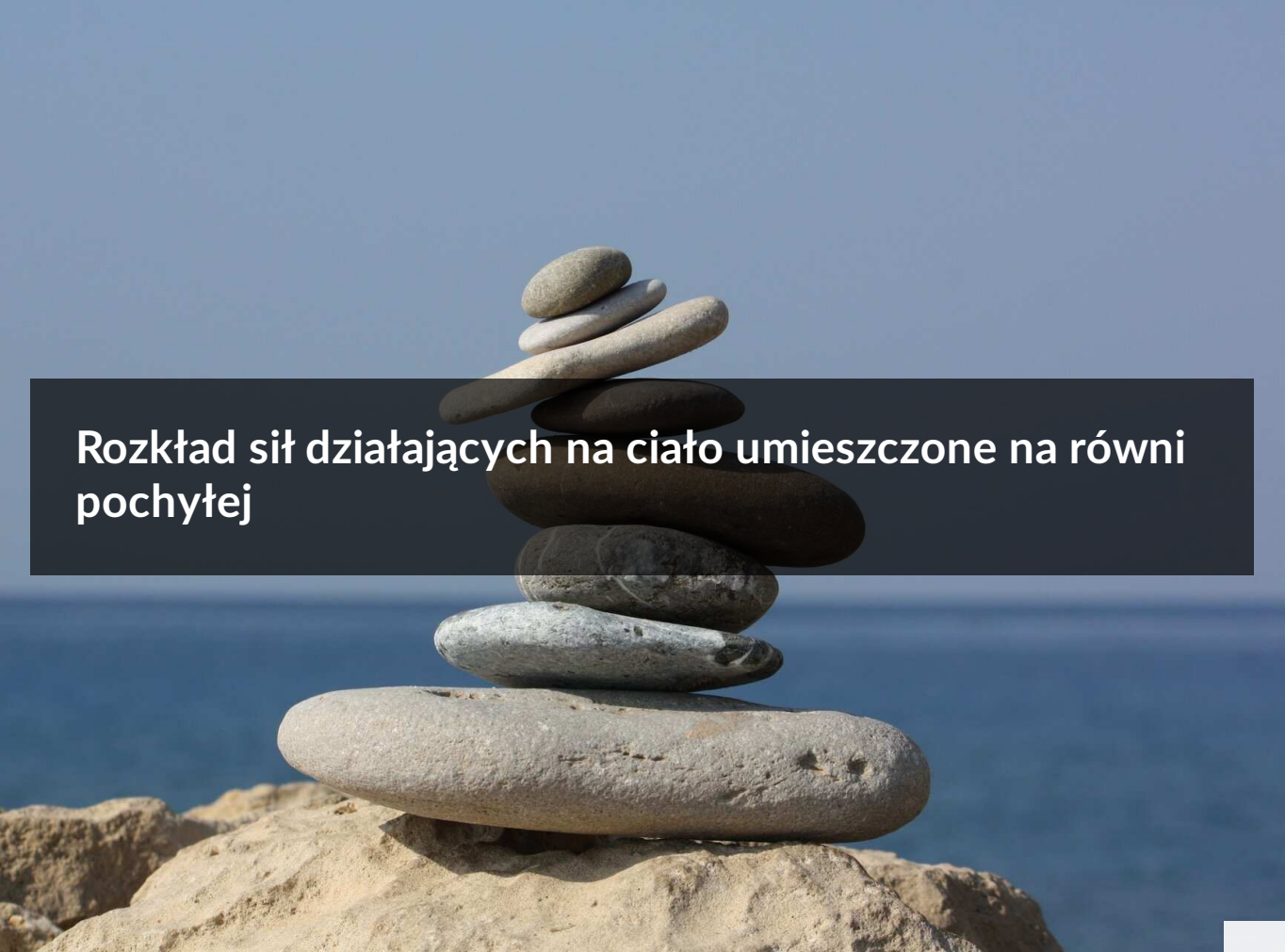




Rozkład sił działających na ciało umieszczone na równi pochyłej

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna \(schemat\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Rozkład sił działających na ciało umieszczone na równi pochyłej

Czy to nie ciekawe?

Niezbędnym elementem zimowego szaleństwa jest jazda na sankach lub nartach po ośnieżonym stoku. Lubimy również emocje związane z zawodami w skokach narciarskich. Dzięki czemu możemy cieszyć się tymi sportami? Co sprawia, że narty lub sanki pozostawione na szczycie nachylonego zbocza zaczynają sunąć w dół? Górskie zbocze, skocznia lub pagórek to przykłady obiektów zbliżonych kształtem do równi pochyłej. W tym e-materiale przeanalizujemy rozkład sił działających na ciało znajdujące się na takiej równi.

Twoje cele

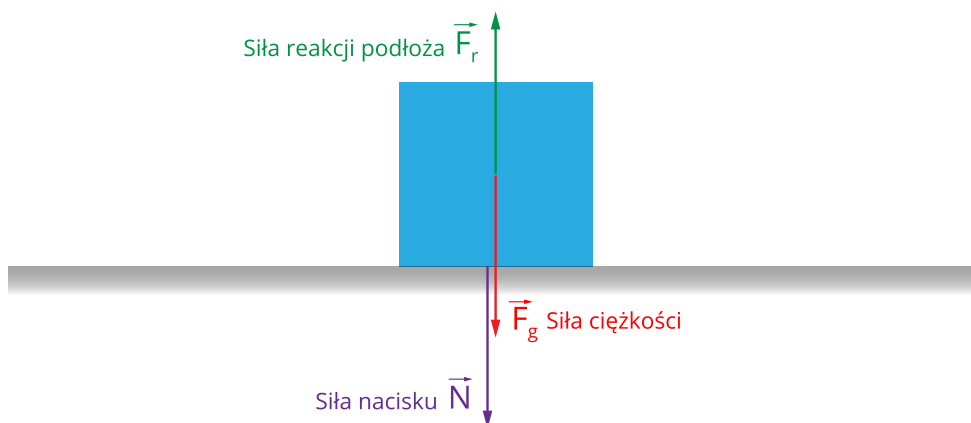
- wymienisz siły działające na ciało na równi pochyłej;
- rozłożysz te siły na składowe;
- zastosujesz zdobytą wiedzę do wyznaczania wartości sił oraz ich składowych, działających na ciało na równi.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Równia pochyła to płaska powierzchnia nachylona pod pewnym kątem do poziomu, po której mogą zsuwać się ciała. Parametrem niezbędnym do opisu sił działających na ciało na równi pochyłej jest kąt nachylenia równi (zwykle oznaczany jako α). W naszym rozważaniu będziemy zakładać, że równia jest nieruchoma, czyli nie przesuwana się podczas ruchu znajdującego się na niej ciała.

Aby dobrze zrozumieć, skąd biorą się siły w układzie ciało-równia, przeanalizujemy na początek prostszy przypadek. Weźmy pod uwagę skrzynię, stojącą na płaskiej powierzchni, przedstawioną na rysunku 1.

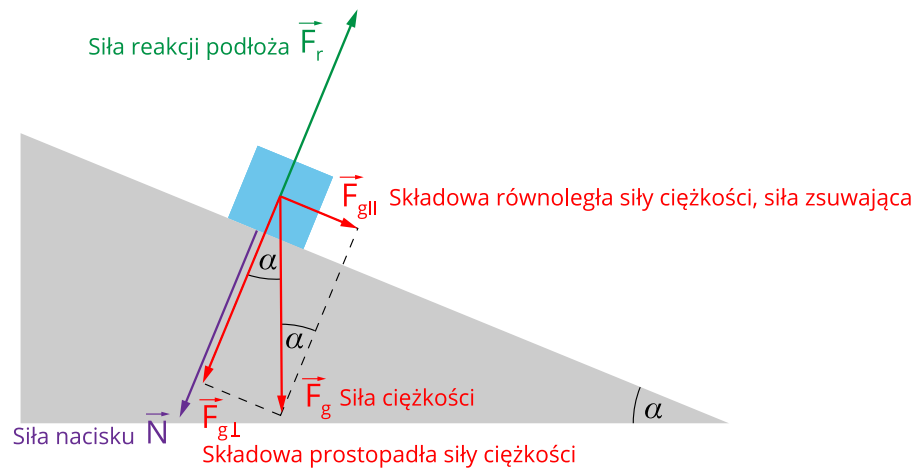


Rys. 1. Siły ciężkości i reakcji podłoża działające na ciało spoczywające na płaskiej powierzchni. Ciało działa na podłoże siłą nacisku

Na skrzynię działa siła ciężkości $\vec{F}_g$ skierowana pionowo w dół. Siła ta powoduje powstanie siły nacisku $\vec{N}$ skrzyni na podłoże. Siła ta jest co do wartości i kierunku równa sile ciężkości, lecz przyłożona jest do podłoża, nie do skrzyni. Zgodnie z [trzecią zasadą dynamiki Newtona](#), podłoże musi działać na skrzynię taką samą co do wartości, lecz przeciwnie skierowaną siłą. Jest to siła reakcji podłoża $\vec{F}_r$. Ponieważ wszystkie siły działające prostopadle do podłoża mają tę samą wartość, to siły $\vec{F}_g$ i $\vec{F}_r$ się równoważą, a skrzynia nie porusza się w kierunku pionowym.

Wróćmy teraz jednak do naszej równi. Rozważmy przypadek, w którym nie występuje tarcie między równią a ciałem znajdującym się na niej. W takim przypadku na ciało działają dwie

siły: siła ciężkości $\vec{F}_g$ oraz siła reakcji równi na nacisk $\vec{F}_r$. Siły te przedstawiliśmy na rysunku 2. Dodatkowo, na rysunku widoczne są: składowe siły ciężkości oraz siła nacisku $\vec{N}$. Aby otrzymać składowe siły ciężkości, należy narysować prostokąt o jednym boku równoległym do równi oraz jednym z wierzchołków w punkcie zaczepienia siły ciężkości. Przekątną prostokąta jest wektor siły ciężkości. Boki tego prostokąta będą składowymi siły ciężkości.



Rys 2. Siły działające na ciało na równi pochytej oraz siła nacisku ciała na równię. Siła ciężkości została rozłożona na składowe

Na podstawie naszej analizy przypadku skrzyni na płaskim podłożu, wiemy już, skąd biorą się siły prostopadłe do równi. Siła nacisku $\vec{N}$ jest siłą, z jaką klocek działa (naciska) na równię. Jej istnienie wynika z obecności prostopadłej do równi składowej siły ciężkości $\vec{F}_{g\perp}$. Siła nacisku (przyłożona do równi) jest co do wartości równa $F_{g\perp}$. Siła reakcji równi $\vec{F}_r$ jest związana z naciskiem ciała na równię. Zgodnie z III zasadą dynamiki Newtona, jest ona co do wartości równa sile nacisku $\vec{N}$, przeciwnie skierowana i przyłożona do ciała. Siła zsuwająca $\vec{F}_{g||}$ jest składową siły ciężkości równoległą do zbocza równi i powoduje ruch ciała wzdłuż niego.

Przedstawiony na rysunku kąt nachylenia równi α możemy wykorzystać do wyznaczenia wartości składowych siły ciężkości. Analizując trójkąt utworzony przez wektory sił i wykorzystując funkcje trygonometryczne, otrzymujemy:

$$F_{g||} = F_g \sin \alpha = mg \sin \alpha$$

$$F_{g\perp} = F_g \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

W ogólności, gdyby na ciało działały inne siły, wypadkowa siła nacisku będzie sumą wszystkich sił lub ich składowych skierowanych prostopadle do równi, a wypadkowa siła zsuwająca – sumą wszystkich składowych równoległych.

Zagadnieniem ruchu ciała na równi pod wpływem sił zajmiemy się w e-materiale „Jak opisać ruch ciał na równi pochyłej?”. Bardziej rzeczywisty przypadek, uwzględniający tarcie między równią a ciałem omówimy w e-materiale „Ruch ciała na równi pochyłej z uwzględnieniem tarcia”.

Słowniczek

III zasada dynamiki Newtona

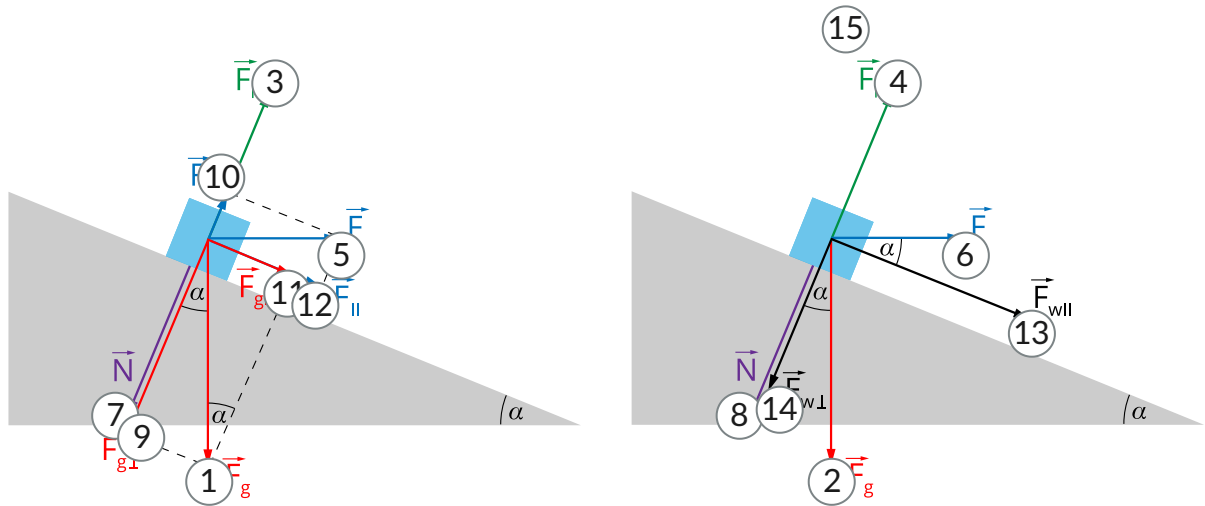
(*ang.: Newton's third law of dynamics*) zasada głosząca, że wszelkie oddziaływania są wzajemne. Gdy dwa ciała oddziałują, to działają na siebie siłami o jednakowych wartościach, kierunkach i przeciwnych zwrotach.

Grafika interaktywna (schemat)

Rozkład sił działających na ciało umieszczone na równi pochyłej

Polecenie 1

Na dwóch rysunkach przedstawiono siły działające w układzie klocek-równia pochyła. Zapoznaj się ze szczegółowymi opisami poszczególnych sił i ich składowych. Zwróć uwagę na relacje pomiędzy wartościami tych sił. Zastanów się, z których zasad dynamiki wynikają te relacje.



1. F_g Siła ciężkości działa na każde ciało obdarzone masą. W pobliżu Ziemi jest ona skierowana pionowo w dół, a jej wartość wynosi

$$F_g = mg,$$

gdzie m jest masą ciała, a g – przyspieszeniem ziemskim wynoszącym ok. $9,81 \text{ m/s}^2$

2. F_g Siła ciężkości działa na każde ciało obdarzone masą. W pobliżu Ziemi jest ona skierowana pionowo w dół, a jej wartość wynosi

$$F_g = mg,$$

gdzie m jest masą ciała, a g – przyspieszeniem ziemskim wynoszącym ok. $9,81 \text{ m/s}^2$

3. F_r Siła reakcji równi jest siłą, z jaką równia działa na znajdujące się na niej ciało. Jest ona odpowiedzią na wypadkową siłę nacisku N , z jaką ciało naciska na równię. Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki Newtona, ma ona wartość równą wypadkowej sile nacisku i jest do niej przeciwnie skierowana.

4. F_r Siła reakcji równi jest siłą, z jaką równia działa na znajdujące się na niej ciało. Jest ona odpowiedzią na wypadkową siłę nacisku N , z jaką ciało naciska na równię. Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki Newtona, ma ona wartość równą wypadkowej sile nacisku i jest do niej przeciwnie skierowana.

5. F Siła F jest dodatkową, zewnętrzną siłą przyłożoną do ciała. W naszym przypadku jest ona skierowana poziomo, na zewnątrz równi.

6. F Siła F jest dodatkową, zewnętrzną siłą przyłożoną do ciała. W naszym przypadku jest ona skierowana poziomo, na zewnątrz równi.

7. N Siła nacisku N jest siłą, z jaką klocek naciska na równię. Jest ona, co do wartości i kierunku równa sumie składowych prostopadłych do równi sił działających na klocek.

8. N Siła nacisku N jest siłą, z jaką klocek naciska na równię. Jest ona, co do wartości i kierunku równa sumie składowych prostopadłych do równi sił działających na klocek.

9. $F_{g\perp}$ Prostopadła składowa siły ciężkości powoduje powstanie nacisku na równię. Składowa ta dociska ciało do równi.

Jej wartość możemy wyznaczyć z prostych rozważań trygonometrycznych, biorąc pod uwagę kąt nachylenia równi α , występujący również wewnątrz narysowanego przez nas prostokąta.

Z rysunku wynika, że wartość tej składowej wynosi:

$$F_{g\perp} = F_g \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

10. $F_{\perp}$ W tym przypadku składowa prostopadła siły F powoduje zmniejszenie wypadkowego nacisku ciała na równię (jest skierowana prostopadle i na zewnątrz od równi).

Jej wartość możemy wyznaczyć z prostych rozważań trygonometrycznych, biorąc pod uwagę kąt nachylenia równi α , występujący również wewnątrz narysowanego przez nas prostokąta.

Z rysunku wynika, że wartość tej składowej wynosi:

$$F_{\perp} = F \sin \alpha$$

11. $F_{g\parallel}$ Równoległa składowa siły ciężkości będzie powodowała ruch ciała wzdłuż równi.

Jej wartość możemy wyznaczyć z prostych rozważań trygonometrycznych, biorąc pod uwagę kąt nachylenia równi α , występujący również wewnątrz narysowanego przez nas prostokąta.

Z rysunku wynika, że wartość tej składowej wynosi:

$$F_{g\parallel} = F_g \sin \alpha = mg \sin \alpha$$

12. $F_{\parallel}$ Równoległa składowa siły F będzie powodowała ruch ciała wzdłuż równi.

W tym przypadku jest ona skierowana zgodnie z siłą $F_{g\parallel}$, dzięki czemu przyspieszenie ciała będzie większe, niż byłoby tylko pod wpływem siły ciężkości.

Wartość składowej możemy wyznaczyć z prostych rozważań trygonometrycznych, biorąc pod uwagę kąt nachylenia równi α , występujący również wewnątrz narysowanego przez nas prostokąta. Z rysunku wynika, że wartość tej składowej wynosi:

$$F_{\parallel} = F \cos \alpha$$

13. $F_{w\parallel}$ Siła $F_{w\parallel}$ jest wypadkową siłą działającą wzdłuż równi. W zależności od jej kierunku będzie ona powodowała ruch ciała wzdłuż równi w odpowiednim kierunku.

Jej wartość jest sumą sił działających w kierunku równoległym do równi i wynosi:

$$F_{w\parallel} = F_{g\parallel} + F_{\parallel} = mg \sin \alpha + F \cos \alpha$$

14. $F_{w\perp}$ Siła $F_{w\perp}$ jest wypadkową siłą działającą prostopadle do równi (wypadkową siłą nacisku).

Jej wartość jest sumą sił działających w kierunku prostopadłym do równi i w tym przypadku wynosi:

$$F_{w\perp} = F_{g\perp} + F_{\perp} = mg \cos \alpha - F \sin \alpha$$

15. Jak wyznaczyć składowe siły Aby wyznaczyć składowe danej siły, możesz posłużyć się prostą konstrukcją geometryczną: narysuj prostokąt o jednym boku prostopadłym do zbocza równi, o wierzchołku w punkcie przyłożenia siły (w tym przypadku: w środku ciała). Wymiary prostokąta powinny być takie, by wektor siły był przekątną prostokąta. Wtedy, boki: prostopadły i równoległy do równi określą odpowiednio składową: prostopadłą i równoległą wektora siły. Prostokąty takie dla sił F i F_g zaznaczyliśmy na rysunku przerywanymi liniami.

Polecenie 2

Jak równoległa składowa siły ciężkości będzie zmieniać się wraz ze wzrostem kąta nachylenia równi?

Polecenie 3

Jaką postać miałyby wzory opisujące wypadkowe składowe sił działających na ciało, gdyby siła $\vec{F}$ skierowana była poziomo do wewnątrz równi? Jaki wtedy byłby skutek działania sił?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż siłę lub siły bezpośrednio wpływające na ruch ciała po równi.

☐ siła ciężkości

☐ siła reakcji równi

☐ siła nacisku ciała na równię

☐ dowolna siła lub jej składowa, prostopadła do równi

☐ dowolna siła lub jej składowa, równoległa do równi

Ćwiczenie 2



Wskaż, jaka siła wpływa na wypadkowy nacisk na równię. Wybierz wariant możliwie ogólny.

☐ siła ciężkości

☐ siła reakcji

☐ każda siła lub jej składowa, prostopadła do równi

☐ każda siła lub jej składowa, równoległa do równi

Ćwiczenie 3



Wyznacz wartość siły zsuwającej klocek o masie $m = 500 \text{ g}$ z równi o kącie nachylenia 45° . Przyjmij wartość $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Wynik zaokrąglij do dwóch cyfr znaczących.

$F_s =$ N.

Ćwiczenie 4



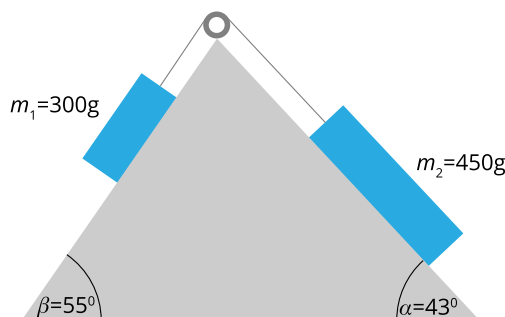
Wyznacz wartość siły reakcji działającej na klocek o masie $m = 0,75 \text{ kg}$ na równi o kącie nachylenia 30° . Przyjmij wartość $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Wynik zaokrąglij do dwóch cyfr znaczących.

$F_r =$ N.

Ćwiczenie 5



Dwa klocki, połączone nieważką, nierozciągliwą nicią, w sposób przedstawiony na rysunku, początkowo spoczywają. Wpływ tarcia na ruch klocków jest pomijalny.



W jakim kierunku klocki będą się poruszać?

☐ klocki będą poruszać się naprzemiennie w górę i w dół

☐ klocki pozostaną w spoczynku

☐ w lewo

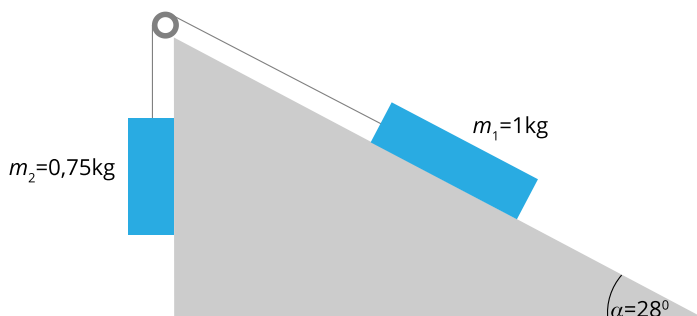
☐ w prawo

Ćwiczenie 6



Dwa klocki są połączone nieważką, nierozciągliwą nicią, w sposób przedstawiony na rysunku. Wpływ tarcia na ich ruch jest pomijalny. Wyznacz wartość oraz określ zwrot dodatkowej siły $\vec{F}$ równoległej do równi, działającej na klocek 1. Zapewnia ona, że oba klocki pozostają w spoczynku.

Przyjmij wartość $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.



Uzupełnij wartość F (wraz z jednostką) siły równoległej do równi, działającej na klocek 1 oraz określ jej zwrot.

$F =$
Siła ma zwrot

N

kg

2,80

2,8

w górę równi

w dół równi

niemożliwy do określenia

2,75

2,750

2,752

Ćwiczenie 7



Do klocka o masie $m = 3 \text{ kg}$, znajdującego się na równi pochyłej, przyłożono skierowaną pionowo do góry siłę $F = 3 \text{ N}$. Wypadkowa siła działająca na klocek wzdłuż równi miała wtedy wartość $F_w = 7 \text{ N}$. Wyznacz kąt nachylenia równi, przyjmując $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Wynik zaokrąglaj do trzech cyfr znaczących.

$\alpha =$ °

Ćwiczenie 8



Do klocka o masie $m = 2$ kg, znajdującego się na równi pochyłej, przyłożono skierowaną poziomo do wnętrza równi siłę $F = 6$ N. W tej sytuacji klocek nie poruszał się wzdłuż równi. Wyznacz kąt nachylenia równi, przyjmując $g = 9,81$ m/s².

Wynik zaokrąglony do **jednej cyfry znaczącej** to

2° 20° 17° 17,0° 17,00° 17,0042° Nie da się tak zaokrąglić uzyskanego wyniku.

Wynik zaokrąglony do **dwóch cyfr znaczących** to

2° 20° 17° 17,0° 17,00° 17,0042° Nie da się tak zaokrąglić uzyskanego wyniku.

Wynik zaokrąglony do **czterech cyfr znaczących** to

2° 20° 17° 17,0° 17,00° 17,0042° Nie da się tak zaokrąglić uzyskanego wyniku.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Siły działające na ciało na równi pochyłej
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: 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych; II. Mechanika. Uczeń: 23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej.
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 siły działające na ciało na równi pochyłej. 2. rozkłada te siły na składowe równoległe i prostopadłe do równi. 3. wyznacza wartości sił działających na ciało na równi pochyłej oraz ich składowych.
Strategie nauczania:	flipped classroom

Metody nauczania:	zadania rachunkowe
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	- tablica, - rzutnik.
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie tematyki zajęć - równia pochyła jako przybliżenie górskiego zbocza, stoku, skoczni narciarskiej, dzięki czemu można opisać ruch sanek, skoczka narciarskiego, narciarza, itd. Wspólne przypomnienie z uczniami sił działających na ciało na równi - nauczyciel wykorzystuje w tym celu grafikę interaktywną.	
Faza realizacyjna:	
Rozwiązanie zadań 5-8. Zadania uszeregowane są pod kątem rosnącej trudności. Nauczyciel prosi chętnych uczniów o rozwiązanie zadania przy tablicy. Prosi również osobę rozwiązującą, by tłumaczyła każdy wykonywany krok lub robi to sam. W pierwszej kolejności rozwiązywane będzie zadanie 5, dotyczące wyznaczenia i porównania sił zsuwających działających na klocki - nauczyciel prosi ucznia o narysowanie wektorów sił działających w tym przypadku, a następnie obliczenie niezbędnych wielkości i na tej podstawie ustalenie odpowiedzi do zadania. Odpowiedni wzór dany był w e-materiale, więc uczniowie powinni poznać go przed lekcją. Następnie, uczniowie rozwiązują zadanie 6, gdzie zagadnienie dotyczy wyznaczenia wypadkowej siły zsuwającej, złożonej nie tylko ze składowej siły ciężkości, lecz również siły naciągu nici - w tym przypadku obie siły są skierowane wzdłuż równi. W ostatniej części nauczyciel prosi uczniów o rozwiązanie zadań 7 i 8. W obu przypadkach do ciała na równi przyłożone są siły nie działające wzdłuż ani prostopadle do równi, lecz pionowo i poziomo, co podnosi poziom trudności. W zadaniu 7 istnieje wypadkowa siła zsuwająca klocek, w zadaniu 8 uczniowie mają za zadanie sformułować warunek spoczynku klocka przy danych działających siłach.	
Faza podsumowująca:	
Lekcja ma charakter rachunkowy, więc podsumowanie następuje po każdym zadaniu. Powinno zawierać ono krótkie streszczenie wykonanych działań oraz wyjaśnienie czemu one służyły oraz odpowiedzi na pytania i wątpliwości uczniów.	
Praca domowa:	

Rozwiązanie zadań 1-4 . Są to proste zadania na sprawdzenie wiedzy i jej zastosowanie.

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

Zgodnie z ideą metody flipped classroom, uczniowie zapoznają się z e-materiałem przed rozpoczęciem zajęć. Grafikę wykorzystuje się także na początku zajęć jako przypomnienie.