

## Czy różnorodności nieorientowalne muszą mieć dziury?

Słowniczek:

### Różnorodność

to np. prosta, okrąg, płaszczyzna, sfera albo wstęga Möbiusa. Pierwsze dwie to różnorodności 1-wymiarowe, pozostałe – 2-wymiarowe. Oczywiście, jest dużo innych różnorodności wymiaru 2 i wyższego. Ogólnie, różnorodność  $n$ -wymiarowa to coś, czego każdy odpowiednio mały fragment jest podobny do kawałka (konkretnie – kuli otwartej  $w$ ) przestrzeni  $n$ -wymiarowej  $\mathbf{R}^n$ .

Uwaga: Kula otwarta w  $\mathbf{R}^2$  to koło bez brzegu, w  $\mathbf{R}^1$  (na prostej) to odcinek bez końców.

### $n$ -wymiarowiec

to stwór, który mieszka w przestrzeni  $\mathbf{R}^n$ .

Możemy go też umieszczać w różnorodnościach  $n$ -wymiarowych (w tych małych fragmentach, które wyglądają jak kule).

Uwaga: Zakładamy, że  $n$ -wymiarowiec ma podobną do człowieka budowę anatomiczną, tzn. ma dokładnie dwie  $n$ -wymiarowe ręce zakończone dłońmi i dłoń prawa jest odróżnialna od lewej!

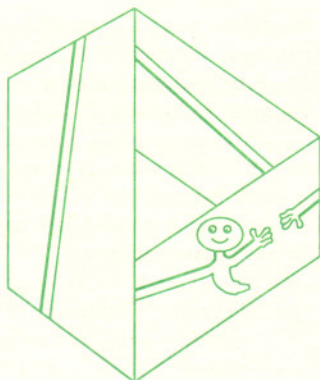
### Różnorodność nieorientowalna

to, na przykład, wstęga Möbiusa, butelka Kleina albo płaszczyzna rzutowa.

Nieorientowalność oznacza tyle, że jeśli umieścimy w różnorodności dwóch  $n$ -wymiarowców, z których jeden jest złośliwy, to może on porwać koleżkę prawą rękawiczką, obiec z nią różnorodność „dookoła”, skutkiem czego rękawiczka zmieni się na lewą.

Wyobraźmy sobie  $n$ -wymiarowca (patrz definicja w słowniczku) i umieścmy go w różnorodności  $n$ -wymiarowej nieorientowalnej.

Jak wiadomo,  $n$ -wymiarowcy są często obdarzeni specjalnymi zdolnościami, na przykład ten nasz potrafi rozciągać ręce, a ponieważ różnorodność jest nieorientowalna, więc może tak rozciągnąć swoją prawą rękę, że jego prawa dłoń wróci do niego jako lewa.



Przypuśćmy, że chwyci się on teraz za dłonie i zacznie „ściągać”. Gdyby w różnorodności nie było dziur, to mogłoby to robić bez przeszkód, aż znalazłby się w kawałku podobnym do przestrzeni  $\mathbf{R}^n$  (a więc orientowalnym).

Ale przecież cały czas trzymał się za ręce, więc po ściągnięciu miałyby dwie lewe dłonie, co jest w kawałku orientowalnym niemożliwe, nawet dla  $n$ -wymiarowca!

Maciej RADZIEJEWSKI

Przed pierwszym wejściem do centrum Układu Słonecznego kometa jest więc bryłą słabo zlepionych ziarenek. Z eksperymentów wiadomo, że ziarenka lodu mają tendencję do zlepiania się pod wpływem ciepła. Gdy kometa zbliża się do Słońca, temperatura powierzchni jądra wzrasta. Wzrost twardości i grubości skorupy zależy od szybkości przenikania ciepła w głąb jądra, a więc od przewodnictwa cieplnego. Gdyby przewodnictwo cieplne jądra było bardzo niskie, ciepło przenikałoby w głąb bardzo powoli, a więc nagrzewałoby się praktycznie sama powierzchnia jądra i zlepianie ziarenek lodu zachodziłoby z zauważalną szybkością tylko w cienkiej warstwie przy samej powierzchni jądra komety. Cienka warstwa zlepionych ziarenek nie wpływałaby istotnie na wytrzymałość mechaniczną jądra komety. Z drugiej strony, przy dużym przewodnictwie cieplnym szybko rosłaby grubość warstwy, w której temperatura wystarczałaby do szybkiego zlepiania ziarenek lodu.

Przepływ ciepła w porowatym lodzie odbywa się generalnie dwiema drogami: w samym lodzie i w porach. Można więc mówić o przewodnictwie cieplnym sieci ziarenek lodu oraz o przewodnictwie cieplnym porów.

### 1. Przewodnictwo cieplne sieci ziarenek lodu

Analiza przewodnictwa cieplnego samej sieci ziarenek lodu jest równoważna założeniu, że pory w ogóle nie przewodzą ciepła. (Założenie to jest dobre tylko w niskich temperaturach. Przy temperaturze wyższej niż około 220–240 K może się nawet okazać, że przewodnictwo cieplne porowatego lodu jest większe niż lodu bez porów.)

Przewodnictwo cieplne porowatej substancji powinno być mniejsze niż tej samej substancji bez porów i różnica powinna być tym większa, im większą część objętości zajmują pory. Założymy, że porowata substancja jest złożona z ziarenek. W takim razie możemy sobie wyobrazić analogię z obwodem elektrycznym złożonym z oporników i przewodów. Powierzchnia styku ziarenek jest, oczywiście, mniejsza niż średnia powierzchnia przekroju samych ziarenek, więc w tej analogii miejsca styku ziarenek będą opornikami, a same ziarenka przewodami łączącymi. Gdyby cała struktura była idealnie regularna, to wypadkowe przewodnictwo można by obliczyć. Niestety, struktura porowata lodu jest bardzo nieregularna. Wykonanie