



Jak wyznaczyć moment siły?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak wyznaczyć moment siły?

Czy to nie ciekawe?

Niektóre śruby dokręcamy tak mocno, jak tylko możemy. Ale zdarza się, że dokręcamy śrubę z miękkiego metalu lub wręcz plastikową. Wtedy zamiast połączyć elementy mocowania, możemy ją zniszczyć... Skąd mamy wiedzieć „jak mocno” właściwie tę śrubę dokręcamy? Będziemy musieli zmierzyć lub obliczyć moment siły, jakim działamy. Jak to zrobić?



Rys. a. Klucz dynamometryczny

Twoje cele

W tym materiale:

- dowiesz się, jak obliczyć wartość momentu siły,
- dowiesz się, czym jest klucz dynamometryczny i kiedy się go używa,
- zapoznasz się z przykładowymi wartościami momentów sił stosowanych w technice,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań rachunkowych i problemowych.

Przeczytaj

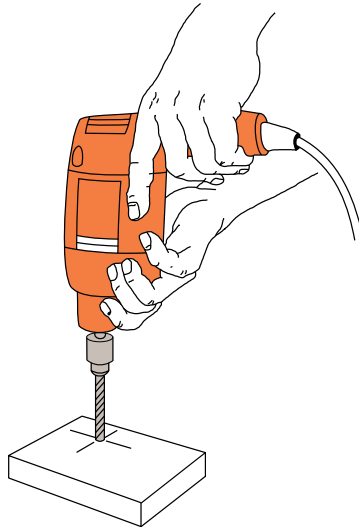
Warto przeczytać

Moment siły zdefiniowany jest jako iloczyn wektorowy dwóch wektorów. Pierwszy z nich to wektor łączący oś obrotu ciała z punktem przyłożenia do niego siły. Drugi, to ta przyłożona siła:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}.$$

Skoro jednostką odległości w układzie SI jest metr, a siły niuton, to jednostką momentu siły będzie iloczyn niutona i metra. Przyjęło się potocznie nazywać tę jednostkę **niutonometrem**.

Wartość momentu siły, wyrażona w niutonometrach, będzie pojawiać wszędzie tam, gdzie pojawia się ruch obrotowy, np. dla elektrycznej wiertarki ręcznej (Rys. 1.):



Rys. 1. Schemat działania wiertarki elektrycznej. [Włodzimierz Wysocki - Praca własna, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4589104>]

Pomińmy tu specyfikację techniczną urządzenia, dla którego producent zazwyczaj podaje maksymalny moment siły w układzie napędowym. Natomiast dla wiertła i substancji, w której wiercimy otwór, da się zdefiniować współczynnik tarcia, będący ilorazem momentu siły tarcia między wiertłem a wierconym obiektem oraz siłą nacisku wiertła na ten obiekt. Oznacza to w szczególności, że - w przeciwieństwie do współczynnika tarcia

w ruchu postępowym - współczynnik tarcia będzie miał wymiar długości (niutonometr podzielony przez niuton daje metr).

Problem 1

W trzech substancjach - stali, drewnie i asfalcie - wiercono otwory stalowym wiertłem. Dopasuj do par materiałów wartości współczynnika tarcia ("obrotowego", a więc wyrażonego w metrach).

stal-stal	6 mm
stal-drewno	0,05 mm
stal-asfalt	0,8 mm

Podobną informację jak w specyfikacji wiertarki znajdziemy w opisie silnika samochodowego, informującą, jaki moment siły przenoszony jest na [wał korbowy](#).

Aby obliczyć wartość momentu siły, musimy znać trzech wielkości:

- wartości przyłożonej siły,
- wektora prostopadłego do osi obrotu, wskazującego punkt przyłożenia siły, tj. jej ramienia
- kąta, jaki tworzą siła i jej ramię

Znając te wielkości, wartość momentu siły możemy znaleźć jako

$$|\vec{M}| = |\vec{r} \times \vec{F}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin \alpha$$

Uwaga: jeśli ramię siły jest do niej prostopadłe, sinus przyjmuje wartość równą 1.

Aby bezpośrednio zmierzyć moment siły, możemy skorzystać z narzędzia – klucza dynamometrycznego. Jest to rodzaj klucza, który pozwala dokręcać śruby z określoną wartością momentu siły. Przykładowy klucz zaprezentowano na Rys. 2.:



Rys. 2. Klucz dynamometryczny

Przykładowa konstrukcja takiego klucza zawiera w sobie mechanizm sprężynowy – przekręcając pokrętło, którym ustawiamy pożądany moment siły, skracamy lub wydłużamy sprężynę, zmniejszając lub zwiększając jej naciąg. Sprężyna ta jest połączona z mechanizmem zapadkowym, który „klika” w momencie osiągnięcia ustalonej na skali wartości. To, z jakim momentem siły należy dokręcić śrubę, zależy od materiału, z którego jest wykonana, jej rozmiarów i przeznaczenia elementu, który przykręcamy. Np. śruby mocujące koło samochodowe przykręca się z momentem siły 80-120 Nm, ale małe plastikowe śruby stosowane do mocowania elementów wnętrza czy aluminiowych bagażników dachowych to już moment siły z zakresu 5-15 Nm. Natomiast duże śruby, stanowiące część konstrukcji stalowych, dokręca się z momentami siły przekraczającymi dziesiątki tysięcy Nm.

Słowniczek

wał korbowy

(ang.: *crankshaft*) element konstrukcyjny silnika, rodzaj wału, służącego do zamiany ruchu posuwisto-zwrotnego na ruch obrotowy.

Film samouczek

Jak wyznaczyć moment siły?

W filmie prezentujemy sposób obliczenia wartości momentu siły przy dokręcaniu śruby kluczem płaskim. Obejrzyj film i wykonaj polecenie.

Polecenie 1

Oblicz wartość momentu siły mając dane: wartość siły $F = 10 \text{ N}$, odległość między osią obrotu a punktem przyłożenia siły $r = 30 \text{ cm}$ oraz kąt między wektorami $\vec{r}$ i $\vec{F}$ równy 30° .

Odpowiedź: Nm

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Który wzór jest poprawnym wzorem na obliczenie wartości momentu siły?

☐ $|\vec{M}| = |\vec{r} \times \vec{F}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \cos \alpha$

☐ $|\vec{M}| = |\vec{r} \cdot \vec{F}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin \alpha$

☐ $|\vec{M}| = |\vec{r} \cdot \vec{F}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \cos \alpha$

☐ $|\vec{M}| = |\vec{r} \times \vec{F}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin \alpha$

Ćwiczenie 2



Wskaż wszystkie stwierdzenie, które są poprawnym zakończeniem zdania:

Przykręcanie śrub z momentem siły większym niż przewidziany może spowodować:

☐ zniszczenie klucza, którym śruba jest dokręcana

☐ zniszczenie śruby

☐ utrudnienie odkręcenia śruby w przyszłości

☐ zniszczenie dokręcanego elementu

Ćwiczenie 3



Małe dziecko zaczęło wspinać się po półce z książkami, której półki zamocowane są prostopadłe do ściany. Głębokość półki wynosi 25 centymetrów, a masa dziecka 15 kilogramów. Jaki jest moment siły, działający na mocowanie półek w ścianie? Odpowiedź podaj w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: Nm

Ćwiczenie 4



W gospodarstwie domowym stosuje się różne rozmiary słoików. Które z nich łatwiej odkręcić?



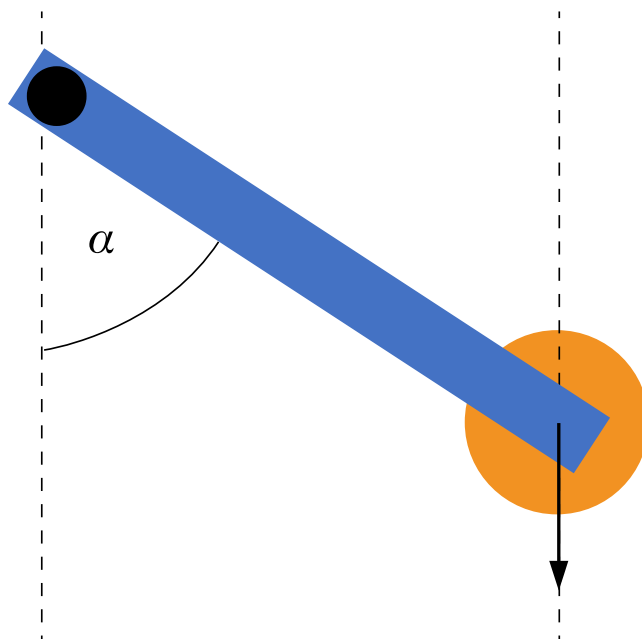
- ☐ Moment odkręcający i dokręcający nie zależą od promienia słoika
- ☐ Te o małych pokrywkach, ponieważ łatwiej je chwycić
- ☐ Żadna z wymienionych odpowiedzi nie jest prawidłowa
- ☐ Te o dużych pokrywkach, ponieważ działając tą samą siłą działamy większym momentem siły

Ćwiczenie 5



Ramię robota o długości $l = 1,5$ metra uniosło ciężar o masie $m = 20$ kg i zatrzymało się w pozycji roboczej pod kątem $\alpha = 45^\circ$ odchylenia od pionu, jak na rysunku. Jaka jest wartość momentu siły działającego na ramię tego robota, wynikającego z działania siły grawitacji na podnoszony ciężar?

Wynik podaj w zaokrągleniu do czterech cyfr znaczących.



Odpowiedź: Nm

Ćwiczenie 6

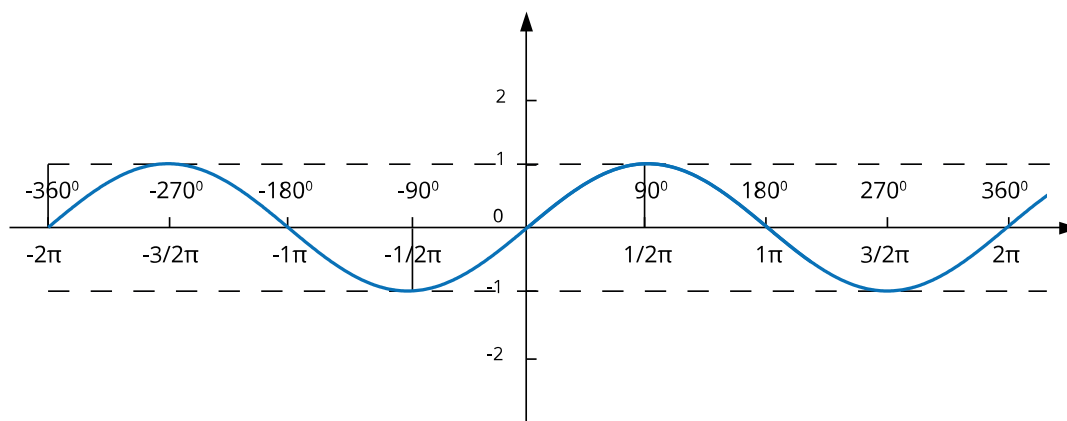


Na budowie pracuje dwóch robotników o masie $m_1 = 80$ kg i $m_2 = 120$ kg, których zadaniem jest dokręcanie śrub z przewidzianym w normie momentem siły $M = 1000$ Nm. Pracują z kluczem budowlanym o długości $r = 2$ m. Rozwiąż odpowiednie równania i znajdź funkcję, która pozwoli odpowiedzieć na pytanie, w jakiej odległości r_2 powinien obciążyć klucz swoją masą drugi robotnik, jeśli pierwszy zawiesił się w odległości r_1 . Sporządź wykres i oceń zakres, w którym rozwiązanie ma sens fizyczny.

Ćwiczenie 7



Na wykresie zaprezentowano przebieg funkcji sinus. Znając definicję momentu siły, wskaż dla jakiego kąta przyłożenia siły do ciała moment siły osiągnie maksymalną wartość.



☐ 45 stopni

☐ 90 stopni

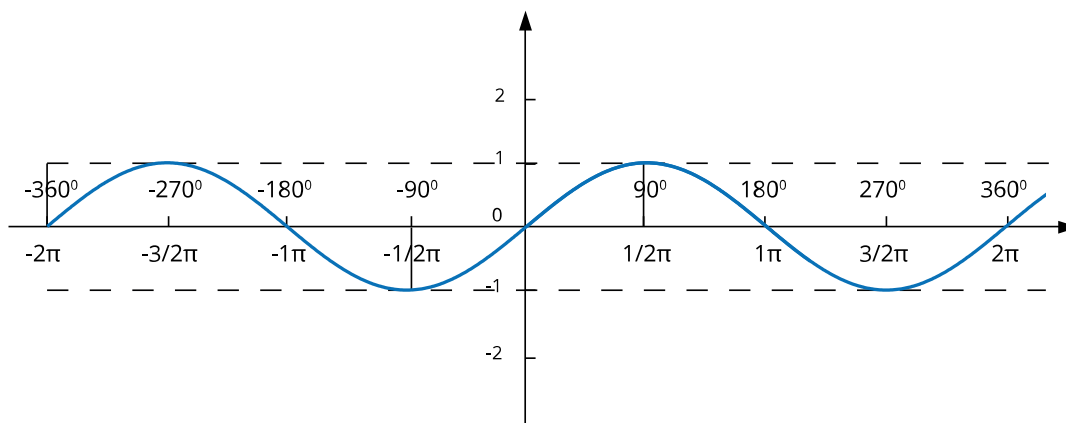
☐ 180 stopni

☐ 0 stopni

Ćwiczenie 8



Na wykresie zaprezentowano przebieg funkcji sinus. Znając definicję momentu siły wskaż, jak należy rozumieć znak minus, który pojawi się w równaniu $|\vec{M}| = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin \alpha$, gdy kąt pomiędzy wektorami $\vec{r}$ i $\vec{F}$ znajduje się w przedziale 180-360 stopni.



- ☐ Zwrot momentu siły staje się przeciwny do zwrotu momentu siły, gdy kąt zawiera się w zakresie 0-180 stopni
- ☐ Żadne z powyższych
- ☐ Kierunek momentu siły staje się przeciwny do kierunku momentu siły, gdy kąt zawiera się w zakresie 0-180 stopni
- ☐ Wartość momentu siły staje się ujemna

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Dariusz Aksamit
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak wyznaczyć moment siły?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; III. Mechaniki bryły sztywnej. Uczeń: 3) stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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. obliczy wartość momentu siły. 2. wyjaśni, czym jest klucz dynamometryczny i kiedy się go używa. 3. poda przykładowe wartości momentów sił stosowanych w technice.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - ćwiczenia praktyczne.
Formy zajęć:	Praca grupowa
Środki dydaktyczne:	Komputer z dostępem do Internetu i projektorem multimedialnym, siłomierze
Materiały pomocnicze:	klucz dynamometryczny, narzędzia (klucze, śruby)
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel prezentuje uczniom klucz dynamometryczny. Przedstawia zasadę działania takiego klucza i sposób jego wykorzystania w mechanice. Następnie przypomina definicję momentu siły, prezentując film z niniejszego e-materiału. Nauczyciel rozdaje uczniom zwykłe klucze i śruby. Nauczyciel informuje uczniów, że ich zadaniem jest dokręcić śrubę z zadany momentem siły, który nauczyciel ustawia na kluczu dynamometrycznym.	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie przystępują do obliczeń, biorąc pod uwagę dostępne rozmiary kluczy i szacując wartość siły, jaką mogą zadziałać na nie ręką. Następnie dociągają śrubę za pomocą siłomierza (kontrolując jego wskazanie), który przymocowali do klucza w wybranej przez siebie odległości. Po zakończeniu tej czynności nauczyciel wręcza im klucz dynamometryczny do sprawdzenia, czy moment siły, z jakim uważają, że dokręcili śrubę, faktycznie jest taki, jak zaplanowany.

Faza podsumowująca:

Na koniec lekcji nauczyciel prosi uczniów o rozwiązanie w podgrupach zadań 3, 5, 6, 8 z niniejszego e-materiału. Nauczyciel pełni rolę doradcy i kontroluje pracę uczniów.

Praca domowa:

Zadania 1, 2, 4, 7 z części „Sprawdź się”.

Dodatkowo chętnych uczniów nauczyciel prosi o sprawdzenie, jakie są momenty siły w silnikach wybranych przez nich samochodów osobowych i zinterpretowanie tych wartości.

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

Film samouczek można zaprezentować pod koniec lekcji jako jej podsumowanie.