



Jaki jest związek między zmianą pędu i popędem siły?

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



Jaki jest związek między zmianą pędu i popędem siły?

Czy to nie ciekawe?

Skutkiem działania na ciało niezrównoważonej siły wypadkowej jest zgodnie z II zasadą dynamiki Newtona ruch jednostajnie zmienny. Wiąże się to ze zmianą prędkości, z jaką ciało to się porusza, a zatem ze zmianą wartości pędu. W tym materiale dowiesz się, jaki jest związek pomiędzy siłą działającą na ciało, a zmianą jego pędu.

Twoje cele

- poznasz relację, jaka wiąże zmianę pędu ciała i popęd siły działającej na to ciało,
- zrozumiesz, dlaczego zmiana wartości pędu jest wprost proporcjonalna do czasu, w jaki siła działa na ciało,
- wykorzystasz zdobytą wiedzę w analizie przykładów rachunkowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Działanie na ciało niezrównoważonej siły wypadkowej powoduje zmianę prędkości, z jaką porusza się to ciało. Zmiana ta jest tym większa, im dłużej działa siła. Iloczyn siły $\vec{F}$ oraz czasu Δt jej działania na ciało nazywamy **popędem siły** $\vec{\sigma}$.

$$\vec{\sigma} = \vec{F} \Delta t$$

Każde ciało posiadające masę m , poruszające się z pewną prędkością, ma pęd $\vec{p}$.

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

Zmiana prędkości $\Delta \vec{v} = \vec{v}_k - \vec{v}_p$, pod wpływem działania niezrównoważonej siły, prowadzi zatem do **zmiany pędu** $\Delta \vec{p} = \vec{p}_k - \vec{p}_p$ tego ciała.

$$\Delta \vec{p} = m \vec{v}_k - m \vec{v}_p = m \Delta \vec{v}$$

Korzystając z II zasady dynamiki możemy zapisać, że powyższy iloczyn jest równy iloczynowi siły i czasu jej działania, czyli popędowi.

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$$

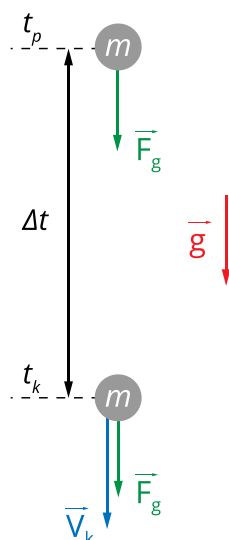
$$\Delta \vec{p} = \vec{\sigma}$$

Jednostką zmiany pędu jest $\text{kg} \cdot \text{m/s}$, co wynika z powyższego wzoru wiążącego zmianę pędu z siłą.

$$\text{N} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Przykład 1.

Wyznamy **zmianę pędu**, jakiej dozna w czasie $\Delta t = 4 \text{ s}$, swobodnie opadająca pod wpływem siły grawitacji $\vec{F}_g$, metalowa kulka o masie $m = 200 \text{ g}$.



Rys. 1. Swobodnie spadająca kulka o masie $m = 200 \text{ g}$.

Początkowy pęd kulki jest równy 0, ponieważ w chwili upuszczania kulka nie ma prędkości początkowej.

$$v_p = 0 \longrightarrow p_p = mv_p = 0$$

Natomiast pęd końcowy kulki wynosi:

$$p_k = mv_k$$

Zmiana pędu jest różnicą pomiędzy wartością pędu końcowego i początkowego

$$\Delta p = p_k - p_p$$

Ponieważ w analizowanym przypadku pęd początkowy jest równy 0, więc zmiana wartości pędu jest równa pędowi końcowemu kulki.

$$\Delta p = p_k$$

Nie znamy jednak wartości prędkości końcowej swobodnie opadającej kulki. Wykorzystajmy zatem związek pomiędzy zmianą pędu Δp i popędem siły, działającej na ciało $\vec{\sigma} = \vec{F} \Delta t$.

$$\Delta p = F \Delta t$$

Wartość siły grawitacji jest równa iloczynowi masy ciała m i przyspieszenia grawitacyjnego g . Wartość przyspieszenia grawitacyjnego wynosi $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. A zatem zmiana wartości pędu w analizowanym przykładzie jest równa:

$$\Delta p = F_g \Delta t = mg \Delta t = 0,2 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ s} = 7,85 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Przykład 2.

Najszybszy serwis Igi Świątek, zarejestrowany podczas wygranego przez nią turnieju tenisowego French Open 2020, rozgrywanego na kortach Roland Garros w Paryżu, to 181 km/h.



Rys. 2. Iga Świątek.

Obliczmy siłę, jaką rakieta tenisowa działała na piłkę w czasie tego uderzenia, przy założeniu, że kontakt piłki z rakieta trwał około 0,005 sekundy. Piłka tenisowa ma masę 65 g.

Zmiana pędu piłki jest równa popędowi siły, czyli:

$$m \cdot \Delta v = F \cdot \Delta t$$

Prędkość początkowa piłki jest równa zero, czyli

$$\Delta v = v = 181 \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx 50,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zatem

$$F = \frac{m \cdot v}{\Delta t} = \frac{0,065 \text{ kg} \cdot 50,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,005 \text{ s}} \approx 654 \text{ N}$$

Użyta siła jest około 1000 razy większa od ciężaru piłki.

Słowniczek

Zmiana pędu

(ang.: *change of momentum*) różnica pomiędzy wartością końcową oraz początkową pędu ciała.

Popęd siły

(*ang.: impulse*) iloczyn wartości siły i czasu, w którym oddziałuje ona na ciało.

Symulacja interaktywna

Jaki jest związek między zmianą pędu i popędem siły?

Symulacja przedstawia początkowo nieruchomy wózek na kółkach, stojący na płaskiej powierzchni, który pod wpływem stałej siły porusza się przez czas $\Delta t = 5 \text{ s}$. Tarcie pomiędzy kółkami wózka a podłożem jest pomijalnie małe.

Uwaga: Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.



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

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

Polecenie 1

Zapoznaj się z symulacją i sprawdź, jak wpływa zmiana wartości siły na zmianę pędu wózka.

Polecenie 2

Wskaż odpowiedni element tekstu.

Droga przebyta przez wózek w ciągu 5 sekund ruchu jest wprost proporcjonalna do

działającej na niego siły / kwadratu działającej na niego siły .

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Działająca na ciało niezrównoważona siła wywołuje zmianę /
 nie wywołuje zmiany prędkości, z jaką ciało to się porusza. iloraz / iloczyn
siły oraz czasu, w którym oddziałuje ona na ciało jest równy popędowi siły. Wartość popędu
jest równa różnicy / sumie pędów końcowego i początkowego.

Ćwiczenie 2



Wyznacz wartość siły, która w czasie $\Delta t = 5$ s wywołuje zmianę pędu metalowej kulki $\Delta p = 30$ kg·m/s.

Odp.: N.

Ćwiczenie 3



Wyznacz wartość popędu siły, który zmienia pęd rowerzysty od $p_p = 300$ kg·m/s do $p_k = 450$ kg·m/s.

Odp.: kg·m/s.

Ćwiczenie 4



Po poziomej powierzchni przesuwana jest metalowa skrzynia. W chwili początkowej prędkość skrzyni jest równa $v_p = 4$ m/s. Pomiedzy skrzynią a podłożem występuje stała w czasie siła tarcia $F_T = 50$ N. Skrzynia pod wpływem siły tarcia zaczyna hamować i po upływie $t = 9$ s zwalnia do prędkości $v_k = 1$ m/s. Wyznacz masę skrzyni.

Odp.: kg.

Ćwiczenie 5



Wyznacz czas, jaki upłynie od chwili upuszczenia drewnianej kulki o masie $m = 200$ g, do momentu kiedy osiągnie ona prędkość $v = 15$ m/s. Wynik podaj z dokładnością do 0,1 s.

Odp.: s.

Ćwiczenie 6



Wybierz stwierdzenie prawdziwe:



Zmiana pędu ciała, pod wpływem działania niezerównoważonej siły wypadkowej, jest odwrotnie proporcjonalna do czasu oddziaływania tej siły.

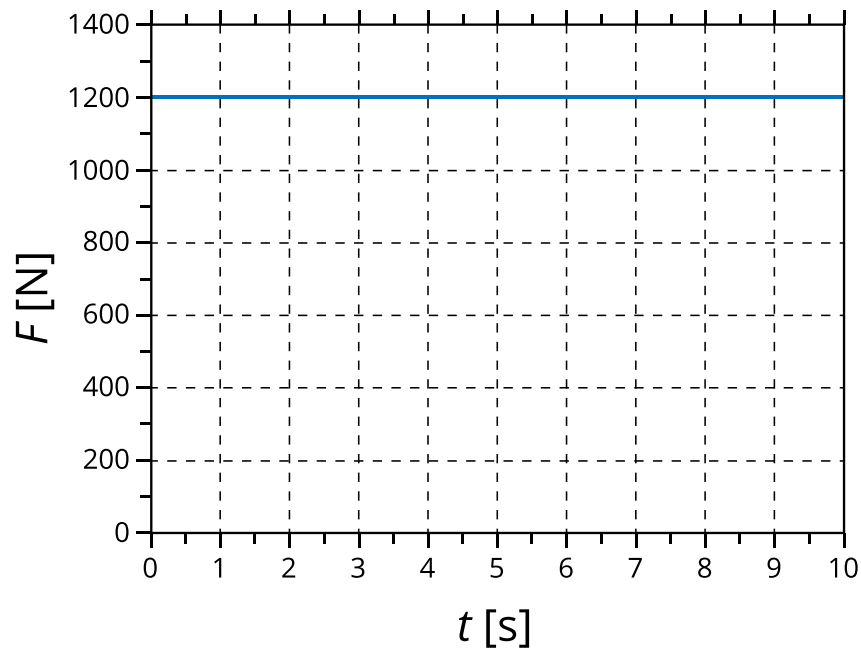


Zmiana pędu ciała, w funkcji czasu jest odwrotnie proporcjonalna do wartości siły oddziałującej na to ciało.



Zmiana pędu ciała, pod wpływem działania niezerównoważonej siły wypadkowej, jest proporcjonalna do czasu oddziaływania tej siły.

Ćwiczenie 7



Na wykresie przedstawiono wartość siły wypadkowej oddziałującej na jadący samochód o masie $m = 1000 \text{ kg}$, w funkcji czasu. Wyznacz wartość zmiany prędkości samochodu w czasie od $t_1 = 1 \text{ s}$ do $t_2 = 5 \text{ s}$.

Odp.: m/s.

Ćwiczenie 8



Proces hamowania, powoduje zmniejszenie prędkości, z jaką porusza się ciało. Popęd siły hamującej przyjmuje w takim przypadku wartość:

☐ $\sigma > 0$

☐ $\sigma = 0$

☐ $\sigma < 0$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Bartłomiej Klus
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Przykłady zastosowań zasad dynamiki
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 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: 14) posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką; interpretuje II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu i popędem siły.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie 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. poda relację, jaka wiąże zmianę pędu ciała i popęd siły działającej na to ciało; 2. wyjaśni, dlaczego zmiana wartości pędu jest wprost proporcjonalna do czasu, w jaki siła działa na ciało; 3. wykorzysta zdobytą wiedzę w analizie przykładów rachunkowych i rozwiązywaniu zadań.
Strategie nauczania:	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przez odkrywanie/dociekanie naukowe)
Metody nauczania:	burza mózgów, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	niewielki klocek, który może zostać wprowadzony w ruch na blacie stołu; symulacja interaktywna przedstawiająca związek pomiędzy zmianą pędu i popędem siły; zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Jaki jest związek między zmianą pędu i popędem siły?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel na początku lekcji przeprowadza pokaz, w którym wprowadza w ruch klocek przesuwający się po blacie stołu. Klocek ma prędkość początkową, a następnie puszczone swobodnie po stole zaczyna zwalniać. Nauczyciel zadaje pytanie: Dlaczego prędkość klocka maleje? Uczniowie dochodzą do wniosku, że prędkość klocka maleje, ponieważ działa na niego siła tarcia. Zmiana prędkości następuje w pewnym czasie, kiedy działa na niego siła. Nauczyciel wprowadza pojęcie popędu siły.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie zapoznają się z tekstem e-materiału oraz symulacją interaktywną. Uczniowie wyprowadzają związek pomiędzy zmianą pędu i popędem siły - ochotnik omawia, jak wyprowadził tę zależność. Uczniowie, w grupach, rozwiązują i analizują przykład 1, zawarty w e-materiale, i zadania 4 i 5 zamieszczone w zestawie zadań, utrwalając w ten sposób zdobyte informacje. Następnie, reprezentanci grup, przedstawiają rozwiązania na tablicy.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informacje zwrotną.	
Praca domowa:	

Uczniowie utrwalają wiedzę i poszerzają rozumienie czytając powtórnie tekst e-materiału i analizując symulację interaktywną. Uczniowie rozwiązują samodzielnie w domu zadania 7-8 z dołączonego zestawu zadań.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Symulacja interaktywna może zostać wykorzystana w trakcie lekcji na temat II zasady dynamiki.