Rozwiązanie:

Oczywiście wykonana praca jest żadna, czyli zerowa! Jeśli przenosisz tornister w górę lub w dół, to wykonujesz pracę. Jeśli z nim stoisz, to nie wykonujesz żadnej pracy (wielkość przesunięcia *s* jest zerowa). Praca jest zerowa, nawet gdy biegniesz z pełnym tornistrem po poziomym chodniku, jak w przykładzie 5.8 – siła utrzymująca tornister na plecach jest prostopadła do przesunięcia *s* i zgodnie z nieco bardziej zaawansowaną formą wzoru (5.2) praca wynosi zero.

5.5. Energia mechaniczna i jej rodzaje

Energia mechaniczna związana jest ze zmianą położenia ciała względem innych ciał. Rozróżniamy dwa rodzaje energii mechanicznej: energię kinetyczną i energię potencjalną. Pierwsza z nich jest związana z ruchem, druga z *potencjalną* możliwością wykonania pracy przez ciało (na przykład woda w wodospadzie może napędzać turbinę elektrowni).

Jeśli ciało porusza się względem wybranego układu odniesienia, to ma **energię kinetyczną**. Innymi słowy energia kinetyczna związana jest ze stanem ruchu ciała. Jeśli ciało spoczywa, wówczas jego energia kinetyczna jest równa zero. Jeśli prędkość ciała wzrasta, to równocześnie rośnie energia kinetyczna.

Przykład 5.11.

Energię kinetyczną mają takie ciała, jak np.: jadący samochód, lecący samolot, jadący rowerzysta, skaczący z samolotu spadochroniarz, spadające krople deszczu itd.

Energia kinetyczna zależy od masy ciała oraz od jego prędkości. Aby obliczyć energię kinetyczną, trzeba skorzystać ze wzoru:

$$\boxed{E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \mathrm{v}^2} \qquad (5.3.).$$

Symbolicznie energię oznaczamy literą E, mały indeks *kin* oznacza kinetyczną. Wiesz z poprzednich rozdziałów, że *m* oznacza masę, a v prędkość. Przyjrzyjmy się powyższemu wzorowi, aby ustalić, jaka jest jednostka energii. Zgodnie z układem SI masę mierzymy w kilogramach – kg, prędkość zaś w m/s. Otrzymujemy więc zależność:

$$1\,\mathrm{kg} \cdot \left(1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 1\,\mathrm{kg} \cdot 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 1\,\mathrm{m} = 1\,\mathrm{N} \cdot 1\,\mathrm{m}.$$

Z poprzedniego paragrafu wiesz, że $1\,\mathrm{N} \cdot 1\,\mathrm{m} = 1\,\mathrm{J}$. Dochodzimy więc do wniosku, że jednostką energii, tak samo jak pracy, jest dżul.

Przykład 5.12.

Piłkę o masie 260 g uderzył siatkarz tak, że uzyskała prędkość 20 m/s. Jaką energię kinetyczną miała piłka?

Rozwiązanie:

Rozwiązanie jest proste. Masę piłki 260 g w jednostkach międzynarodowych to 0,26 kg. Następnie wystarczy wstawić do wzoru na energię kinetyczną:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}26\,\mathrm{kg} \cdot \left(20\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 0{,}13\,\mathrm{kg} \cdot 400\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 52\,\mathrm{J}.$$

Przykład 5.13.

Wróćmy do przykładu 5.4. Jeśli pęd samochodu osobowego o masie m_1= 2000 kg i pęd samochodu osobowego o masie m_2 = 12 000 kg są identyczne, jak różni się ich energia kinetyczna? Przyjmijmy, że samochód ciężarowy porusza się z prędkością 5 m/s (18 km/h).

Rozwiązanie:

Oznaczmy przez v_1 i prędkość samochodu osobowego, a przez v_2 prędkość samochodu ciężarowego.

Z definicji pędu $p = m$ v wynika, że prędkość samochodu osobowego $v_1 = 6v_2$ = 30 m/s (108 km/h).

Z kolei z definicji energii kinetycznej
$E_k = ½\, m\, v^2$ wynika, że energia kinetyczna samochodu osobowego wyniesie:
$E_1 = ½ \cdot 2000 \cdot 900 = 900$ kJ,
a energia samochodu ciężarowego
$E_2 = ½ \cdot 12000 \cdot 25 = 25$ kJ.

Mimo, że samochód osobowy w tym przykładzie jest lżejszy niż samochód ciężarowy, zniszczenia, jakie może spowodować uderzając np. w dom, byłyby bez porównania większe. Powodem jest, oczywiście, różnica prędkości.

Zapamiętajmy:

Energia kinetyczna rośnie jak kwadrat prędkości.

Skutki zderzenia rosną więc, jak kwadrat prędkości. Co więcej, z rozważań o tarciu wynika, że i droga hamowania rośnie, jak kwadrat prędkości. Pamiętaj o tym w ruchu na drodze.

Drugi rodzaj energii mechanicznej to **energia potencjalna**. Można ją podzielić na energię potencjalną sprężystości i energię potencjalną grawitacji.

Energia potencjalna sprężystości dotyczy ciał, które wykonały pracę lub nad którymi wykonano pracę, a jej efektem jest zmiana kształtu tego ciała. Ciała mające energię potencjalną sprężystości to np.: sprężynka w długopisie (gdy włączasz lub wyłączasz długopis), gumka recepturka (gdy ją rozciągasz).

Energia potencjalna grawitacji związana jest z ciałami, które zmieniają swoje położenie względem powierzchni Ziemi i wykonują ruch pod wpływem siły grawitacji. Najprościej mówiąc, ciała spadające lub też podnoszone czy podrzucane do góry mają energię potencjalną grawitacji. Ciałami mającymi energię potencjalną grawitacji są: wyrzucona do góry piłka, skoczek z tyczką w momencie przelotu na poprzeczką, balon nad ziemią itp.

Energia potencjalna grawitacji zależy od wysokości, na jaką wzniesione jest ciało oraz od jego masy. Okazuje się też, że zależy od wielkości *przyspieszenia* ziemskiego *g*. Jest to o tyle oczywiste, że ciężar ciała, czyli siła z jaką Ziemia je przyciąga, zależy też od *g*.

Energię potencjalną grawitacji można obliczyć ze wzoru zapisanego symbolicznie:

$$\boxed{E_{pot} = m \cdot g \cdot h} \qquad (5.4.).$$

Literą E oznaczamy energię, a indeks *pot* oznacza potencjalną; *m* to masa, *g* to przyspieszenie ziemskie, *h* to wysokość. Jednostką energii potencjalnej jest tak samo, jak jednostką energii kinetycznej, dżul oznaczany J.

Przykład 5.14.

Zawodniczka o masie 60 kg wykonywała skok wzwyż i przeskoczyła nad poprzeczką na wysokości 1,5 m. Pamiętając, że wartość przyspieszenia ziemskiego wynosi około 10 m/s², oblicz energię potencjalną, jaką miała zawodniczka nad poprzeczką.

Rozwiązanie:

Aby obliczyć energię potencjalną zawodniczki, trzeba wstawić dane do wzoru na energię potencjalną, czyli:

$$E_{pot} = 60\ \mathrm{kg} \cdot 10 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 1{,}5\ \mathrm{m} = 900\ \mathrm{J}.$$

5.6. Zasada zachowania energii mechanicznej

Z poprzednich tematów wiesz, że istnieją dwa rodzaje energii mechanicznej, umiesz je też nazywać i rozróżniać. Potrafisz też obliczyć wartość energii kinetycznej i potencjalnej.

Energia mechaniczna układu dwóch ciał jest sumą energii kinetycznej i potencjalnej obu ciał.

Przykład 5.15.

Rozważymy sytuację, w której piłka została wyrzucona w górę. Pomijamy opory powietrza.

Rys. 5.4. Ruch piłki

Rozwiązanie:

W chwili wyrzucenia piłce nadana została pewna prędkość, tym samym uzyskała ona energię kinetyczną. Na początku, tzn. w chwili wyrzutu, prędkość jest największa, równocześnie energia kinetyczna ma maksymalną wartość. Ponieważ piłka znajduje się na „poziomie zerowym", to jej energia potencjalna jest równa zero. Piłka podczas wznoszenia traci swoją prędkość, więc maleje jej energia kinetyczna. Natomiast rośnie energia potencjalna, gdyż piłka znajduje się na coraz większej wysokości względem „poziomu zerowego". Gdy piłka osiąga maksymalną wysokość, wówczas energia potencjalna ma największą wartość, a energia kinetyczna jest wtedy równa zeru.

Piłka, zaczynając spadać, zwiększa swoja prędkość, więc energia kinetyczna rośnie. Spadając, piłka zbliża się do „poziomu zerowego", jej wysokość nad powierzchnią maleje, więc energia potencjalna maleje. Piłka uderza o ziemię z taką samą prędkością, a więc taką samą energia kinetyczną, jaką miała na początku.

Podczas ruchu energia kinetyczna i potencjalna ulegały zmianie. Zwróć uwagę, że energia potencjalna piłki na początku i na końcu ruchu była równa zero oraz że wartość energii kinetycznej pozostała taka sama. Po analizie dochodzimy do wniosku, że suma energii