



Narciarz na stoku

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



Narciarz na stoku

Czy to nie ciekawe?

Istnieje wiele sportów zimowych, w których zawodnicy wykorzystują pochylony teren. Zaliczają się do nich m.in. saneczkarstwo, skoki narciarskie lub jazda na nartach, w której wielkie sukcesy odnosiła pochodząca z naszego kraju zawodniczka, Justyna Kowalczyk. W tym e-materiale pokażemy Ci, jak bliskie związki łączą fizykę ze sportem. Mamy nadzieję, że przekonamy Cię, że dla sportowca znajomość podstaw fizyki jest bardzo ważna!



Rys. a. Justyna Kowalczyk podczas biegu na nartach.

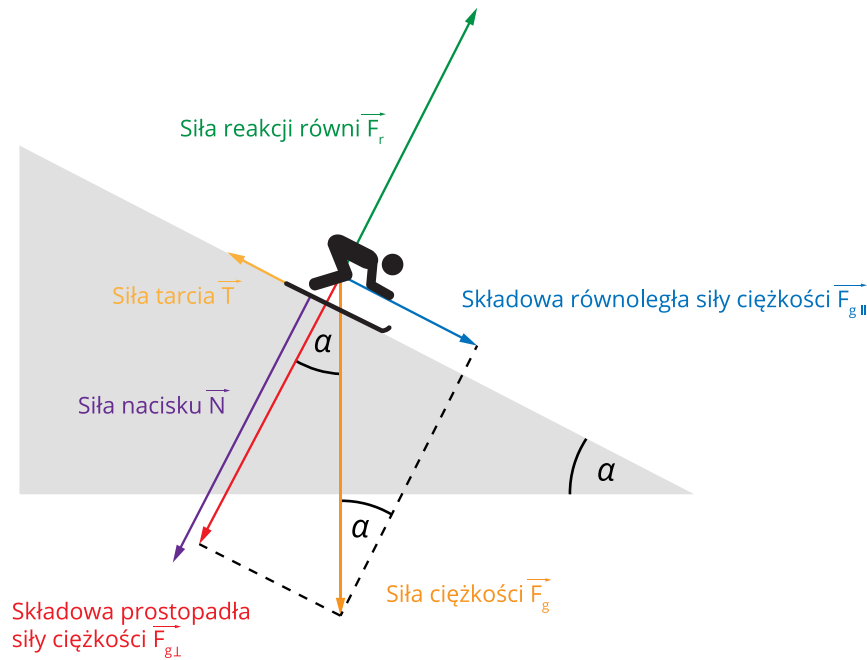
Twoje cele

- dowiesz się, jakie siły działają na narciarza poruszającego się na stoku,
- poznasz definicję siły oporu powietrza,
- zrozumiesz, dlaczego narciarze pochylają się podczas jazdy,
- zrozumiesz, dlaczego do szybkiej jazdy na nartach konieczne jest dobre ubicie śniegu,
- przeanalizujesz wpływ kąta nachylenia, długości stoku oraz współczynnika tarcia na parametry ruchu narciarza,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz wpływ siły oporu powietrza na przyspieszenie narciarza.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Sytuację narciarza poruszającego się na stoku możemy opisać traktując zbocze góry jako równię pochyłą. Siły działające w takim przypadku na narciarza znajdującego się na równi o kącie nachylenia α przedstawiliśmy na Rys. 1.



Rys. 1. Siły działające na narciarza zjeżdżającego na stoku.

Na zjeżdżającego ze zbocza góry narciarza działają trzy podstawowe siły:

- siła ciężkości $\vec{F}_g$ pochodząca od oddziaływania grawitacyjnego narciarza z Ziemią,
- **siła reakcji** równi $\vec{F}_r$ będąca reakcją na nacisk $\vec{N}$ narciarza na powierzchnię równi,
- siła tarcia $\vec{T}$.

Siła ciężkości (i jej składowe) przyłożone są do **środku masy** narciarza, siła nacisku przyłożona jest do podłoża, a siła reakcji – do nart. Siła tarcia działa na granicy powierzchni między nartami a zboczem.

Siła nacisku narciarza na podłoże $\vec{N}$ pochodzi od prostopadłej składowej siły ciężkości działającej na narciarza. Jej wartość wynosi

$$N = F_{g\perp} = mg \cos \alpha.$$

Narciarz zjeżdża ze stoku pod wpływem sił działających w kierunku równoległym do stoku. Są to równoległa składowa siły ciężkości (zwana też siłą zsuwającą $\vec{F}_s$) oraz siła tarcia $\vec{T}$.

Wartość siły zsuwającej jest równa

$$F_s = F_{g\parallel} = mg \sin \alpha.$$

Wartość siły tarcia T jest równa wartości siły nacisku narciarza na podłoże pomnożonej przez bezwymiarowy współczynnik tarcia

$$T = fN = fmg \cos \alpha.$$

Zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona możemy zatem zapisać

$$ma = F_s - T = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha,$$

$$a = g \sin \alpha - fg \cos \alpha.$$

W rzeczywistości na narciarza działają będą dodatkowe siły – może być to na przykład siła pochodząca od wiatru. W zależności od jego kierunku, narciarz będzie dodatkowo popychany w dół stoku lub hamowany. Inną, zawsze występującą siłą, jest siła oporu powietrza.

Słowniczek

Siła reakcji podłoża

(*ang.: ground reaction force*) siła, z jaką podłoże działa na spoczywające na nim ciało.

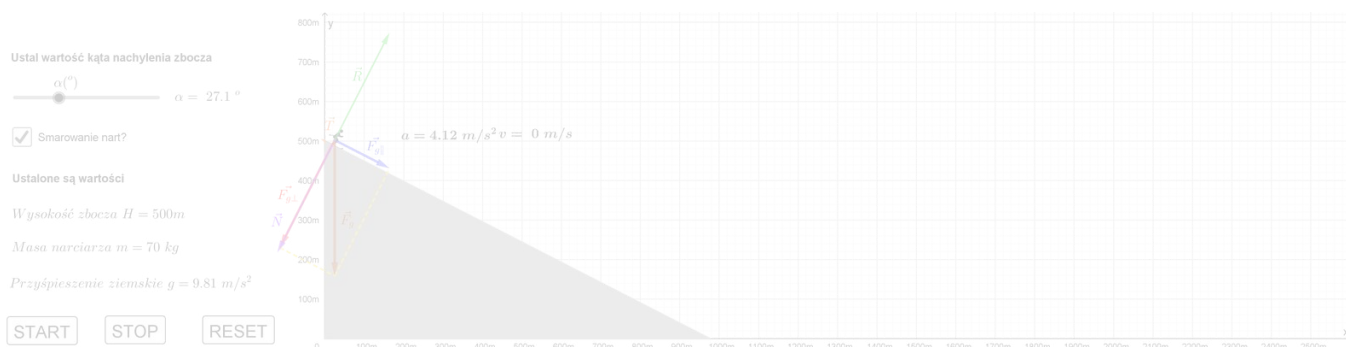
Środek masy

(*ang.: centre of mass*) punkt w obiekcie, który często z dobrym przybliżeniem zachowuje się tak, jak gdyby była w nim skupiona masa całego obiektu. Jego położenie jest średnią ważoną odległości od początku przyjętego układu odniesienia wszystkich składowych elementów ciała, przy czym jako wagi przyjmuje się masy tych elementów.

Symulacja interaktywna

Narciarz na stoku

Symulacja prezentuje ruch narciarza na stoku. Położenie narciarza rysuje się na bieżąco w układzie współrzędnych, w okienku obok prezentowana jest bieżąca prędkość i przyspieszenie. Zbocze ma ustaloną wysokość, użytkownik może zmieniać kąt jego nachylenia oraz smarować narty (zmniejszając współczynnik tarcia).



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1A73W9Kq>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 1

Przeanalizuj, dla ustalonego kąta, jakie wartości prędkości końcowej osiąga narciarz, w przypadku, gdy a) nałożył smar na narty, b) nie zrobił tego. Jaki wniosek możesz wyciągnąć i jak go uzasadnisz?

Polecenie 2

Na podstawie wartości prędkości końcowych uzyskiwanych w symulacji dla określonego kąta nachylenia zbocza wyznacz współczynniki tarcia nart o śnieg w przypadku ich smarowania oraz gdy tego nie zrobiono. Wysokość zbocza $H = 500$ m, masa narciarza $m = 70$ kg, wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81$ m/s².

Polecenie 3

W naszym modelu zakładamy, że na narciarza działają jedynie: siła ciężkości, siła tarcia i siła reakcji. Czy przyspieszenie narciarza w tym modelu zależy od jego masy?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   



Ćwiczenie 1



Narciarka sunie w dół stoku. Przyporządkuj możliwe działające na narciarkę siły do odpowiedniej grupy.

Siły, które rozpędzają narciarkę:

siła wiatru (gdy wieje w twarz)

siła, z jaką narciarka odpycha się kijami od podłoża

Siły, które hamują narciarkę:

siła tarcia

siła zsuwająca

siła oporu powietrza

siła wiatru (gdy wieje w plecy)



Rys. 2. Narciarze biegowi sunący po śniegu.

Ćwiczenie 2



Podczas szybkiej jazdy w dół, narciarze pochylają się - przedstawiono to na Rys. 2. Wyjaśnij, czemu służy przyjęcie takiej pozycji.

Ćwiczenie 3



Narciarze poruszają się po wyznaczonych w ubitym śniegu torach. Dlaczego wybierają taką trasę, a nie dowolną inną (np. po najkrótszym łuku)?



Rys. 3. Ośła łączka.

Ćwiczenie 4



Podczas nauki jazdy na nartach, kursanci poruszają się po trasach na tzw. „oślich łączkach”. Sprawdź w Internecie, czym jest „ośla łączka” i wyjaśnij, dlaczego jest to stok przeznaczony dla początkujących narciarzy.

Ćwiczenie 5



Wyznacz maksymalną prędkość, jaką może uzyskać początkowo spoczywająca narciarka na końcu "oślej łączki" o kącie nachylenia 6° i długości $s = 250$ m. Współczynnik tarcia nart o podłoże wynosi $f = 0,09$, a wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

$$v_k = \boxed{} \frac{m}{s}.$$

Ćwiczenie 6



Ile razy większą prędkość (w porównaniu do wyniku z zadania 5.) mogłaby uzyskać ta narciarka, jeżeli poruszałaby się po stoku dla zaawansowanych narciarzy o kącie nachylenia 20° i długości $s = 1600$ m? Współczynnik tarcia nart o podłoże wynosi $f = 0,09$, a wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Maksymalna prędkość byłaby około razy większa.

Informacja do zadań 7 i 9.

Wartość siły oporu powietrza działającej na jadącą na stoku narciarkę można zapisać jako:

$$F = \frac{\rho S C v^2}{2},$$

gdzie $\rho = 1,225 \frac{kg}{m^3}$ jest gęstością powietrza, v jest prędkością narciarki względem powietrza, S - powierzchnią ciała narciarki, a C - tzw. współczynnikiem kształtu. Siła jest skierowana równoległe i przeciwnie do kierunku ruchu narciarki.

Ćwiczenie 7



W jakiej jednostce wyrażony jest współczynnik C ?

☐ $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

☐ C jest wielkością bezwymiarową.

☐ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

☐ $\text{kg} \cdot \text{m}$

Ćwiczenie 8



Narciarka porusza się po stoku z ustaloną prędkością wynoszącą $v = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Wiedząc, że współczynnik tarcia nart o zbocze wynosi $f = 0,06$, a nachylenie zbocza wynosi 8° , wyznacz wartość współczynnika C . Masa narciarki to $m = 70 \text{ kg}$, jej powierzchnia $S = 0,7 \text{ m}^2$, a wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

$C =$.

Ćwiczenie 9



Aby zmienić prędkość ruchu, narciarka z poprzedniego zadania prostuje się i rozkłada ręce, zwiększając powierzchnię swojego ciała do $S_2 = 1,4 \text{ m}^2$. Jakie będzie przyspieszenie narciarki bezpośrednio po zmianie pozycji, jeśli poruszała się ona początkowo z prędkością $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$? Przyjmij, że wartość współczynnika C po zmianie kształtu ciała uległa zwiększeniu do $C = 1,8$. Wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Wynik podaj z dokładnością do czterech cyfr znaczących.

$a =$ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Fizyka jazdy na nartach
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; 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 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. 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. nazywa siły działające na narciarza poruszającego się na stoku, 2. uwzględnia wpływ siły oporu powietrza na parametry ruchu, 3. tłumaczy podstawy fizyczne techniki narciarskiej, 4. wyznacza wartości wszystkich sił działających na narciarza i określa jego przyspieszenie, 5. przedstawia informacje w formie prezentacji multimedialnej.
Strategie nauczania:	strategia kształcenia wyprzedzającego
Metody nauczania:	pokaz multimedialny
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	projektor, ekran, komputer z oprogramowaniem do prezentacji
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

Lekcję można zrealizować bezpośrednio po realizacji zagadnienia ruchu ciała na równi pochyłej, gdzie obecna była siła tarcia. Pod koniec takiej lekcji, nauczyciel wzbudza ciekawość uczniów przez zadanie dodatkowych pytań, np.:

- Wyobraźmy sobie, że nasza równia pochyła to stok narciarski, a naszym ciałem na równi jest narciarz. Czy podlega on działaniu tylko dwóch sił? (Nie, gdyż istnieje jeszcze siła oporu powietrza.)
- Dlaczego narciarze na stoku (albo rowerzyści zjeżdżający z górki) pochylają się?
- Dlaczego do jazdy na nartach dobry jest ubity (a nie świeży) śnieg?

Nauczyciel prosi chętnych uczniów o opracowanie (w grupach) odpowiedzi na postawione pytania w formie prezentacji multimedialnych, które uczniowie będą wygłaszać na następnej lekcji (której dotyczy ten konspekt). W przypadku lekcji powiązanej z tym e-materiałem, zalecany temat prezentacji to siła oporu działająca na narciarza (aerodynamiczna, wymieniona w zadaniach 7-9, oraz tarcia). Nauczyciel prosi uczniów o przesłanie prezentacji przed wystąpieniem, celem ich sprawdzenia i weryfikacji poprawności.

Dodatkowe informacje:

W innym wariantcie, nauczyciel pyta uczniów, czy ktoś z nich jeździ na nartach.

W przypadku odpowiedzi twierdzącej, nauczyciel prosi danego ucznia o przedstawienie podstawowych informacji dotyczących techniki jazdy na nartach. Zadaniem uczniów jest przygotowanie prezentacji omawiających fizyczne podstawy tych technik.

Z tematem nart można powiązać również zagadnienia m.in. siły dośrodkowej, momentu bezwładności, środka masy i realizować lekcję tego typu przy innych pytaniach wzbudzających ciekawość, np. dlaczego narciarze przechylają się przy skręcie (siła dośrodkowa), lub obniżają swoje ciało przy skręcie (moment bezwładności), itd.

Faza realizacyjna:

Uczniowie wyszukują niezbędne informacje w książkach i internecie (dużo źródeł po wpisaniu hasła „fizyka nart”, artykuły, skany książek, dotyczące nie tylko siły oporu). W przypadku realizacji zagadnienia siły oporu, prezentacja powinna zawierać jej definicję, opis współczynnika kształtu i jego wartości dla różnych „ułożeń” narciarza, przykładowe wartości współczynnika tarcia, związki (jakościowe) między wartością siły oporu powietrza a przyspieszeniem narciarza. Podczas lekcji uczniowie prezentują przygotowany materiał i odpowiadają na pytania nauczyciela i pozostałych uczniów.

Faza podsumowująca:

Uczniowie pod kierunkiem nauczyciela rozwiązują przykładowe zagadnienia dotyczące siły oporu aerodynamicznego, np. zadania 8 i 9 z e-materiału.

Praca domowa:

Dla zainteresowanych: lektura książek dotyczących fizyki nart. Przygotowanie prezentacji dotyczących innych zagadnień jazdy na nartach lub fizyki w innej, wybranej dziedzinie sportu.

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

Multimedium można zlecić uczniom do samodzielnej analizy zagadnienia ruchu z tarciem, lub wykorzystać je podczas lekcji dotyczącej ruchu z tarciem na równi pochyłej lub wpływu kąta nachylenia na wartości działających sił.