



Energia kinetyczna

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Energia kinetyczna

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/rollercoaster-szybki-plama-jazda-831513/> [dostęp 18.05.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Energia kinetyczna jest energią, którą obdarzone jest każde poruszające się ciało. Jest ona zatem powszechna w przyrodzie. Za jej pomocą można opisywać zarówno ruch cząsteczek powietrza w atmosferze, jak i ruch olbrzymich planet krążących wokół gwiazd. W tym e-materiale wyjaśnimy, w jaki sposób określa się energię kinetyczną ciała oraz przeanalizujemy kilka sytuacji, w których energia ta zmienia się na skutek wykonania pracy. Rozważymy także sytuację drastyczną, tj. zmianę energii kinetycznej samochodu podczas wypadku i wynikające z tego konsekwencje. Dzięki temu dowiesz się, jak ważne jest przestrzeganie przepisów ruchu drogowego.



Rys. a. To na szczęście tylko test zderzeniowy.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/test-zderzeniowy-zderzenie-czo%5%82owe-1620603/> [dostęp 18.05.2022], domena publiczna.

Twoje cele

- dowiesz się, w jaki sposób opisuje się energię kinetyczną ciała,
- zrozumiesz mechanizmy przekształcenia energii kinetycznej w inny rodzaj energii,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do wyznaczania energii kinetycznej różnych ciał,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zagadnienia dotyczące fizyki wypadków drogowych,
- zrozumiesz, dlaczego na drogach wprowadza się ograniczenia prędkości,
- uzasadnisz, dlaczego zmniejszenie prędkości pojazdu poprawia bezpieczeństwo.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Energia kinetyczna (*gr. κίνησις, kinesis* - ruch) jest rodzajem energii, którą obdarzone są wszystkie ciała znajdujące się w ruchu. Pewnym zasobem energii kinetycznej dysponuje zarówno samochód jadący drogą, mrówka niosąca na swoim grzbiecie kawałek liścia, jak i elektron związany w jądrze atomowym.

Aby wyznaczyć wartość energii kinetycznej ciała, należy posłużyć się prostym wzorem:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

gdzie m jest masą ciała, a v – jego prędkością w danym **układzie odniesienia**. Energia kinetyczna jest wielkością skalarną – nie ma określonego kierunku, a zatem dwa ciała o tej samej masie, poruszające się z tą samą, lecz różnie zwróconą prędkością, będą miały taką samą energię kinetyczną. Jednostką energii kinetycznej (podobnie jak każdego innego rodzaju energii) jest dżul:

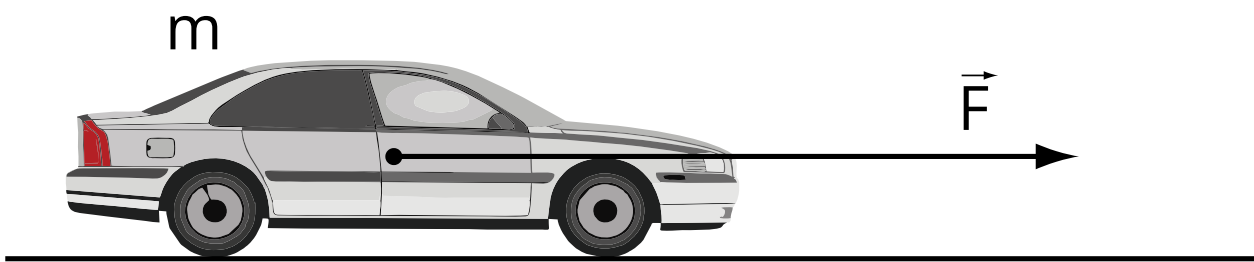
$$[E_k] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}.$$

Jeśli ciało pierwotnie spoczywało, a potem zaczęło poruszać się z niezerową prędkością, oznacza to, że ma teraz niezerową energię kinetyczną. Ciało nie może jednak otrzymać energii kinetycznej „z niczego” – jej uzyskanie jest skutkiem wykonania pewnej pracy. Przeanalizujmy to zagadnienie w Przykładzie 1.

Przykład 1

Energia kinetyczna pojazdu przyspieszającego pod wpływem stałej siły

Spoczywający samochód o masie $m = 1800$ kg zaczyna przyspieszać pod wpływem wypadkowej siły o wartości $F = 2700$ N, skierowanej równoległe do kierunku ruchu (Rys. 1). Oblicz energię kinetyczną samochodu po $t = 10$ s ruchu.



Rys. 1. Na samochód działa niezerowa wypadkowa siła \vec{F} .

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

Dane	Szukane
masa samochodu: $m = 1800 \text{ kg}$	energia kinetyczna samochodu po 10 sekundach ruchu: $E_k = ?$
wypadkowa siła działająca na samochód: $F = 2700 \text{ N}$	
czas ruchu $t = 10 \text{ s}$	

Analiza zadania

Samochód początkowo spoczywał, więc nie miał energii kinetycznej. Gdy na samochód zaczęła działać pewna niezrównoważona siła, zaczął on poruszać się ruchem przyspieszonym i zwiększać swoją prędkość oraz energię kinetyczną. Analizując to zagadnienie z punktu widzenia pracy i energii, dochodzimy do wniosku, że energia kinetyczna samochodu wzrosła na skutek pracy wykonanej przez siłę wypadkową.

Rozwiązanie

Energię kinetyczną możemy wyznaczyć, określając prędkość samochodu po podanym czasie ruchu. W tym celu wyznaczamy kolejno przyspieszenie, prędkość końcową i ostatecznie energię:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2700 \text{ N}}{1800 \text{ kg}} = 1,5 \text{ m/s}^2 ,$$

$$v = a \cdot t = 1,5 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ s} = 15 \text{ m/s} ,$$

zatem

$$E_k = \frac{1800 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2}{2} = 202\,500 \text{ J} = 202,5 \text{ kJ} .$$

Rozwiązanie z wykorzystaniem bilansu energii

Spróbujmy teraz rozwiązać to samo zagadnienie z punktu widzenia przemian energii na skutek wykonania pracy. Praca wykonana przez siłę wypadkową wynosi

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F\Delta r \cos 0^\circ = F\Delta r .$$

Ruch samochodu zachodzi po linii prostej, więc przemieszczenie samochodu Δr jest równe przebytej przez niego przez czasie t drodze s . Drogę tę wyznaczymy z własności ruchu jednostajnie przyspieszonego,

$$s = \frac{at^2}{2} .$$

Poprzednio korzystaliśmy już ze związku między siłą i przyspieszeniem samochodu. Wstawiając go do powyższego wzoru, otrzymamy

$$W = \frac{1}{2} \frac{F^2}{m} t^2 ,$$

przy czym da się sprawdzić, że jednostką uzyskanego wyniku jest dżul:

$$[W] = \frac{\text{W}^2}{\text{kg}} \cdot \text{s}^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^4} \cdot \text{s}^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{J} .$$

Ostatecznie

$$W = \frac{1}{2} \frac{(2700 \text{ N})^2}{1800 \text{ kg}} \cdot (10 \text{ s})^2 = 202,5 \text{ kJ} ,$$

co pokazuje, że wykonana praca jest równa przyrostowi energii kinetycznej, możemy więc zapisać, że $E_k = W = 202,5 \text{ kJ}$.

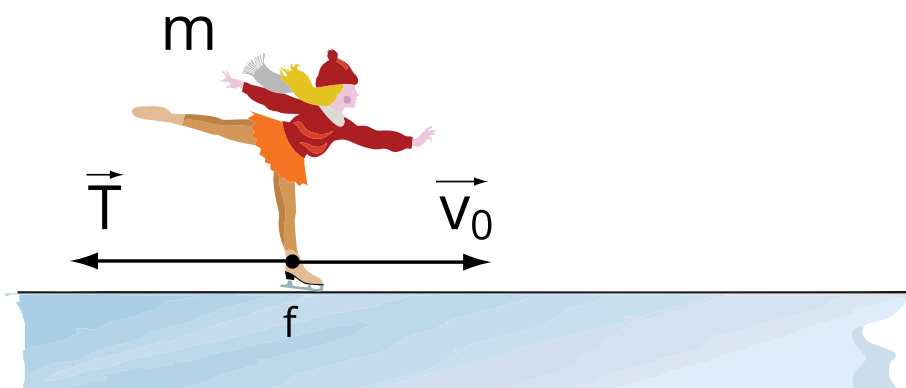
Przykład 2

Zmiana energii kinetycznej pod wpływem siły tarcia

Przeanalizujmy teraz zagadnienie odwrotne – w jaki sposób ciało może utracić swoją energię kinetyczną? Zmniejszenie jej wartości oznacza, że prędkość ciała maleje.

Zmniejszenie prędkości będzie miało miejsce, gdy do ciała zostanie przyłożona niezrównoważona siła, skierowana przeciwnie do prędkości. Taką siłą może być np. [siła tarcia kinetycznego](#).

Łyżwiarka o masie $m = 55 \text{ kg}$ porusza się z prędkością $v_0 = 5 \text{ m/s}$ (Rys. 2). Współczynnik tarcia łyżew o lód wynosi $f = 0,03$. Wyznacz drogę, po przebyciu której energia kinetyczna łyżwiarki zmaleje o 36%.



Rys. 2. Na łyżwiarkę poruszającą się początkową prędkością \vec{v}_0 działa siła tarcia kinetycznego \vec{T} .
 Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Dane	Szukane
masa łyżwiarki: $m = 55 \text{ kg}$ współczynnik tarcia łyżew o lód: $f = 0,03$ początkowa prędkość łyżwiarki: $v_0 = 5 \text{ m/s}$ przyspieszenie ziemskie: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	droga, po przebyciu której energia kinetyczna zmaleje o 36%: $\Delta r = ?$

Analiza zadania

Na łyżwiarkę działa niezrównoważona siła tarcia, która spowoduje zmniejszenie się jej prędkości. Z punktu widzenia pracy i energii – siła tarcia wykonuje na odcinku Δr ujemną pracę W_T , gdyż zwroty prędkości i siły tarcia są przeciwna. Powoduje to przekształcenie energii kinetycznej łyżwiarki na ciepło i dźwięk (zarówno ostrza łyżew jak i lód nagrzewają się, a jeździe po lodzie towarzyszy dźwięk).

Rozwiązanie

Początkowa energia kinetyczna maleje kosztem pracy sił tarcia, możemy zatem zapisać następujący bilans energii:

$$E_k = E_{k0} + W_T ,$$

w którym E_{k_0} oznacza początkową wartość energii kinetycznej a E_k oznacza jej wartość końcową. Pracę sił tarcia W_T wyrażamy jako

$$W_T = T \cdot \Delta r \cdot \cos 180^\circ = -fmg\Delta r .$$

W ostatnim przekształceniu wykorzystaliśmy fakt, że przy prostoliniowym ruchu łyżwiarki przemieszczenie będzie równe przebytej przez nią drodze. Zatem E_k jest liniową funkcją drogi Δr :

$$E_k = E_{k_0} - fmg\Delta r .$$

Wyrazem wolnym w tej zależności jest początkowa energia kinetyczna, zaś jej współczynnik kierunkowy jest ujemny, równy co do wartości bezwzględnej sile tarcia.

Warunek, który musi zostać spełniony w zadaniu, zapiszemy poprzez wyrażenie końcowej energii kinetycznej E_k jako ułamek początkowej energii E_{k_0} :

$$E_k = (100\% - 36\%)E_{k_0} = 0,64E_{k_0} .$$

Łącząc dwa ostatnie równania, dostajemy

$$0,64E_{k_0} = E_{k_0} - fmg\Delta r \Rightarrow \Delta r = \frac{0,36E_{k_0}}{fmg} = \frac{0,36v_0^2}{2fg} \approx 15 \text{ m} .$$

Komentarze

1. Zwróć uwagę, że uzyskany wynik nie zależy od masy łyżwiarki. Wynika to z faktu, że w rozpatrywanym zagadnieniu od masy zależą dwie wielkości. Energia kinetyczna łyżwiarki (także zmiana tej energii) jest do masy proporcjonalna. Podobnie siła tarcia, której praca zmniejsza energię kinetyczną, jest proporcjonalna do masy. W rezultacie tempo malenia energii jest od masy ciała niezależne.
2. Możesz - już we własnym zakresie - obliczyć czas, po którym łyżwiarka przejechała obliczoną drogę. Zastosuj rozumowanie zbliżone do tego z Przykładu 1. Prawidłowy wynik to około 3,4 s.
3. Zastosuj uzyskany wynik do wyrażenia tzw. drogi hamowania pojazdu na jezdni w ruchu ulicznym. Jest to droga przebyta przez pojazd od chwili rozpoczęcia przez kierowcę hamowania do chwili zatrzymania pojazdu. Wystarczy do wyprowadzonej zależności energii od drogi wstawić zerową wartość końcowej energii kinetycznej. Uzyskasz wtedy

$$\Delta r = \frac{E_{k_0}}{fmg} = \frac{v_0^2}{2fg} .$$

Choć wynik jest uproszczony (nie jest tu uwzględniony czas reakcji kierowcy), to pokazuje on, że droga hamowania nie jest proporcjonalna do początkowej prędkości,

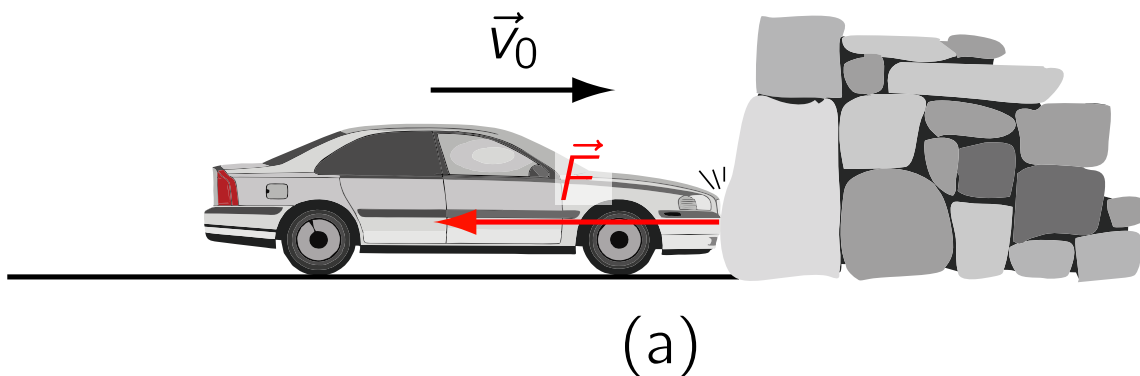
lecz rośnie wraz z nią kwadratowo.

Przykład 3

Wypadek samochodowy - strefa kontrolowanego zgniotu

Ostatni przykład dotyczy dosyć drastycznej sytuacji – wypadku samochodowego. Warto jednak zagadnienie przeanalizować i rozwiązać, by zrozumieć, dlaczego na drogach wprowadzamy ograniczenia prędkości, i dlaczego należy ich przestrzegać. Przedstawimy najprostszy, modelowy opis czołowego zderzenia, w którym dochodzi do zgniecia pojazdu od przodu.

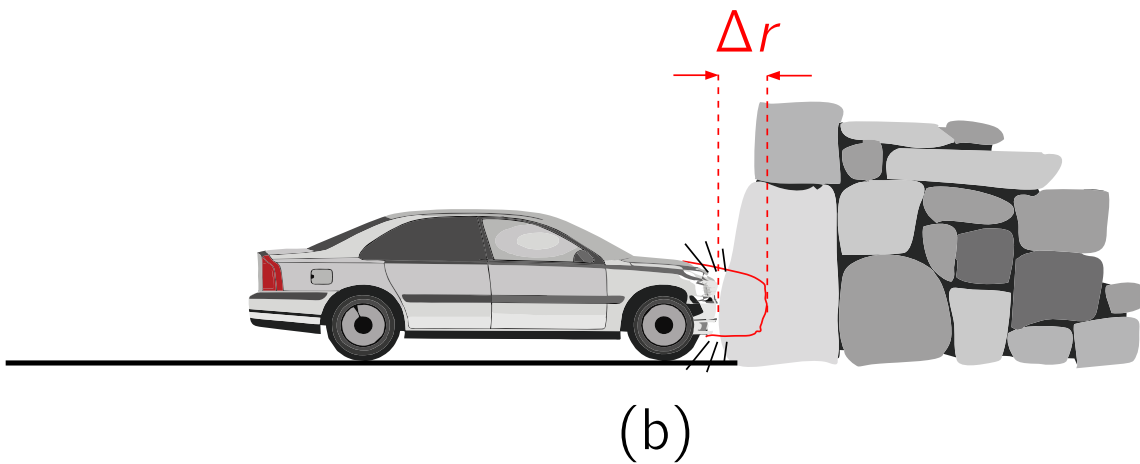
Samochód jadący z prędkością v_0 uderza w stojącą przy drodze kamienną barierę i zatrzymuje się, nie naruszając samej bariery (Rys. 3a.).



Rys. 3a. Samochód poruszający się początkową prędkością \vec{v}_0 uderza w przeszkodę i zatrzymuje się pod wpływem siły \vec{F} .

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

Od chwili uderzenia w barierę do chwili zatrzymania pojazd przebył drogę Δr (Rys. 3b.). Droga ta jest jednocześnie głębokością wgniecenia, jakie powstało w masce samochodu (oby nie w kabinie pasażera!).



Rys. 3b. Nim pojazd się zatrzymał, doszło do wgniecia jeso maski na głębokość Δr .

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

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Wyraż średnią wartość F siły hamującej działającej na samochód za pomocą jego początkowej prędkości, masy oraz głębokości wgniecia.

Analiza zderzenia

W trakcie zderzenia energia kinetyczna samochodu zostaje zamieniona na inne formy energii, związane ze skutkami zderzenia – jest to przede wszystkim energia wewnętrzna gniesionych elementów, np. karoserii. Przyczyną tej zmiany jest praca wykonana przez siłę hamującą \vec{F} . Można przyjąć, że droga, na której siła \vec{F} wykonuje pracę, jest równa głębokości wgniecia Δr . Uzasadnione jest zatem zapisanie bilansu energii kinetycznej w postaci

$$E_{k_0} + W_F = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 - F\Delta r = 0 .$$

W zapisie uwzględniliśmy, że wektory siły oraz przemieszczenia samochodu mają przeciwne zwroty. Po odpowiednich przekształceniach otrzymujemy

$$F = \frac{mv_0^2}{2\Delta r} .$$

Z uzyskanego wyrażenia wynika, że - przy ustalonej prędkości początkowej - im głębsze zgniesienie, tym mniejsza siła działa na samochód. Jest to korzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa pasażerów. Uśredniona wartość przyspieszenia a samochodu jest wtedy mniejsza:

$$a = \frac{v_0^2}{2\Delta r} .$$

Pasażerowie przypięci pasami do siedzeń doznają dzięki temu mniejszych przeciążeń podczas zderzenia.

Ograniczenie głębokości strefy zgniotu

Producenci samochodów nie mogą jednak tworzyć stref zgniotu dowolnie rozległych. Wynika to z oczywistej konieczności chronienia pasażerów w kabinie, która na ogół jest znacznie sztywniejsza niż przedział silnika czy bagażnik. Można przyjąć, po uwzględnieniu innych stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, że efektywna głębokość strefy zgniotu osiąga maksymalne wartości rzędu niecałego metra. Wyznacz wartości F oraz a dla następujących danych:

Dane	Szukane
masa samochodu: $m = 2100 \text{ kg}$	średnia siła hamująca samochód podczas zderzenia: $F = ?$
prędkość samochodu: $v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$	średnia wartość przyspieszenia samochodu podczas zderzenia: $a = ?$
głębokość strefy zgniotu: $\Delta r = 1 \text{ m}$	

Wykorzystamy dwa wyprowadzone wcześniej wyrażenia. Zaczniemy od przyspieszenia.

$$a = \frac{v_0^2}{2\Delta r} = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{2 \text{ m}} \approx 313 \text{ m/s}^2.$$

Trzeba pamiętać, że pasażerowie samochodu doznają, w przybliżeniu, takiego samego przyspieszenia! Wszak mają zapięte pasy bezpieczeństwa, więc ich prędkość także maleje do zera na odcinku niewiele dłuższym niż Δr .

Wartość siły powodującej takie przyspieszenie samochodu to

$$F = ma = 2100 \text{ kg} \cdot 313 \text{ m/s}^2 \approx 656 \text{ kN}.$$

Siła ta przewyższa ponad trzydziestokrotnie ciężar samochodu.

Komentarze

1. W trakcie opisywanego zderzenia pasażerowie odczuwają **przeciążenie** około trzydziestu g . Na dodatek temu przeciążeniu towarzyszą duże zmiany jego wartości, odczuwane jako niezwykle silne szarpnięcia, ze względu na bardzo krótki czas trwania zderzenia – poniżej 0,1 s. Podczas startu rakiety kosmicznej analogiczne przeciążenie ma wartość rzędu 4–5 g , trwa kilka minut i narasta oraz opada stosunkowo łagodnie.
2. Widzimy, podobnie jak w przypadku drogi hamowania w przykładzie drugim, że wszystkie wielkości charakteryzujące skutki zderzenia rosną proporcjonalnie do kwadratu początkowej prędkości samochodu. Zrozumiałe więc staje się stwierdzenie, że prędkość 70 km/h jest na drodze praktycznie dwa razy groźniejsza od

prędkości 50 km/h. A jaka prędkość jest – z punktu widzenia zasobu energii kinetycznej pojazdu – dwa razy mniej groźna niż 50 km/h?

3. Rzeczywiste wartości siły i przyspieszenia mogą być większe od obliczonych tutaj. Przyjeliśmy bowiem nieco zawyżoną wartość Δr w stosunku do rzeczywistych. Z kolei wartość v_0 jest zaniżona. Można przypuszczać, że producenci uwzględniają większe wartości początkowej prędkości pojazdu, na przykład 120 km/h, odpowiadające typowo stosowanym ograniczeniom prędkości na drogach szybkiego ruchu.
4. Zwróć uwagę, że zastosowana analiza zderzenia jest skrajnie uproszczona. W miarę zgniatania kolejnych warstw karoserii i przedziału silnika, coraz większa część samochodu spoczywa, choć nadal może pochłaniać energię. Pozostała część, która nadal się porusza, ma zatem coraz mniejszą masę. To tylko jeden z przykładów komplikacji, jakie muszą uwzględniać inżynierowie zajmujący się projektowaniem samochodów czy planowaniem tzw. testów zderzeniowych oraz opisem i interpretacją ich wyników.

Słowniczek

współczynnik tarcia

(ang.: *friction coefficient*) – wielkość charakteryzująca stykające się ze sobą powierzchnie, określająca siłę tarcia kinetycznego (albo maksymalną wartość siły tarcia statycznego) przy zadanej wartości siły nacisku jednej powierzchni na drugą.

układ odniesienia

(ang.: *frame of reference*) – punkt lub układ punktów w przestrzeni, względem którego określa się położenie, prędkość oraz inne wielkości charakteryzujące ruch ciał. Wybór układu odniesienia jest koniecznym warunkiem opisu ruchu.

siła tarcia kinetycznego

(ang.: *friction*) – siła, która powstaje na styku powierzchni dwóch przemieszczających się względem siebie ciał. Przeciwdziała ona ich względnemu ruchowi. Działa zawsze przeciwnie do zwrotu prędkości rozpatrywanego ciała.

przeciążenie

(ang. *gravitational force equivalent; g-force*) stan, w którym ciało jest poddane działaniu siły wypadkowej większej niż jego ciężar. Stan typowo odczuwany podczas gwałtownego przyspieszania i hamowania pojazdów, w tym podczas startu rakiety. Przeciążenie wyraża się jako wielokrotność przyspieszenia ziemskiego g , któremu przypisuje się przeciążenie zerowe.

Animacja

Energia kinetyczna

Animacja przedstawia wpływ prędkości pojazdu na przebieg awaryjnego hamowania. Możesz obserwować ruch pojazdu i wykres zmian energii kinetycznej podczas hamowania. Możesz też wpływać na bieg animacji, zmieniając jeden z parametrów: prędkość początkową, odległość, z jakiej kierowca zauważył przeszkodę, czas reakcji kierowcy, a także współczynnik tarcia opon o jezdnię. Zapoznaj się z tymi możliwościami i wykonaj polecenia. Zwróć uwagę, że zmiana prędkości o 10 km/h czy czasu reakcji kierowcy o jedną sekundę może wiele zmienić w kwestii bezpieczeństwa na drodze.

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

Polecenie 1

Polecenie 2

Podaj przykładowe dane z animacji pokazujące, że zwiększenie prędkości początkowej o 10 km/h może doprowadzić do zderzenia z przeszkodą.

Polecenie 3

Według motofakty.pl czytanie lub pisanie wiadomości (np. sms) w telefonie komórkowym angażuje wzrok i skupienie kierowcy na około 3,6 sekundy.

Sprawdź, przy jakiej prędkości początkowej kierowca może wyhamować przed przeszkodą, którą zauważył w odległości $d = 40$ m, jeśli jego czas reakcji wynosi $t = 4$ s.

Polecenie 4

Uruchom animację na poziomie rozszerzonym. Sprawdź, jak wpływa zmniejszenie współczynnika tarcia opon o jezdnię na szybkość spadku energii kinetycznej hamującego pojazdu i długość drogi hamowania.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Rys. 2. Hokej.

Źródło: dostępny w internecie: https://unsplash.com/photos/gpqohhXN_BI [dostęp 18.05.2022], domena publiczna.

Ćwiczenie 8



Kierowca prowadzi samochód z prędkością $v_0 = 50 \text{ km/h}$. W chwili $t_0 = 0$ pojawia się na drodze przeszkoda. Kierowca rozpoczyna awaryjne hamowanie dopiero po czasie $t_r = 1 \text{ s}$, w którym samochód przebywa drogę s_r . Samochód, hamowany siłą tarcia statycznego opon o jezdnię o maksymalnej dostępnej w tych warunkach wartości, zatrzymuje się tuż przed przeszkodą po przebyciu drogi s_h równej s_r . W hipotetycznej sytuacji, różniącej się od opisanej jedynie tym, że kierowca rozpocząłby hamowanie po czasie $t'_r = 1,5 \text{ s}$ po pojawieniu się przeszkody, jego samochód niechybnie uderzyłby w nią, z końcową prędkością v_k .

1. Oblicz współczynnik tarcia statycznego opon o jezdnię f .
2. Oblicz, w sytuacji hipotetycznej, końcową prędkość v_k , z jaką kierowca uderzy w przeszkodę, jeśli czas jego reakcji jest o pół sekundy dłuższy niż w opisanej wyżej sytuacji realnej.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Dlaczego na drogach wprowadza się ograniczenia prędkości?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

<p>Podstawa programowa:</p>	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 14) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych.</p> <p>II. Mechanika. Uczeń: 10) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>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.</p> <p>III. Mechanika. Uczeń: 20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń.</p>
------------------------------------	---

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: <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 obywatelskie, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. definiuje energię kinetyczną ciała, 2. oblicza energię kinetyczną samochodu, 3. analizuje zmianę energii kinetycznej pod wpływem sił niszczących samochod, 4. uzasadnia, dlaczego zmniejszenie prędkości samochodu poprawia bezpieczeństwo jazdy.
Strategie nauczania:	strategia kształcenia wyprzedzającego
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - pokaz multimedialny, - wykład informacyjny, - rozwiązywanie zadań.
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	<ul style="list-style-type: none"> - komputer, - projektor, - tablica.
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel pyta uczniów o rodzaje ograniczeń prędkości na drogach i powody ich wprowadzania (widoczność, jakość drogi, oblodzenie, różne kategorie dróg etc.). Następnie proponuje wyjaśnienie wprowadzania tych ograniczeń w nawiązaniu do praw fizyki. Nauczyciel, wraz z uczniami, przypomina pojęcie energii kinetycznej.</p>	
Faza realizacyjna:	

Zajęcia w głównej mierze opierają się na rozwiązywaniu zadań opisujących zmianę energii kinetycznej samochodu w pracę sił, które prowadzą do jego uszkodzenia podczas kolizji.

Nauczyciel przedstawia zadania i prosi uczniów o rozwiązanie ich przy tablicy. Po każdym zadaniu następuje jego podsumowanie, wyjaśnienie i przedstawienie wniosków przez uczniów i nauczyciela.

Przykładowa tematyka zadań:

- wyznaczanie energii kinetycznej samochodu jadącego ze stałą prędkością,
- zmiana energii kinetycznej pod wpływem siły hamującej,
- wyznaczanie siły działającej na samochód podczas zderzenia z przeszkodą drogową - na podstawie prędkości początkowej pojazdu i odkształcenia samochodu,
- wyznaczanie średniej wartości siły działającej na samochód przy zderzeniu, jeśli znany jest czas zderzenia z przeszkodą,
- wyznaczanie siły działającej przy zderzeniu, jeśli samochód hamował na danej drodze od ustalonej prędkości,
- wyznaczanie siły działającej na pieszego przy potrąceniu, jeśli znana jest zmiana prędkości samochodu w takim przypadku,
- porównanie wyznaczonych sił z siłami dobrze znanymi uczniom, np. porównanie siły zgniatającej do masy ciała, którego ciężar spowodowałby ten sam efekt.

Podczas realizacji ćwiczeń należy wykorzystać materiały multimedialne dostępne w Internecie, np. nagrania z crash testów (przykład: <https://www.youtube.com/watch?v=uicYbBF-oHQ>). Znając początkową prędkość samochodu, uczniowie mogą przeprowadzić „doświadczenie”, wyznaczyć na podstawie filmu czas zderzenia z barierą i na tej podstawie określić siłę zgniatającą pojazd (i kierowcę/pasażerów).

Faza podsumowująca:

Podkreślenie olbrzymich wartości sił występujących podczas zderzenia szybko jadącego samochodu z przeszkodą. Wskazanie przez nauczyciela (np. na podstawie wyprowadzenia z uczniami odpowiedniej zależności), że siła ta rośnie proporcjonalnie do kwadratu prędkości pojazdu. Wykazanie na tej podstawie konieczności przestrzegania ograniczeń prędkości na drodze.

Praca domowa:

Analiza Przykładu 3 przedstawionego w e-materiale. Rozwiązywanie zadań dołączonych do e-materiału.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Multimedium może być wykorzystane w czasie lekcji lub do samodzielnej pracy uczniów.

