

## Skok wzwyż

Nie można skoczyć wzwyż bez uprzedniego ugięcia kolan (spróbuj!). Trzeba najpierw trochę przykucnąć obniżając w ten sposób środek ciężkości ciała o pewien dystans (oznacmy go przez  $d$ ;  $\mathbf{d}$  to wektor przesunięcia w dół). Na tym dystansie w trakcie wyskoku mięśnie mogą wykonać pracę (w momencie utraty kontaktu z podłożem nie możemy już nic więcej zrobić) wyrzucając ciało na pewną wysokość  $h$ . Z zasady zachowania energii znajdujemy związek między wykonaną pracą i wysokością skoku

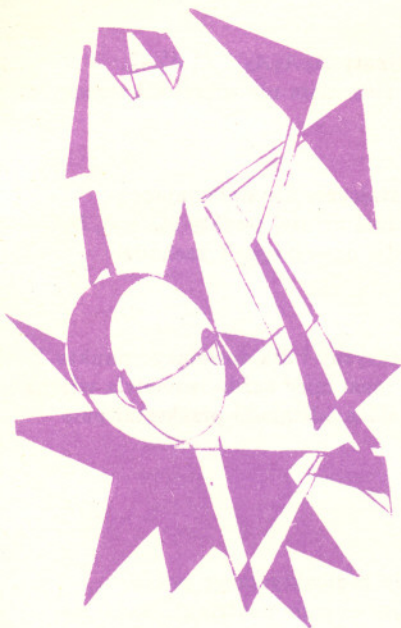
$$(*) \quad W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = mg(h + d),$$

gdzie  $\mathbf{F}$  oznacza średnią siłę (wektor) wywieraną przez mięśnie, a  $m$  oznacza masę ciała. Stąd wysokość skoku  $h + d = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} / mg$ . Zauważmy, że korzystając wyłącznie z argumentów wymiarowych uzyskujemy wynik niezależny od rozmiarów skoczka. Istotnie, dystans  $d$  jest rzędu rozmiarów osobnika,  $d \sim l$ , siła mięśni jest proporcjonalna do przekroju poprzecznego mięśni, a więc  $l^2$ , a masa do objętości osobnika,  $m \sim l^3$ . Stąd  $d + h \sim l^2 l / l^3 = \text{const}$ . Większość zwierząt może skoczyć znacznie wyżej niż  $d$ , to znaczy  $h \gg d$ . Możemy wówczas stwierdzić, że zwierzęta mogą skoczyć na tę samą wysokość niezależnie od ich rozmiarów. Na przykład pchła, konik polny, kot, pies, koń skaczą na wysokość rzędu 1 – 2 m. Człowiek jest tutaj wyjątkiem. Może skoczyć jedynie na wysokość około 60 cm. Kucając przed skokiem obniżamy swój środek ciężkości o około 30 cm. (Ze wzoru (\*) wynika, że w trakcie wyskoku średnia siła  $F$  wynosi około 3 razy ciężar ciała.) Doliczając do tego 1 m (w przybliżeniu na tej wysokości znajduje się środek ciężkości ciała) uzyskujemy maksymalną wysokość 1,6 m, jaką może pokonać człowiek. Jedynie bardzo dobrze wysportowani osobnicy mogą wyskoczyć trochę wyżej.

Tutaj mogą odezwać się głosy protestu. Przecież rekord w skoku wzwyż wynosi około 2,4 m, a więc 80 cm więcej niż wyliczyliśmy. Tak, to prawda, ale jest to wynik uzyskany przy skoku z rozbiegu, a do tej pory mówiliśmy o skoku z miejsca. Co ma jednak rozbieg do skoku wzwyż? Łatwo jest zrozumieć, że rozbieg jest ważny przy skoku w dal, ale wzwyż?

Aby skoczyć wyżej, potrzebna jest większa energia niż ta, jaką możemy uzyskać ze skoku z miejsca. W tym celu można spróbować wykorzystać przynajmniej część energii kinetycznej rozbiegu. Otóż talent skoczka wzwyż tkwi w umiejętnym wykorzystaniu tej energii.





Zobaczmy najpierw, jakie są teoretyczne możliwości. Najwyższa osiągnięta prędkość w sprincie to 10 m/s. Taką prędkość uzyskuje ciało spadające z wysokości 5 m i na taką wysokość wzniesie się ciało wyrzucone z tą prędkością. Pewnie wszyscy zauważyli jednak, że skoczek zbliża się do poprzeczki ze znacznie mniejszą prędkością. Powód jest prosty. Skoczek obowiązuje nie tylko zasada zachowania energii, ale też i pędu. Żeby zmienić kierunek prędkości z poziomego na pionowy, w momencie wysoku trzeba podziałać na ciało olbrzymią siłą (tym większą, im krótszy jest czas wybicia) i nogi skoczka nie wytrzymują po prostu tego obciążenia. Warto przy tym pamiętać, że przepisy zabraniają wybicia z dwóch nóg. Przyjmijmy więc, że skoczek zbliża się do poprzeczki z prędkością 5 m/s. Energia kinetyczna siedemdziesięciokilogramowego skoczka wynosi wtedy  $E = mv^2/2 = 875 \text{ J}$ . Aby uzyskać dodatkowe 80 cm do skoku na wysokość 2,4 m, potrzeba  $E = mgh = 560 \text{ J}$ . Wystarczy więc umiejętność wykorzystania około 60% swojej energii kinetycznej, aby osiągnąć cel. Wystarczy nawet trochę mniej, gdyż dobrzy skoczkowie, przez umiejętnie ułożenie ciała w trakcie skoku, potrafią pokonać poprzeczkę umieszczoną wyżej niż wysokość, na którą są w stanie wynieść własny środek ciężkości ciała.

*Małą Deltę przygotował Jan KALINOWSKI*

<p>Odcinek dla poczty</p> <p>Zł .....</p> <p>słownie złotych</p> <p>adres ..... wpłacający</p> <hr/> <p>na ..... <b>AMOS</b> ..... r-k</p> <p>01-806 Warszawa ul. Zuga 12</p> <hr/> <p>nazwa ..... banku PKO VIII O/W-wa</p> <p>Nr ..... r-ku 1586-77578-136</p> <hr/> <p>stempel ..... podpis przyjmującego</p>	<p>Odcinek dla posiadacza rachunku</p> <p>Zł .....</p> <p>słownie złotych</p> <p>Dokładny adres ..... wpłacający</p> <hr/> <p>na ..... <b>AMOS</b> ..... r-k</p> <p>01-806 Warszawa ul. Zuga 12</p> <hr/> <p>nazwa ..... banku PKO VIII O/W-wa</p> <p>Nr ..... r-ku 1586-77578-136</p> <hr/> <p>stempel ..... podpis przyjmującego</p>	<p>Potwierdzenie dla wpłacającego</p> <p>Zł .....</p> <p>słownie złotych</p> <p>Dokładny adres ..... wpłacający</p> <hr/> <p>na ..... <b>AMOS</b> ..... r-k</p> <p>01-806 Warszawa ul. Zuga 12</p> <hr/> <p>nazwa ..... banku PKO VIII O/W-wa</p> <p>Nr ..... r-ku 1586-77578-136</p> <hr/> <p>stempel ..... podpis przyjmującego</p>
Pobrano opłatę zł .....	Pobrano opłatę zł .....	Pobrano opłatę zł .....