

Tarcie statyczne i kinetyczne

Program: **Coach 6**

Projekt: na ZMN060c

1. CMA Coach

Projects\PTSN Coach 6\
Tarcie\ZestawI.cma

Przykład wyników:

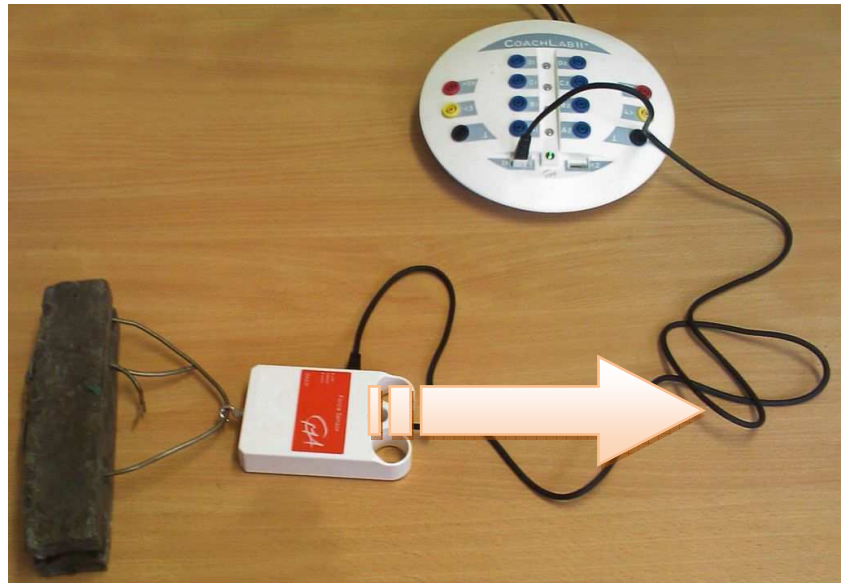
Zestaw-wynikiI.cmr

2. CMA Coach

Projects\PTSN Coach 6\
Tarcie\ZestawII.cma

Przykład wyników:

Zestaw-wynikiII.cmr



Cel ćwiczenia

- Obserwacja zjawiska tarcia;
- Wprowadzenie pojęcia tarcia statycznego i kinetycznego;

Układ pomiarowy

Układ doświadczalny składa się z zestawu ciężarków i kilku rodzajów podłoża oraz czujnika siły i linek (pozwalających przymocować ciężarki do czujnika siły). Dostępny jest również ultradźwiękowy czujnik odległości (Motion Detector CMA 0664). Służy on do rejestrowania położenia ciała w funkcji czasu. Dane z tego czujnika wykorzystywane są do zobrazowania prędkości ciała. Ciężarki mają różną masę, a część z nich także różną strukturę powierzchni. Podobnie, dostępne podłoża mają różną fakturę powierzchni. Po ustawieniu

ciężarka na podłożu i przymocowaniu go do czujnika, można rejestrować siłę działającą na ciężarek.

Dodatkowo, można rejestrować prędkość ruchu ciała, w przypadku, gdy realizowany jest wariant z czujnikiem odległości. Czujnik ten należy ustawić na gumowej nóżce lub przymocować do jednego z dostępnych statywów. Do ciężarka należy wtedy, za pomocą taśmy lub spinaczy, przymocować kartkę papieru (element, od którego odbijają się fale ultradźwiękowe). Złożoną na pół kartkę papieru można usztywnić dodatkowo, wkładając do środka metalowy pręt. Dla przejrzystości pokazu należy starać się, aby po wprowadzeniu w ruch, poruszać ciało ruchem jednostajnym prostoliniowym.

Do pierwszego gniazda analogowego konsoli pomiarowej CoachLabII⁺, wtykiem BT podłączony jest czujnik siły (CMA Force sensor (Dual range) 0663i -50N...50N). W programie ustawiono sterownik, który pozwala mierzyć siłę w zakresie do 50N. Do poprawnego przeprowadzenia pomiarów, należy ustawić czujnik na zakres „-50N ... 50N” (przełącznik na bocznej ścianie czujnika). Ultradźwiękowy czujnik ruchu (Ultrasonic Motion Detector (0664) (CMA) (0...12m)) podłączony jest wtykiem BT do piątego wejścia cyfrowego konsoli pomiarowej.

Uwaga:

1. Należy bezwzględnie uważać by na czujnik siły nie działać siłą większą niż 80 N, gdyż może to doprowadzić do jego zniszczenia. W praktyce należy zwracać uwagę, by wskazania na wykresach nie wykraczały poza przyjętą skalę.
2. Przed przystąpieniem do prezentacji doświadczenia należy przeprowadzić kilka prób, co pozwoli na wyczucie, jak w sposób płynny, przeprowadzać doświadczenie.

Wariant 1: Demonstracja różnicy pomiędzy siłą tarcia statycznego i kinetycznego

- ***Możliwy jest tylko pomiar działającej na ciało siły;***
- ***W czasie jednego pomiaru można dokonać rejestracji kilku przebiegów, a następnie porównać je.***

Ustawienia parametrów pomiaru:




Method:

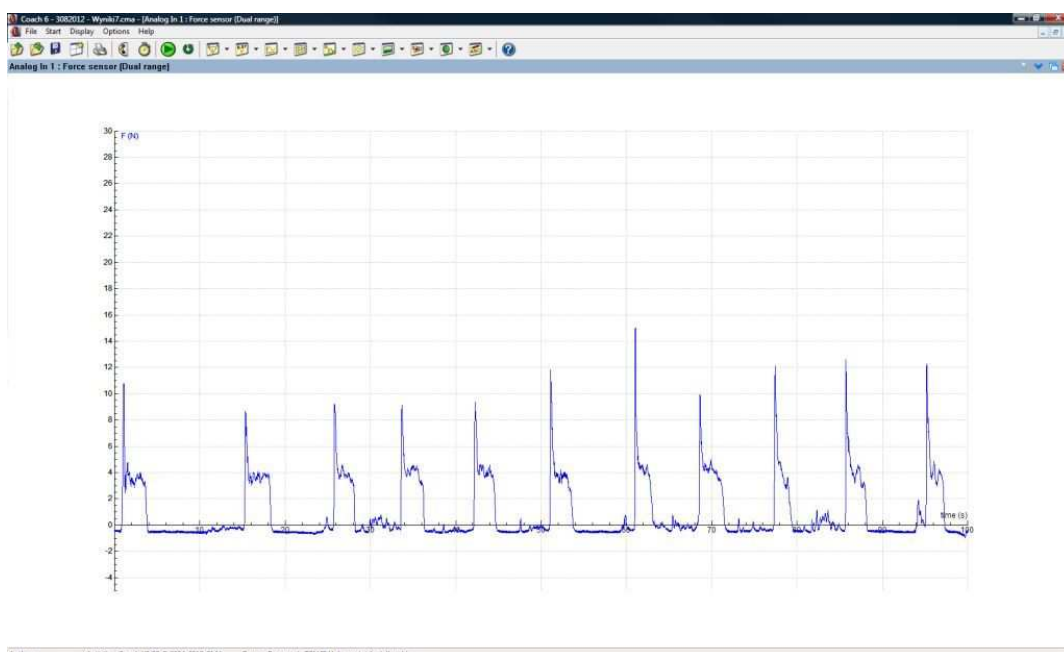
Type: Time based

Measuring time: 100 seconds

Frequency: 80 per second

Pomiar

- Ustawić ciężarek na odpowiednim podłożu;
- Za pomocą linek połączyć ciężarek z czujnikiem siły;
- Uruchomić pomiar – przycisk start (F9) ;
- Ciągnąc za czujnik siły poruszać ciężarek (ruch jednostajny prostoliniowy ułatwia obserwację zjawiska);
- Pomiary można powtórzyć kilkakrotnie, zmieniając rodzaj podłoża i stosowane ciężarki, a także ich ułożenie w trakcie doświadczenia;



Wariant 2: Demonstracja siły tarcia, jako dodatkowej siły występującej w układzie



Wprowadzenie do układu ultradźwiękowego czujnika odległości

- *Możliwy jest pomiar działającej na ciało siły oraz położenia i prędkości ruchu ciała;*
- *W czasie jednego pomiaru można dokonać rejestracji jednego przebiegu;*
- *Doświadczenie umożliwia wprowadzenie pojęcia tarcia.*

Ustawienia parametrów pomiaru:




Method:

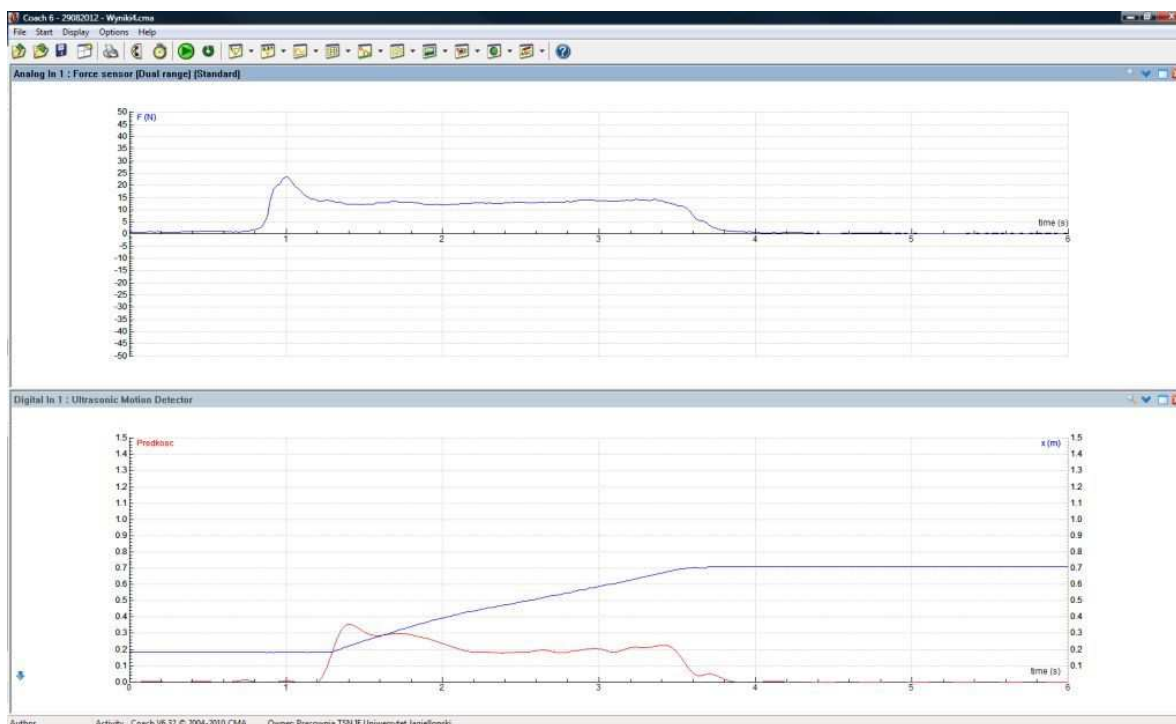
Type: Time based

Measuring time: 6 seconds

Frequency: 12 per second

Pomiar

- Ustawić ciężarek na odpowiednim podłożu;
- Za pomocą linek połączyć ciężarek z czujnikiem siły;
- Czujnik odległości ustawić na gumowej nóżce lub przymocować do jednego z dostępnych statywów;
- Do badanego ciała, przy użyciu taśmy lub spinaczy, przymocować kartę papieru i usztywnić ją (np. za pomocą metalowego pręta);
- Uruchomić pomiar – przycisk start (F9) ;
- Ciągnąc za czujnik siły poruszać ciężarek tak, by jego ruch był ruchem jednostajnym prostoliniowym;



Ogólny widok okna pomiarowego wariantu 2

Informacje odnośnie całego doświadczenia

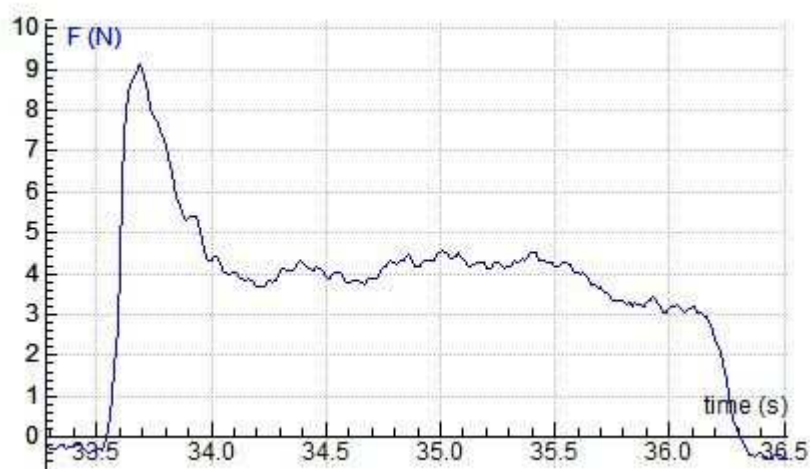
Obserwacje:

Można zaobserwować, że działająca na spoczywające ciało siła rośnie do momentu, gdy zaczyna się ono poruszać. W momencie, gdy ciało zaczyna się poruszać, działająca na nie siła maleje i w ciągu trwania ruchu stabilizuje się na określonym poziomie. Pomimo, iż w trakcie doświadczenia, na ciało działa stała siła, porusza się ono ruchem jednostajnym prostoliniowym, co świadczy o występowaniu dodatkowej siły, równoważącej tą, którą działa eksperymentator. Dla danego ciała, poruszającego się z tą samą prędkością, ale po różnych powierzchniach, rejestruje się różne wartości działającej siły. Na danej powierzchni, wartości rejestrowanej siły są niezależne od tego, czy ciężarki ułożone są jeden na drugim, czy ślizgają się jeden za drugim, tworząc połączony układ.

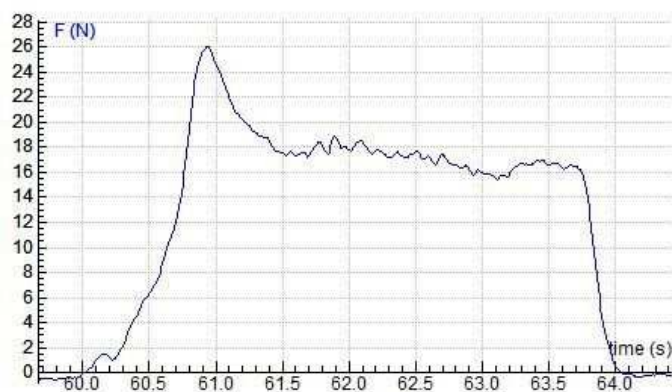
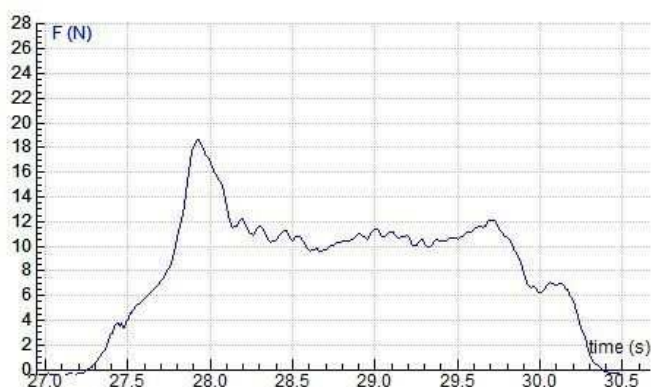
Wnioski

Ponieważ, przed rozpoczęciem ruchu, na ciało należy zadziałać odpowiednią siłą, by mogło ono przejść ze spoczynku do ruchu, można wnioskować o istnieniu pewnej siły, która „przytrzymuje” to ciało w spoczynku. Podobnie, w czasie ruchu, musi istnieć dodatkowa siła, która hamuje ruch ciała, skoro działając na nie stałą siłą, porusza się ono ruchem jednostajnym, prostoliniowym. Jest to wniosek wynikający z pierwszej zasady dynamiki Newtona, która mówi, że ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, gdy nie działa na nie siła lub działające siły się równoważą. Zatem, w trakcie doświadczenia, musi na poruszające się ciało działać dodatkowa siła, która równoważy siłę, którą działa eksperymentator. Siła ta jest zależna od rodzaju podłoża, a ściślej od jego faktury, bo ta wielkość odróżniała podłoża stosowane w doświadczeniu, oraz nacisku ciała na powierzchnię – rejestrowano różne siły dla różnych mas ciężarków. Nie zależy natomiast od powierzchni, którymi stykają się ciała – rejestrowano równe siły dla różnych ułożeń ciężarków o tych samych masach.

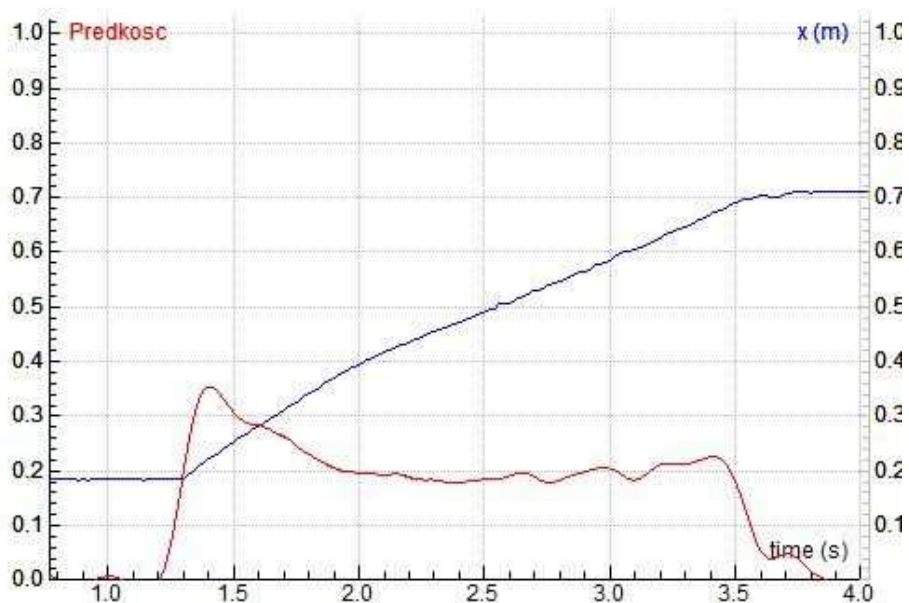
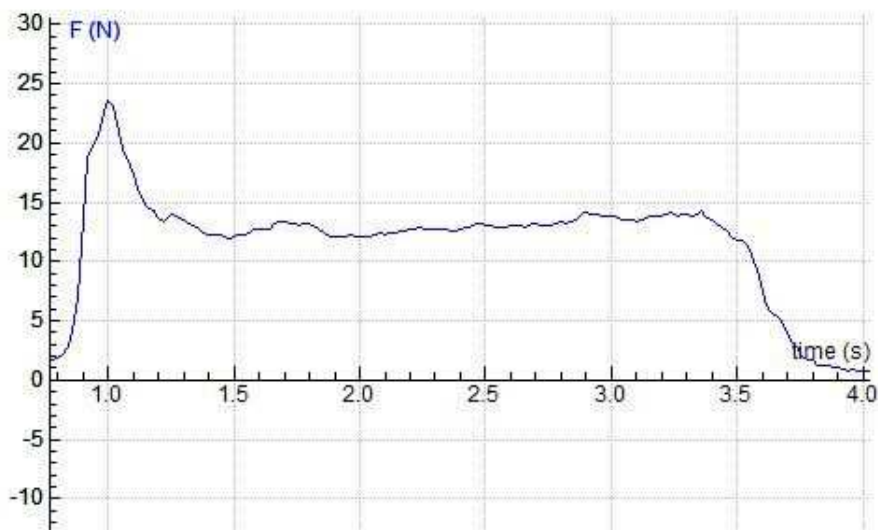
Przykładowe wyniki



Wykres siły działającej na ciało.



Porównanie siły dla ruchu ciała na dwóch różnych podłożach



Wykresy siły działającej na ciało oraz prędkości ciała zarejestrowane w funkcji czasu obrazują konieczność działania stałej siły, by ruch odbywał się ze stałą szybkością. Stanowi to podstawę do dyskusji.

Wyjaśnienie zjawiska

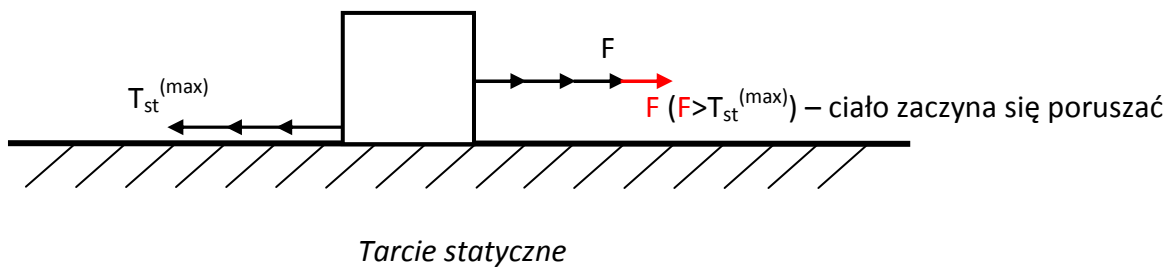
Tarcie ślizgowe występuje, gdy powierzchnie dwóch stykających się ciał stałych przesuwały się względem siebie lub spoczywają, ale istnieje siła dążąca do ich przesunięcia.

Tarcie spoczynkowe jest rodzajem tarcia ślizgowego. Występuje pomiędzy dwoma stykającymi się ciałami, w sytuacji, kiedy nie przemieszczają się one względem siebie. Maksymalna siła tarcia statycznego T_{st} jest proporcjonalna do nacisku ciał N , a współczynnikiem proporcjonalności jest współczynnik tarcia statycznego μ_{st} zależny od

rodzaju materiału. Tarcie spoczynkowe przeciwstawia się sile dążącej do poruszenia ciała – jest skierowane przeciwnie do niej. Maksymalna siła tarcia statycznego wyraża się wzorem:

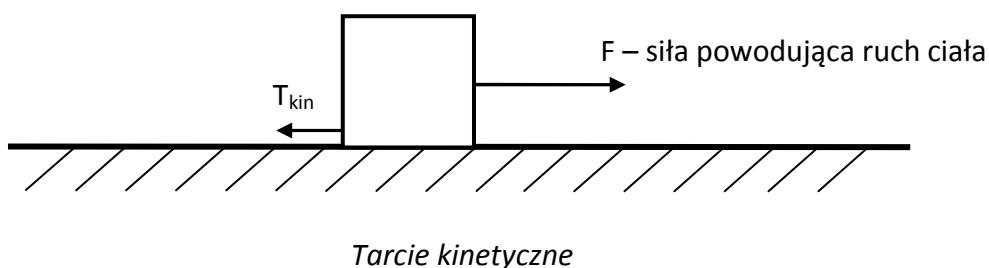
$$T_{st} = N \cdot \mu_{st}$$

W przypadku działania na spoczywające ciało siłą mniejszą od wartości maksymalnej siły tarcia, ciało pozostaje w spoczynku, a wartość siły tarcia ma wartość równą działającej sile. Zainicjowanie ruchu ciała (przejście od spoczynku do ruchu) wymaga, zadziałania siłą F , która pokona siłę tarcia statycznego T_{st} . Ciało zacznie się poruszać, gdy $F > T_{st}$.

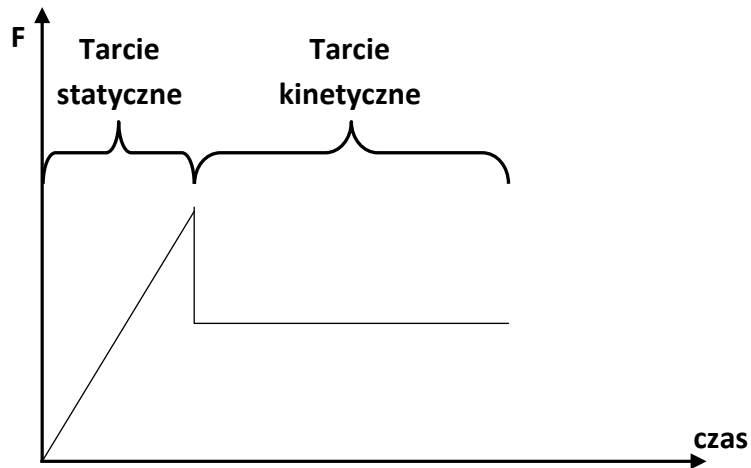


Tarcie kinetyczne jest również rodzajem tarcia ślizgowego. Występuje pomiędzy dwoma ciałami ślizgającymi się (przesuwającymi się) po sobie. Podobnie, jak w przypadku tarcia statycznego, siła tarcia kinetycznego T_{kin} jest proporcjonalna do nacisku ciał N , a współczynnikiem proporcjonalności jest współczynnik tarcia kinetycznego μ_{kin} zależny od rodzaju materiału. Wielkość ta jest niezależna od wielkości powierzchni stykających się ciał. Tarcie kinetyczne przeciwstawia się sile powodującej ruch (hamuje ruch ciała) – jest skierowane przeciwnie do niej. Siła tarcia kinetycznego wyraża się wzorem:

$$T_{kin} = N \cdot \mu_{kin}$$



Dla danego materiału współczynnik tarcia statycznego, jest większy od współczynnika tarcia kinetycznego: $\mu_{st} > \mu_{kin}$. Związane jest to z koniecznością pokonania sił adhezji (przylegania do siebie powierzchni ciał poprzez działanie sił międzycząsteczkowych) działających między spoczywającymi ciałami.



Porównanie tarcia statycznego i kinetycznego

Przykłady zestawienia układu

