Jak zastosować zasadę zachowania energii mechanicznej w obliczeniach?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Czy to nie ciekawe?

Dzięki temu e-materiałowi możesz przećwiczyć rozwiązywanie zadań, w których wykorzystujemy zasadę zachowania energii mechanicznej. Znajdziesz pomiędzy nimi zagadnienia, takie jak ruch z tarciem, które wcześniej analizowaliśmy przy pomocy narzędzi kinematyki lub dynamiki. Zauważysz, że dzięki zasadzie zachowania energii, te same problemy można rozwiązać w dużo prostszy sposób.

Twoje cele

- poznasz zasadę zachowania energii mechanicznej i wzory pozwalające wyznaczyć poszczególne składniki tej energii,
- dowiesz się, w jakich zagadnieniach można wykorzystywać zasadę zachowania energii,
- zastosujesz zasadę zachowania energii do analizy prostych przypadków, tj. ruch sanek z tarciem lub ruch wahadła,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz przypadki zasady zachowania energii w obecności lub braku sił zewnętrznych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

W tym e-materiale skupimy się przede wszystkim na rozwiązywaniu różnorodnych zagadnień związanych z zasadą zachowania energii mechanicznej. Szczegółowe informacje o zasadzie zachowania energii mechanicznej znajdziesz w e-materiale „O czym mówi zasada zachowania energii mechanicznej?”. Tutaj przypomnimy tylko podstawowe zależności.

Energia mechaniczna ciała jest sumą jego energii kinetycznej i potencjalnej. Przypomnijmy zatem podstawowe wzory opisujące te składniki.

Energia kinetyczna ciała o masie m poruszającego się w danym układzie odniesienia z prędkością v dana jest wzorem $E_k = \frac{mv^2}{2}$.

Energia potencjalna grawitacji ciała o masie m znajdującego się w pobliżu powierzchni planety (lub księżyca, gwiazdy czy innego ciała niebieskiego), gdzie występuje przyspieszenie grawitacyjne o wartości g, dana jest wzorem: $E_p = mgh$. Wielkość h oznacza odległość ciała od punktu, w którym przyjmujemy, że energia potencjalna jest równa zeru (np. powierzchnia planety).

Zasada zachowania energii mechanicznej mówi, że jeśli w układzie nie działają siły zewnętrzne, to całkowita energia mechaniczna musi być stała. W sytuacji, gdy siły zewnętrzne są obecne (np. siła tarcia), całkowita energia mechaniczna układu zmienia się o wartość równą pracy działających sił. Aby wyznaczyć pracę danej siły, posługujemy się wzorem:

$$W = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{r} = Fr \cos \sphericalangle\left(\overrightarrow{F}; \overrightarrow{r}\right),$$

gdzie $\overrightarrow{F}$ jest wektorem działającej siły, a $\overrightarrow{r}$ – wektorem przemieszczenia. W przypadku, gdy ciało porusza się po linii prostej, wartość wektora przemieszczenia r jest równa drodze przebytej przez ciało.

Przykład 1: jazda na deskorolce

Podczas wykonywania akrobacji, deskorolkarz wjeżdża na nachyloną pod kątem 8° do poziomu rampę. Ile wynosiła początkowa prędkość deskorolkarza, jeśli do momentu zatrzymania się przejechał drogę s = 4 m wzdłuż rampy? Zaniedbaj tarcie. Wartość przyspieszenia ziemskiego g = 9,81 m/s^2.

Dane	Szukane

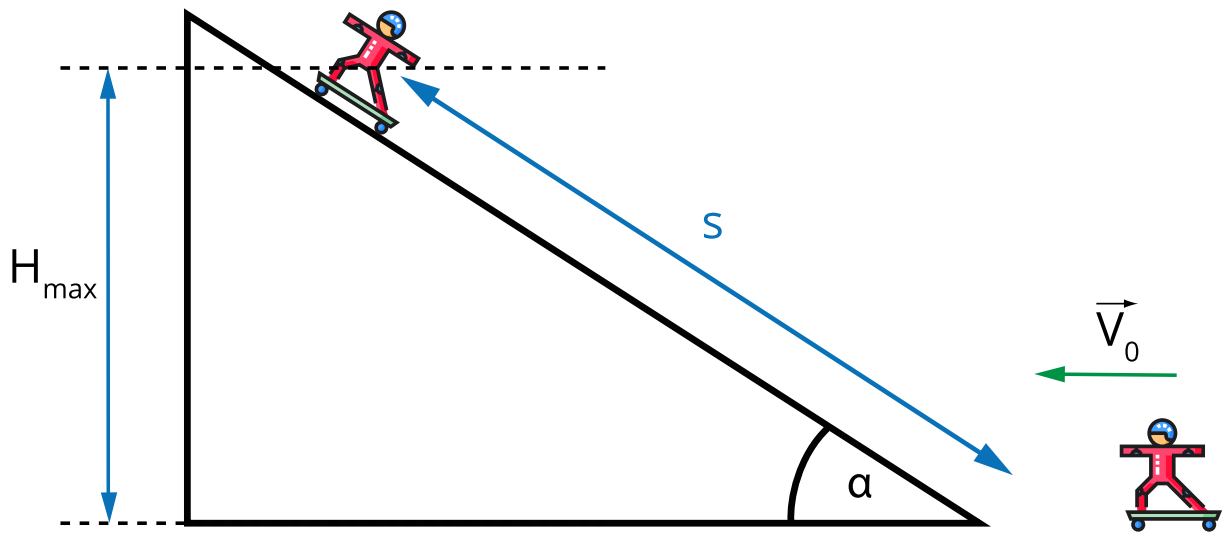
kąt nachylenia rampy: α = 8°, droga przebyta przez deskorolkarza po rampie: s = 4 m, przyspieszenie ziemskie: g = 9,81 m/s^2.	prędkość początkowa deskorolkarza: v_0 = ?

Analiza zadania

Przed wjazdem na rampę, deskorolkarz posiadał energię kinetyczną związaną z prędkością początkową. Podczas wjeżdżania, jego energia kinetyczna malała kosztem energii potencjalnej grawitacji. W momencie zatrzymania w najwyższym punkcie, deskorolkarz posiadał tylko energię potencjalną.

Rozwiązanie:

Rampę wraz z danymi z zadania przedstawiono na Rys. 1.:



Rys. 1. Rampa dla deskorolek

Podczas ruchu deskorolkarza, spełniona musi być zasada zachowania energii: początkowa energia kinetyczna E_{k0} musi być równa końcowej energii potencjalnej E_{pk}:

$$E_{k0} = E_{pk},$$

$$\frac{m{v_0}^2}{2} = mgH_{max} \quad \rightarrow \quad v_0 = \sqrt{2gH_{max}}.$$

Z rysunku wynika ponadto, że maksymalną wysokość deskorolkarza z przebytą przez niego drogą po rampie możemy powiązać za pomocą prostej relacji trygonometrycznej:

$$\sin\alpha = \frac{H_{max}}{s} \quad \rightarrow \quad H_{max} = s\sin\alpha$$

Łącząc ze sobą obydwa wyrażenia, otrzymamy:

$$v_0 = \sqrt{2gH_{max}} = \sqrt{2gs\sin\alpha}$$

$$= \sqrt{2\cdot 9,81\ \mathrm{m/s^2}\cdot 4\ \mathrm{m}\cdot \sin 8^\circ} \approx 3,3\ \mathrm{m/s}$$

Przykład 2: diabelska pętla

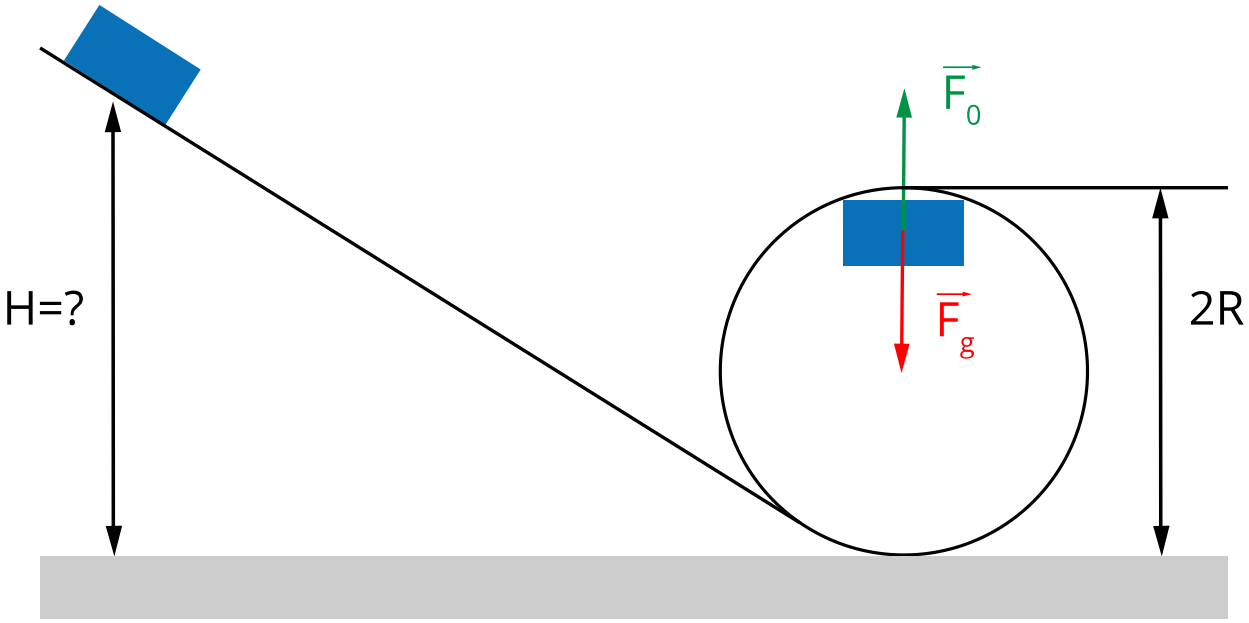
W parkach rozrywki często występują atrakcje zwane „diabelskimi pętlami". Diabelska pętla to kolejka wagonikowa, której tor ułożony jest w kształcie zamkniętej pętli. Wagonik jadący po takim torze wykonuje pełne okrążenie pętli, co oznacza, że w pewnym momencie użytkownicy wagonika „wiszą głowami w dół". Zakładając, że tarcie wagonika o szyny można zaniedbać, wyznacz, z jakiej wysokości powinien zjeżdżać początkowo spoczywający wagonik, aby bezpiecznie przejechać przez pętlę. Przyjmij, że pętla jest okręgiem o promieniu R = 10 m, a wartość przyspieszenia ziemskiego g = 9,81 m/s^2.

Rys. 2. Diabelska pętla. [Źródło: Tom a / Public domain]

Dane	Szukane
promień pętli: R = 10 m, przyspieszenie ziemskie: g = 9,81 m/s^2.	Wysokość, z jakiej musi zjechać wagonik, by bezpiecznie przebyć pętlę: H = ?

Analiza zadania

Na potrzeby naszego zadania, diabelską pętlę możemy przedstawić w następujący, uproszczony sposób:



Rys. 3. Uproszczony schemat diabelskiej pętli

Przyjmując, że na powierzchni Ziemi energia potencjalna ciała jest równa zeru, możemy stwierdzić, że na górze toru wagonik posiada tylko energię potencjalną grawitacji, związaną z wysokością H. Z kolei, w najwyższym punkcie pętli wagonik posiada energię kinetyczną oraz energię potencjalną grawitacji, związaną z wysokością $2R$.

Rozważmy teraz zagadnienie ruchu wagonika w nieinercjalnym układzie odniesienia z nim związanym. Jeśli wagonik ma utrzymać się na pętli, to siła odśrodkowa $\vec{F_o}$ skierowana „na zewnątrz toru" musi równoważyć siłę ciężkości $\vec{F_g}$ skierowaną „do toru". Wartość siły odśrodkowej dana jest wzorem $F_o = \frac{mv^2}{R}$. Jeśli zatem wyznaczymy prędkość w najwyższym punkcie toru, będziemy mogli określić wartość siły odśrodkowej.

Rozwiązanie:

Zgodnie z zasadą zachowania energii, energia potencjalna wagonika na szczycie toru musi być równa energii mechanicznej w najwyższym punkcie pętli:

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + 2mgR.$$

Dzięki temu możemy wyznaczyć prędkość ciała w najwyższym punkcie pętli, w zależności od początkowej wysokości H:

$$v^2 = 2g\big(H - 2R\big).$$

Zapiszmy teraz warunek utrzymania wagonika w torze:

$$F_o = F_g \quad \rightarrow \quad \frac{mv^2}{R} = mg,$$

$$v^2 = gR.$$

Podstawmy do tego warunku wyznaczony wzór na prędkość:

$$2g\big(H - 2R\big) = gR \quad \rightarrow \quad H = \frac{5}{2}R,$$

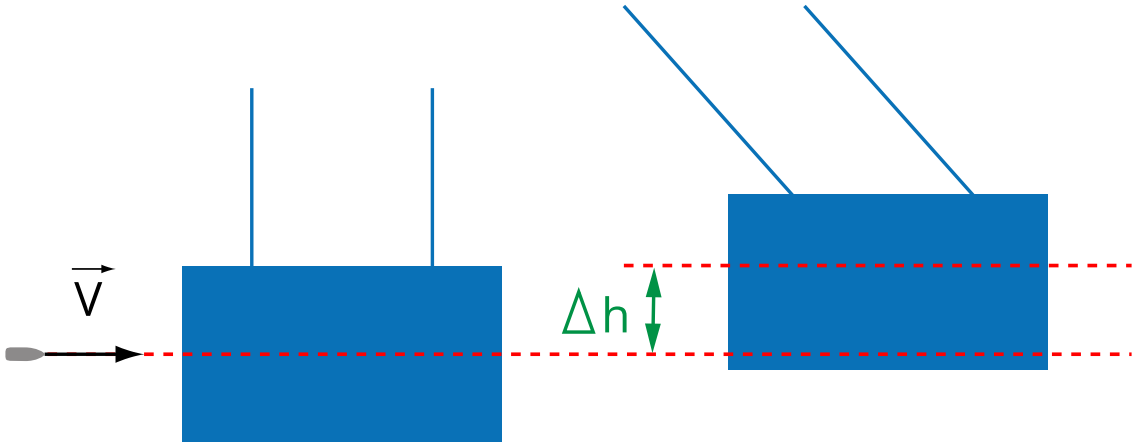
$$H = \frac{5}{2} \cdot 10 \text{ m} = 25 \text{ m}.$$

Komentarz:

Zwróćmy uwagę, że zadanie to rozwiązaliśmy bez udziału tarcia i oporu powietrza. W rzeczywistości, w tak zaprojektowanej pętli wagonik nie byłby w stanie dotrzeć do najwyższego punktu pętli ani utrzymać się na torze!

Przykład 3: wahadło balistyczne

Wahadło balistyczne jest urządzeniem służącym do badania prędkości pocisków. Jego zasadę działania przedstawiono na Rys. 4. Poruszający się z prędkością $\vec{v}$ pocisk o masie m wbija się w blok wahadła o masie M i zatrzymuje się w nim. Po uderzeniu, wahadło odchyla się na wysokość Δh. Zakładając, że 20% początkowej energii kinetycznej pocisku zostaje przekształcone w ciepło, wyznacz wartość prędkości pocisku, jeśli m = 5 g, M = 3 kg, Δh = 4 cm. Przyjmij wartość g = 9,81 m/s^2.



Rys. 4. Wahadło balistyczne

Dane	Szukane

masa pocisku: m = 5 g = 0,005 kg, masa wahadła: M = 3 kg, zmiana wysokości wahadła Δh = 4 cm = 0,04 m, 20% początkowej energii kinetycznej pocisku $E_{k(pocisk)}$ ulega przemianie w ciepło Q, przyspieszenie ziemskie: g = 9,81 m/s^2.	prędkość początkowa pocisku: v = ?

Analiza zadania

W układzie pocisk-wahadło przed zderzeniem całkowita energia mechaniczna jest równa energii kinetycznej pocisku $E_{k(pocisk)}$. Po uderzeniu wahadło wychyla się, co oznacza, że środek masy układu podnosi się do góry i rośnie jego energia potencjalna $E_{p(układ)}$. Dodatkowo, część energii kinetycznej zostaje przekształcona w ciepło Q, na skutek działania sił tarcia.

Rozwiązanie:

Zasada zachowania energii mechanicznej przyjmie następującą postać:

$$E_{k(pocisk)} = E_{p(układ)} + Q,$$

$$\frac{mv^2}{2} = \Big(M + m\Big)g\Delta h + Q.$$

Wiemy dodatkowo, że $Q = 0,2E_{k(pocisk)}$, co pozwala nam zapisać:

$$\frac{mv^2}{2} = \Big(M + m\Big)g\Delta h + 0,2\frac{mv^2}{2},$$

$$v = \sqrt{\frac{(M+m)g\Delta h}{0{,}4\ \mathrm{m}}}$$

$$[v] = \sqrt{\frac{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{kg}}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v = \sqrt{\frac{(3\ \mathrm{kg}+0{,}005\ \mathrm{kg})\cdot 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}\cdot 0{,}04\ \mathrm{m}}{0{,}4\cdot 0{,}005\ \mathrm{kg}}} \approx 589,6\ \mathrm{m/s}.$$

Przykład 4: transmisyjny mikroskop elektronowy

Nowoczesne mikroskopy, zwane transmisyjnymi mikroskopami elektronowymi, wykorzystują wiązkę elektronów do obrazowania wnętrza badanej próbki. Dzięki takim mikroskopom możliwe jest wykonanie zdjęcia pojedynczym atomom! Wiązka elektronów przed zderzeniem z próbką musi zostać odpowiednio przyspieszona – odbywa się to za

pomocą pola elektrycznego. Przyrost energii kinetycznej elektronu w polu elektrycznym można wyrazić za pomocą wzoru:

$$\Delta E_k = eU,$$

gdzie $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C jest ładunkiem elektronu, a U – napięciem przyspieszającym elektrony. Wiedząc, że elektrony są emitowane ze źródła z prędkością $v_0 = 10^4$ m/s, oblicz, jaką prędkość uzyskają po przejściu przez przyspieszające pole elektryczne wytworzone za pomocą napięcia $U = 40$ kV. Zaniedbaj efekty relatywistyczne. Ile razy ta prędkość jest większa od początkowej prędkości elektronu? Masa elektronu wynosi $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

Rys. 5. Transmisyjny mikroskop elektronowy. [Źródło: Stahlkocher / CC BY-SA]

Dane	**Szukane**
prędkość początkowa elektronu: $v_0 = 10^4$ m/s, napięcie pracy mikroskopu: $U = 40$ kV, masa elektronu: $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg, ładunek elektronu: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.	prędkość elektronu po przyspieszeniu: v_k = ?

Analiza zadania

Elektrony opuszczające źródło posiadają pewną początkową energię kinetyczną E_{k0}. Pod wpływem pracy pola elektrycznego (wynoszącej $W = eU$), wartość tej energii silnie wzrasta do wartości E_{kk}.

Rozwiązanie:

Zasadę zachowania energii w tym przypadku możemy zapisać jako:

$$E_{k0} + W = E_{kk},$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + eU = \frac{mv_k^2}{2}.$$

Na tej podstawie możemy określić końcową prędkość elektronu:

$$v_k = \sqrt{v_0^2 + \frac{2eU}{m}}$$

$$\left[v_k\right] = \sqrt{\frac{\mathrm{C \cdot V}}{\mathrm{kg}}} = \sqrt{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}} = \mathrm{m/s}.$$

$$v_k = \sqrt{\left(10^4\ \mathrm{m/s^2}\right)^2 + \frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 4 \cdot 10^4\ \mathrm{V}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}}} \approx 1,19 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s},$$

Prędkość ta jest 11 900 razy większa od początkowej prędkości elektronu!

Komentarz

Uzyskana prędkość stanowi ok. 40% prędkości światła w próżni. Oznacza to, że w przypadku tego zadania powinniśmy wziąć pod uwagę poprawki relatywistyczne. Dokładnie wyznaczona prędkość elektronu będzie z tego powodu mniejsza i będzie wynosiła ok. $5 \cdot 10^7$ m/s, co jest wartością 5000 razy większą od początkowej wartości prędkości elektronu.

Przykład 5: ruch z tarciem

Łyżwiarz sunie po lodzie nie odpychając się od niego. Wiedząc, że prędkość początkowa łyżwiarza wynosiła v_0 = 6 m/s, a współczynnik tarcia łyżew o lód wynosi μ = 0,05, wyznacz, po przebyciu jakiej drogi całkowita energia mechaniczna łyżwiarza zmaleje o połowę.

Dane	**Szukane**
prędkość początkowa łyżwiarza: v_0 = 6 m/s, współczynnik tarcia łyżew o lód: μ = 0,05, energia kinetyczna łyżwiarza maleje o połowę, $E_{kk} = 0,5E_{k0}$ przyspieszenie ziemskie: g = 9,81 m/s^2.	droga przebyta przez łyżwiarza: s = ?

Analiza zadania

Sunący łyżwiarz posiada pewną energię kinetyczną E_{k0}. Praca działającej na niego siły tarcia powoduje stopniowe przekształcanie tej energii w ciepło i dźwięk.

Rozwiązanie:

Zasadę zachowania energii w tym przypadku możemy zapisać jako:

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

gdzie W_T jest pracą siły tarcia. Ponieważ wektor siły tarcia jest równoległy do wektora przemieszczenia, wartość siły tarcia dana jest wzorem:

$$W_T = Ts = \mu mgs.$$

Wiemy dodatkowo, że energia kinetyczna łyżwiarza ma zmaleć o połowę, zatem $E_{kk} = 0,5E_{k0}$. Łącząc ze sobą wszystkie wyrażenia otrzymamy:

$$E_{k0} = 0,5E_{k0} + \mu mgs,$$

$$s = \frac{0{,}5E_{k0}}{\mu mg} = \frac{0{,}5\frac{mv_0^2}{2}}{\mu mg} = \frac{0{,}5\frac{v_0^2}{2}}{\mu g} = \frac{v_0^2}{4\mu g},$$

$$[s] = \frac{\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \mathrm{m}$$

$$s = \frac{(6\ \mathrm{m/s})^2}{4 \cdot 0{,}05 \cdot 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}} \approx 18,3\ \mathrm{m}.$$

Słowniczek

Siła odśrodkowa

(ang. *centripetal force*) – pozorna siła bezwładności występująca podczas opisu ruchu ciał w układach nieinercjalnych (poruszających się z przyspieszeniem). Siła odśrodkowa występuje podczas ruchu ciała po okręgu. Jeśli masa ciała wynosi m, jego prędkość liniowa wynosi $\overrightarrow{v}$, a ciało porusza się po okręgu o promieniu R, to wartość siły odśrodkowej wynosi $F_o = \frac{mv^2}{R}$. Siła ta jest skierowana „od środka” okręgu. Przykładem siły odśrodkowej jest siła, którą odczuwają pasażerowie znajdujący się w poruszającym się po łuku samochodzie, która próbuje wypchnąć ich „na zewnątrz” łuku.

Efekty relatywistyczne

(ang. *relativistic effects*) – efekty przewidziane przez szczególną teorię względności. Występują dla ciał poruszających się z dowolną prędkością, jednak mierzalne i istotne stają się dla ciał o prędkościach zbliżonych do prędkości światła. Należą do nich: skrócenie relatywistyczne (skrócenie ciała w kierunku ruchu), dylatacja czasu (spowolnienie czasu w układzie związanym z poruszającym się ciałem) oraz wzrost masy

(masa ciała poruszającego się z dużymi prędkościami jest większa niż tzw. masa spoczynkowa, która jest wielkością charakteryzującą ciała znajdujące się w spoczynku).

Siły zewnętrzne

(ang. *external forces*) – siły pochodzące od oddziaływań niewystępujących w danym układzie. Przykładowo, jeśli w układzie człowiek-Ziemia człowiek podskoczy do góry, to oprócz siły grawitacji (wewnętrznej) będzie działać na niego siła oporu powietrza (zewnętrzna).

Film samouczek

Jak zastosować zasadę zachowania energii mechanicznej w obliczeniach?

Film prezentuje rozwiązanie prostego zagadnienia, w którym wykorzystywana jest zasada zachowania energii mechanicznej. Rozwiązywane zadanie dotyczy przemian energii w wahadle zegarowym.

Film dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/DnPLuc227

Zapoznaj się z treścią samouczka.

Polecenie 1

Wyznacz, na jakiej wysokości energia potencjalna wahadła będzie równa jego energii kinetycznej. Odpowiedź podaj w cm.

_____ cm.

Polecenie 2

Określ, jak zmieniłyby się wyniki tego zadania, gdyby uwzględnić w opisie siłę oporu powietrza.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Wskaż, który wzór poprawnie opisuje całkowitą energię mechaniczną ciała o masie m, poruszającego się z poziomo skierowaną prędkością $\vec{v}$ na wysokości h nad Ziemią. Przyjmij, że na Ziemi energia potencjalna ciała wynosi zero.

- $E = \frac{mv^2}{2}$
- $E = mgh + \frac{mv}{2}$
- $E = mgh - \frac{mv^2}{2}$
- $E = mgh + \frac{mv^2}{2}$

Ćwiczenie 2

Wskaż wszystkie sytuacje, w których energia mechaniczna ciała jest zachowana.

- [ ] podczas zabawy jo-jo jest nawijane i rozwijane z nitki
- [ ] na powierzchni Księżyca, gdzie brak jest atmosfery, kosmonauta upuścił piórko i porusza się ono w polu grawitacyjnym Księżyca
- [ ] lecąca tuż nad jeziorem kaczka ląduje na jego powierzchni i hamuje pod wpływem tarcia o wodę
- [ ] narciarz wjeżdża poruszającą się ze stałą prędkością kolejką krzesełkową na szczyt góry

Ćwiczenie 3

W poniżej przedstawionych sytuacjach energia mechaniczna ciała zmienia się. Wskaż powód zmiany energii w każdym przypadku.

Energia mechaniczna wyrzuconej piłki ulegnie zmianie	z powodu pracy wykonywanej przez siły tarcia.
Energia mechaniczna wznoszącego się ze stałą szybkością balonu wzrośnie	z powodu pracy wykonanej przez siłę ciągu silnika.
Po wciśnięciu hamulców, energia kinetyczna samochodu maleje	ze względu na pracę siły oporu powietrza.
Energia kinetyczna pręta opuszczanego za pomocą dźwigu ruchem jednostajnym pozostaje stała	ze względu na pracę siły wyporu powietrza.

Ćwiczenie 4

Na huśtawce siedzi dziecko o masie m = 25 kg. Aby wprawić huśtawkę w ruch, ojciec dziecka wychyla ją o h = 0,5 m w górę. Wyznacz maksymalną prędkość, jaką uzyska dziecko na huśtawce, jeśli praca sił oporu stanowi 15% początkowej energii mechanicznej dziecka. Przyjmij wartość g = 9,81 m/s ^{2}. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: v = _____ m/s.

Ćwiczenie 5

Podczas konkursu w pchnięciu kulą zawodniczka wyrzuca kulę o masie m = 4 kg z prędkością v_0 = 30 m/s z wysokości H = 1,4 m. Zakładając, że praca sił oporu powietrza jest równa 10% początkowej energii kinetycznej kuli, wyznacz prędkość, z jaką kula uderzy o ziemię. Przyjmij wartość g = 9,81 m/s ^{2}. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: v = _____ m/s.

Ćwiczenie 6

Pocisk o masie m = 10 g poruszający się z prędkością v_0 = 300 m/s skierowaną poziomo przebija drewnianą deskę, a następnie porusza się dalej z ¼ prędkości początkowej. Wyznacz średnią siłę oporu działającą na pocisk w drewnie, jeśli grubość deski wynosiła d = 1 cm. Wynik podaj z dokładnością do trzech miejsc znaczących.

Odpowiedź: F_T = _____ kN.

Ćwiczenie 7

Podczas kozłowania piłki koszykarz nadaje jej pewną prędkość początkową skierowaną w dół. Jaka to była prędkość, jeśli piłka początkowo znajdowała się na wysokości h_1 = 95 cm, a po odbiciu wzniosła się na wysokość h_2 = 1,4 m? Przyjmij, że podczas odbicia 36% energii piłki przekształca się w jej energię wewnętrzną. Przyjmij wartość g = 9,81 m/s ^{2}. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: v = _____ m/s.

Ćwiczenie 8

Dźwig unosi stalową belkę o masie m = 400 kg na wysokość h = 15 m. Przyjmij wartość g = 9,81 m/s ^{2}.

a) Oblicz, jaką pracę wykonałby dźwig przy unoszeniu belki ruchem jednostajnym.
b) Oblicz, jaką pracę wykonałby dźwig przy unoszeniu belki ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem a = 0,19 m/s ^{2}.
c) Dlaczego otrzymane wyniki różnią się od siebie?

Odpowiedź:

a) W = _____ J,

b) W = _____ J,

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	**Zasada zachowania energii w zadaniach**
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

Podstawa programowa:	**Cele kształcenia – wymagania ogólne** II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. **Zakres podstawowy** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** 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. 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. **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: 20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń.
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. objaśnia zasadę zachowania energii mechanicznej oraz wzory pozwalające wyznaczyć poszczególne składniki tej energii, 2. wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej w prostych sytuacjach, tj. swobodny spadek lub ruch z tarciem, 3. stosuje ZZEM w obecności zarówno sił wewnętrznych jak i zewnętrznych.
Strategie nauczania:	flipped classroom
Metody nauczania:	rozwiązywanie zadań
Formy zajęć:	- praca indywidualna, - praca w zespole klasowym.
Środki dydaktyczne:	- tablica, - projektor.
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Na poprzedniej lekcji nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z częścią „Warto przeczytać” e-materiału oraz rozwiązanie zadań 1–4 z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel sprawdza poprawność rozwiązanych zadań.	
Faza realizacyjna:	
Podczas lekcji nauczyciel, wraz z uczniami, rozwiązują zadania 5–8 z części „Sprawdź się” e-materiału. Przy każdym zadaniu, nauczyciel prosi uczniów o jego analizę, tj. wskazanie zachodzących przemian energii, wskazanie sił wewnętrznych/zewnętrznych wykonujących pracę oraz rozwiązanie zagadnienia.	
Faza podsumowująca:	
Podsumowanie zachodzi po rozwiązaniu każdego zadania i opiera się na sprawdzeniu wiedzy uczniów dotyczących przemian energii w danym zagadnieniu. Nauczyciel przeznacza też czas na dodatkowe pytania i wątpliwości. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.	
Praca domowa:	

Nauczyciel prosi uczniów, by wskazali w swoim otoczeniu kilka zjawisk, w opisie których można skorzystać z zasady zachowania energii. Jeśli jest to możliwe – uczniowie powinni obliczyć wartości energii w danym zagadnieniu.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Multimedium można wykorzystać podczas lekcji (jako dodatkowe zadanie), zlecić uczniom do samodzielnego opracowania w domu, lub wykorzystać je podczas realizacji innych tematów związanych z wahadłem matematycznym.