



Rys. 5.1. Układ wektorów pędu i prędkości dla toczącej się piłki po płaskiej powierzchni

Dla toczącej się piłki widać, że oba wektory (prędkości i pędu) mają: punkt przyłożenia, kierunek (na rysunku obok jest to kierunek poziomy), zwrot (w prawo) oraz wartości (o której informuje długość strzałki na rysunku). Kierunek i zwrot wektora pędu są takie same jak kierunek i zwrot wektora prędkości.

Definicję pędu zapisaną słowami można zapisać w sposób symboliczny:

$$\mathbf{p} = m \cdot \mathbf{v}.$$

Powyższy wzór został zapisany w postaci wektorowej. W wielu zadaniach obliczać będziemy tylko wartość pędu i nie będzie dla nas ważny jego kierunek, można uprościć więc wzór do postaci:

$$p = m \cdot v \quad (5.1).$$

Pęd mierzymy w jednostkach $\text{kg} \cdot \text{m/s}$. Nie nadajemy jednak tej jednostce żadnej specjalnej nazwy.

Zadanie 5.1.

W czasie meczu siatkarz może uderzyć piłkę tak, że osiąga ona prędkość 90 km/h (czyli 25 m/s). Wiadomo, że masa piłki jest równa 260 g. Jaką wartość ma pęd piłki?

Rozwiązanie:

Pamiętajmy, że jednostką masy w układzie międzynarodowym jest kilogram. Trzeba więc najpierw zamienić 260 g na 0,26 kg. Następnie mnożymy masę piłki przez jej prędkość:

$$p = 0,26 \text{ kg} \cdot 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 6,5 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

5.2. Zasada zachowania pędu

Jak już pokazywaliśmy na przykładzie zderzających się wózków, jeden z nich może przekazać cały swój pęd drugiemu: ten, który był w ruchu, zatrzymuje się, a ten, który stał, zaczyna się poruszać. Najczęściej jednak zderzenia są bardziej skomplikowane: gdy mucha uderzy w słonia, to się od niego „odbije” (a słoń nawet tego nie zauważy).

Co się więc dzieje z pędem w obu przypadkach? Okazuje się, że nie ginie – przed zderzeniem i po zderzeniu jest taki sam, ale musimy rozważyć oba elementy (muchę i słonia) razem.



Fot. 5.3. W zabawce zwanej wahadłem Newtona, tyle kulek się odbije, ile zostanie spuszczonej po przeciwnej stronie. Aby to wyjaśnić, musimy skorzystać z prawa zachowania: energii i pędu
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/wahnemt-pl.html>

Przykład 5.5.

Wewnątrz karabinu znajduje się pocisk. Co się dzieje po naciśnięciu spustu? Pocisk wylatuje z lufy karabinu, a karabin zostaje odrzucony w tył. Zastanówmy się najpierw jaki był pęd początkowy karabinu, a jaki pocisku?

Rozwiązanie:

Zarówno karabin, jak i pocisk spoczywały, więc ich prędkości były równe zero, w związku z tym pęd całkowity również był równy zero. (Przypominamy, że pęd jest wektorem jak prędkość).

Co można powiedzieć o pędzie karabinu i pędzie pocisku po naciśnięciu spustu? Karabin został odrzucony do tyłu, czyli jego pęd miał przeciwny zwrot do pędu pocisku. Już wiesz, że pęd jest wektorem. Aby znaleźć wypadkowy pęd w sytuacji, gdy zwroty są przeciwne, trzeba odjąć od siebie pęd karabinu i pęd pocisku.

Oszacujemy wartości pędu pocisku i karabinu. Pocisk ma znacznie mniejszą masę niż karabin, ale znacznie większą prędkość. Zasada *zachowania pędu* mówi, że pęd *w układzie izolowanym* (a takim jest układ karabin–pocisk, jeżeli założymy, że ręka strzelca nie wpływa na proces strzelania) *nie zmienia się*. Jeśli przed strzałem sumaryczny pęd pocisku i karabinu wynosił zero, to wyniesie on *zero* również po strzale. Pęd jest wektorem, pocisk wyleciał do przodu. Pęd, jaki zyskuje karabin, jest równy pędowi pocisku, ale ma przeciwny zwrot. Pęd pocisku (skierowany do przodu) jest równy pędowi karabinu (ten pęd jest skierowany do tyłu). W ten sposób, po strzale, sumaryczny pęd nadal wynosi *zero*.

Przykład 5.6.

Prędkość początkowa pocisku po wystrzeleniu z wiatrówki (model B–3 TG, kaliber 4,5 mm) wynosi 260 m/s, a jego masa jest równa około 0,5 grama, czyli 0,0005 kg. Masa wiatrówki jest równa 3,2 kg. Ile wynosi prędkość odrzutu wiatrówki?

Obliczmy pęd pocisku: $p = 0,0005 \text{ kg} \cdot 260 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,13 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Wartości pędów pocisku i wiatrówki są równe, więc można obliczyć prędkość odrzutu:

$$v = \frac{0,13 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,2 \text{ kg}} = 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Podsumujmy powyższe rozważania. Pęd początkowy, czyli przed wystrzałem, był równy zero. Pęd końcowy, po wystrzale, także był równy zero. Pęd przed wystrzałem i pęd po wystrzale są sobie równe. W układzie karabin–pocisk nie nastąpiła żadna zmiana pędu całkowitego.

Powyższy przykład jest jednym z wielu, który potwierdza fakt, że w układzie dwóch ciał całkowity pęd nie ulega zmianie, mimo iż pędy obu ciał się zmieniają. Jest to zasada znana w fizyce pod nazwą zasady zachowania pędu.

Zasada zachowania pędu:

W układzie ciał izolowanych całkowity pęd nie ulega zmianie.