



## KĄCIK ZADAŃ

### Jazda i lot pod wiatr

Zofia Gołąb-Meyer

Naukę fizyki często rozpoczyna się od kinematyki. Standardowym zadaniem jest problem motorówki płynącej pod prąd i z prądem rzeki. Podobne zadanie formuluje się dla samolotu lecącego z wiatrem i pod wiatr. Przykładowe zadanie brzmi:

*Samolot w nieruchomym powietrzu przy maksymalnej mocy silnika rozwija szybkość  $u$ . Lecąc pod wiatr z silnikiem o tej samej mocy rozwija tylko szybkość  $v$ . Jaka jest szybkość wiatru  $w$ ? Jaką szybkość rozwinąłby samolot lecący z wiatrem?*

Bez żadnych dywagacji znajduje się oczywistą odpowiedź, iż szybkość wiatru to

$$w = u - v,$$

zaś szybkość samolotu z wiatrem to

$$v = u + w.$$

Rozwiązanie nie jest jednak tak całkiem oczywiste. Problem wykracza poza kinematykę. Widać to jasno, gdy go sformułujemy dla samochodu jadącego pod wiatr i z wiatrem. Oczywiście należy zrobić wyraźne założenie o sile oporów, np. uwzględnić tylko opór powietrza. Niech zadanie brzmi (zadanie F309 z *Deltą* 6/1991; przedruk *Foton* 12/1992, rozwiązanie: L. Motyka, *Foton* 17/1993):

*Maksymalna prędkość pojazdu przy bezwietrznej pogodzie wynosi  $u = 100$  km/h. Jadąc pod wiatr kierowca nie mógł rozwinąć większej prędkości niż  $v = 90$  km/h. Oszacować prędkość wiatru  $w$ . Opory tocznienia należy pominąć.*

Punktem wyjścia rozwiązania jest porównanie mocy silnika w przypadku ruchu w nieruchomym powietrzu i w ruchu pod wiatr. Praca silnika przy ruchu jednostajnym jest zużywana na pokonanie siły oporu powietrza  $F$ . Zakładamy, że  $F = C_x(v + w)^2$ , ponieważ  $v + w$  to właśnie względna szybkość samochodu względem powietrza ( $C_x$  jest współczynnikiem proporcjonalności zależnym od kształtu samochodu).

$$\text{Moc silnika } P = F \cdot v, \text{ zatem } P = C_x v (v + w)^2.$$

$$\text{W przypadku ruchu w bezwietrznym powietrzu } P = C_x \cdot u^2 \cdot u = C_x u^3.$$

Przyrównanie mocy w obu przypadkach daje  $C_x v (v + w)^2 = C_x u^3$ , czyli równanie kwadratowe na prędkość wiatru  $w$ .

Rozwiązanie to:  $w = u \sqrt{\frac{u}{v}} - v$ . Przy danych  $u = 100$  km/h i  $v = 90$  km/h dostajemy  $w = 15,4$  km/h. Wynik trochę zaskakujący.

W przypadku samolotu moc w bezwietrznym powietrzu to też  $P = C_x' u^3$ . W ruchu pod wiatr  $F = C_x' (v + w)^2$ , tak jak dla samochodu, lecz w tym przypadku przy liczeniu mocy trzeba wziąć pod uwagę prędkość samolotu względem powietrza, czyli też  $v + w$ . Zatem mamy  $C_x' u^3 = C_x' (v + w)^3$ , co jest spełnione gdy  $w = u - v$ .

Skąd zatem różnica w tych obu, wydawałoby się analogicznych, przypadkach? Pochodzi ona z obecności trzeciego ciała: Ziemi.