



Jak działa dźwignia jednostronna?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak działa dźwignia jednostronna?

Czy to nie ciekawe?

Jedzenie orzechów włoskich jest zdaniem lekarzy bardzo zdrowe. Niestety, smaczna część orzecha – zwana nasieniem – ukryta jest pod zdrewniałą skorupą – łupiną. Łupina potrafi być niezwykle twarda i jeśli nie ma na niej drobnych pęknięć, to bardzo trudno rozłupać łupinę w rękach. Ale wystarczy proste urządzenie, czyli „dziadek do orzechów”, aby nawet dziecko mogło bez problemu rozłupać orzech. Jak to możliwe, skoro działanie naszych mięśni pozostało bez zmiany? Odpowiedź znajdziemy analizując działanie dźwigni jednostronnej.



Rysunek a. Dziadek do orzechów – przykład dźwigni jednostronnej.

Twoje cele

W tym materiale:

- dowiesz się, czym jest dźwignia jednostronna,
- opiszesz matematycznie pracę dźwigni jednostronnej,
- przeanalizujesz praktyczne zastosowania dźwigni jednostronnej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

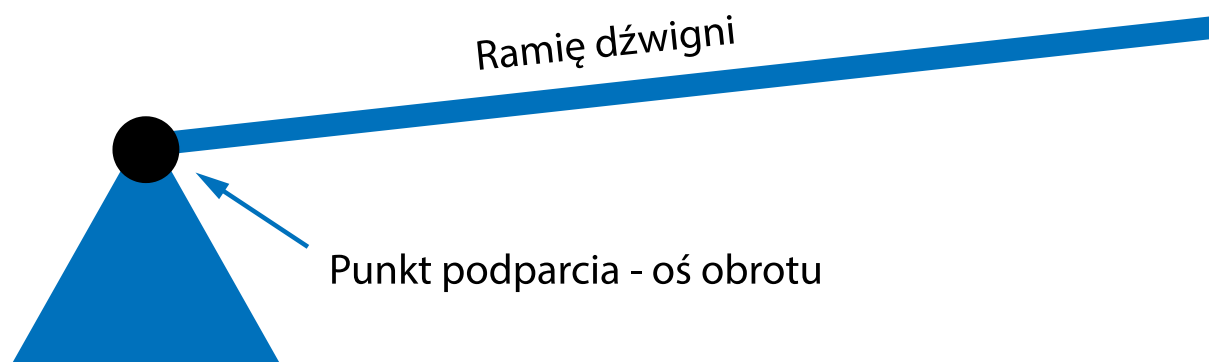
Dźwignia jednostronna jest jednym z przykładów **maszyn prostych**. Są to urządzenia, które pozwalają na zmianę kierunku działania siły lub na zmianę jej wartości. Z dźwignią jednostronną można spotkać się na co dzień w wielu miejscach – na Rys. 1. przedstawiono różne przykłady jej zastosowań.



Rys. 1. Przykłady dźwigni jednostronnych

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/illustrations/okno-drzwi-%C5%9Bciana-pok%C3%B3j-wej%C5%9Bcie-5012239/> [dostęp 6.04.2022 r.], dostępny w internecie: <http://perfectiocontractors.com/nagesh-badu-vych7pi6v1q-unsplash/> [dostęp 6.04.2022 r.], dostępny w internecie: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:At_the_Gdansk_airport_\(Unsplash\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:At_the_Gdansk_airport_(Unsplash).jpg) [dostęp 6.04.2022 r.], domena publiczna.

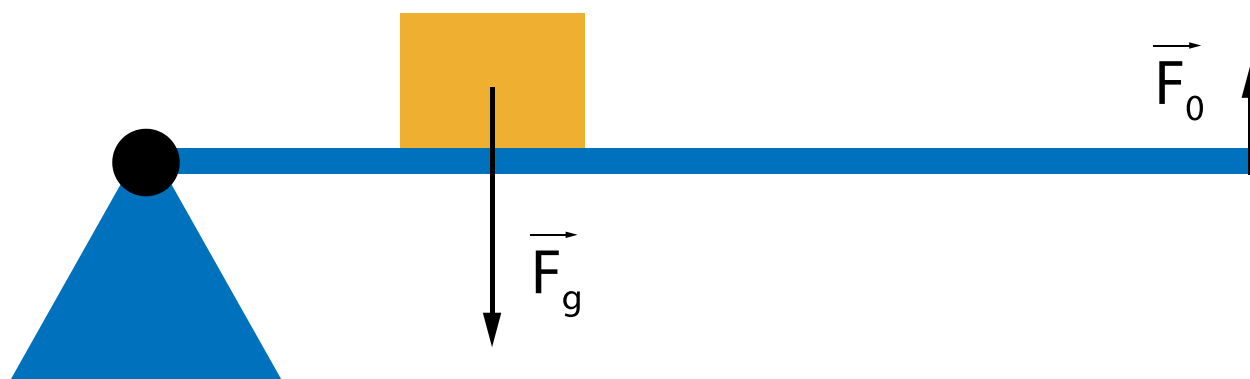
Dźwignia jednostronna jest to zatem **maszyna prosta**, składająca się z ramienia dźwigni i punktu podparcia, który zlokalizowany jest na jednym z końców tego ramienia. Przez punkt podparcia przechodzi oś obrotu ramienia. Schematycznie możemy je przedstawić tak, jak na Rys. 2.:



Rys. 2. Schematyczna budowa dźwigni jednostronnej.

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

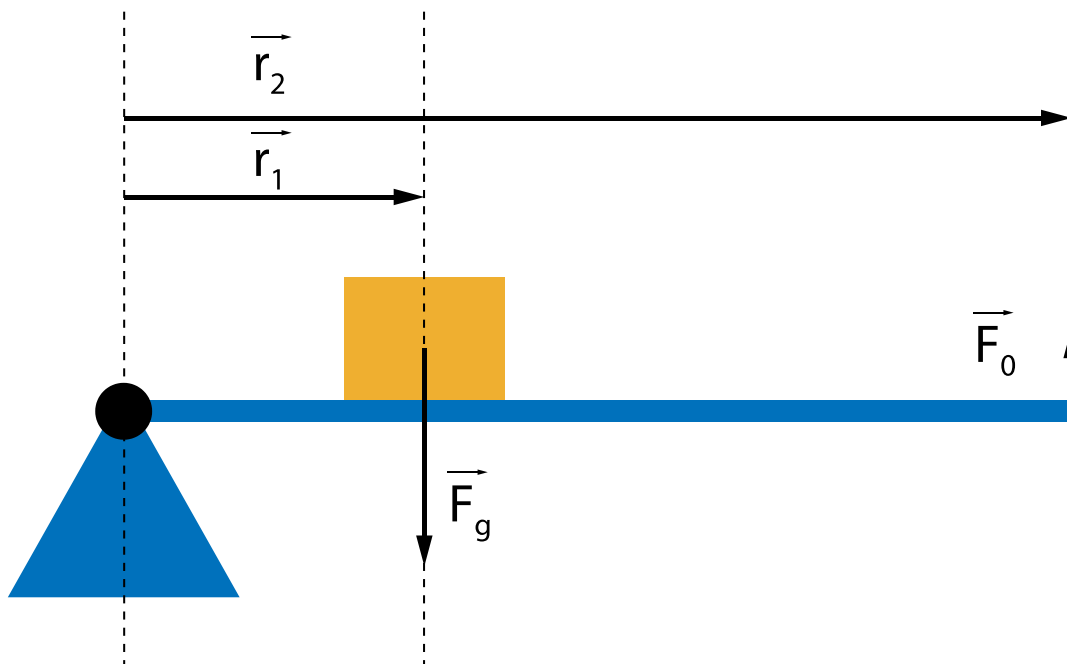
Dźwignie służą do podnoszenia ciężarów. Na Rys. 3. widzimy ciężar umieszczony na ramieniu dźwigni, na który działa siła grawitacji \vec{F}_g . Aby podnieść ten ciężar do góry, należy przyłożyć do końca dźwigni siłę \vec{F}_0 . W przypadku dźwigni jednostronnej zarówno siła, jaką przykładamy do ramienia dźwigni, jak i ciężar, znajdują się po tej samej stronie względem punktu podparcia dźwigni (w przeciwieństwie do [dźwigni dwustronnej](#)).



Rys. 3. Ciężar umieszczony na dźwigni jednostronnej.

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

Patrząc na długości wektorów na Rys. 3. widzimy, że wartość wektora \vec{F}_0 jest mniejsza niż wartość wektora \vec{F}_g . O ile mniejsza? Zwróćmy uwagę, że siła \vec{F}_g przyłożona jest w pewnej odległości od osi obrotu dźwigni – powoduje zatem powstanie momentu siły. Aby dźwignia pozostała w równowadze, przyłożona siła \vec{F}_0 musi mieć moment siły identyczny co do wartości, ale o przeciwnym zwrocie. Przyjmijmy oznaczenia jak na Rys. 4.



Rys. 4. Oznaczenia potrzebne do wyprowadzenia równania dźwigni jednostronnej.

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

Wtedy równowagę momentów sił zapiszemy jako:

$$\vec{M}_g + \vec{M}_0 = \vec{0}$$

$$\vec{r}_1 \times \vec{F}_g + \vec{r}_2 \times \vec{F}_0 = \vec{0}$$

$$\vec{r}_1 \times \vec{F}_g = -\vec{r}_2 \times \vec{F}_0$$

Znak „-” oznacza w tym wypadku, że wektory momentów sił mają przeciwne zwroty. Jest to konsekwencją tego, że wektory sił \vec{F}_0 i \vec{F}_g są przeciwnie skierowane, czyli mają przeciwny zwrot, co zgadza się z codziennym doświadczeniem. Przyjmując, że kierunek przyłożenia sił jest prostopadły do ramienia dźwigni, po wykonaniu mnożenia wektorowego otrzymamy następującą zależność na wartość siły, którą musimy przyłożyć na końcu ramienia dźwigni:

$$r_1 F_g = r_2 F_0$$

$$F_0 = \frac{r_1}{r_2} F_g$$

Wzór ten łatwo zastosować w praktyce.

Przykład 1: Jeśli ciało o ciężarze F_g umieściliśmy w połowie długości ramienia, to aby je unieść do góry musimy przyłożyć do końca dźwigni siłę $\frac{F_g}{2}$. Dlaczego? Ponieważ wtedy:

$$F_0 = \frac{r_1}{r_2} F_g = \frac{\frac{r_2}{2}}{r_2} F_g = \frac{F_g}{2}$$

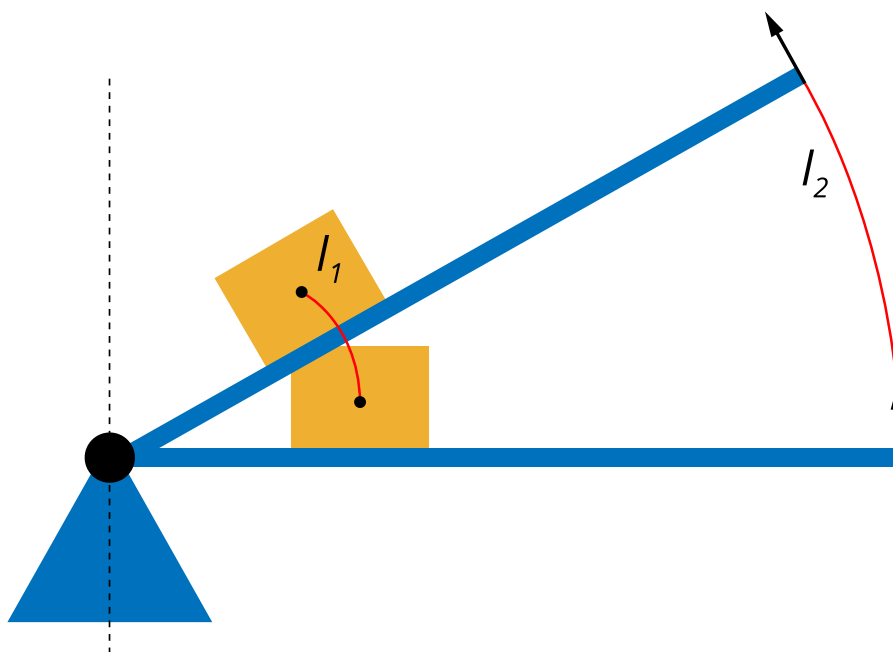
Przykład 2: Jak długie musi być ramię dźwigni jednostronnej, aby unieść ciężar F_g znajdujący się w odległości r_1 od punktu podparcia dźwigni, używając siły o wartości $1/10$

podnoszonego ciężaru?

$$F_0 = \frac{r_1}{r_2} F_g \rightarrow r_2 = \frac{r_1}{F_0} F_g = \frac{r_1}{\frac{F_g}{10}} F_g = 10 r_1$$

Warto się zastanowić, czy nie jest łamana zasada zachowania energii, gdy korzystamy z dźwigni – skoro jesteśmy w stanie unieść ten sam ciężar używając mniejszej siły? Oczywiście, nie łamiemy zasady zachowania energii – należy przypomnieć, że zmiana energii ciała wymaga wykonania pracy. W tym wypadku zwiększamy lub zmniejszamy energię potencjalną grawitacji ciała $E_{\text{pot}} = mgH$, gdzie m to masa ciała, g to przyspieszenie ziemskie, a H to wysokość środka masy tego ciała względem wybranego poziomu odniesienia. Aby zwiększyć wysokość, na jakiej jest ciało, siła \vec{F}_0 musi wykonać pracę $mg\Delta h$, niezależnie od tego, gdzie będzie przyłożona. Rzecz w tym, że, z definicji, praca to $W = Fs$, gdzie F to siła, która wykonuje pracę, a s to droga przebyta przez ciało. Wzór jest słuszny, gdy kierunek działania siły pokrywa się z kierunkiem przesuwanego ciała. Nie ma różnicy, czy przyłożymy dużą siłę na krótkiej drodze, czy małą siłę na długiej drodze – efekt z punktu widzenia pracy i energii będzie ten sam: $W = F_1 s_1 = F_2 s_2$. Sprawdźmy, czy ta równość zachodzi w omawianym przez nas przypadku.

W przypadku dźwigni jednostronnej należy zauważyć, że długości l_1 i l_2 , zaznaczone na Rys. 5., są długościami łuków, leżących na okręgach, których środek wyznacza punkt podparcia dźwigni.



Rys. 5. Różne długości łuków zakreślane przez środek masy oraz koniec ramienia dźwigni.

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

Długość tych łuków, przy tym samym kącie obrotu ramienia dźwigni, będzie różna:

$$l_1 = r_1 \alpha$$

$$l_2 = r_2 \alpha$$

gdzie r_1 i r_2 to długość od punktu podparcia do – odpowiednio – miejsca, w którym znajduje się ciężar oraz do miejsca przyłożenia siły, czyli końca ramienia dźwigni. Dzieliąc stronami powyższe równości otrzymamy:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

Jednocześnie z warunku równowagi dźwigni (wynikającego z równowagi momentów sił) wiemy, że zachodzi równość:

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

Przekształcając to równanie i wykorzystując otrzymaną wcześniej równość, otrzymujemy:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

$$W_1 = W_2$$

Zatem – zgodnie z przewidywaniami – zasada zachowania energii jest spełniona. Korzystając z dźwigni możemy zmniejszyć wartość przyłożonej siły, ale wtedy musimy wydłużyć drogę, na której ta siła działa, aby wykonać tę samą pracę, co przy przyłożeniu większej siły na krótszej drodze.

Słowniczek

maszyna prosta

(ang. *simple machine*) - urządzenie, które dla zrównoważenia danej siły, lub do wykonania danej pracy, używa siły inaczej skierowanej lub mniejszej na zasadzie równości pracy: praca siły większej na mniejszej drodze (przesunięciu) zostaje zastąpiona pracą siły mniejszej na większej drodze. Podstawowymi maszynami prostymi są dźwignia i równia pochyła.

dźwignia dwustronna

(ang. *two-arm lever*) - dźwignia dwuramienna, w której siły działają po przeciwnych stronach osi obrotu.

Symulacja interaktywna

Jak działa dźwignia jednostronna?

Poniższa symulacja interaktywna pozwoli Ci zapoznać się z zasadą działania dźwigni jednostronnej oraz z relacją między jej parametrami, a siłami działającymi w układzie.

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




Polecenie 1

Sprawdź, jaka musi być wartość siły w stosunku do siły ciężkości, aby podnieść ciężar zlokalizowany w $1/3$ długości ramienia dźwigni. Czy stosunek ten zależy od długości ramienia dźwigni?

Polecenie 2

Znajdź zestaw parametrów symulacji taki, by siła, z jaką podnoszona jest dźwignia, była jak najmniejsza. Jaka jest wartość tej siły?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1

Taczki pozwalają unieść i przewieźć niewielkim wysiłkiem znaczny ciężar.



Ich zasada działania opiera się na...: 

- dźwigni dwustronnej
- dźwigni jednostronnej
- równoważni

Ćwiczenie 2



Przyjmijmy, że ciężar F_1 znajduje się w odległości r_1 od punktu podparcia dźwigni, długość ramienia dźwigni to r_2 , a przyłożona na końcu ramienia dźwigni prostopadła siła to F_2 . Równanie równowagi tej dźwigni jednostronnej ma postać:

- $r_2 = (r_1 / F_1) \cdot F_2$
- $r_2 = (F_1 / r_1) \cdot F_2$
- $r_1 = (F_1 / r_2) \cdot F_2$
- $r_2 = F_1 / (r_1 \cdot F_2)$

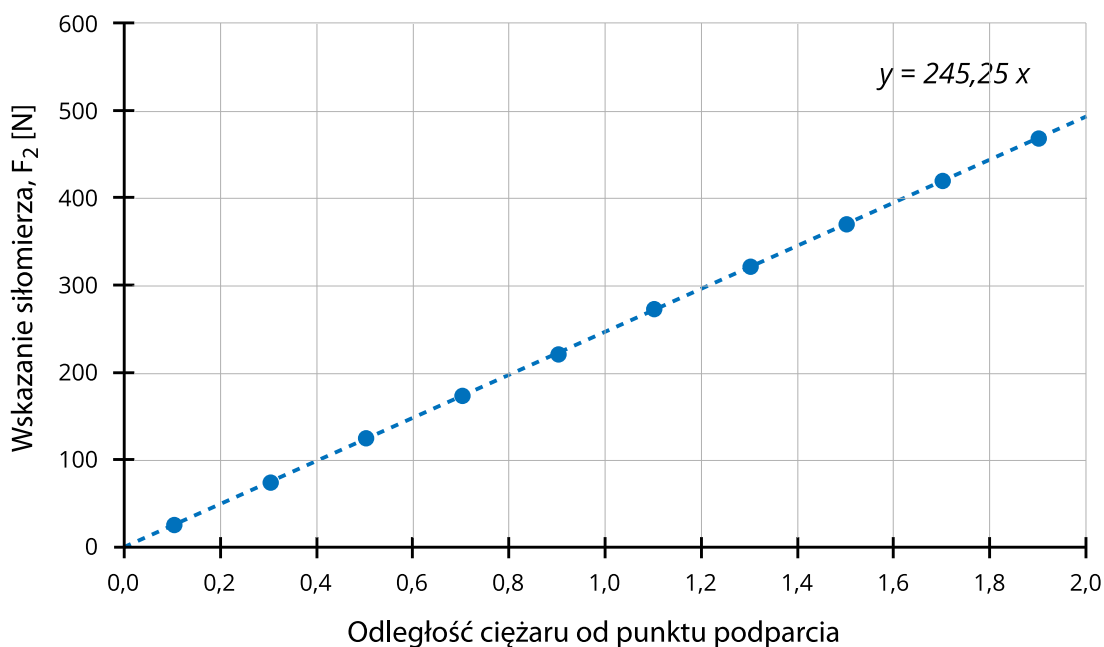
Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



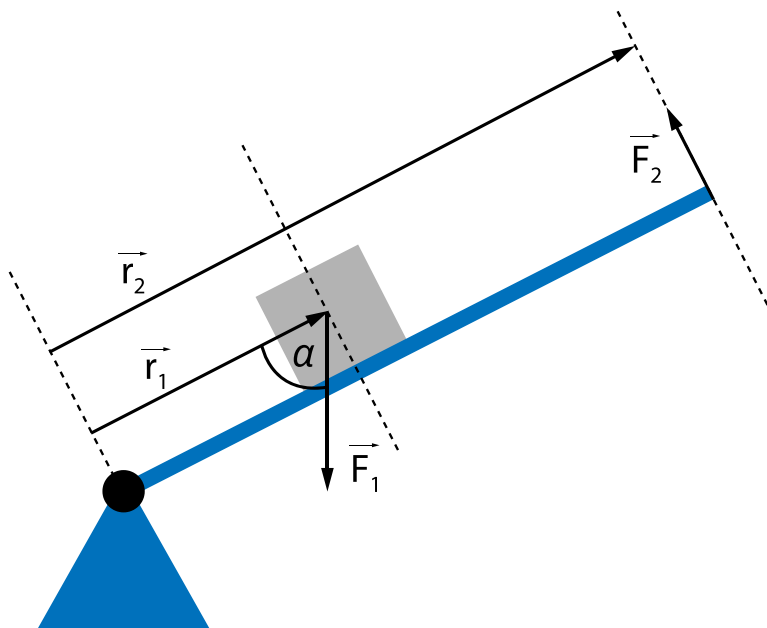
W klasie przeprowadzono następujący eksperyment. Obciążnik o nieznaney masie m położono na ramieniu dźwigni jednostronnej, w odległości $R_1=10$ cm od punktu podparcia dźwigni. Całkowita długość ramienia dźwigni wynosi $R_2=2,0$ m. Na końcu ramienia znajdował się siłomierz, zamocowany na linie do uchwytu. Kierunek zamocowania siłomierza był taki, że tworzył kąt prosty z ramieniem dźwigni. W efekcie dźwignia była w równowadze. W tym momencie zapisano odległość R_1 i odpowiadającą jej wartość siły F_2 przyłożonej do końca ramienia dźwigni. Procedurę powtórzono, przesuwając ciężar co 20 cm, aż do końca ramienia, a wyniki zaprezentowano na wykresie poniżej. Do wyników dopasowano prostą, której równanie pokazane jest na wykresie.



Ćwiczenie 5



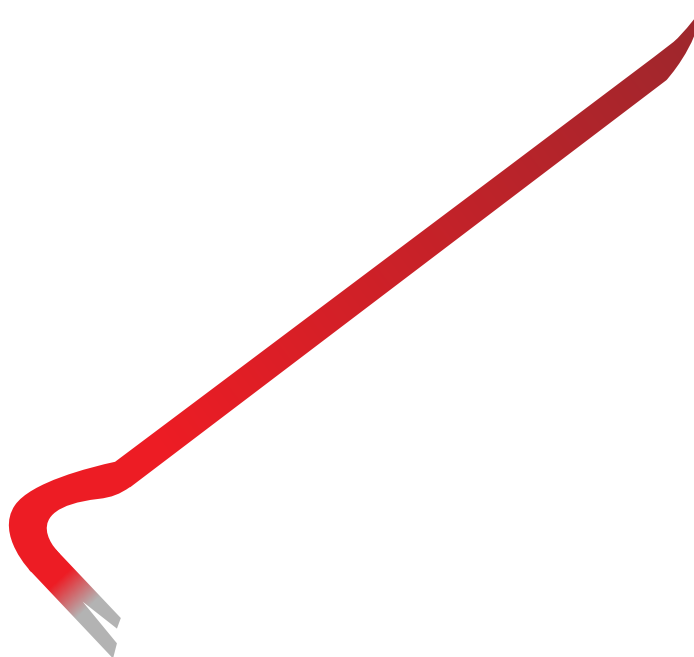
W rozważanych w treści materiału przykładach zakładaliśmy, że zarówno siła ciężkości, jak i siła przyłożona na końcu ramienia dźwigni, są skierowane prostopadłe do ramienia dźwigni. Jest to słuszne założenie dla małych kątów obrotu dźwigni względem pozycji poziomej. Przy większych kątach ewidentnie widać, że siła grawitacji, która skierowana jest pionowo w dół, nie jest prostopadła do ramienia dźwigni, jak na rysunku poniżej (siła \vec{F}_1).



Wyprowadź zależność, która będzie opisywała warunek równowagi na dźwigni z uwzględnieniem faktu, że wektor \vec{r}_1 tworzy z siłą \vec{F}_1 kąt α , który może być różny od 90° .

Ćwiczenie 6

Czy łom jest dźwignią jednostronną?

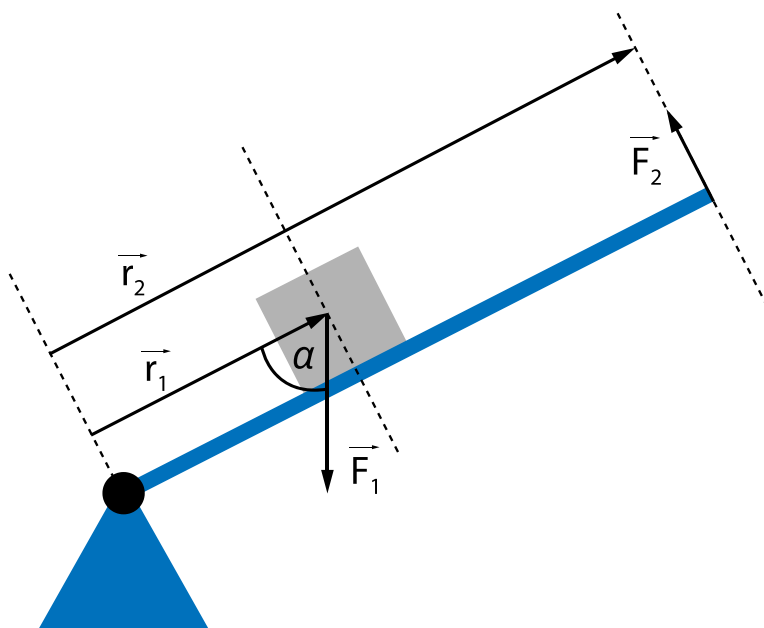


Ćwiczenie 7




Przyjrzyj się odpowiedzi do ćwiczenia 5.

Jeśli ramię dźwigni tworzy duży kąt z podłożem, trzeba uwzględnić fakt, że siła grawitacji nie jest prostopadła do ramienia dźwigni. Oznaczając wielkości jak na rysunku poniżej, wzór na równowagę tej dźwigni przyjmuje postać:



$$F_2 = F_1 \frac{r_1}{r_2} \sin \alpha$$

Jeśli chcemy unieść ciężar korzystając z dźwigni jednostronnej, to w której sytuacji  musimy przyłożyć większą siłę do końca jej ramienia?

- gdy ramię dźwigni jest zbliżone do pozycji poziomej
- gdy ramię dźwigni jest uniesione o znaczny kąt
- żadna z pozostałych odpowiedzi
- kąt odchylenia dźwigni nie ma znaczenia

Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Dariusz Aksamit
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak działa dźwignia jednostronna
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>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.</p> <p>III. Mechaniki bryły sztywnej. Uczeń:</p> <p>3) stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia budowę dźwigni jednostronnej, 2. wymienia praktyczne zastosowania dźwigni jednostronnej, 3. wyprowadza zależności matematyczne opisujące pracę dźwigni jednostronnej.
Strategie i metody nauczania:	eksperymentalno-obszernyjna, praca grupowa
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z dostępem do Internetu i projektorem multimedialnym, siłomierz, obciążniki, miarka, długa deska.
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel prezentuje temat zajęć – w ramach wprowadzenia prezentuje multimedialnie do niniejszego e-materiału. Następnie dzieli klasę na dwie części. Każda z grup otrzymuje zestaw pozwalający skonstruować dźwignię jednostronną i zbadać jej pracę: grupa pierwsza ma za zadanie sprawdzić, jak ciężar umieszczany w różnych odległościach od punktu podparcia dźwigni wpływa na odczyty siłomierza zamocowanego do końca ramienia dźwigni; grupa druga bada wskazania siłomierza przy umieszczeniu w ustalonej odległości różnych ciężarów.</p>	
Faza realizacyjna:	
<p>Obie grupy przystępują do pracy. Jeśli uczniów jest dużo, każdą z grup można podzielić na podgrupy, wykonujące analogiczne działania. Uczniowie notują wyniki pomiarów w postaci tabel. Po skończeniu pracy przedstawiciele grup rysują na podstawie uzyskanych tabel wykres, który prezentuje odpowiednio wskazania siłomierza w funkcji R_1 lub m. Nauczyciel równoległe do tych działań przepisuje otrzymane przez uczniów wyniki do arkusza kalkulacyjnego i po skończeniu pracy przez uczniów prezentuje analogiczne wykresy na projektorze. Nauczyciel dopasowuje proste do otrzymanych wyników, prezentując otrzymane równania.</p>	
Faza podsumowująca:	
<p>Nauczyciel podsumowuje wyniki, pokazując, że otrzymane zależności są spójne z wyprowadzonym w części wprowadzającej warunkiem równowagi.</p>	
Praca domowa:	
<p>Nauczyciel zadaje uczniom zadania 1-8 z pominięciem zadania 4, które zostało zrealizowane w praktyce w trakcie lekcji.</p>	

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

Medium może być wykorzystane przez uczniów przed lekcją lub po lekcji w celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości.