



1. Dziecko w zadaniu 7 s. 153 (podpunkt 7.2.) przesunęło skrzynkę z zabawkami o 1 m.
  - 1.1. Oblicz pracę wykonaną przez dziecko.
  - 1.2. Oblicz, jaka część pracy dziecka była związana z koniecznością pokonania siły tarcia, a jaka ze zwiększeniem energii kinetycznej skrzynki.
  
2. Łyżwiarz stojący na lodzie za sankami pchnął je przed siebie, nadając im szybkość 2 m/s, i wskutek odrzutu przejechał aż do zatrzymania drogę 0,5 m. Masa łyżwiarza wynosi 40 kg, a masa sanek 8 kg. Układ łyżwiarz–sanki podczas pchnięcia traktujemy jako układ izolowany, tzn. pomijamy działanie sił zewnętrznych działających na ciała w układzie.
  - 2.1. Oceń prawdziwość poniższych zdań. Zaznacz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Energia kinetyczna $E_{\text{łyżwiarza}}$ i energia kinetyczna sanek $E_{\text{sanek}}$ spełniają zależność: $E_{\text{łyżwiarza}} - E_{\text{sanek}} = 0 \text{ J}$	P	F
2.	Podczas pchnięcia zmiana pędu układu łyżwiarz–sanki równa się zero: $\Delta p - uk = 0$	P	F
3.	Środek masy układu łyżwiarz–sanki podczas pchnięcia przemieścił się w stronę łyżwiarza.	P	F

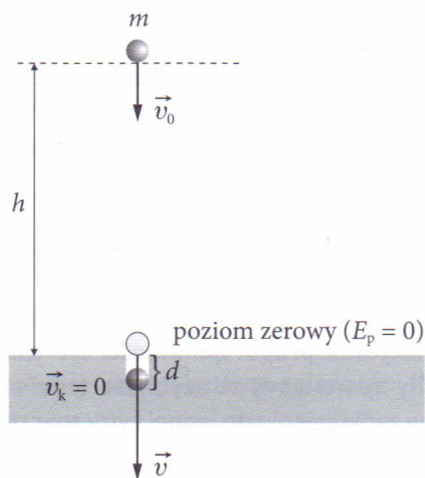
2.2. Oblicz pracę, którą wykonał łyżwiarz podczas pchnięcia.

2.3. Skorzystaj ze związku między energią a pracą i oblicz współczynnik tarcia kinetycznego łyżew o lód.

Pchnięte sanki też zatrzymały się na lodzie.

2.4. Wyjaśnij, dlaczego końcowa energia kinetyczna łyżwiarza i sanek jest równa zero. Zapisz i uzasadnij odpowiedź.

3. Kulkę o masie  $m = 10 \text{ g}$  wystrzelono z procy pionowo w dół z wysokości  $h = 3,8 \text{ m}$  z szybkością  $v_0 = 18 \text{ m/s}$ . Kulka zaryła się w piasku na głębokość  $d = 25 \text{ cm}$  (rys. P3.3).



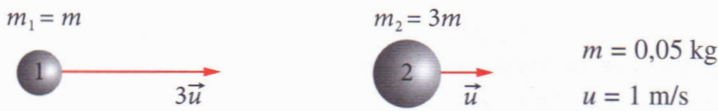
Rys. P3.3

- 3.1.** Wymień siły działające na kulkę podczas jej ruchu nad podłożem oraz siły działające na kulkę w piasku (pomiń opór powietrza).
- 3.2.** Oblicz ubytek energii mechanicznej  $|\Delta E|$  kulki od chwili wystrzelenia do chwili zatrzymania się w piasku.

**Dodatkowa informacja do zadań 3.3.–3.5.**

Wiadomo, że zmiana całkowitej energii mechanicznej układu Ziemia–kulka jest równa pracy siły zewnętrznej, a zmiana jego energii kinetycznej jest równa pracy siły wypadkowej.

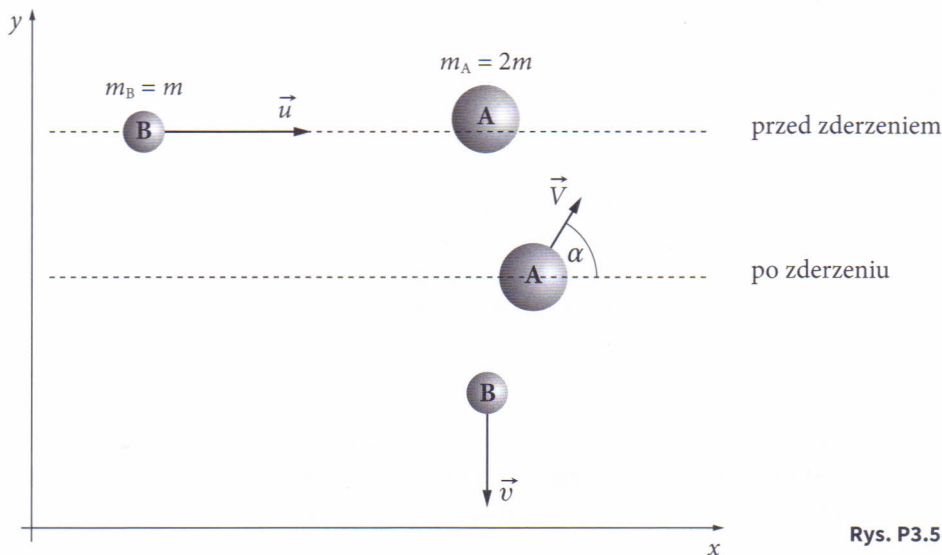
- 3.3.** Na podstawie tych stwierdzeń napisz dwa odpowiednie równania opisujące związek między zmianą całkowitej energii mechanicznej kulki a pracą wykonaną nad kulką w piasku. Użyj symboli takich jak na rysunku oraz symbolu  $v$  do oznaczenia szybkości kulki tuż przed uderzeniem w podłoże i  $F_{op}$  do oznaczenia wartości siły oporu piasku (zakładamy dla uproszczenia, że jest ona stała). Porównaj te równania i sformułuj wniosek.
- 3.4.** Oblicz szybkość kulki  $v$  tuż przed uderzeniem w podłoże.
- 3.5.** Oblicz wartość siły oporu  $F_{op}$ .
- 4.** Dwie kulki (rys. P3.4) zderzają się centralnie i sprężysto. Wszystkie dane można odczytać na rysunku.



Rys. P3.4

- 4.1.** Zastosuj wzory 19.3 i 19.4 na s. 187 i oblicz szybkości  $v_1$  i  $v_2$  kulek po zderzeniu.
- 4.2.** Oblicz energię kinetyczną układu.
- 4.3.** Zastosuj wzory 19.3 i 19.4 na s. 187 i wyprowadź relację pomiędzy masami kulek  $m_1$  i  $m_2$ , dla której po zderzeniu współrzędna prędkości kulki 1 będzie ujemna, jeśli prędkości kulek przed zderzeniem są takie jak na rysunku P3.4 (oś  $x$  jest zwrócona w prawo).
- 4.4.** Dobierz tak masę kulki 2, aby spełniała relację otrzymaną w zadaniu 4.3, i oblicz szybkości  $v_1$  i  $v_2$  kulek po zderzeniu w takim układzie.
- 4.5.** Oblicz energię kinetyczną układu opisanego w zadaniu 4.4.
- 5.** Wartość siły oporu wody działającej na łódź płynącą po stojącej wodzie jest wprost proporcjonalna do szybkości łodzi. Urządzenie holujące łódź z szybkością 2,5 km/h rozwija moc 5 kW.
- 5.1.** Oblicz moc potrzebną do holowania tej łodzi z szybkością 7,5 km/h.
- 5.2.** Oblicz współczynnik proporcjonalności we wzorze opisującym zależność  $F_{op}(v)$  wartości siły oporu wody od szybkości łodzi  $v$ . Wynik podaj w jednostkach podstawowych SI w zaokrągleniu do jednej cyfry znaczącej.

6. Dwie kule: A i B o masach  $m_A = 2m$  i  $m_B = m$  zderzają się niecentralnie, ale sprężysto. Przed zderzeniem kula A jest w spoczynku, a kula B porusza się z prędkością  $\vec{u}$  o wartości 3 m/s i zwrocie zgodnym ze zwrotem osi  $x$ . Po zderzeniu kula A porusza się z prędkością  $\vec{V}$ , a prędkość  $\vec{v}$  kuli B jest prostopadła do kierunku  $\vec{u}$  (rys. P3.5).



Rys. P3.5

6.1. Oblicz szybkości  $v$  i  $V$  kul po zderzeniu.

6.2. Oblicz kąt  $\alpha$ , który prędkość  $\vec{V}$  kuli A po zderzeniu tworzy z kierunkiem prędkości  $\vec{u}$  (rys. P3.5).

*Wskazówka:* Korzystając z zasady zachowania pędu, zapisanej jako układ równań dla współrzędnych  $x$  i  $y$  wektorów pędu kul, wyprowadź wzory na odpowiednie funkcje trygonometryczne kąta  $\alpha$ , a następnie skorzystaj ze wzoru  $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ . Skorzystaj również z zasady zachowania energii.

7. Elektrowóz o masie  $m$  po włączeniu silnika zostaje wprowadzony w ruch. Jego moc  $P$  podczas ruchu pozostaje stała. Wypadkowa siła oporów jest stała i ma wartość  $F_{op}$ .

7.1. Narysuj w zeszycie, zaczepione w środku masy elektrowozu, wszystkie siły działające na elektrowóz. Zachowaj relacje między długościami wektorów sił. Oznacz siły i podaj ich nazwy.

**Dodatkowa informacja do zadań 7.2–7.4.**

Moc elektrowozu  $P$  można powiązać z wartością siły ciągu silnika  $F$  i szybkością chwilową elektrowozu  $v$  za pomocą wzoru:

$$P = F \cdot v$$

7.2. Ustal i zapisz, jakim ruchem porusza się elektrowóz w pierwszej fazie ruchu. Powołaj się na powyższy wzór oraz inne zależności fizyczne uzasadniające twoje stwierdzenie.

**7.3.** Wyprowadź wzór opisujący zależność  $a(v)$  wartości przyspieszenia elektrowozu od jego szybkości chwilowej  $v$ , w którym  $m, P, F_{\text{op}}$  są stałymi współczynnikami. Powołaj się na odpowiednie zależności lub prawa fizyczne, niezbędne do wyprowadzenia tego wzoru.

**7.4.** Wykaż, że maksymalna szybkość elektrowozu wyraża się wzorem:

$$v_{\text{max}} = \frac{P}{F_{\text{op}}}$$

- 8.** Silnik umieszczony na szczycie wzniesienia ciągnie za pomocą liny narciarzy, których łączny ciężar ma wartość  $F_c = 1,8 \cdot 10^4 \text{ N}$  i jest znacznie większy od ciężaru liny. Szybkość narciarzy względem wzniesienia jest równa  $v = 2 \text{ m/s}$ . Zbocze wzniesienia jest nachylone do poziomu pod kątem  $\alpha = 30^\circ$ . Współczynnik tarcia kinetycznego nart o zaśnieżone zbocze wynosi  $f_k = 0,1$ . Zbocze taktujemy jak równię pochyłą, której sprawność  $\eta_r$  (jako maszyny prostej) wyraża się wzorem:

$$\eta_r = \frac{1}{1 + \frac{f_k}{\text{tg}\alpha}}$$

**8.1.** Oblicz moc traconą na pokonanie siły tarcia.

**8.2.** Oblicz sprawność układu, jeśli pobór mocy przez silnik jest równy 28 kW.

**8.3.** Oblicz sprawność silnika, zakładając, że sprawność układu wynosi ok. 64 %.