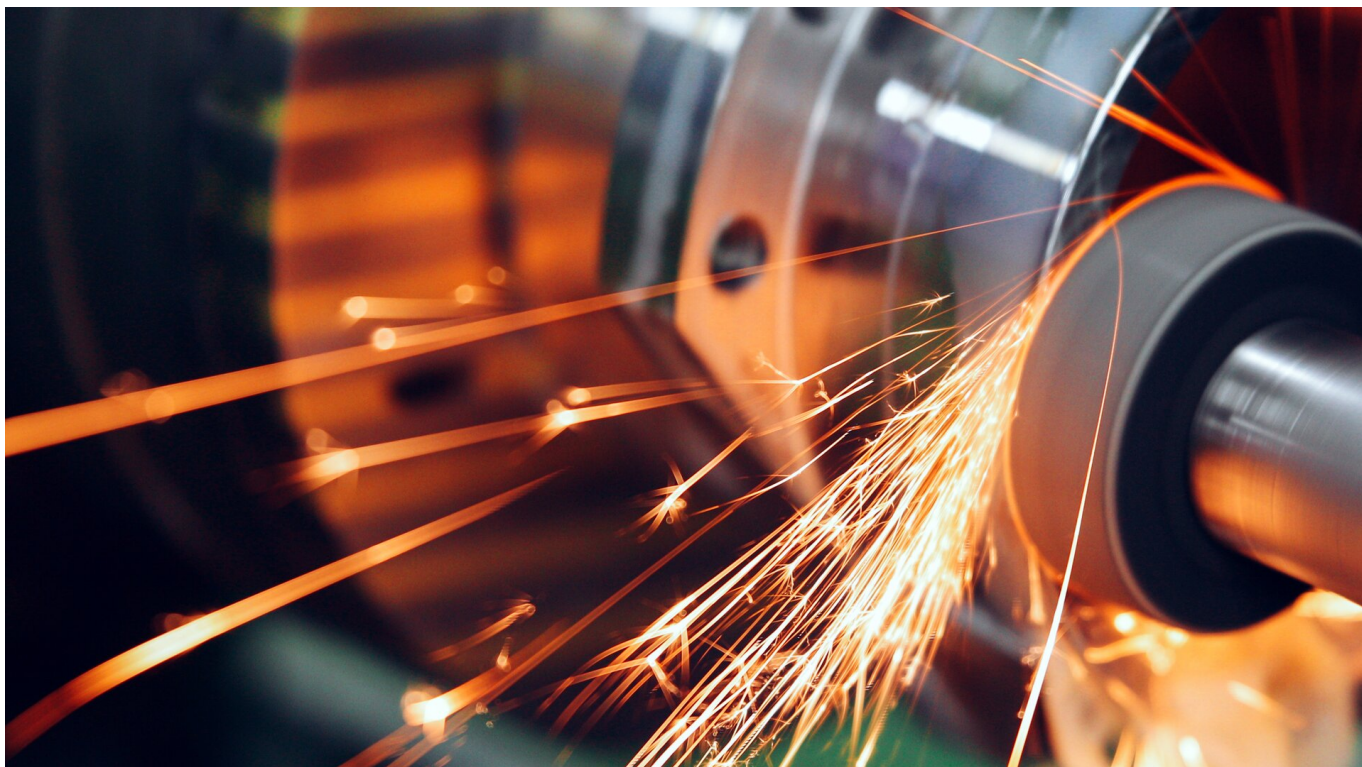




Badanie zależności siły tarcia od wielkości powierzchni trących

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-S](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Badanie zależności siły tarcia od wielkości powierzchni trących

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/iskry-latające-podczas-siatki-maszyn-i-wykończenia-metalu-gm914855976-251789759> [dostęp 22.08.2019].

Czy to nie ciekawe?

Ze zjawiskiem tarcia spotykasz się na co dzień. Dzięki tarcia możesz chodzić, bo występuje ono pomiędzy podłożem a powierzchnią butów, dzięki tarcia możesz pisać na komputerze, bo siłę tarcia pokonujesz uderzając palcami w klawiaturę. Zgodzisz się ze mną, że powszechność tarcia jest oczywista! Jeśli tak jest, to warto poznać dokładniej siłę tarcia. Intuicja podpowiada, że siła ta jest zależna od siły wzajemnego nacisku i od tego, jak bardzo porowate są stykające się powierzchnie. Jednocześnie widzisz, że pole stykających się powierzchni może być bardzo różne: od bardzo małego po ogromne. Ciekawe, czy siła tarcia zależy od tej wielkości? Trzeba by to zbadać. Proponuję Ci to w tym e-materiale.

Twoje cele

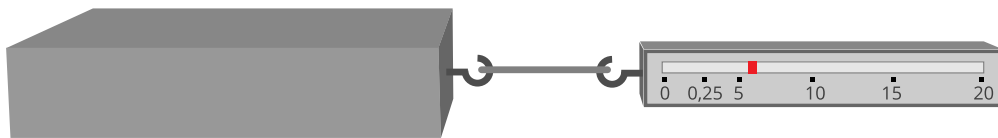
Jeśli wnikliwie zapoznasz się z treścią tego e-materiału, to

- poznasz zestaw doświadczalny, który pozwoli na zaplanowanie i wykonanie doświadczenia w pracowni fizycznej i w wirtualnym laboratorium,
- zastosujesz wiedzę o tarcia do rozwiązania nowego problemu badawczego,
- przeanalizujesz wyniki doświadczenia i wyciągniesz wnioski, które będą dotyczyły rozstrzygnięcia problemu badawczego: czy i jak siła tarcia zależy od wielkości powierzchni trących?

Przeczytaj

Warto przeczytać

We wszystkich sytuacjach, w których przesuwasz najróżniejsze przedmioty, które fizycy w ogólności nazywają ciałami, pokonujesz **siłę tarcia** poślizgowego. Jeśli ciała poruszają się w wyniku takiego działania ruchem jednostajnym, siła Twoich mięśni jest równa co do wartości sile tarcia. Sama czynność popychania nie daje możliwości pomiaru tej siły; jest on możliwy dzięki siłomierzowi. Siłomierz doczepiasz do ciała i przesuwasz je za jego pomocą (Rys. 1.).



Rys.1. Kłoczek na poziomym stole wyposażony w haczyk z przyczepionym siłomierzem

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

Jeśli chcemy zaplanować i przeprowadzić doświadczenie, w którym zbadamy interesującą nas cechę zjawiska, to doświadczenie musi tak przebiegać, aby tylko ta cecha decydowała o wyniku pomiarów. O wartości siły tarcia decyduje siła nacisku oraz struktura stykających się powierzchni. Badanie tych dwóch zależności jest przedstawione w e-materiałach: „Badanie zależności siły tarcia od rodzaju powierzchni stykających się ciał”, „Badanie zależności siły tarcia od siły nacisku”. Możesz nabrać podejrzenia, że siła tarcia zależy również od wielkości stykających się powierzchni. Sama natura zjawiska tarcia jest związana z mikroskopijnymi nierównościami powierzchni. To one powodują, że gdy dociskasz powierzchnie i jednocześnie starasz się je przesunąć, to przeszkadza w tym ich nierówna struktura. Większa powierzchnia stykających się ciał pociąga za sobą konieczność pokonania większej liczby tych nierówności. To podejrzenie prowadzi do sformułowania hipotezy:

Siła tarcia poślizgowego jest tym większa, im większa jest powierzchnia stykających się ciał.

Jeśli chcesz zbadać tę cechę siły tarcia, to musisz ją wyodrębnić w doświadczeniu.

W przypadku badania siły tarcia jedyną **zmienną** wielkością musi być pole powierzchni stykających się ciał. Stała musi pozostać siła nacisku i rodzaj stykających się powierzchni.

Doświadczenie przeprowadzone prawidłowo w wirtualnym laboratorium lub rzeczywistej pracowni prowadzi do obalenia tej hipotezy. Jest ona **błędna**.

Siła tarcia nie zależy od wielkości stykających się powierzchni.

Słowniczek

współczynnik tarcia

(*ang. friction coefficient*) wielkość charakteryzująca stykające się ze sobą powierzchnie.
tarcie

(*ang. friction*) zjawisko uniemożliwiające lub utrudniające przesuwanie się względem siebie dwóch powierzchni.

siła tarcia

(*ang. friction force*) siła określająca miarę oporu ruchu.

Wirtualne laboratorium WL-S

Badanie zależności siły tarcia kinetycznego od pola powierzchni stykających się ciał

Zaplanuj i przeprowadź dwuczęściowe doświadczenie, w którym sprawdzisz, jaki wpływ na siłę tarcia kinetycznego ma wielkość stykających się powierzchni klocka i podłoża.

Część pierwsza polega na obserwacji ruchu różnych klocków pod wpływem sił o różnych wartościach. Wyciągnięte wnioski będą miały charakter jakościowy. Część druga polega na poparciu jakościowego wnioskowania ilościową analizą uzyskanych wyników.

Doświadczenie 1

Obserwacja i wnioskowanie jakościowe

Problem badawczy

Celem eksperymentu jest zbadanie wpływu, jaki ma powierzchnia styku ciała z podłożem na siłę tarcia kinetycznego działającą na ciało.

Hipoteza

Większa powierzchnia stykających się ciał pociąga za sobą konieczność pokonania większej liczby mikroskopijnych nierówności. To przekonanie uzasadnia postawienie hipotezy badawczej:

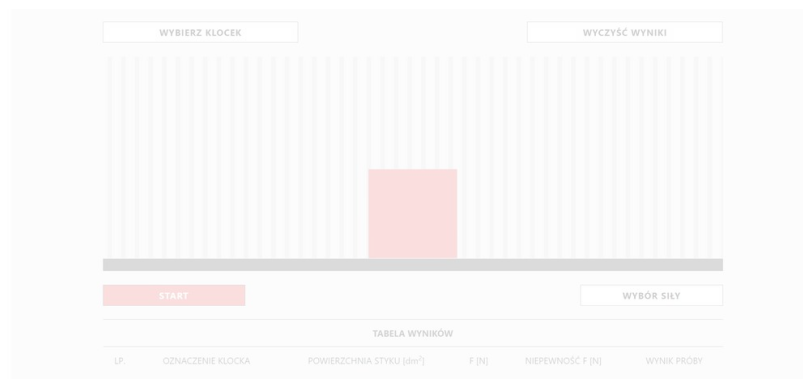
Siła tarcia kinetycznego jest tym większa, im większa jest powierzchnia stykających się ciał.

Co będzie potrzebne

1. Przycisk WYBIERZ KLOCEK. Do dyspozycji masz pięć różnych klocków, których dolne powierzchnie, stykające się z podłożem, są pokryte tym samym materiałem.
2. Klocki umieszczasz na poziomym podłożu o jednorodnej powierzchni.
3. Przycisk WYBÓR SIŁY. Wybierz wartość siły F , z jaką siłomierz ciągnie klocek.
4. Przyciskiem START uruchamiasz pomiar. Na klocek działa siła o wybranej wartości oraz siła tarcia.
5. Pomiar trwa kilka sekund i kończy się samoczynnie. Po jego zakończeniu możesz odczytać wartość siły na powiększonej skali siłomierza.
6. Informacje o pomiarze są zapisywane w tabeli. W kolumnie NIEPEWNOŚĆ F wyświetlana jest wartość niepewności granicznej ΔF .
7. Po zakończonej serii całą tabelę możesz zaznaczyć i skopiować do arkusza kalkulacyjnego.
8. Przycisk WYCZYŚĆ WYNIKI powoduje usunięcie wszystkich wyników z tabeli.

Przeprowadź, we własnym zakresie, wstępne rozpoznanie obsługi Wirtualnego laboratorium. Miej przy tym na uwadze czekające Cię przygotowanie planu właściwej pracy badawczej. Zapoznaj się więc z rozmiarami oraz masami dostępnych klocków, zwróć uwagę na sposób wyboru wartości siły. Czy siła zmierzona siłomierzem jest zgodna z Twoim nastawieniem? Obserwuj także zachowanie klocka w trakcie trwania pomiaru.

Przeanalizuj wstępnie wyniki, które pojawią się w tabeli. Jak można je uporządkować?



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DDE1bSrsh>

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

Ćwiczenie 1

W Wirtualnym laboratorium dysponujesz pięcioma klockami. Jednak przeprowadzenie pomiaru z klockami D oraz E nie jest dopuszczone - stanowią one bowiem zbędne wyposażenie z punktu widzenia postawionego problemu badawczego.

Wskaż najbardziej trafne uzasadnienie tego ograniczenia.

- ☐ Wielkość powierzchni klocka D jest taka sama jak klocka C, a przy badaniu zależności od wielkości powierzchni taki przypadek nie powinien występować.
- ☐ Wszystkie dostępne siły spowodowałyby ruch przyspieszony klocka D ze względu na jego masę.
- ☐ Żadna z dostępnych sił nie zapewniłaby ruchu przyspieszonego klocka E ze względu na jego masę.
- ☐ Pozwala wyodrębnić w doświadczeniu badaną właściwość siły tarcia - czyli jej zależności od wielkości powierzchni styku.

Ćwiczenie 2

Opisz sposób realizacji celu doświadczenia za pomocą jednego tylko klocka. Czy w takiej sytuacji przycisk WYBIERZ KLOCEK byłby nadal potrzebny? A może należałoby go zastąpić jakimś innym? Jeśli tak uważasz, to opisz funkcję tego nowego przycisku. Zapisz swoje pomysły w przygotowanym polu.

Polecenie 1

- Opracuj we własnym zakresie kolejność wykonywania czynności w laboratorium, prowadzących do osiągnięcia celu. Sporządzony plan pracy wpisz do Dziennika badań.

- Przeprowadź serię pomiarów. Wyniki zapisz w Dzienniku badań.

Jak rozmiar powierzchni styku ciał

wpływa na siłę tarcia kinetycznego?

Dziennik badań

Data badania: DD-MM-RRRF

Plan pracy

Tabela wyników

Lp.	klocek	pow. styku	F	ΔF	wynik
	A/B/C	(dm ²)	(N)	(N)	próby

--	--	--	--	--	--

Rozstrzygnięcie hipotezy, argumentacja, konkluzje

Podsumowanie

a) Wykonaj dwa polecenia i zapisz uzasadnienie prawidłowych wyborów w Dzienniku badań.

Polecenie 2

Na podstawie znajomości wartości siły F chcemy określić wartość siły tarcia T .

Wskaż właściwe uzupełnienia obu zdań:

Do dalszej analizy należy więc przyjąć wyniki tylko tych prób, których wynikiem był

- ☐ brak ruchu.
- ☐ ruch jednostajny.
- ☐ ruch przyspieszony.

Dzięki temu mamy pewność, że siła tarcia T oraz siła F wskazywana przez siłomierz spełniają związek:

- ☐ $T = \frac{1}{2} F$.
- ☐ $T = F$.
- ☐ $T = 2F$.

Polecenie 3

Twoja analiza wyników pozwala na podsumowanie doświadczenia stwierdzeniem, że:

- ☐ zgodnie z hipotezą badawczą, siła tarcia rośnie wraz z rosnącą powierzchnią styku, choć nieznacznie.
- ☐ odwrotnie niż w hipotezie badawczej, siła tarcia maleje wraz z rosnącą powierzchnią styku, choć nieznacznie.
- ☐ siła tarcia nie zależy od powierzchni styku, co jest niezgodne z hipotezą badawczą.
- ☐ uzyskane wyniki - ze względu na swój chaotyczny charakter - nie pozwalają rozstrzygnąć, czy hipoteza badawcza jest prawidłowa.

b) Odniesienie się do wpływu niepewności pomiaru siły F na rozstrzygnięcie hipotezy badawczej. Swoje poglądy, wraz z argumentacją, zapisz w Dzienniku badań.

Doświadczenie 2

Ilościowe potwierdzenie braku zależności siły tarcia kinetycznego od powierzchni styku.

Zapewne udało Ci się uzyskać wyniki sprzeczne z postawioną hipotezę. Wskazują one, że wartość siły tarcia **nie** zależy od powierzchni styku klocka z podłożem. Należy więc sformułować odpowiednią hipotezę, zaplanować i wykonać odpowiednie pomiary, by problem zależności siły tarcia od powierzchni styku rozstrzygnąć ilościowo.

Rozumiesz także, że w Wirtualnym laboratorium należy dobierać wartość siły F z jaką ciągnięty jest siłomierz w taki sposób, by zapewnić jednostajny ruch klocka po poziomym podłożu. Wtedy bowiem wartości siły tarcia T i siły F wskazywanej przez siłomierz są sobie równe.

Problem badawczy

Celem eksperymentu jest ilościowe potwierdzenie, że siła tarcia kinetycznego nie zależy od powierzchni styku ciał.

Hipoteza

Wartość siły tarcia kinetycznego T w ruchu jednostajnym klocka po podłożu jest - z dokładnością do niepewności pomiarowej - jednakowa dla klocków o jednakowej masie, mimo różnych powierzchni styku z tym podłożem.

Co będzie potrzebne

Wykorzystaj wyposażenie Wirtualnego laboratorium.

Instrukcja

By zapewnić niezależność pomiarów, wskazane byłoby namówienie do współpracy dwóch osób, na przykład koleżanki i kolegi. Każda z osób mierzących zajmuje się jednym z trzech klocków A, B, C, wykonując te same pomiary i wstępnie opracowując ich wyniki. Wspólnie natomiast porównacie te wyniki i rozstrzygnięcie hipotezę.

Jeśli nie masz takiej możliwości, to wykonuj pomiary oddzielnie dla każdego z klocków. Nie opracowuj tych wyników od razu, lecz rób przerwy po zakończeniu pracy z każdym

klockiem i zajmij się czymś zupełnie innym - w ten sposób szczegóły uzyskanych wyników ulegną zatarciu w Twojej *pamięci świeżej*.

Polecenie 4

Zmodyfikujcie plan pracy z doświadczenia 1. W nowej wersji uwzględnijcie tylko te czynności, które prowadzą wprost do osiągnięcia obecnego celu. Nowy plan pracy wpiszcie do Dziennika pomiarów.

Ustalcie jednakową dla całej trójki liczbę pomiarów N . Przyzwoite minimum to $N = 10$, ale im więcej zrobicie pomiarów, tym bardziej wiarygodne będą Wasze rozstrzygnięcia i konkluzje.

Każdy uczestnik, niezależnie od pozostałych, przeprowadza serię pomiarów dla „swojego” klocka i notuje wyniki w Tabeli.

TABELA WYNIKÓW					
LP.	OZNACZENIE KŁOCKA	POWIERZCHNIA STYKU [dm²]	F [N]	NIEPEWNOŚĆ F [N]	WYNIK PROBY

Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DDE1bSrsh>

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

Dziennik pomiarów

siły tarcia kinetycznego

Data: DD-MM-RRRF

Plan pracy

Tabela wyników dla klocka

Lp.	T	$ T - T_{\text{sr}} $	$(T - T_{\text{sr}})^2$	Lp.	T	$ T - T_{\text{sr}} $	$(T - T_{\text{sr}})^2$
	(N)	(N)	(N ²)		(N)	(N)	(N ²)

Łączna liczba pomiarów: $N =$

Średnia wartość siły: $T_{\text{sr}} =$

Niepewność - przyczynek od rozrzutu: $u_A(T) =$

Niepewność - przyczynek od rozdzielczości: $u_B(T) =$

Niepewność standardowa pomiaru siły: $u(T) =$

Końcowy wynik: $T =$

Podsumowanie

Opracowanie wyników

Polecenie 5

Każdy uczestnik opracowuje swoje wyniki indywidualnie. Wyznacza średnią wartość siły tarcia, $T_{\text{śr}}$, jej niepewność $u_A(T)$ związaną z rozrzutem zmierzonych wartości T oraz niepewność $u_B(T)$ związaną z dokładnością skali siłomierza.

W razie potrzeby przypomnijcie sobie szczegóły postępowania opisane w e-materiale „Niepewność całkowita”.

Efekt obliczeń jest uzyskanie wartości niepewności standardowej $u(T)$ pomiaru siły tarcia przez każdego z uczestników.

Porównanie i interpretacja wyników

Przygotujcie zbiorczą tabelkę i wpiszcie do niej uzyskane wartości siły tarcia dla każdego z klocków wraz z niepewnością standardową wyniku.

Wykonajcie ostatnie polecenie.

Podsumowanie zbiorcze

Czy rozmiar powierzchni styku ciał

nie wpływa na siłę tarcia kinetycznego?

Wyniki pomiarów z niepewnościami

Klocek A: $T_A =$

Klocek B: $T_B =$

Klocek C: $T_C =$

Trzy różnice r i ich niepewności

$r_{AB} =$

$u(r_{AB}) =$

$r_{BC} =$

$u(r_{BC}) =$

$r_{CA} =$

$u(r_{CA}) =$

Rozstrzygnięcie hipotezy, argumentacja, konkluzje

Polecenie 6

1. By zbadać, czy wyniki te można uznać za jednakowe, wyznaczcie trzy pomocnicze wielkości będące wartościami bezwzględnymi różnic wartości siły tarcia:

$$r_{AB} = |T_B - T_A|$$

$$r_{BC} = |T_C - T_B|$$

$$r_{CA} = |T_A - T_C|$$

2. Wielkości te - zgodnie z postawioną hipotezą - powinny być równe zero. By zbadać, czy są one wystarczająco bliskie zeru, należy jeszcze obliczyć niepewność pomiaru $u(r)$ każdej z nich. Obliczcie te trzy niepewności przyjmując, że wielkości r są mierzone pośrednio, każda na bazie dwóch wielkości T mierzonych bezpośrednio. W razie potrzeby przypomnijcie sobie e-materiał „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio”.

3. Przyjmijcie następujące kryteria oceny:

- Jeśli $r < u(r)$ to dwie wartości siły tarcia są sobie równe z punktu widzenia eksperymentu. Różnica między nimi jest bowiem wystarczająco mała - nie przewyższa standardowej niepewności pomiarowej.
- Jeśli $u(r) < r < 2u(r)$ to nie można rozstrzygnąć, czy dwie wartości siły tarcia są sobie równe z punktu widzenia eksperymentu, ale też nie można orzec, że są różne. W tej sytuacji rozważcie sprawdzenie obliczeń a nawet powtórzenie wszystkich pomiarów.
- Jeśli $r > 2u(r)$ to dwie wartości siły tarcia nie są sobie równe z punktu widzenia eksperymentu. Różnica między nimi jest zbyt duża - przewyższa dwukrotność standardowej niepewności pomiarowej.

4. Zapiszcie rozstrzygnięcie hipotezy badawczej. Przedstawcie swoje argumenty za tym rozstrzygnięciem oraz ewentualne zdania odrębne.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Prostopadłościenny klocek o trzech różnych rozmiarach krawędzi przesuwano ruchem jednostajnym, równoważąc siłę tarcia. Gdy klocek poruszał się na ścianie o najmniejszej powierzchni, siła tarcia

- ☐ była najmniejsza
- ☐ nie zależała od wielkości ściany
- ☐ była największa

Ćwiczenie 2



Czy współczynnik tarcia poślizgowego zależy od wielkości powierzchni stykających się?

- ☐ nie, nie zależy od wielkości powierzchni
- ☐ tak, jest tym większy, im większa jest powierzchnia
- ☐ tak, jest tym mniejszy, im większa jest powierzchnia

Ćwiczenie 3



W pracowni szkolnej wykonywano doświadczenie identyczne z opisanym w wirtualnym laboratorium, ale nie dysponowano kilkoma klockami o jednakowych masach. Użyto jednego prostopadłościennego klocka, jego krawędzie miały różne długości. Jedna z jego ścian była oklejona papierem ściernym. Czy mimo tego można wykonać doświadczenie i ustalić, czy siła tarcia zależy od wielkości stykających się powierzchni?

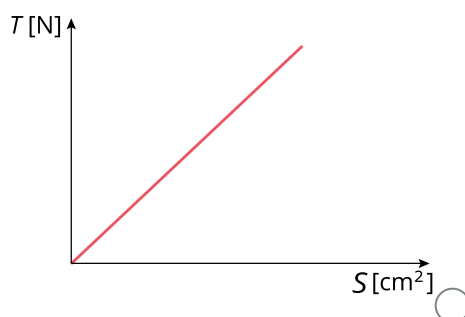
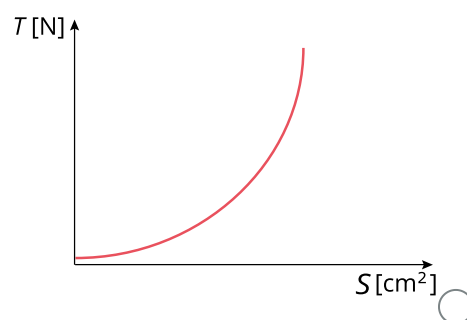
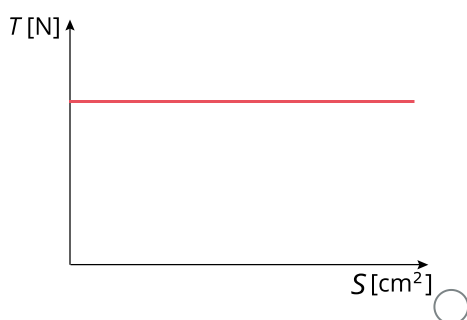
☐ TAK

☐ NIE

Ćwiczenie 4



W pracowni szkolnej wykonano doświadczenie, w którym badano, jak zależy siła tarcia od wielkości stykających się powierzchni. Który z przedstawionych wykresów oddaje charakter zależności, którą ustalili uczniowie?



Ćwiczenie 5



Wskaż jednostki wielkości fizycznych, które oznaczysz na osiach wykresów prezentujących zależność wartości siły tarcia od:

- a) wartości siły nacisku
- b) wartości współczynnika tarcia
- c) wielkości powierzchni stykających się

niuton, m

liczba bez jednostki, niuton

niuton, niuton

paskal, liczba bez jednostki

liczba bez jednostki, m^2

niuton, cm^2

niuton, liczba bez jednostki

Ćwiczenie 6



Uczniowie popychali ciężką szafę. Ponieważ szło im opornie, wpadli na pomysł, żeby podsunąć pod nią duży karton, którego powierzchnia była większa od powierzchni nóg szafy.

I rzeczywiście siła, której musieli teraz użyć była mniejsza. Jak sądzisz, czy było to związane ze zwiększeniem powierzchni trących o siebie? Wybierz poprawną interpretację.



Siła tarcia nie zależy od wielkości powierzchni trących, a efekt zmniejszenia siły tarcia był związany ze zmniejszeniem współczynnika tarcia.



Siła tarcia zależy od wielkości stykających się powierzchni i dlatego łatwiej było popychać ciężki mebel.

Ćwiczenie 7



Przy przesuwaniu ruchem jednostajnym klocka o ciężarze $P = 50 \text{ N}$ leżącego na boku o powierzchni $S_1 = 25 \text{ cm}^2$ wykonano pracę $W_1 = 25 \text{ J}$ na drodze s_1 . Gdy klocek położono na boku o polu powierzchni $S_2 = 40 \text{ cm}^2$ i zwiększono drogę dwukrotnie, wartość pracy wynosiła $W_2 = 40 \text{ J}$. Czy na podstawie tych informacji możesz ocenić, czy współczynnik tarcia o podłoże obu ścian był taki sam? Wybierz poprawną odpowiedź:



Praca przeciw sile tarcia zależy od wartości siły tarcia i długości drogi. Ponieważ droga zwiększyła się dwukrotnie, a praca zwiększyła się, ale nie proporcjonalnie do długości drogi, to świadczy o tym, że zmieniła się wartość siły tarcia. Stąd wniosek, że współczynniki tarcia nie są jednakowe dla dwóch ścian klocka.



Praca przeciw sile tarcia zależy od pola powierzchni. Jest to zależność wprost proporcjonalna. Więc siła tarcia jest stała i współczynniki tarcia dla obu ścian są identyczne.

Ćwiczenie 8



Wykres zależności siły tarcia od siły nacisku dla lodu sunącego po drewnie jest linią prostą, której współczynnik kierunkowy jest równy 0,01. Oblicz siłę tarcia pomiędzy bryłą lodu o masie 50 kg i powierzchni 0,05 m² a drewnianym podłożem.

Odpowiedź: $T =$ N

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Anna Kaczorowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie zależności siły tarcia od wielkości stykających się powierzchni
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; II. Mechanika . Uczeń: 17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wykonuje doświadczenie, w pracowni fizycznej lub wirtualnym laboratorium, pozwalające zweryfikować hipotezę dotyczącą wpływu wielkości powierzchni na wartość siły tarcia. 2. stosuje wiedzę o tarciu, rozwiązując nowy problemu badawczy. 3. analizuje wyniki doświadczenia i wyciąga wnioski, które będą dotyczyły rozstrzygnięcia problemu badawczego: czy i jak siła tarcia zależy od wielkości powierzchni trących?
Strategie nauczania:	Nauczanie problemowe – jeśli nauczyciel dysponuje wyposażoną pracownią. Odwrócona klasa- jeśli nie ma pracowni.
Metody nauczania:	Metoda aktywizująca- uczniowie w grupach wykonują doświadczenia.
Formy zajęć:	Praca w grupach oraz praca z całą klasą.
Środki dydaktyczne:	Zestaw przyrządów do wykonania doświadczenia: siłomierze, klocki o jednakowych masach i różnych polach powierzchni ścian, klocki o powierzchniach o różnych współczynnikach tarcia. Jeśli uczniowie nie mają pracowni, to potrzebny jest komputer i rzutnik.
Materiały pomocnicze:	E-materiały „Co to jest tarcie?”, „Badanie zależności siły tarcia od rodzaju powierzchni stykających się ciał”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel przypomina zdobytą wiedzę na temat siły tarcia i naprowadza uczniów na postawienie hipotezy badawczej. Uczniowie formułują hipotezę, próbując odpowiedzieć na pytanie: czy i w jaki sposób siła tarcia zależy od wielkości powierzchni stykających się?	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie podzieleni na grupy wykonują doświadczenie identyczne z tym, jakie zilustrowane jest w wirtualnym laboratorium. Wybierając odpowiednie klocki, badają, jak zależy siła tarcia od wielkości powierzchni. Uczniowie wykonują opis doświadczenia w zeszytach i wpisują wyniki pomiarów ustalając również dokładność wykonywanych pomiarów, która jest bezpośrednio zależna od rozdzielczości siłomierzy.

Jeśli nie ma pracowni, to uczniowie wykorzystują wirtualne laboratorium w domu, przed lekcją – każdy indywidualnie. W klasie konstruowanie wiedzy sprowadza się do omówienia wirtualnego eksperymentu i przytoczenia niektórych jego elementów na ekranie, wyświetlając multimedialnie w czasie lekcji.

Uczniowie formułują wnioski z doświadczeń i zapisują go w zeszytach.

Faza podsumowująca:

Po sformułowaniu wniosków uczniowie rozwiązują zadanie 7 – ewaluacja wiedzy, oraz dyskutują z nauczycielem sytuację przedstawioną w zadaniu 6. Oba zadania dotyczą syntezy i ewaluacji wiedzy.

Praca domowa:

Rozwiązanie zadań 5 i 8 z zestawu ćwiczeń w celu utrwalenia umiejętności i wiedzy.

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

Medium powinno być wykorzystane jako praca domowa w sposób wskazany w scenariuszu.