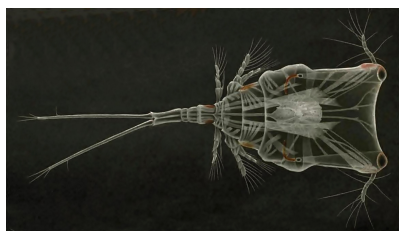


Skaningowa wizja

W 1891 roku niemiecki zoolog Seliq Exner w swojej książce *Die Physiologie der Facettirten Augen von Krebsen und Insekten (Fizjologia oczu złożonych skorupiaków i owadów)* opisał nietypową budowę oka morskiego skorupiak o nazwie *Copilia quadrata*. Intrygujący, acz niejasny, opis sprowokował wiele lat później naukowców z Wielkiej Brytanii do dokładnych badań tego dziwnego zwierzęcia. Oko *Copilia* przypomina konstrukcją pierwsze inżynierskie rozwiązania stosowane w... telewizorach.

Według opisu z końcówki XIX wieku *Copilia* miała parę oczu składających się z dwóch soczewek: jednej leżącej na powierzchni i drugiej leżącej we wnętrzu ciała zwierzęcia, mniej więcej w połowie jego długości. Najbardziej uderzający był, jak pisał Exner, „stały i żwawy ruch” wewnętrznej soczewki.

Opis sporządzony przez niemieckiego zoologa był na tyle intrygujący, że wciągnął Brytyjczyków w poszukiwania przedstawicieli gatunku. Nie było to proste, w wodzie z 14 połowów przeprowadzonych w zatoce Neapolitańskiej na głębokości 200 m udało im się znaleźć 9 osobników. Niby nie tak mało, jednak zważywszy, że mowa tu o zwierzęciu praktycznie przezroczystym, wielkości maksymalnie 3 mm, z czego połowę stanowi cieniutki „ogon” (ang. *tail*, choć słowo to w języku polskim zarezerwowane jest dla kręgowców). Złowione skorupaki poddano dokładnym badaniom, które opublikowano w artykule „The curious eye of *Copilia*”, w prestiżowym *Nature* w 1964 roku.



Copilia quadrata
Źródło: Biodiversity HeritageLibrary,
CC BY 2.0, Wikimedia Commons

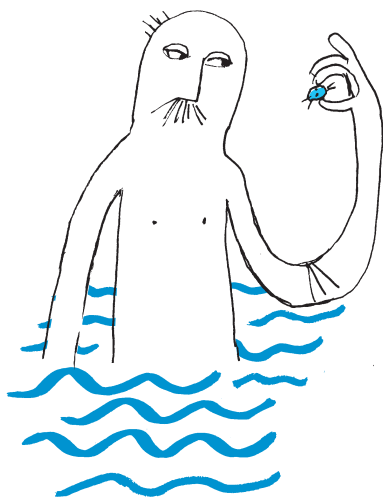
Copilia quadrata należy do widłonogów, maleńkich skorupiaków zamieszkujących powszechnie wody słone i słodkie. Ciało samic *Copilia* jest przejrzyste, dzięki czemu pod mikroskopem widać wewnętrzne struktury w działaniu, także oka. Dwie soczewki, ułożone jedna nad drugą, połączone są delikatną stożkowatą błoną. Dolna soczewka połączona jest ze zgiętą w łuk pomarańczową strukturą, będącą receptorem. Z niego prowadzi pojedynczy nerw do mózgu skorupaka. Zewnętrzna soczewka jest sztywno zakotwiczona w skorupce pokrywającej zwierzę. Za to wewnętrzna pozostaje zawieszona na systemie elastycznych więzadeł i mięśni, które zawiadują ruchem soczewki i przyklejonego do niej receptora. Wewnętrzne soczewki obu oczu wykonują stałe oscylacyjne ruchy niezależne od ruchów zwierzęcia.

Exner opisał budowę oka tego skorupaka 5 lat po tym, jak niemiecki wynalazca Paul Nipkow opatentował „elektryczny teleskop”, który w dużej mierze przyczynił się do rozwoju telewizji. Oba te twory opierają się na podobnej idei: tworzenia obrazu metodą skanowania.

Tarcza Nipkowa była podstawowym elementem pierwszych telewizorów i kamer telewizyjnych. Urządzenie składało się z obracającej się tarczy z serią spiralnie położonych otworów. Gdy tarcza się obracała, każdy otwór przesunął się po innej linii obrazu, skanując go w ten sposób od góry do dołu. Światło, przechodzące przez otwory, trafiało na światłoczułą komórkę, która zamieniała zmienną intensywność światła na proporcjonalnie zmienny sygnał elektryczny. Sygnał był następnie przesyłany z odbiornika, w którym znajdowały się identyczna, działająca w tym samym tempie, tarcza i układ odwracający sygnał na świecące punkty, odbierany przez ludzkie oko jako ruchomy obraz. Tarcza Nipkowa działała zatem jak mechaniczny skaner, który rozkładał obraz na pojedyncze punkty w czasie.

Brytyjscy naukowcy badający skorupaka uznali, że układ soczewek i ich ruch przypomina rozwiązanie stosowane w mechanicznej telewizji skaningowej stosującej dysk Nipkowa.

Dolna soczewka w oku *Copilia* porusza się charakterystycznym ruchem przypominającym ząbki piły, skanuje otoczenie punktowo, po kolei, trochę jak dzieje się to w trakcie czytania – kolejno następujące po sobie litery składamy w słowa, śledząc tekst od góry do dołu kartki. Do takiego sposobu rejestracji obrazu wystarczy jeden receptor i jeden nerw wzrokowy, zupełnie inaczej niż w ludzkim oku, w którym znajduje się około 126 milionów receptorów i wiele



nerwów składających się w gruby „kabel” nerwu wzrokowego. Jednak aby otrzymać precyzyjny obraz w układzie jednoreceptorowym, potrzebny jest solidny system przetwarzania, którego u małego skorupiak nie ma.

Proces ewolucji weryfikuje różnego rodzaju rozwiązania. Niektóre z nich znikły wraz z ginącymi gatunkami, o wielu nigdy się nie dowiemy. Czasem można jednak podejrzewać, jakie „pomysły” generuje natura. Wciąż trwają, choć nie rozwinęły się masowo i nie utrwały u wyższych organizmów. Co najważniejsze, widzenie *Copilia quadrata* oparte na skanowaniu z jej prostym układem nerwowym może nie daje dobrej jakości obrazu, jednak wychwytuje ruch. Jest wystarczające dla tych niewielkich skorupiaków, by uniknąć tego, co się rusza. Jest kluczowe do przeżycia, podobnie jak dla miliardów podobnych stworzeń nieustannie narażonych na pożarcie przez drapieżniki.

I dobrze, że system jest na tyle mocny, by przetrwać, a na tyle wadliwy, by zostać pożartym. Bo małe skorupaki i ich larwy stanowią krytyczny element w sieci pokarmowej wód. Olbrzymia obfitość tych stworzeń, związana z ich mizerną szansą na przeżycie, umożliwia rozkwit życia w innych, bardziej złożonych formach: stawonogów, gąbek, jamochłonów, mięczaków i ryb. A na końcu, pośrednio, ssaków. Także takich jak ja.

Marta FIKUS-KRYŃSKA

„The curious eye of *Copilia*”
Gregory R.L., Ross H.E. i Moray N.
Nature 201 (1964)



Zadania

Przygotował Arkadiusz HESS

F 1135. Częstka jest wyrzucona pionowo w górę z powierzchni Ziemi z prędkością wystarczającą, aby osiągnąć nieskończoną wysokość (zaniedbując opór powietrza). Udowodnij, że czas potrzebny do osiągnięcia wysokości h dany jest wzorem:

$$t = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2R}{g}} \left[\left(1 + \frac{h}{R} \right)^{3/2} - 1 \right],$$

R to promień Ziemi, a g przyspieszenie grawitacyjne na jej powierzchni.
[Źródło: *Newtonian Dynamics*, Richard Fitzpatrick.]

F 1136. Hydroniusz Kranowski postanowił wykonać w ogrodzie ciekawe doświadczenie. Zamierzał zmierzyć przepływ wody z kranu ogrodowego z wykorzystaniem jedynie linijki. Ustalił, że średnica przy miejscu wypływu ma $d_1 = 10$ mm, a w odległości $\Delta L = 0,5$ m od tego miejsca średnica strumienia wynosi $d_2 = 6$ mm. Pomóż Hydroniuszowi obliczyć natężenie przepływu wody Q w jednostkach m^3/s .

[Zadanie oraz grafika zaczerpnięte z książki: *100 prostych doświadczeń z wodą i powietrzem* Ryszarda Błażejewskiego.]

Przygotował Dominik BUREK

M 1840. Wielomian $x^3 + px^2 + qx + r$ ma trzy pierwiastki w przedziale $(0, 2)$. Udowodnić, że

$$-2 < p + q + r < 0.$$

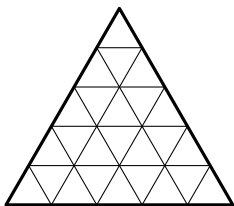
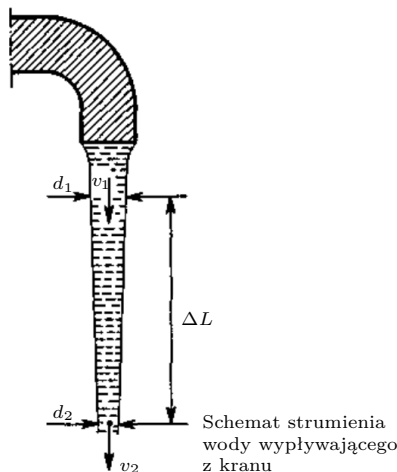
M 1841. Dana jest liczba całkowita dodatnia n taka, że

$$\text{nwd}(n, n+1) < \text{nwd}(n, n+2) < \dots < \text{nwd}(n, n+35).$$

Udowodnić, że

$$\text{nwd}(n, n+35) < \text{nwd}(n, n+36).$$

M 1842. Tabliczka czekolady w kształcie trójkąta równobocznego o boku długości p składa się z p^2 kostek, czyli kawałków w kształcie trójkąta równobocznego o bokach długości 1, równoległych do boków tabliczki czekolady. Dwóch graczy na zmianę może odłamać kawałek w kształcie trójkąta (łamiąc wzdłuż jednej z linii podziału czekolady na kostki). Gracz, który nie ma ruchu lub zostawi przeciwnikowi dokładnie jedną kostkę, przegrywa. Załóżmy, że p jest liczbą pierwszą. Który z graczy ma zwycięską strategię?



Rozwiązania na str. 24