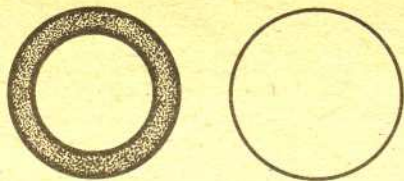
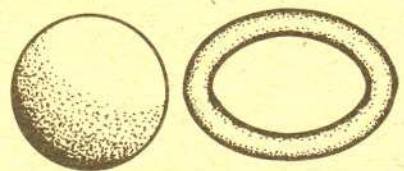


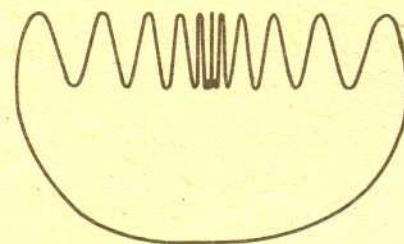
## Teoria kształtu



Okrąg i pierścień kołowy mają te same własności homotopijne i ten sam kształt.



Powierzchnia sfery i torus mają inne kształty niż okrąg.



Tak zwany okrąg warszawski ma inne własności homotopijne niż okrąg, ale ma ten sam kształt.

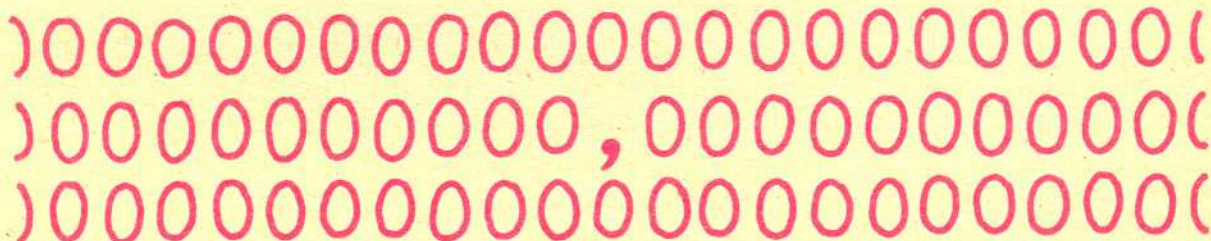
W latach trzydziestych i czterdziestych powstała teoria homotopii. Jej twórcy (m.in. Witold Hurewicz, matematyk amerykański polskiego pochodzenia) zbudowali aparat do badania globalnych własności wielościanów, między innymi do opisu i klasyfikacji rozmaitych typów „dziur” w figurach geometrycznych. Z formalnego punktu widzenia teoria homotopii może badać wszystkie przestrzenie (także dużo gorsze niż wielościany), lecz w przypadku zbiorów o bardziej skomplikowanej budowie wywiązuje się ona z tego zadania nie najlepiej. Coraz potrzebniejsze były w topologii dobre i dostatecznie ogólne metody do badania własności globalnych. Matematycy różnie sobie z tym radzili, stosowali rozmaite wybiegi. Przed ukazaniem się w 1968 roku pracy Karola Borsuka pt. *Homotopy properties of compacta* nikt nie usiłował takiej ogólnej metody stworzyć.

Praca Borsuka była pierwszą publikacją z teorii kształtu. Od tej pory napisano już na ten temat kilkaset prac i trzy monografie, z dużym udziałem polskich matematyków. Teoria kształtu jest działem topologii ściśle związanym z intuicją. Porównujemy w niej dowolny zbiór ze wszystkimi wielościanami. W przypadku podzbiorów przestrzeni  $E^n$  sprowadza się to do badania własności homotopijnych wszystkich wielościennych otoczeń tego podzbioru. Borsuk pokazał, że domknięte, ograniczone i spójne podzbiory  $E^2$  mają z punktu widzenia teorii kształtu te same własności (mają ten sam kształt) wtedy i tylko wtedy, gdy rozcinają  $E^2$  na tę samą liczbę składowych.

Od pierwszych chwil istnienia teoria kształtu spotkała się z żywym zainteresowaniem topologów na całym świecie. Na szczególne wyróżnienie zasługują twierdzenia udowodnione przez amerykańskiego matematyka Chapmana. Mówią one, że dla zbiorów zwartych  $X$  i  $Y$  dobrze położonych w  $E^n$  równość kształtów  $X$  i  $Y$  jest równoważna istnieniu homeomorfizmu między ich dopełnieniami. Fakty te umożliwiły, chyba po raz pierwszy w historii topologii, stosowanie metod wypracowanych przez teorię homotopii do zagadnień czysto topologicznych (istnienie homeomorfizmu). Nie jest to jedyny przykład wskazujący, że teoria kształtu jest bardzo wygodnym aparatem i językiem do badania oraz opisu pewnych zjawisk w klasycznej topologii i to nawet gdy ograniczamy się do obiektów o bardzo dobrej i prostej budowie.

Okazuje się między innymi, że o tym, czy funkcja ciągła  $f: X \rightarrow Y$  ma dostatecznie dobre własności (np. jest homotopijną równoważnością, czy też daje się aproksymować przez homeomorfizmy) decydują tylko własności przeciwobrazów punktów z  $Y$ , tj.  $f^{-1}(y)$ .

Podobnie podzbiór zwarty  $E^n$  daje się aproksymować przez podzbiory otwarte homeomorficzne z ustalonym podzbiorem otwartym  $E^n$ , jeśli ma dobre własności kształtowe.



## Tranzystor

Fizyka półprzewodników, podobnie jak szereg innych dziedzin fizyki ciała stałego, swój burzliwy rozwój rozpoczęła na przełomie lat dwudziestych i trzydziestych naszego stulecia. Zawrotną karierę zrobili w okresie przedwojennym pierwsze na szeroką skalę używane prostowniki półprzewodnikowe, tzw. kryształki galeny (PbS). Były one używane w milionach ówczesnych „radioodbiorników kryształkowych”. Była to zapowiedź prawdziwej rewolucji, która nastąpiła w latach pięćdziesiątych po wynalezieniu tranzystora przez J. Bardeena, W. H. Brattaina i W. B. Shockleya. Domieszkując odpowiednio krystaliczny german wytworzyli oni dwa typy półprzewodnika: typ  $n$  — z nadmiarowymi swobodnymi ładunkami ujemnymi i typ  $p$  — z „dziurami” pełniącymi rolę swobodnych ładunków dodatnich. Połączenie takich półprzewodników daje złącza  $n-p$ , przewodzące prąd tylko w jednym kierunku. Włożenie między dwie warstwy półprzewodnika typu  $p$  (nazywane emiterym i kolektorem) cienkiej warstwy bazy — półprzewodnika typu  $n$ , pozwala na uzyskanie efektu tranzystorowego. Po spolaryzowaniu w kierunku przewodzenia złącza emiter-baza niewielka część elektronów, płynąca od emitera, neutralizuje znajdujące się w bazie swobodne dziury, a reszta, pokonując zmniejszoną w ten sposób barierę potencjału baza-kolektor tworzy, sterowany prądem bazy, prąd

kolektora. Mikroskopijny kryształek z trzema drucikami nie wymagający żarzenia, nieodczownego i kłopotliwego elementu wszystkich lamp elektronowych, jawił się początkowo tylko cudownym następcą triody. Dalszy rozwój technologii półprzewodnikowej wykazał jednak, że umiejętność wytwarzania na krystalicznej płytce obszarów o różnych typach przewodnictwa, pozwalając coraz bardziej rozbudowywać tworzone struktury, umożliwiła powstanie skomplikowanych układów elektronicznych w zminiaturyzowanej skali. Kolejne stopnie coraz gęstszego upakowania elementów elektronicznych na płytce półprzewodnikowej nazywano coraz to wyższymi stopniami integracji, aby osiągnąć w chwili obecnej tzw. skalę VLSI (angielski skrót: bardzo wielka skala integracji). Gęstość upakowania jest tak duża, a rozmiary geometryczne poszczególnych elementów tak małe, że zaczynają dawać znać o sobie efekty fizyczne związane z załamywaniem się przybliżeń używanych w fizyce ciała stałego.

Najbardziej przemawiającym do wyobraźni rezultatem rewolucji zainicjowanej przez tranzystor jest porównanie pierwszych lampowych maszyn cyfrowych, w których pracowało kilka tysięcy lamp elektronowych i które to maszyny szczerle wypełniały ogromne sale, z kieszonkowym komputerem, działającym na skalonych układach półprzewodnikowych, dysponującym znacznie większą pamięcią i możliwościami obliczeniowymi niż jego lampowi przodkowie.