

Nowe degradowalne duromery

Etap rozwoju cywilizacyjnego można poznać po ilości i rodzaju śmieci, które dana cywilizacja po sobie zostawia. Obecny przełom tysiącleci to epoka tworzyw sztucznych. Ich dostępność i trwałość zmieniły nasze zwyczaje i zapewnią nam nieśmiertelność: [...] *trza dzieciom ostawić długie. Wielkie długie, co by je splotały. Bedóm długo splotać, bedóm długo wiedzieć, ze miały ojca.* (Józef Tischner, *Historia filozofii po góralsku*).

Jakimś sposobem jest segregacja i odzysk odpadów. Polska nie jest jedynym krajem, w którym to idzie bardzo opornie, ale jest modelem tego (oporu) przykładem. Świadczy to nie tylko o braku kultury, ale również o braku cywilizacji. Nawet jeżeli chcielibyśmy segregować śmieci, to często nie wiemy lub nie bardzo mamy jak.

Tworzywami, które wyjątkowo trudno przetworzyć, są duromery (ang. *thermosets*). Dlatego od dawna poszukiwane są ich odmiany, które (zachowując pożądane cechy, takie jak wytrzymałość mechaniczna, odporność na wysoką temperaturę czy obojętność chemiczna) mogłyby być łatwo (czyli tanio i bez znaczącego dodatkowego obciążenia dla środowiska) przetwarzane [1].

Właśnie została opublikowana praca [2], którą można uważać za przełomową. Autorzy opisują w niej bardzo prosty (szybki i tani) sposób uzyskania duromerów poprzez polikondensację (para)formaldehydu (H_2CO) i węglowodorów z przyłączonymi dwiema grupami aminowymi ($-NH_2$). Reakcja zachodzi w ciągu kilkudziesięciu minut w temperaturze $50^\circ C$, a po dodatkowym, dziesięciominutowym podgrzaniu do $185^\circ C$ (w obecności dimetylosulfotlenku $(CH_3)_2SO$) wytwarzają się dodatkowe połączenia sieci (z wydzieleniem wody). Otrzymuje się w ten sposób materiał o bardzo dużej wytrzymałości mechanicznej.

Najciekawsze jest jednak to, że uzyskane materiały rozkładają się do podstawowych substratów w środowisku kwaśnym $pH < 2$ (wystarczająco kwaśny jest już kwas żołądkowy).

Otwiera to drogę do nowej rodziny polimerów o różnych własnościach, które byłyby całkowicie odzyskiwalne.

Można żywić nadzieję, że doprowadzi to do znacznego uszczuplenia dziedzictwa naszej cywilizacji.

[1] Timothy E. Long; *Toward Recyclable Thermosets*; *Science* **344**, 706–707, 16/05/2014; DOI: 10.1126/science.1254401

[2] Jeannette M. García i inni; *Recyclable, Strong Thermosets and Organogels via Paraformaldehyde Condensation with Diamines*; *Science* **344**, 732–735, 16/05/2014; DOI: 10.1126/science.1251484

[3] Margaret S. Livingstone i inni, *Symbol addition by monkeys provides evidence for normalized quantity coding*; *PNAS*; DOI: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1404208111

Małpy liczą niedościgle

Kultura to jest to, co wyróżnia nas spośród zwierząt. Nie jest to pogląd specjalnie kontrowersyjny. Czyż jednak przeświadczenie o wyjątkowości posługiwania się np. myśleniem symbolicznym nie wynika głównie z trudności w porozumiewaniu się ze zwierzętami? Często można odnieść wrażenie, że to bardziej my nie rozumiemy zwierząt niż one nas.

Kultura matematyczna jest kluczowym aspektem ogólnoludzkiej kultury. Wykazano, że wiele gatunków zwierząt (badano głównie ssaki i ptaki) potrafi liczyć, tzn. prawidłowo oceniać liczebność zbiorów skończonych. Oczywiście, precyzja takiej oceny maleje wraz z tą liczebnością (np. przeciętni ludzie radzą sobie z takim liczeniem do około siedmiu). Po przekroczeniu pewnej wartości przechodzimy na ocenę w skali logarytmicznej (tzn. oceniamy, ile razy dany zbiór jest większy od jakiegoś zbioru wzorcowego; dopiero jeżeli mamy odpowiednio dużo czasu i zależy nam na precyzji, przeliczamy elementy zbioru). A jak to robią zwierzęta?

Ukazała się niedawno praca [3], w której autorzy wykazują, że rezusy robią to podobnie jak my. Żeby to sprawdzić, nauczono kilka z nich posługiwania się dwoma zestawami symboli, które odpowiadały liczbom od 0 do 25. Pierwszy zestaw był alfanumeryczny, drugi zaś składał się z matryc 3×3 kwadracików (binarnych: czarnych lub białych), w którym kolejnym liczbom przypisane były różne symbole w przypadkowo (ale niezmiennie) wybrany sposób.

Zadanie polegało na wybraniu napisu o większej wartości spośród dwóch, z których jeden był przedstawiony za pomocą pojedynczego symbolu, a drugi miał wartość sumy dwóch przedstawionych symboli. Po dokonaniu wyboru makak dostawał tyle kropeł smakołyku, ile sobie wybrał. W trakcie uczenia pierwszego zestawu symboli wykorzystywane były zestawy kropek o odpowiedniej liczebności. Po opanowaniu zestawu symboli alfanumerycznych włączono zestaw matryc i sprawdzano, jak szybko i jak dobrze rezusy go opanują.

Okazało się, że do nauczenia się nowego systemu makaki potrzebowały tylko 10 dni, podczas gdy opanowanie pierwszego zajęło im dwa miesiące.

Całość badania, zdaniem autorów, dowodzi wykorzystywania numerycznej wartości symboli. Inaczej mówiąc, małpy dodają tak jak ludzie (przynajmniej niektórzy).

Ciekawe, czy ktoś pokusi się o wypracowanie procedury uczenia rebusów dodawania ułamków.

Mogłoby to mieć bezpośrednie zastosowanie przy kolejnej reformie oświaty.

Piotr ZALEWSKI