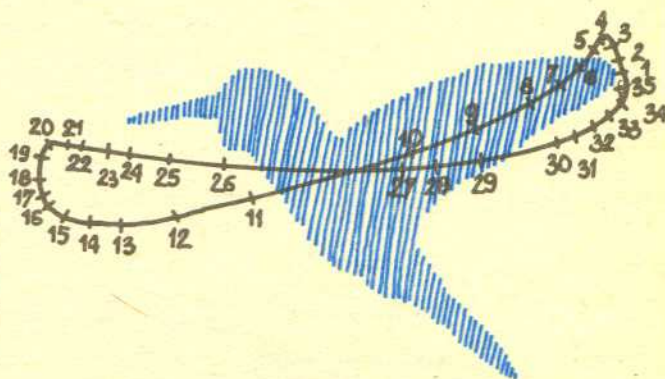


delta



3. Znany jest lot trzepoczący owadów i kolibrów. W takim locie skrzydła poruszają się „w ósemkę” do przodu i do tyłu tak, że owad wisi w spokojnym powietrzu praktycznie nieruchomo.



Rachunki i przyroda

1. W XVII wieku Galileusz dowodził, korzystając z praw mechaniki, że nie istnieją olbrzymy wiele razy większe od człowieka. Załóżmy, rozumował, że olbrzym jest dziesięciokrotnie większy od człowieka. Dziesięć razy większa jest jego wysokość, długość stopy i inne rozmiary, na ubranie dla niego potrzeba 100 razy więcej materiału, a jego objętość, a także masa, jest 1000 razy większa. Obciążenie jednostki powierzchni przekroju kości olbrzyma wzrasta w porównaniu z człowiekiem $\frac{1000}{100} = 10$ razy.

Olbrzym okazuje się więc zbyt „kruchy”, by móc na przykład biegać.

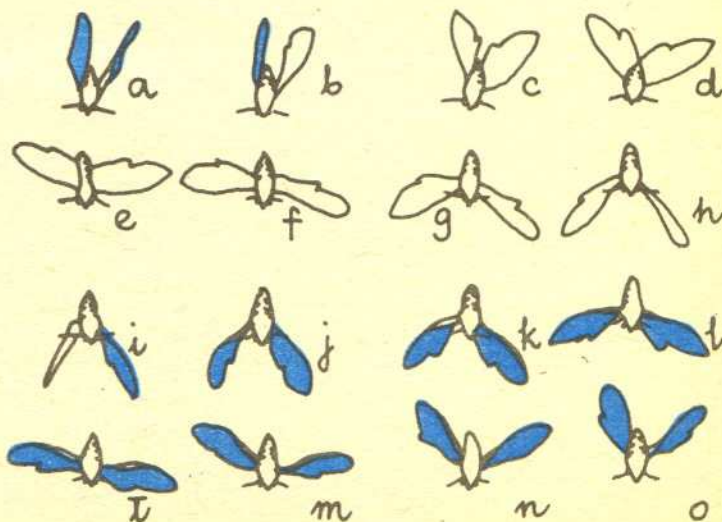
2. Wyobraźmy sobie, że 10 razy zwiększyliśmy rozmiary ptaka. Ciężar przypadający na jednostkę powierzchni skrzydeł wzrósł także dziesięciokrotnie. Aby powstała siła nośna równoważąca ten ciężar, prędkość ptaka musi być co najmniej $\sqrt{10}$ razy większa. Stąd wniosek, że większy owad lub ptak (przy dłuższych przelotach) musi rozwijać większą prędkość. Rzeczywiście: średnia prędkość szarańczy o masie 2 g jest równa około 4 m/s, a prędkość gołębia grzywacza o masie 500 g — około 10 m/s.

Wynikają stąd dalsze wnioski. Zwiększenie prędkości np. 10 razy wymaga dziesięciokrotnego zwiększenia mocy na jednostkę masy. Maksymalną moc mięśni wśród zwierząt latających mają owady i nietoperze (około 200 W na kilogram mięśni). Z tego ograniczenia wynika, że duże ptaki, u których moc konieczna do lotu z minimalną prędkością przewyższa moc mięśni, nie mogą latać. Oszacowano w ten sposób, że największe latające ptaki nie mogą mieć masy większej niż 12 kg.

Wykażemy, że taki lot nie jest możliwy dla owadów zbyt małych. Skorzystamy przy tym z informacji, iż siła nośna praktycznie nie pojawia się dla małych wartości tzw. liczby Reynoldsa

$$R = \frac{vl}{\nu}$$

gdzie v to prędkość skrzydła względem powietrza, l — rozmiar skrzydła (np. szerokość), a ν określa lepkość powietrza. Gdy $R < 50$, siła nośna jest bliska zeru. Załóżmy, że 10 razy zmniejszamy rozmiary owada. Aby utrzymać liczbę Reynoldsa na właściwym poziomie, prędkość skrzydeł musi wzrosnąć 10 razy, a częstość uderzeń 100 razy. Zmienia to wydawany przez skrzydełka dźwięk — komar brzęczy „cieniej” niż mucha.



Jednak częstość uderzeń skrzydeł nie może być zbyt duża. Moc mięśni jest przecież ograniczona prędkością przemiany materii. Dlatego bardzo małe owady nie powinny latać.

4. Ssaki i ptaki są zwierzętami stałocieplnymi. Wynika stąd, że ich rozmiary nie mogą być zbyt małe.

Zwierzę 10 razy mniejsze ma 100 razy mniejszą powierzchnię i 1000 razy mniejszą masę, a więc

stygnie $\frac{1000}{100} = 10$ razy szybciej. Dlatego małe

zwierzęta muszą jeść częściej niż duże. Najmniejszy ssak — ryjówka (długość 4 cm, waga 1,5 g — uwaga! mieszka w Polsce) musi jeść co kilka godzin. W przeciwnym razie ginie z utraty ciepła.

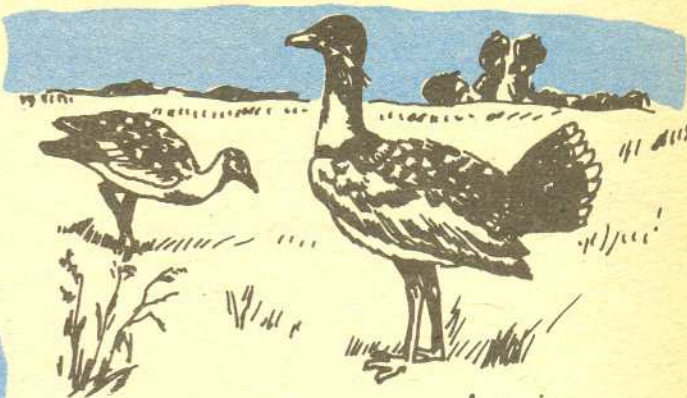


ryjówka

Podobne rozumowanie stosuje się dla wyjaśnienia wielu ogólnych prawidłowości obserwowanych w przyrodzie. Ponieważ pomija się przy tym większość indywidualnych cech, niemal od każdej z uzyskanych w ten sposób reguł istnieją wyjątki.

1. Tarbozaury to wielotonowe drapieżne gady żyjące na Ziemi około 60 mln lat temu. Po zbadaniu własności mechanicznych ich kości okazało się, że kości te mają zbyt małą wytrzymałość, aby utrzymać ciężar ich ogromnego ciała. Można więc podejrzewać, że przy rekonstrukcji tarbozaurów popełniamy jakiś istotny błąd.

2. Wyjątkiem jest drop, najcięższy spośród wszystkich ptaków latających (uwaga! mieszka w Polsce). Jego ciężar dochodzi do 16 kg. Również niektóre latające gady kopalne nie spełniają otrzymanego przez nas ograniczenia.



dropie

3. Niektóre owady potrafią utrzymać się w locie trzepoczącym nawet dla $R < 20$, w kilku przypadkach dzięki efektom nieznanym w aerodynamice.

4. Kolibry są tak małe, że dla utrzymania stałej temperatury muszą jeść niemal bez przerwy. W czasie snu obniżają temperaturę ciała do temperatury otoczenia (hibernują) i w ten sposób unikają grożącej im z braku pożywienia śmierci.

*Małą Deltę przygotowali Mirosław GORBACZOW
i Maciej JĘDRZEJCZAK*

