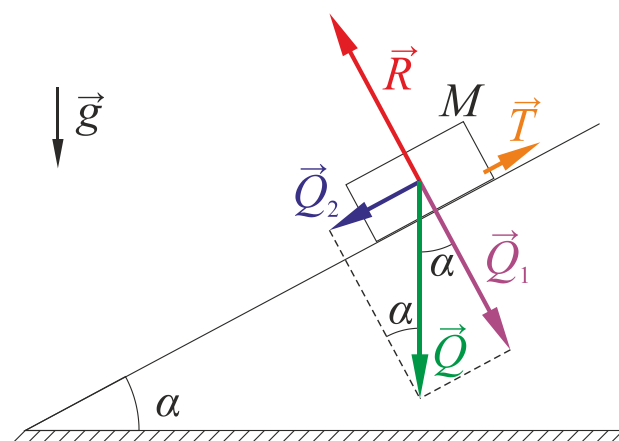


PF12 Wyznaczanie statycznego i kinetycznego współczynnika tarcia przy pomocy równi pochyłej

Równia pochyła jest przykładem maszyny prostej. Jej konstrukcja składa się z płaskiej powierzchni nachylonej pod kątem α do poziomu. Za jej pomocą możliwe jest przemieszczanie ciała na wyższy poziom przy użyciu mniejszej siły niż wartość ciężaru, ponieważ część ciężaru jest równoważona przez siłę reakcji równi.



Siła wypadkowa działająca na ciało jest złożeniem ciężaru $\vec{Q} = M\vec{g}$ (gdzie \vec{g} to przyspieszenie ziemskie, którego wartość wynosi $g \approx 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, m to masa ciała), reakcji równi \vec{R} i siły tarcia \vec{T}

$$\vec{F}_w = \vec{Q} + \vec{R} + \vec{T}.$$

Ciężar \vec{Q} można rozłożyć na dwie składowe

$$\vec{Q} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2.$$

Pierwsza, \vec{Q}_1 , jest prostopadła (normalna) do równi i pełni rolę nacisku na nią, druga, \vec{Q}_2 , jest równoległa (styczna) do równi i odpowiada za zsuwanie ciała z równi. Wartości tych składowych można wyznaczyć na podstawie zależności trygonometrycznych zastosowanych w trójkącie zbudowanym z tych wektorów:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q \cos \alpha \\ Q_2 &= Q \sin \alpha. \end{aligned}$$

Pierwszą składową równoważy siła sprężystości (reakcja) równi \vec{R} . Drugiej sile przeciwstawia się siła tarcia \vec{T} .

Tarcie statyczne

W sytuacji statycznej, gdy ciało nie porusza się, siła tarcia ma kierunek i wartość siły wymuszającej ruch, jednak przeciwny doń zwrot, mówimy wtedy o tarcu statycznym. Wartość tarcia statycznego zależy od siły wymuszającej ruch i spełnia zależność

$$T_s \leq T_{s,\max} = f_s Q_1,$$

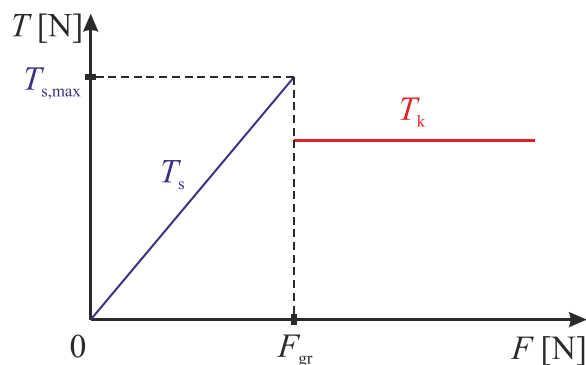
gdzie f_s to współczynnik tarcia statycznego.

Gdy ciało porusza się, siła tarcia ma stałą wartość, kierunek prędkości i przeciwny doń zwrot, mówimy wtedy o tarcu kinetycznym:

$$T_k = f_k Q_1,$$

gdzie f_k to współczynnik tarcia kinetycznego.

Dla przypadku statycznego, wartość siły tarcia jest zależna od wartości siły usiłującej poruszyć ciało, a dla sytuacji kinetycznej przyjmuje on stałą wartość, niezależnie od wartości siły wymuszającej ruch. Wartość siły tarcia w zależności od siły wymuszającej ruch przedstawiono na wykresie 1.



Wykres 1 Wykres siły tarcia statycznego i kinetycznego w zależności od siły wymuszającej ruch.

Ciało zacznie się poruszać, gdy siła wymuszająca ruch będzie większa niż maksymalna siła tarcia statycznego $T_{s,\max}$. Współczynnika tarcia statycznego ma większą wartość niż współczynnika tarcia kinetycznego.

Wartość współczynnika tarcia statycznego można wyznaczyć z warunku równowagi sił

$$\vec{F}_w = \vec{Q}_2 + \vec{T} = 0$$

$$Mg \sin \alpha_0 = Mg f_s \cos \alpha_0$$

Wynika z tego, że jego wartość odpowiada tangensowi kąta, przy którym ciało zaczyna zsuwać się z równi

$$f_s = \operatorname{tg} \alpha_0.$$

Tarcie kinematyczne

Ciało zsuwa się z równi, gdy siła zsuwająca ma większą wartość niż siła tarcia. Działa wtedy stała wypadkowa siła \vec{F}_w , która nadaje ciału przyspieszenie \vec{a} . Wobec tego, klocek będzie się poruszał ruchem jednostajnie przyspieszonym

$$\vec{F}_w = \vec{Q}_2 + \vec{T}$$

$$\vec{F}_w = M\vec{a}.$$

Składowe normalne sił do powierzchni równi wzajemnie się znoszą, dlatego za poruszanie się będą odpowiadać składowe styczne do powierzchni równi

$$Ma = Q_2 - T$$

$$= Mg \sin \alpha - Mg f_k \cos \alpha,$$

gdzie f_k to współczynnik tarcia kinetycznego, którego wartość można otrzymać ze wzoru

$$f_k = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha}.$$

Przyspieszenie zsuwającego się ciała najłatwiej znaleźć znając długość równi s oraz czas t w jakim ciało zsuwa się

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$