



Jak działa klin, równia i śruba?

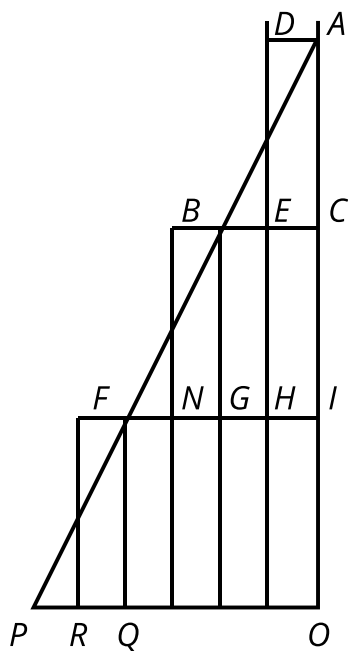
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak działa klin, równia i śruba?

Czy to nie ciekawe?

Przy pomocy długiej deski i ciężkiej kuli Galileusz był w stanie obalić błędne twierdzenia Arystotelesa, które przez prawie dwa tysiące lat były uważane za zgodne z prawdą. Otóż Arystoteles na drodze rozumowania doszedł do wniosku, że ciała o większej masie spadają szybciej – a Galileusz przeprowadził eksperymenty, które temu zaprzeczyły! Ale sama równia pochyła to nie tylko historyczna ciekawostka – spotykasz się z nią każdego dnia, ot choćby korzystając ze... śrub!



Rys. a. Fragment pracy Galileusza z wykorzystaniem równi pochyłej.

Twoje cele

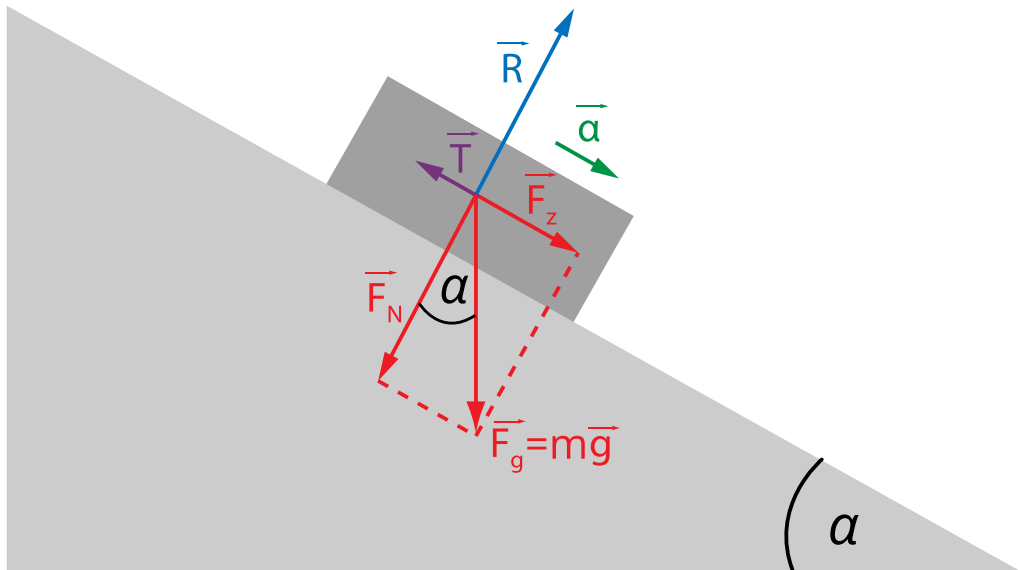
W tym materiale:

- dowiesz się, czym jest równia pochyła, klin i śruba,
- zrozumiesz, jak te maszyny proste wykorzystywane są w codziennym życiu,
- zastosujesz wzory opisujące działanie równi pochyłej, klinu i śruby do obliczenia sił działających na te obiekty.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Równia pochyła to po prostu płaski blat lub deska, ustawiona pod kątem α do podłoża. Na ustawione na równi ciało działają trzy siły: siła grawitacji $\vec{F}_g$, siła reakcji podłoża $\vec{R}$ i siła tarcia $\vec{T}$. Aby opisać ruch ciała wzdłuż równi, rozkładamy siłę grawitacji $\vec{F}_g$ na dwie składowe, prostopadłą i równoległą do równi, odpowiednio $\vec{F}_N$ i $\vec{F}_Z$. Składowa prostopadła $\vec{F}_N$ równoważy siłę reakcji podłoża $\vec{R}$, a jej wartość jest równa naciskowi ciała wywieranemu na równię. Między wartościami sił zachodzą następujące relacje (zgodnie z Rys.1.):



Rys. 1. Równia pochyła z umieszczonym na niej klockiem

$$F_z = mg \sin \alpha$$

$$T = \mu F_N = \mu mg \cos \alpha$$

$$F_w = F_z - T = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

gdzie uwzględniliśmy, że wartość siły tarcia T równa jest iloczynowi współczynnika tarcia μ i nacisku ciała na podłoże.

Przyspieszenie, jakie uzyskuje ciało, obliczamy z drugiej zasady dynamiki Newtona, $a = \frac{F_w}{m}$, otrzymując:

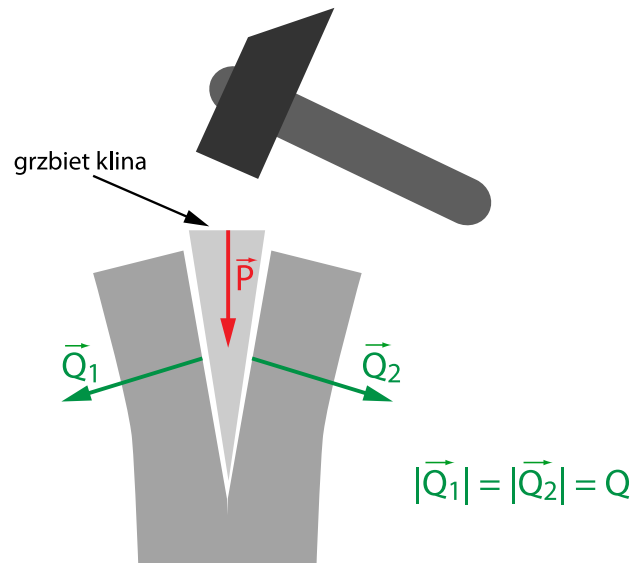
$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Zatem otrzymaliśmy wynik, który stwierdza, że przyspieszenie, jakiego doznaje ciało, nie zależy od jego masy! Niezależnie od tego, czy ciało jest klockiem czy kulą, czy zaniedbujemy tarcie czy nie, ani jaki jest kąt pochylenia równi – zawsze dostajemy ten sam wynik.

Przyspieszenie, jakiego doznaje spadające ciało, wbrew temu, co twierdził Arystoteles, nie zależy od masy tego ciała. Dowiódł tego [Galileusz](#), ale nie przeprowadził takich obliczeń, jak my powyżej – zrobił coś znacznie bardziej spektakularnego i szokującego jak na jego czasy: przeprowadził eksperyment! Był to przełom w nauce, ponieważ zamiast wyłącznie prowadzić logiczne rozważania (które – jak widać – mogły być błędne, jeśli opierały się na błędnych założeniach), zaczął przeprowadzać eksperymentalną weryfikację hipotez.

Równia [Galileusza](#) miała 6 metrów długości, a pomiaru czasu toczenia się na niej mosiężnych kul dokonywał on za pomocą zegara wodnego. Zaobserwował w ten sposób, że prędkość ruchu kul zmienia się w trakcie ruchu – poruszają się ruchem przyspieszonym, w tym samym odstępie czasu pokonując coraz dłuższą drogę.

Równia pochyła interesuje nas nie tylko w kontekście możliwości toczenia i zsuwania po niej różnych brył. Interesuje nas również dlatego, że jest maszyną prostą, która po modyfikacji jest wykorzystywana w innych maszynach prostych! Przypomnijmy, że maszyny proste to urządzenia, które pozwalają zmienić kierunek lub wartość przyłożonej siły. Siła grawitacji przyłożona do ciała na równi, skierowana jest pionowo w dół, a jak skierowana jest siła, która wprawia to ciało na równi w ruch? Jest ona skierowana równoległe do powierzchni równi, czyli równia zmieniała kierunek działania użytecznej siły. Możemy wykorzystać równię również w inny sposób – jeśli połączymy ze sobą podstawą dwie równie pochyłe, otrzymamy klin, jak na Rys. 2. Siła $\vec{P}$ przyłożona do podstawy tego klina, będzie przenoszona do powierzchni równi – zmieniając kierunek działania pierwotnej siły. W efekcie uderzenie skierowane pionowo w dół spowoduje przyłożenie do ciała dwóch sił $\vec{Q}_1$ i $\vec{Q}_2$ skierowanych bardziej poziomo niż pionowo – w zależności od kąta zbieżności klina (kąta naprzeciw grzbietu klina). Przy okazji warto zwrócić uwagę, że klin jest graniastosłupem trójkątnym.



Rys. 2. Klin - w przekroju tworzony przez dwie równie pochyłe

Jaka będzie wartość przyłożonych sił? Przyłożenie pionowo w dół siły $\vec{P}$ powoduje przyłożenie do ciała dwóch sił nacisku $\vec{Q}_1$ i $\vec{Q}_2$ prostopadłych do powierzchni klina. Wartość tych sił zależy oczywiście od wartości siły $\vec{P}$ oraz kąta zbieżności klina:

$$P = 2Q \sin \frac{\alpha}{2}$$

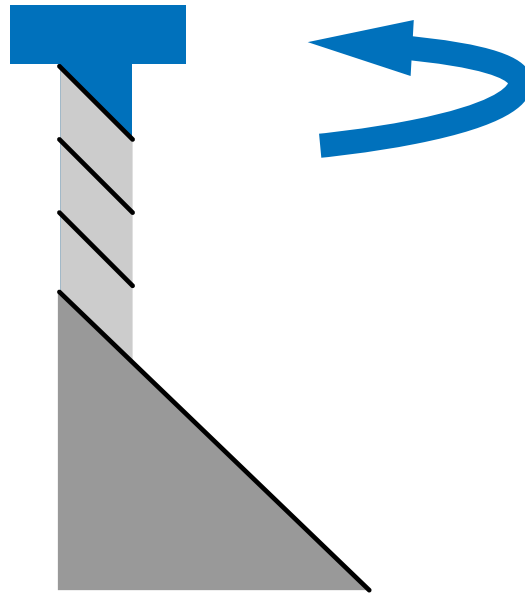
Z klinem spotykamy się na co dzień w wielu miejscach, jak zaprezentowano na Rys. 3.:



Rys. 3. Przykłady klinów: ostrze siekiery lub noża, klin do łupania drewna, klin blokujący drzwi.

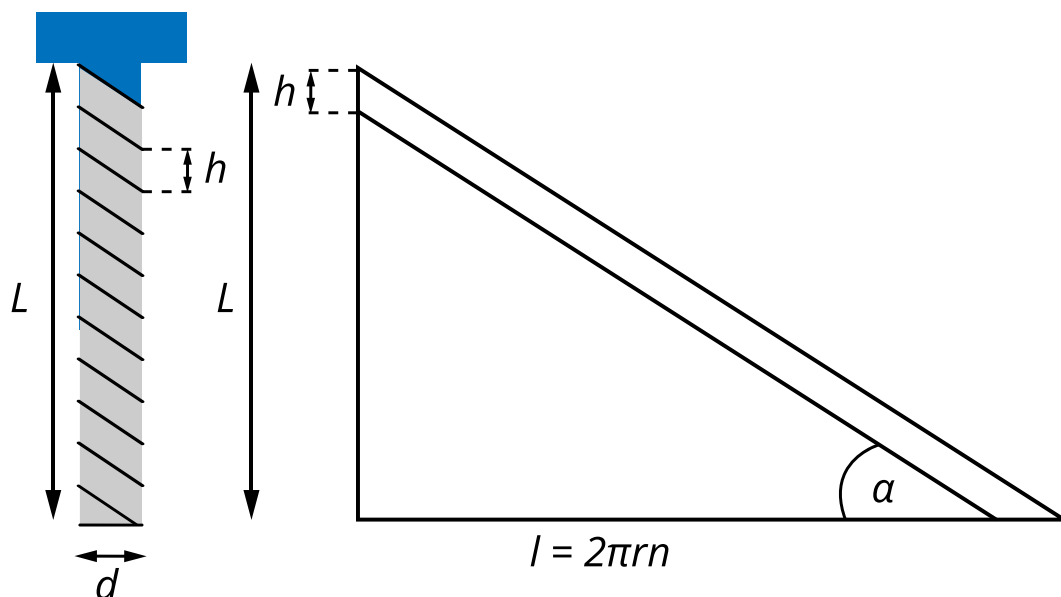
Ale klin to nie jedyne zastosowanie równi pochyłej. Przyjrzyjmy się... śrubie! Na Rys. 4. widać z lewej strony profil śruby z dobrze widocznym gwintem. Strzałka w prawej części rysunku

prezentuje schematyczną konstrukcję „nawijania” równi pochyłej na walec – tworząc w ten sposób gwintowaną śrubę. Zastanówmy się, jak parametry nawijanej równi i walca będą wpływać na ostateczne parametry otrzymanej śruby.



Rys. 4. Śruba jako równia pochyła nawinięta na walec, tworząca gwint

Przede wszystkim możemy zauważyć, że dwa kluczowe parametry, to średnica walca d oraz kąt α nachylenia równi. To te parametry decydują o tym, ile pełnych obrotów należy wykonać, aby całkowicie opleść walec równią. Wprowadzimy tu nowe pojęcie: skok śruby. Wyobraźmy sobie, że wykonujemy jeden pełen opłot – po wykonaniu opłotu, czyli obrocie równi o 360° dookoła walca, sprawimy, że koniec nawijanego fragmentu równi znajdzie się odrobinę niżej niż miejsce, z którego rozpoczęliśmy nawijanie. Ta odległość to właśnie skok śruby. Oznaczmy ją jako h . Jaka będzie wartość h ? Przyjrzyjmy się Rys. 5.:



Rys. 5. Schemat konstrukcji gwintu do wyznaczenia wartości skoku śruby

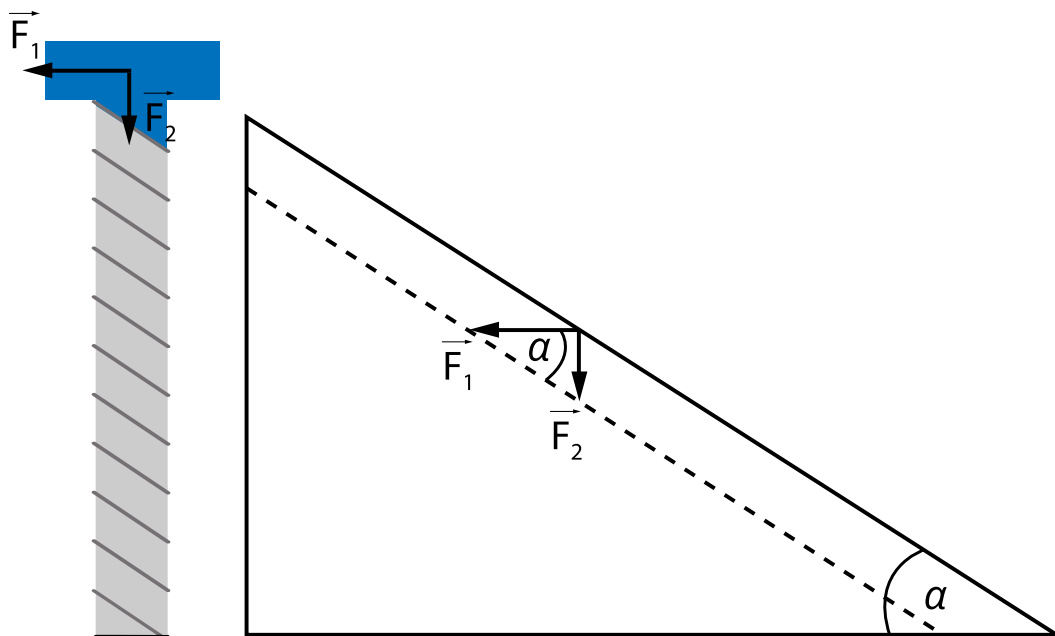
Z widocznych na Rys. 5. oznaczeń, możemy wyprowadzić następującą zależność trygonometryczną:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{2\pi r} = \frac{h}{\pi d}$$

Zatem skok śruby wynosi:

$$h = \pi d \operatorname{tg} \alpha$$

Teraz przyjrzyjmy się procesowi przykręcania śruby. Przyłożenie do łba śruby śrubokręta i obrócenie go powoduje przyłożenie do łba śruby momentu siły – a przez naprężenia metalu śruby zostanie również przyłożony moment siły do powierzchni gwintu. O ile jednak kierunek działania siły wkręcającej śrubę będzie prostopadły do jej długości, to wypadkowa siła działająca na powierzchnię równi będzie skierowana wzdłuż jej długości (jako maszyna prosta – śruba zmienia kierunek działania siły z obrotowego na liniowy), jak na Rys. 6.:



Rys. 6. Siły i relacje geometryczne na gwincie śruby

Z widocznych na rysunku zależności geometrycznych otrzymujemy:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_2}{F_1}$$

Korzystając z wcześniej ustalonej zależności kąta α od skoku śruby oraz średnicy śruby, otrzymujemy:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\pi d} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$\frac{h}{\pi d} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$F_2 = F_1 \frac{h}{\pi d}$$

gdzie: F_1 – siła, z jaką wkręcana jest śruba (przyłożona do łepka) [N], h – skok gwintu [m], d – średnica śruby [m], F_2 – siła, z jaką śruba wkręca się w materiał [N].

Słowniczek

Galileusz

włoski XVII-wieczny prekursor współczesnej fizyki.

Animacja

Jak działa klin, równia i śruba?

Animacja prezentuje kilka rodzajów równi (o różnym stopniu nachylenia), „nakręcanych” na walec – tworząc w ten sposób śrubę.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dye5OeK7c>

Wysłuchaj uważnie ścieżkę lektorską animacji oraz zapoznaj się z uzupełniającym ją opisem. Animacja nosi tytuł "Jak działa klin, równia i śruba?" Pokazano w niej najpierw równię pochyłą w postaci niebieskiego trójkąta prostokątnego o poziomej podstawie i przeciwprostokątnej nachylonej w prawo. W animacji pokazano kilka zdjęć: siekierę na tle rąbanych drewnien, siekiera wbita jest w jeden z pni; kolejne zdjęcie pokazuje połyskujące srebrnym kolorem śruby i nakrętki. W animacji pojawia się ponownie równia pochyła w postaci niebieskiego trójkąta prostokątnego o poziomej podstawie i przeciwprostokątnej nachylonej w prawo. Na równi widoczny jest klocek w postaci zielonego prostokąta. Do środka klocka przyłożono dwa wektory sił narysowane strzałkami. Czarna strzałka skierowana pionowo w dół opisuje siłę grawitacji wielką literą F z indeksem dolnym mała litera g . Biała krótsza strzałka skierowana w prawo w dół wzdłuż zbocza równi opisuje siłę wielką literą F powodującą ruch ciała na równi. Jest to składowa siły grawitacji. W animacji pokazano również dwa identyczne niebieskie trójkąty prostokątne połączone pionowymi przyprostokątnymi i tworzącymi w ten sposób klin, widoczny w postaci trójkąta równoramiennego o wierzchołku skierowanym pionowo w dół. Ten sam klin umieszczono w pionowej szczelinie zielonego klocka. Do grzbietu klina przyłożono schematycznie narysowany młotek, który działa na klin siłą opisaną wielką literą F , narysowaną w postaci pionowej, białej strzałki skierowanej pionowo w dół i przyłożonej do punktu w połowie grzbietu klina. Z boków klina wychodzą dwie siły narysowane białymi strzałkami i skierowane prostopadle do powierzchni bocznej klina. Siła opisaną wielką literą F z indeksem dolnym jeden skierowana jest w lewo w dół, a siła opisaną wielką literą F z indeksem dolnym dwa w prawo w dół. Następnie w animacji pokazano pionowo ustawioną szarą śrubę. Trzpień śruby ma postać pionowego prostokąta zakończonego u podstawy trójkątem równoramiennym o wierzchołku skierowanym pionowo w dół.

Łeb śruby ma postać mniejszego, poziomego prostokąta stycznego z górną krawędzią trzpienia. Nad łbem pokazano kierunek obrotu, w postaci niebieskiego łuku zakończonego grotem strzałki, przeciwny do ruchu wskazówek zegara. Na tle śruby pokazano szarą równię pochyłą o zboczu skierowanym w prawo w dół, której wysokość pokrywa się z lewą krawędzią trzpienia. Równia nawijana jest na śrubę zgodnie z kierunkiem obrotu zaznaczonym nad łbem śruby. Czynność pokazana jest dwukrotnie. Na trzpieniu pokazano ukośne, czarne linie równoległe do zbocza równi. Odległości pomiędzy liniami w pionie są takie same – jest to skok śruby.

Polecenie 1

Zastanów się, jaka maszyna prosta znalazła zastosowanie w suwaku (zamku błyskawicznym)?

Polecenie 2

Rozejrzyj się w swojej kuchni i odszukaj ukryte w niej maszyny proste. Znajdź co najmniej trzy takie maszyny.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



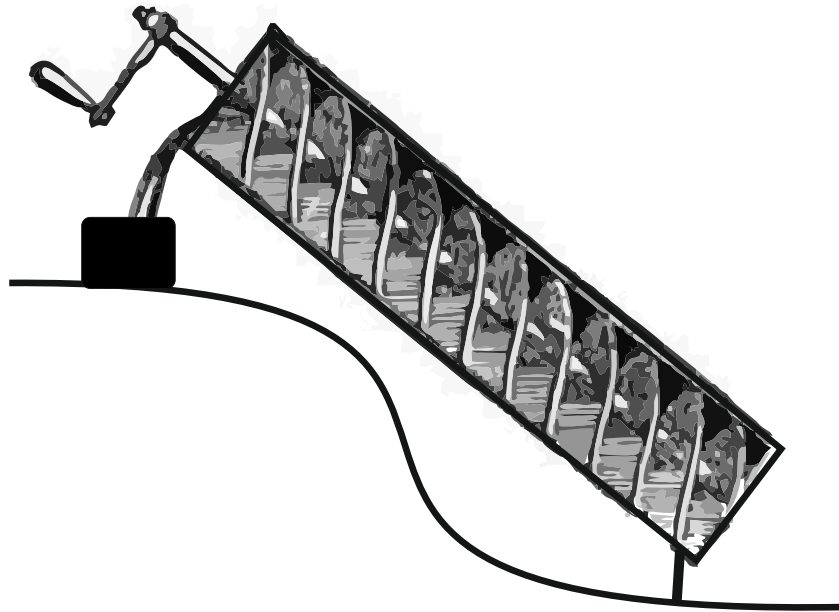
Klin to:

- ☐ Równia pochyła nawinięta na walec
- ☐ Pochyła płaszczyzna służąca do badania spadku ciał
- ☐ Dwie połączone podstawami równie pochyłe

Ćwiczenie 2



Szczególnym przykładem śruby jest „śruba Archimedesesa”. Jest to starożytny wynalazek, w którym rdzeń śruby ma bardzo mały promień, za to głębokość gwintu jest bardzo duża, jak na rysunku. Ponadto śruba ta znajduje się w obudowie. Zastanów się, do czego był wykorzystywany ten wynalazek.



- ☐ Do nabierania wody, podnoszenia jej do góry
- ☐ Do mieszania wody z zbiorniku
- ☐ Do wiercenia dziur w dnie rzeki, w celu jej pogłębienia

Ćwiczenie 3



Ruch punktu materialnego po linii śrubowej może być złożeniem ruchu:

- ☐ Jednostajnego po okręgu w płaszczyźnie xy i ruchu po prostej wzdłuż osi z
- ☐ Jednostajnie przyspieszonego po okręgu w płaszczyźnie xy i ruchu po prostej wzdłuż osi z
- ☐ Jednostajnego po elipsie w płaszczyźnie xy i ruchu po prostej wzdłuż osi z
- ☐ Jednostajnie przyspieszonego po równi pochyłej w płaszczyźnie xy i ruchu po prostej wzdłuż osi z

Ćwiczenie 4



Jeśli śruba ma średnicę d , a kąt nachylenia gwintu (czyli kąt równi „nawiniętej” na walec) wynosi α , to jakim wzorem określamy wartość skoku śruby h ?

☐ $h = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\pi d}$

☐ $h = \frac{\sin \alpha}{\pi d}$

☐ $h = \pi d \sin \alpha$

☐ $h = \pi d \operatorname{tg} \alpha$

Ćwiczenie 5



Średnica śruby wynosi $d = 1$ cm, a kąt równi wynosi 10 stopni. Ile wynosi skok tej śruby? Odpowiedź podaj w milimetrach, z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: mm

Ćwiczenie 6



Podaj wzór opisujący działanie klina P – siła przyłożona do klina, Q – siła przyłożona do boków klina, α – kąt natarcia klina:

$$\boxed{} = \boxed{} \boxed{} \boxed{}$$

$\sin$

P

Q

$\cos$

$\frac{\alpha}{2}$

α

$2Q$

Ćwiczenie 7



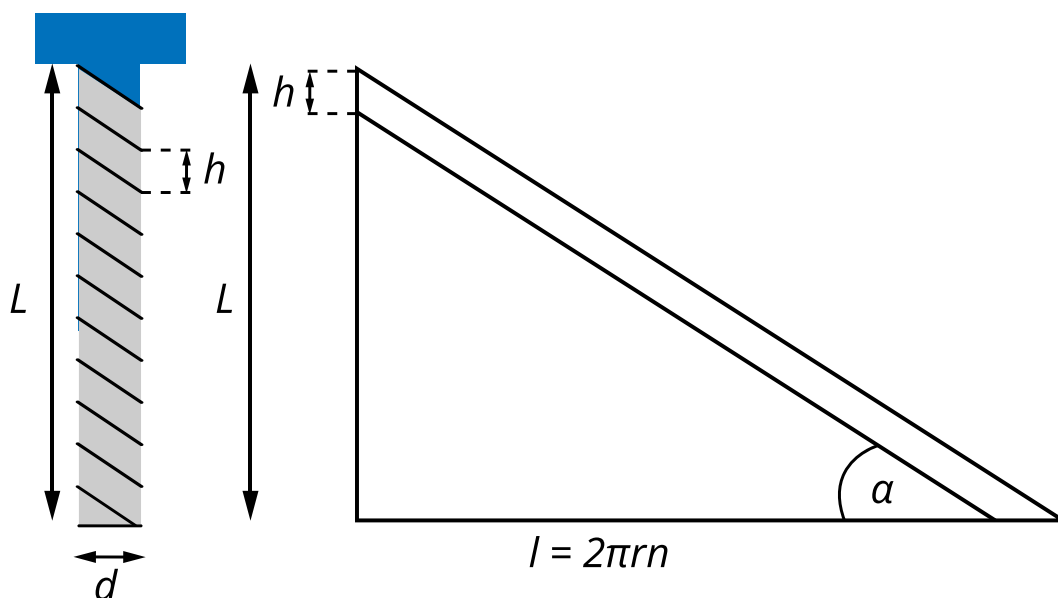
We wbijany młotem w drewno klin o kącie zbieżności 60 stopni uderzono z siłą $P = 1000$ N. Jaka była wartość siły uderzenia powierzchni klina o drewno?

Odpowiedź: N

Ćwiczenie 8



Ile obrotów śruby należy wykonać, aby wkręcić ją całkowicie, jeśli jej długość wynosi L , jej średnica d , a kąt równi α ?



Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Dariusz Aksamit
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak działa klin, równia i śruba?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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. Mechanika bryły sztywnej. Uczeń: 3) stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką. Temat rozszerza zapis podstawy programowej dla kształcenia rozszerzonego.
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. określa, czym jest równia pochyła, klin i śruba, 2. charakteryzuje wielkości opisujące równię pochyłą, klin i śrubę, 3. stosuje wzory opisujące działanie równi pochyłej, klinu i śruby do obliczenia sił działających na te obiekty.
Strategie i metody nauczania:	eksperymentalno-obszerwacyjna
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z dostępem do Internetu i projektorem multimedialnym
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel prosi uczniów o wyrwanie z zeszytu kartek, wyciągnięcie linijek, nożyczek i kątomierzy. Następnie prosi uczniów o wycięcie z kartek trójkątów prostokątnych o jednym boku takim, jak długość ołówka lub długopisu w piórniku ucznia. Po wycięciu nauczyciel prosi uczniów o nawinięcie tego trójkąta na ołówek lub długopis – pokazując w ten sposób ideę śruby jako równi pochyłej nawiniętej na walec.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel prosi uczniów o zmierzenie skoku otrzymanej śruby i średnicy obiektu, na który nawijano papier, a następnie rozprostowanie nawiniętych trójkątów i zmierzenie długości ich podstawy i kąta rozwarcia tych trójkątów. Nauczyciel notuje na tablicy zestaw tych danych od kilku ochotników. Następnie prezentuje na ekranie Rys. 6. z rozdziału „Przeczytaj” niniejszego e-materiału, i prosi ochotnika o wyprowadzenie zależności opisującej skok śruby. Po otrzymaniu wzoru nauczyciel na tablicy wstawia zapisane wcześniej wartości do tego wzoru, sprawdzając jego prawdziwość. Następnie prosi uczniów o sprawdzenie, czy zapisane wcześniej w zeszycie wartości również się zgadzają.	
Faza podsumowująca:	
Nauczyciel poleca uczniom indywidualnie rozwiązać zadania z zestawu ćwiczeń dotyczące śrub, czyli 4, 5 i 8. Na zakończenie nauczyciel zadaje pracę domową.	
Praca domowa:	
Przeczytanie fragmentu rozdziału „Przeczytaj” odnośnie równi oraz klina i rozwiązanie zadań 1,2,3 i 7 z zestawu ćwiczeń.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Można również rozpocząć od prezentacji animacji i wyprowadzenia wzoru na skok gwintu, a następnie przejść do weryfikacji eksperymentalnej.
--	--