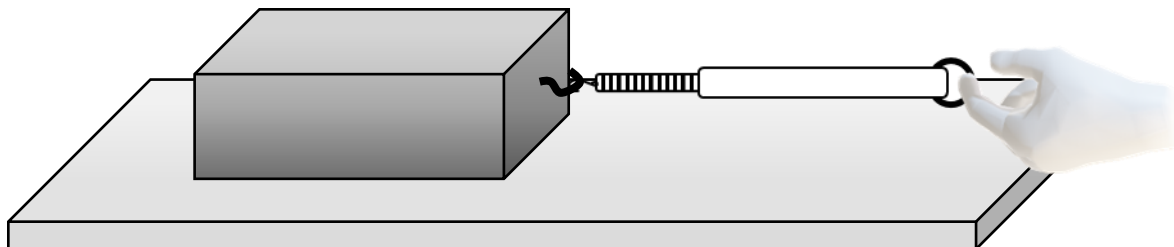
W doświadczeniach 1 – 4 wypełniaj tabelę wyników 1.

Tabela wyników 1. Wskazanie wagi i siłomierza w pomiarze maksymalnego tarcia statycznego (T_s) i tarcia kinetycznego (T_k).

Doświadczenie	Masa, m [g]	Maksymalna wartość siły tarcia statycznego T_s [jednostki skali siłomierza]	Siła tarcia kinetycznego T_k [jednostki skali siłomierza]
1	$m_1 =$		
2	$m_1 =$		
3	$m_2 =$		
	$m_3 =$		
	$m_4 =$		
4	$m_1 =$		
	$m_1 =$		
	$m_1 =$		

Doświadczenie 1. Tarcie statyczne i kinetyczne.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

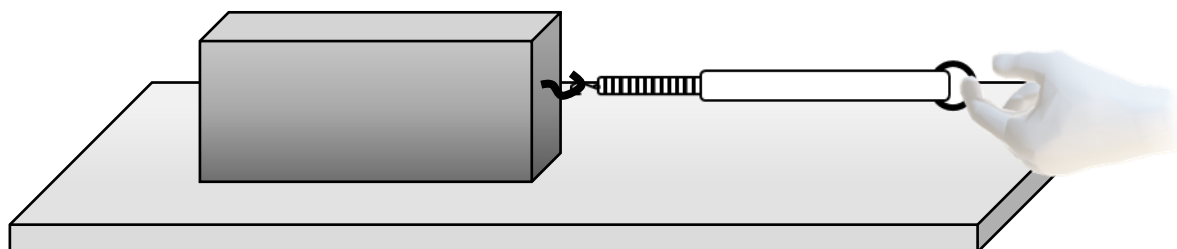
- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).



Doświadczenie 2. Zależność siły tarcia od pola powierzchni styku ciał.

W przypadku zestawu drukowanego na drukarce 3D: postaw pudełko na podstawie o połowie powierzchni kontaktu.

W przypadku zestawu z klockami drewnianymi: obróć klocek i postaw go na bocznej ścianie.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

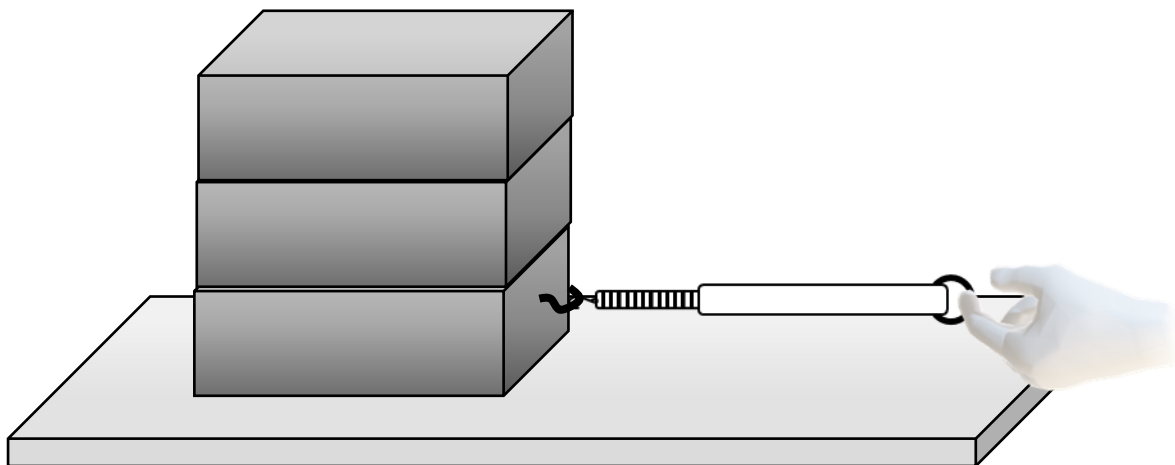
Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).

A purple cartoon character with a cloud-shaped head containing the word 'wnioski' (conclusions) is pointing towards a large, purple-outlined rectangular box with four horizontal lines for writing.

Doświadczenie 3. Zależność siły tarcia od ciężaru ciał.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej, zwiększając masę naciskających na podłoże ciał poprzez dokładanie klocków (w przypadku zestawu z klockami) lub umieszczanie obciążenia w pudełku (w przypadku zestawu z drukarki 3D).



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

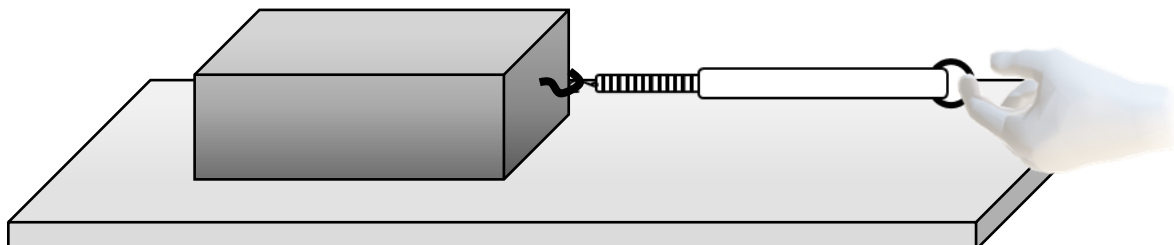
Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).



Doświadczenie 4. Zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni kontaktowych.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej. Wykorzystaj klocki o różnych powierzchniach (guma, papier ścierny, drewno, itd.) i powtarzaj pomiar jak w doświadczeniu 1.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).

38

F

wnioski

Doświadczenie 5. Pomiar wartości siły tarcia kinetycznego.

Krok 1. Wycechowanie siłomierza w jednostkach siły.

Wybierz klocek i zważ go na wadze. Wynik (wyrażony w jednostkach masy, m) zapisz w tabeli wyników 2. Wiedząc, że przyspieszenie ziemskie $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ oblicz ciężar klocka ze wzoru:

$$Q = m g. \quad (1)$$

Teraz zaczepek klocek na siłomierzu, jak na rys. obok i zanotuj wskazanie siłomierza W w tabeli wyników 2.

Dla uproszczenia przyjmujemy, że siłomierz działa liniowo i wskazanie siłomierza W odpowiada wartości siły Q .

Krok 2. Powtórz pomiar z doświadczenia pierwszego, zapisując wskazanie siłomierza W_S w tabeli wyników 2. Obliczyć siłę tarcia kinetycznego T_k , podstawiając dane do wzoru:

$$T_k = W_S \frac{Q}{W} \quad (2)$$

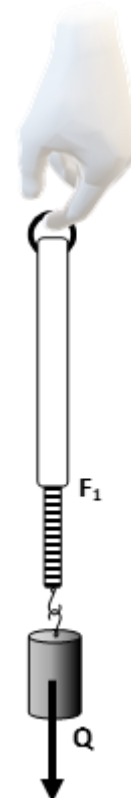


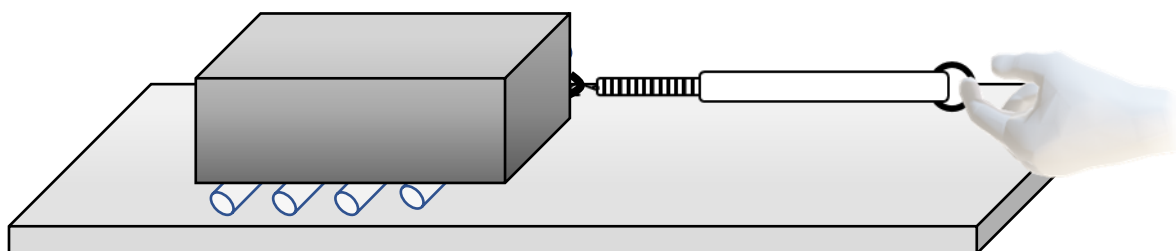
Tabela wyników 2. Wskazanie wagi i siłomierza w pomiarze wartości tarcia kinetycznego (T_k).

Masa, m [g]	Masa, m [kg]	Ciężar, Q [N]	Wskazanie siłomierza w pomiarze ciężaru, W [jednostki skali siłomierza]	Wskazanie siłomierza w pomiarze siły tarcia kinetycznego, W_D [jednostki skali siłomierza]	Siła tarcia kinetycznego T_k [N]
$m_1 =$					
$m_2 =$					



Doświadczenie 6. Pomiar wartości siły tarcia tocznego.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej umieszczając pod klokiem rurki.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek. Odczytaj wskazanie siłomierza W_t .

Zanotuj w tabeli wyników 3. wartości zmierzone. Oblicz siłę tarcia tocznego T_t , podstawiając dane do wzoru:

$$T_t = W_t \frac{Q}{W} \quad (3)$$

Tabela wyników 3. Wyznaczanie wartości siły tarcia tocznego (T_t).

Masa, m [g]	Masa, m [kg]	Ciężar, Q [N]	Wskazanie siłomierza w pomiarze ciężaru, W [jednostki skali siłomierza]	Wskazanie siłomierza w pomiarze siły tarcia tocznego, W_t [jednostki skali siłomierza]	Siła tarcia tocznego T_t [N]
$m_1 =$					
$m_2 =$					



Materiały wsparcia dla nauczycieli

Tarcie, kl. 7 lub 8 SP

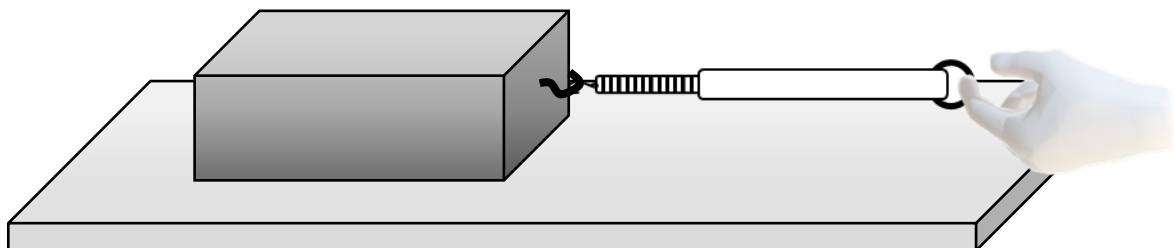
41

F

Wypełniona karta pracy ucznia – Tarcie

Doświadczenie 1. Tarcie statyczne i kinetyczne.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).

42


 F


Chcąc wprowadzić ciało w ruch musimy działać siłą, której wartość przekracza wartość maksymalnej siły tarcia statycznego.

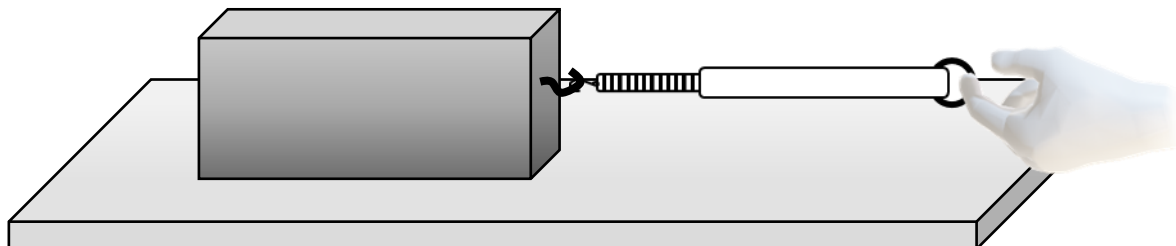
Chcąc utrzymać w ruchu ciało poruszające się ze stałą prędkością musimy działać siłą równoważącą siłę tarcia kinetycznego.

Maksymalna siła tarcia statycznego jest większa od siły tarcia kinetycznego.

Doświadczenie 2. Zależność siły tarcia od pola powierzchni styku ciał.

W przypadku zestawu drukowanego na drukarce 3D: postaw pudełko na podstawie o połowie powierzchni kontaktu.


W przypadku zestawu z klockami drewnianymi: obróć klocek i postaw go na bocznej ścianie.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

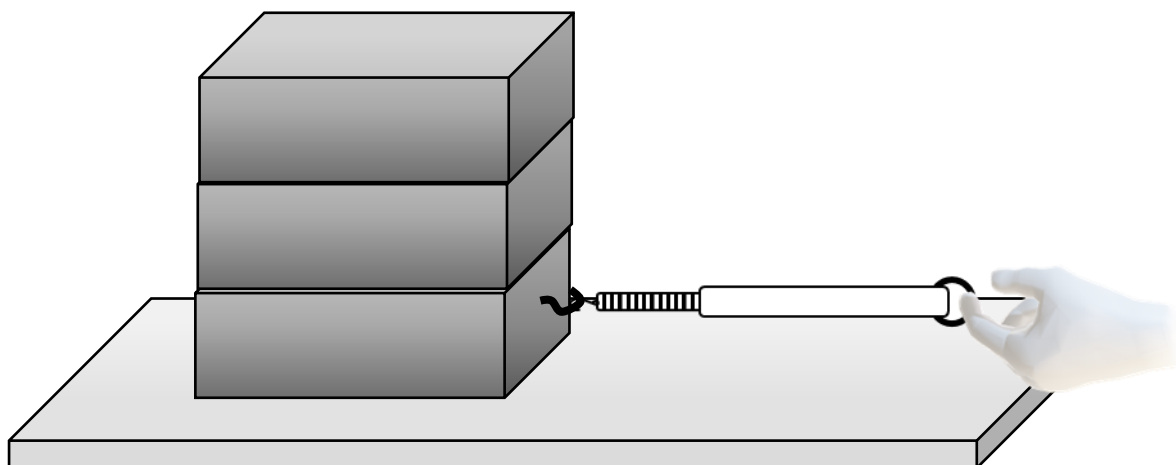
- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).



Wartość siły tarcia kinetycznego nie zależy od pola powierzchni styku ciał.

Doświadczenie 3. Zależność siły tarcia od ciężaru ciał.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej, zwiększając masę naciskających na podłoże ciał poprzez dokładanie klocków (w przypadku zestawu z klockami) lub umieszczanie obciążenia w pudełku (w przypadku zestawu z drukarki 3D).



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).

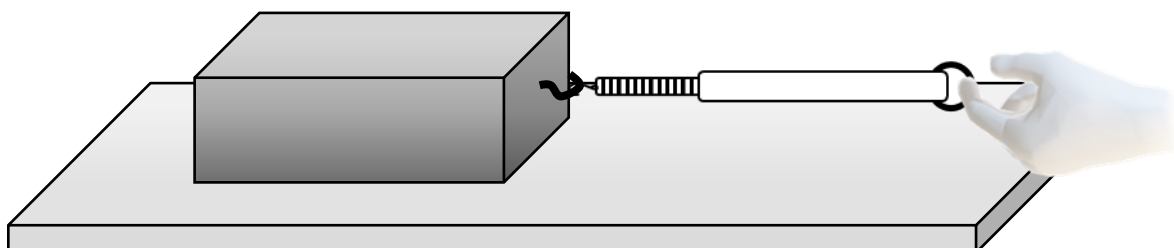


Wartość siły tarcia kinetycznego zależy od ciężaru ciała.

Im większy jest nacisk ciała na podłoże, tym większa jest siła tarcia.

Doświadczenie 4. Zależność siły tarcia od rodzaju powierzchni kontaktowych.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej. Wykorzystaj klocki o różnych powierzchniach (guma, papier ścierny, drewno, itd.) i powtarzaj pomiar jak w doświadczeniu 1.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek.

Zanotuj w tabeli wyników 1. wskazanie siłomierza:

- w momencie, gdy klocek zostaje wprowadzony w ruch (maksymalna wartość siły tarcia statycznego)
- oraz w momencie, gdy klocek już się porusza (tarcie kinetyczne).



Wartość siły tarcia kinetycznego zależy od rodzaju powierzchni styku (chropowatości) ciał.

Doświadczenie 5. Pomiar wartości siły tarcia kinetycznego.

Krok 1. Wycechowanie siłomierza w jednostkach siły.

Wybierz klocek i zważ go na wadze. Wynik (wyrażony w jednostkach masy, m) zapisz w tabeli wyników 2. Wiedząc, że przyspieszenie ziemskie $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ oblicz ciężar klocka ze wzoru:

$$Q = m g. \quad (1)$$

Teraz zaczepek klocek na siłomierzu, jak na rys. obok i zanotuj wskazanie siłomierza W w tabeli wyników 2.

Dla uproszczenia przyjmujemy, że siłomierz działa liniowo i wskazanie siłomierza W odpowiada wartości siły Q .

Krok 2. Powtórz pomiar z doświadczenia pierwszego, zapisując wskazanie siłomierza W_S w tabeli wyników 2. Obliczyć siłę tarcia kinetycznego T_k , podstawiając dane do wzoru:

$$T_k = W_S \frac{Q}{W} \quad (2)$$



Tabela wyników 2. Wskazanie wagi i siłomierza w pomiarze wartości tarcia kinetycznego (T_k).

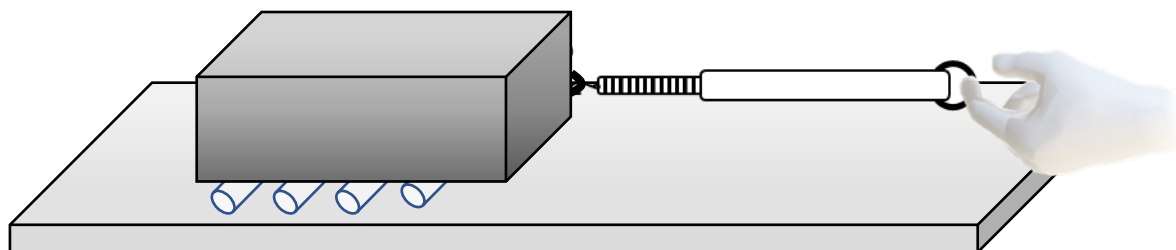
Masa, m [g]	Masa, m [kg]	Ciężar, Q [N]	Wskazanie siłomierza w pomiarze ciężaru, W [jednostki skali siłomierza]	Wskazanie siłomierza w pomiarze siły tarcia kinetycznego, W_D [jednostki skali siłomierza]	Siła tarcia kinetycznego T_k [N]
$m_1 =$					
$m_2 =$					



Po wycechowaniu siłomierz może służyć do pomiaru wartości siły wyrażonej w niutonach.

Doświadczenie 6. Pomiar wartości siły tarcia tocznego.

Zestaw układ jak na rysunku poniżej umieszczając pod klockiem rurki.



Wolno, ze stałą prędkością ciągnij siłomierz i klocek. Odczytaj wskazanie siłomierza W_t .

Zanotuj w tabeli wyników 3. wartości zmierzone. Oblicz siłę tarcia tocznego T_t , podstawiając dane do wzoru:

$$T_t = W_t \frac{Q}{W} \quad (3)$$

Tabela wyników 3. Wyznaczanie wartości siły tarcia tocznego (T_t).

Masa, m [g]	Masa, m [kg]	Ciężar, Q [N]	Wskazanie siłomierza w pomiarze ciężaru, W [jednostki skali siłomierza]	Wskazanie siłomierza w pomiarze siły tarcia tocznego, W_t [jednostki skali siłomierza]	Siła tarcia tocznego T_t [N]
$m_1 =$					
$m_2 =$					



wnioski

Wartość siły poślizgowego tarcia kinetycznego jest większa od wartości siły tarcia tocznego.

Materiały wsparcia dla nauczycieli

Poniżej zawarto informacje dodatkowe o narzędziach i urządzeniach, ogólnie określanych mianem zasobów, których wykorzystanie jest zaplanowane w trakcie lekcji.

Dodano informacje eksploatacyjne, a w szczególności instrukcje ich użytkowego oraz wytyczne dotyczące szczególnych środków ostrożności.

Dla wybranych zasobów opisano sposób ich wykorzystania przy realizacji kilku różnych wariantów doświadczenia.

Merytoryczne wsparcie dla Nauczyciela

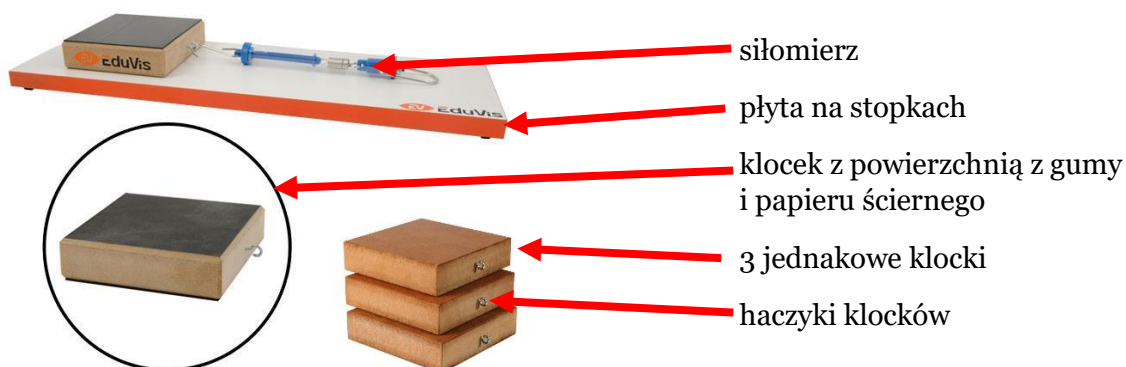
Siłę ciężkości wyrażamy w **N. Ciężar** ciała na naszej planecie to efekt przyciągania ciała przez kulę ziemską. Wartość tego oddziaływania zależy od odległości od środka Ziemi. **Masa** ciała natomiast pozostaje stała i zależy od rozmiarów i gęstości ciała; nie zmienia się w zależności od położenia w polu grawitacyjnym. **Masa** obiektu jest taka sama na każdej z planet. Masa jest wielkością skalarną, zaś siła wielkością wektorową, a zatem ma cztery cechy: wartość, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia.

Ważenie ciała z wykorzystaniem wagi kuchennej (elektronicznej lub sprężynowej) – waga zmierzy siłę nacisku, jaką wywiera ciało na szalkę. Siła ta wynika z ciężaru ważonego ciała, a zatem jest konsekwencją działania siły grawitacyjnej przyciągania ciała. Siłomierz wyposażony jest w sprężynę rozciągającą się pod wpływem zawieszzonego na niej ciała i również pozwala zmierzyć ciężar ciała. Mierzy on siłę sprężystości sprężyny, równoważącą siłę, jaką Ziemia przyciąga zawieszona ciało. Siła sprężystości sprężyny ma taką samą wartość, jak siła ciężkości działająca na ciało ważne.

Środek ciężkości ciała, określa punkt podparcia ciała, dla którego ciało to nie zmienia swojego położenia (nie obraca się, nie przekręca się). Punkt ten może zawierać się w obrębie ciała, lub poza nim. Można przyjąć, że (w jednorodnym polu grawitacyjnym) środek ciężkości ciała pokrywa się ze środkiem masy ciała. *Powyższe wyjaśnienie środka ciężkości ciała jest uproszczone i intuicyjne, choć ściślej środek ciężkości definiują się jako punkt, w którym umownie przyłożona jest wypadkowa siła grawitacji danego ciała sztywnego, będąca sumą sił grawitacji działających na każdy punkt materialny tego ciała. Właściwość tego punktu jest taka, że gdyby tę wypadkową siłę grawitacji zaczepić w umownym punkcie, takim, że jej moment siły obliczony względem środka masy ciała będzie identyczny z wypadkowym momentem sił grawitacji (działających na każdy punkt ciała), to punkt ten nazywa się środkiem ciężkości.*

Układ do badania tarcia z blockami i siłomierzami

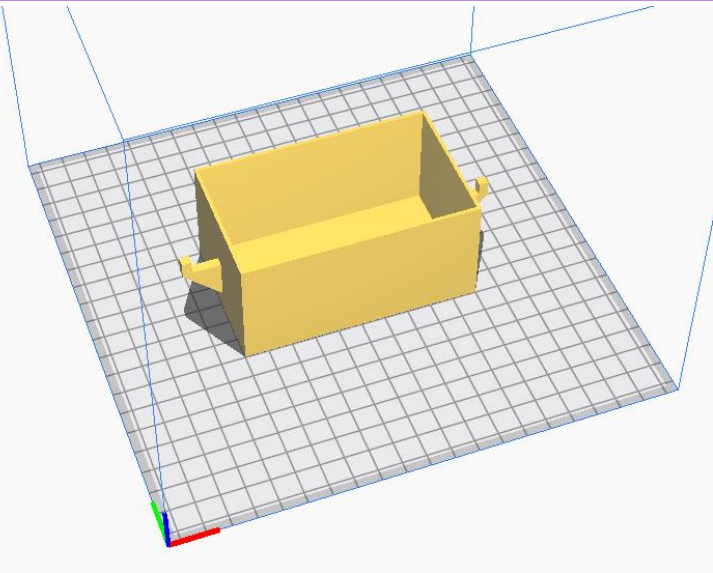
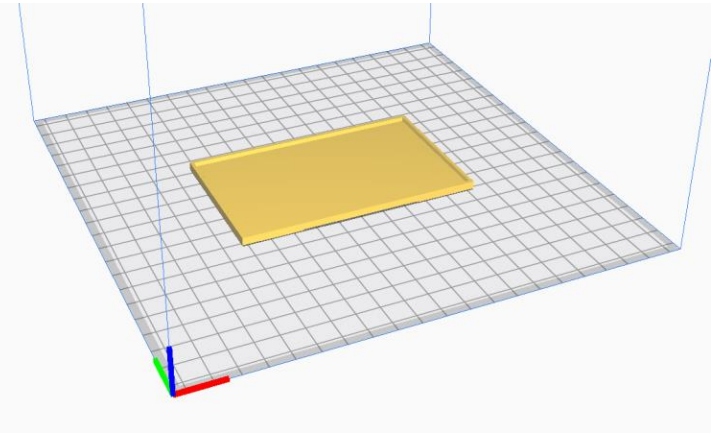
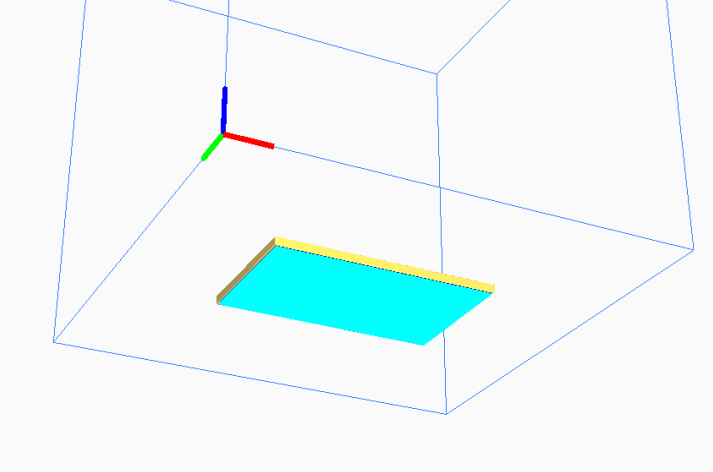
– zestaw służy do doświadczeń demonstrujących, że wartość siły tarcia kinetycznego:
a) zależy od rodzaju powierzchni styku trących o siebie ciał, b) zależy od wartości siły dociskającej ciała do siebie (jest do niej proporcjonalna), c) nie zależy od wielkości pola powierzchni styku ciał przesuwających się względem siebie;

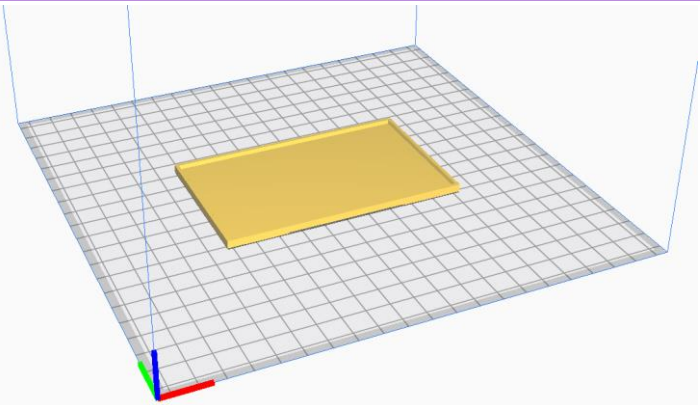
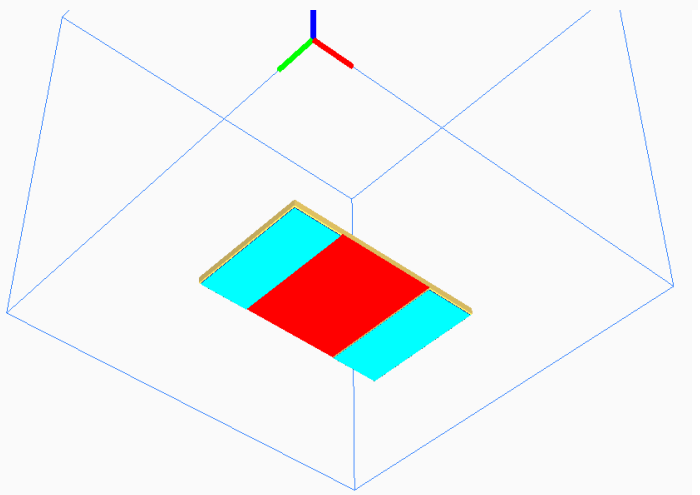
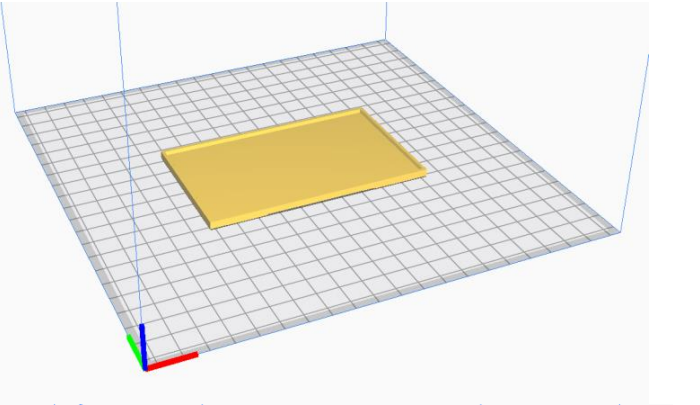
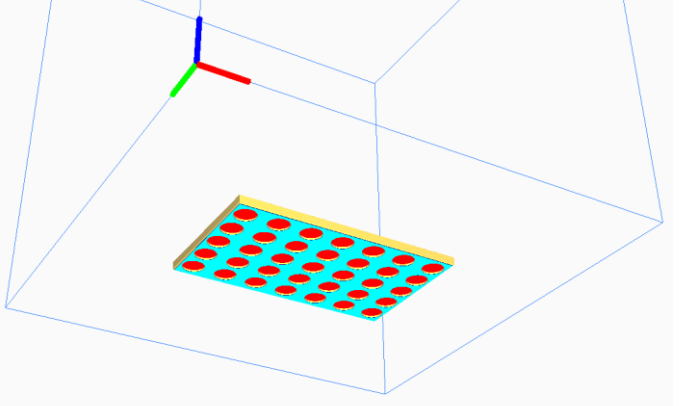


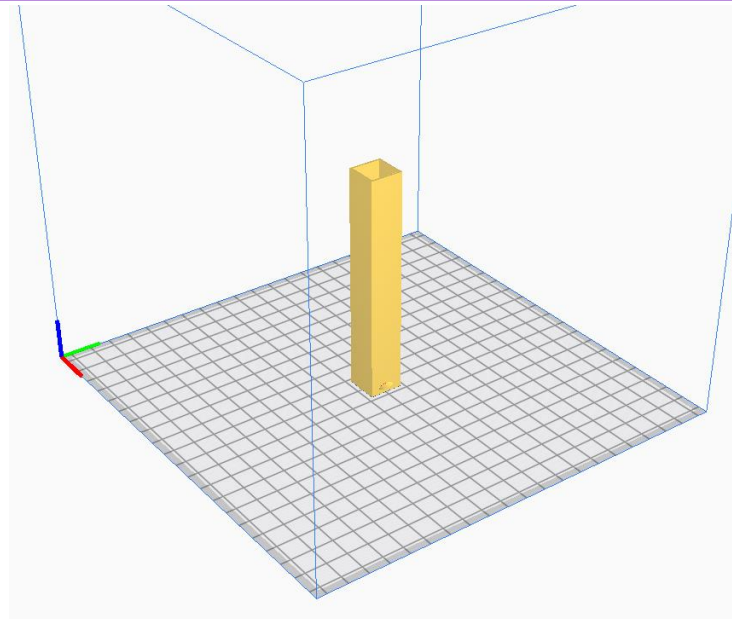
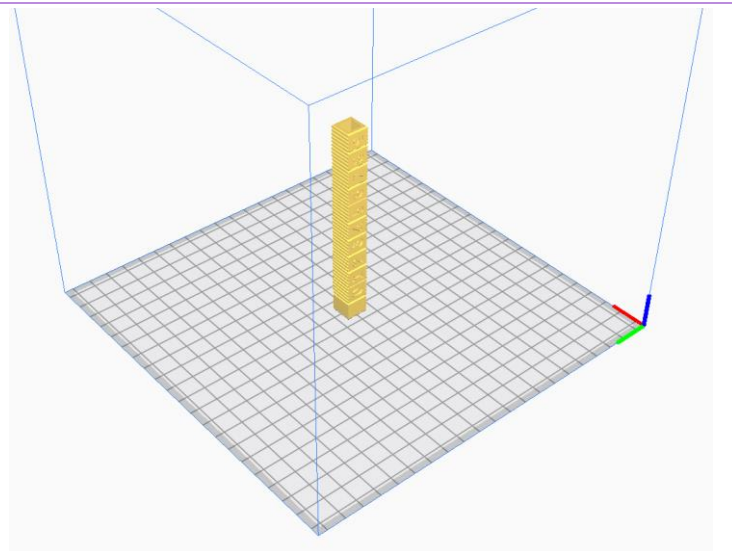
- zestaw składa się z płyty na stopkach oraz kompletu klocków o jednakowych wymiarach i klocka o tych samych wymiarach co pozostałe, ale z dwiema różnymi powierzchniami: jedną pokrytą gumą, a drugą pokrytą papierem ściernym. Klocki posiadają dwa haczyki. Do kompletu dołączone są siłomierze o różnym zakresie pomiarowym od 2,5 N do 50 N.

- Zaleca się zachowanie ostrożności w trakcie montażu i użytkowania zestawu – upuszczenie ciężkich elementów grozi uszkodzeniem (np. skaleczeniem, złamaniem, stłuczeniem).
- Uszkodzenie siłomierza (upuszczenie, złamanie) prowadzi do powstania ostrych krawędzi i grozi skaleczeniem.
- Zachować ostrożność w użytkowaniu klocka z pokryciem papierem ściernym – niewłaściwe użytkowanie prowadzi do zarysowywania powierzchni, w szczególności może prowadzić do powstania zadrapań i skaleczeń.
- Zaleca się ostrożność w użytkowaniu elementów zestawu zaopatrzonych w haczyki (klocki drewniane, siłomierze) – istnieje zagrożenie wbicia się haczyka.

Modele 3D do wydruku wraz z podstawowymi informacjami dotyczącymi wydruku.

Lp.	Informacje o druku		Wizualizacja z Cura
1	Nazwa	Pudło z haczykami 132 x 60 x 50 mm	
	Materiał	PLA	
	Masa	38 g	
	Długość	12,7 m	
	Czas wydruku	2 h 31 min	
2	Nazwa	Płyta gładka 105 x 65 x 4 mm	
	Materiał	PLA	
	Masa	11 g	
	Długość	3,74 m	
	Czas wydruku	43 min	

3	Nazwa	Płyta półkrowa (z podporami) 105 x 65 x 4 mm	 
	Materiał	PLA	
	Masa	14 g	
	Długość	4,65 m	
	Czas wydruku	55 min	
4	Nazwa	Płyta z kołami 105 x 65 x 4 mm	 
	Materiał	PLA	
	Masa	15 g	
	Długość	4,98 m	
	Czas wydruku	1 h 3 min	

5	Nazwa	Dynamometr zewnętrzna część 16 x 16 x 108 mm	
	Materiał	PLA	
	Masa	9 g	
	Długość	2,90 m	
	Czas wydruku	56 min	
6	Nazwa	Dynamometr wewnętrzna część 12 x 12 x 110 mm	
	Materiał	PLA	
	Masa	10 g	
	Długość	3,27 m	
	Czas wydruku	56 min	

Bezpieczny Badacz



nie jedz



**zachowaj
ostrożność**



**trzymaj się
instrukcji**



nie pij



**zachowaj
porządek**



współpracuj

Ogólna instrukcja BHP

Praca doświadczalna wymaga korzystania z urządzeń i substancji, które potencjalnie mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia oraz życia ludzkiego. Celem zapewnienia ich bezpieczeństwa użytkownika zobowiązuje się wszystkie osoby wykonujące, jak i nadzorujące korzystanie z urządzeń i substancji do ścisłego przestrzegania niżej podanych zasad.

PRZEPISY OGÓLNE

1. Zabrania się wykonywania doświadczeń bez nadzoru Nauczyciela. Przy wykonywaniu doświadczeń należy ściśle stosować się do poleceń w zakresie BHP.
2. Uczniowie w trakcie zajęć bezwzględnie zobowiązani są do stosowania się do poleceń i wskazówek Nauczyciela.
3. Przed rozpoczęciem zajęć należy sprawdzić wizualnie stan urządzeń i elementów. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń, urządzenia i elementy wadliwe należy wyłączyć z eksploatacji. W przypadku budowy zestawów eksperymentalnych z podzespołów, Nauczyciel zobowiązany jest sprawować nadzór nad łączeniem poszczególnych elementów oraz dokonać sprawdzenia, czy przyrządy i elementy podłączone są zgodnie z ich instrukcją użycia.
4. Zabrania się:
 - samowolnego regulowania, naprawy i wprowadzania zmian w konstrukcji przyrządów,
 - używania ich do innych celów niż to przewidziano w instrukcjach.
5. W wypadku zaistnienia awarii lub uszkodzenia urządzeń należy natychmiast zaprzestać ich użytkowania, odłączyć je od źródła zasilania, a o zaistniałym fakcie powiadomić Nauczyciela.
6. Należy ściśle przestrzegać instrukcji przeciwpożarowej obowiązującej w szkole lub innej placówce. W razie wybuchu pożaru należy odłączyć źródło energii od urządzenia powodującego go, ostrzec osoby znajdujące się w najbliższym sąsiedztwie, a następnie przystąpić do gaszenia. W wypadku gdy nie można stłumić ognia we własnym zakresie, należy –nie przerywając akcji, wezwać Straż Pożarną.
7. Szczególną ostrożność należy zachować przy posługiwaniu się elementami szklanymi (np. soczewki, szkiełka mikroskopowe, menzurki, termometry).
8. Wszelkie skaleczenia, oparzenia lub inne nieszczęśliwe wypadki należy natychmiast zgłaszać Nauczycielowi.
9. Zabrania się dekompletowania zestawów.
10. W trakcie pracy z doświadczeniami nie wolno spożywać pokarmów i napojów.

OBSŁUGA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

1. Urządzenia elektryczne wykorzystywane do zajęć mogą być włączane do sieci elektroenergetycznej wyłącznie za zgodą nadzorującego Nauczyciela. Po zakończeniu zajęć należy układ elektryczny odłączyć od sieci elektroenergetycznej.
2. Do montażu elektrycznych układów pomiarowych wolno używać tylko przewodów izolowanych, zakończonych odpowiednimi końcówkami. Montowanie układów elektrycznych może odbywać się tylko przy odłączonym źródle prądu.

PRACA Z SUBSTANCJAMI TOKSYCZNYMI I SZKODLIWYMI

1. Należy bezwzględnie przestrzegać zasad postępowania z niebezpiecznymi substancjami chemicznymi zamieszczonymi w ich kartach charakterystyk.
2. Substancje mogące stanowić potencjalne zagrożenie dla zdrowia lub powodować inne szkody mogą być stosowane przy wykonywaniu doświadczeń wyłącznie pod stałą kontrolą Nauczyciela nadzorującego zajęcia.
3. Podczas pracy z substancjami szkodliwymi i niebezpiecznymi należy zachować ostrożność, a w szczególności starać się niczego nie stłuc ani nie rozlać, nie pipetować ustami, nie wdychać par bezpośrednio. Nie wolno dopuścić do dostania się cieczy do wnętrza urządzeń elektrycznych. W przypadku zaistnienia takiej sytuacji należy natychmiast odłączyć urządzenie od sieci elektroenergetycznej.
4. W przypadku rozlania lub rozsypania substancji toksycznej lub szkodliwej należy o zaistniałym wydarzeniu zawiadomić Nauczyciela oraz ostrzec osoby znajdujące się w pobliżu.
5. Zabrania się używania substancji chemicznych nie przewidzianych instrukcją. Zabrania się używania substancji chemicznych do innych celów niż przewidziane programem zajęć.

PRACA ZE ŹRÓDŁAMI CIEPŁA

1. Źródła ciepła mogą być uruchamiane wyłącznie za zgodą nadzorującego Nauczyciela i tylko na czas niezbędny do wykonania pomiaru.
2. Podczas pracy ze źródłami ciepła, w tym otwartymi źródłami ognia, należy zachować szczególne środki ostrożności: nie dotykać części gorących oraz nie dopuszczać do rozlania gorących cieczy.
3. Zabrania się nadmiernego nagrzewania do temperatur przekraczających wartości określone w instrukcjach użytkowania urządzeń i narzędzi.

PRACA ZE ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA

1. Źródła światła mogą być uruchamiane wyłącznie za zgodą nadzorującego Nauczyciela i tylko na czas niezbędny do wykonania pomiaru.
2. Podczas pracy ze źródłami światła, należy zachować szczególne środki ostrożności: należy unikać bezpośredniego kierowania wiązki światła na oczy, nie dotykać gorących części źródeł światła oraz ich nagrzaną obudowę, w szczególności zabrania się dotykania żarówek, których powierzchnia może osiągać bardzo wysoką temperaturę.
3. Kategorycznie zabrania się nawet krótkotrwałego patrzenia bezpośrednio w wiązkę laserową emitowaną z otworu wyjściowego źródła światła lub odbitą od przedmiotów o gładkich powierzchniach oraz kierowania wiązki laserowej w kierunku innych użytkowników zwłaszcza w stronę twarzy i oczu.
4. W przypadku pracy ze źródłami światła wymagającymi manipulacji i demontażu należy zachować szczególną ostrożność i przed przystąpieniem do wykonywania jakichkolwiek dalszych czynności odczekać do wystygnięcia elementów nagrzanym.

UWAGI KOŃCOWE

Od Uczniów wymagane jest zapoznania się z ogólnymi przepisami oraz normami i zasadami BHP obowiązującymi w szkole lub innej placówce. Warunkiem bezpiecznej i efektywnej pracy przy realizacji doświadczeń jest zachowanie przez użytkowników ładu, czystości i porządku w trakcie przeprowadzania eksperymentów.