



**Eksperymentuj!**

## Jak powstaje film

**Czy można sprzedawać złudzenia? Można i to za ciężkie pieniądze.** Całe Hollywood i wszystkie telewizje na świecie żyją z tego, że nasz mózg ulega złudzeniom optycznym. Zoetrop to wynalazek, który w połączeniu z rozwojem fotografii doprowadził do powstania kina. A uzupełniony o XX-wieczny wynalazek fal radiowych zaowocował powstaniem telewizji.



CENTRUM NAUKI  
KOPERNIK

## → Trochę teorii

Zasada działania zoetropu jest stosunkowo prosta. Gdy obracamy walcem, szczeliny na jego zewnętrznej powierzchni odstawiają na chwilę statyczne obrazki znajdujące się na przeciwległej ścianie. Obrazki pokazują różne fazy ruchu namalowanej postaci. Gdy oglądamy szybko jeden obrazek za drugim, tworzy się złudzenie ruchu namalowanej postaci.

Choć kino niedawno obchodziło swoje stulecie, okazuje się, że tak naprawdę nie do końca wiemy, dlaczego seria zdjęć wyświetlanych bardzo szybko na ekranie powoduje, że widzimy poruszające się obrazy.

Samo zjawisko widzenia nieruchomych obrazów jest stosunkowo dobrze poznane. Ludzkie oko składa się z soczewki w przedniej części i siatkówki w tylnej. Soczewka rzuca obraz na siatkówkę, na której znajdują się komórki światłoczułe. Komórki te przez nerw wzrokowy wysyłają informację o obrazie do mózgu. Wiadomo, że już w oku następuje wstępna obróbka obrazu – na przykład wzmacniane są słabe sygnały świetlne, a osłabiane te najmocniejsze. Dzięki temu, będąc w pomieszczeniu, widzimy zarówno przedmioty pod dachem, jak i to, co znajduje się za oknem. Próba rejestracji takiego obrazu za pomocą aparatu fotograficznego prowadzi do tego, że albo nie widzimy szczegółów w jasnych partiach obrazu, albo przedmioty znajdujące się w cieniu są zbyt ciemne.

Obraz z oka jest poddawany w mózgu skomplikowanej obróbce, o której wciąż nie wiemy zbyt wiele. Jedną z prób wyjaśnienia, dlaczego seria nieruchomych obrazów z zoetropu wydaje nam się ruchomym obrazem, była teoria bezwładności wzroku opracowana w XIX wieku przez Simona Rittera Von Stampfera. W jej myśl obraz rzucony przez soczewkę miał trwać na siatkówce oka przez około 1/15 sekundy, a jego szybsze zmiany miały powodować, że oczy nie są w stanie odróżnić serii statycznych obrazów od sekwencji ruchu.

Przez wiele lat teoria bezwładności oka była wystarczająco dobrym wytłumaczeniem, dlaczego w kinie mamy wrażenie, że widzimy ruchomy obraz. Dziś, choć już wiemy, że nie jest



**24 zdjęcia na sekundę, 24 nieruchome obrazki wyświetlane dostatecznie szybko dają sekundę ruchu, a czasem sekundę śmiechu lub wzruszeń**

prawdziwa, wciąż znajduje się w wielu podręcznikach jako wytłumaczenie zasady działania kinematografu.

A jak dzisiaj tłumaczymy to zjawisko? W 1988 roku Livingstone i Hubel odkryli, że wrażenia wzrokowe są przekazywane do mózgu dwiema odrębnymi drogami: wielko- i drobnokomórkową. Ta druga przetwarza wrażenia kształtu, koloru i rodzaju powierzchni postrzeganych obiektów. Pierwsza jest odpowiedzialna właśnie za wrażenie ruchu i położenia tych samych obiektów. Informacja o ruchu jest przekazywana bezpośrednio do płata skroniowego, dokąd inną drogą docierają informacje o głębi, kształcie i kolorze. Można podejrzewać, że mózg obiera odmienne strategie do „obróbki” zmian obrazów oddalonych od siebie (zarówno w czasie, jak i w przestrzeni) i istniejących w bezpośrednim (czasoprzestrzennym)

sąsiedztwie. Te oddalone są dla niego odrębnymi obrazami, te sąsiadujące – zlewają się w jeden, ruchomy obraz. Wydaje się, że przy wystarczająco niewielkich zmianach mózg nie odróżnia iluzji ruchu (następstwa klatek w filmie) od rzeczywistego ruchu spotykanego w naturze. To zaś oznacza, że przetwarzamy „zwykły” ruch jako serię pojedynczych „klatek”, a wręcz rozbijamy go na poszczególne elementy. Podstawowe znaczenie ma fakt zaistnienia zmiany, czyli stwierdzenie, co zmienia się w otoczeniu, gdy na nie patrzymy. W tym celu zmieniamy kąt widzenia (np. pochylając głowę) czy odległość od przedmiotu. Nasz mózg odróżnia sytuację, w której poruszają się tylko niektóre obiekty w naszym polu widzenia, od sytuacji, w której wszystko się porusza (to oznacza, że tak naprawdę to my się poruszamy). ■



**Kiedy powoli obracamy zoetropem, widzimy pojawiające się na moment w kolejnych szczelinach statyczne obrazki. Kiedy jednak zwiększymy prędkość tak, by przed naszymi oczami pojawiało się kilkanaście szczelin na sekundę – mamy wrażenie płynnego ruchu**

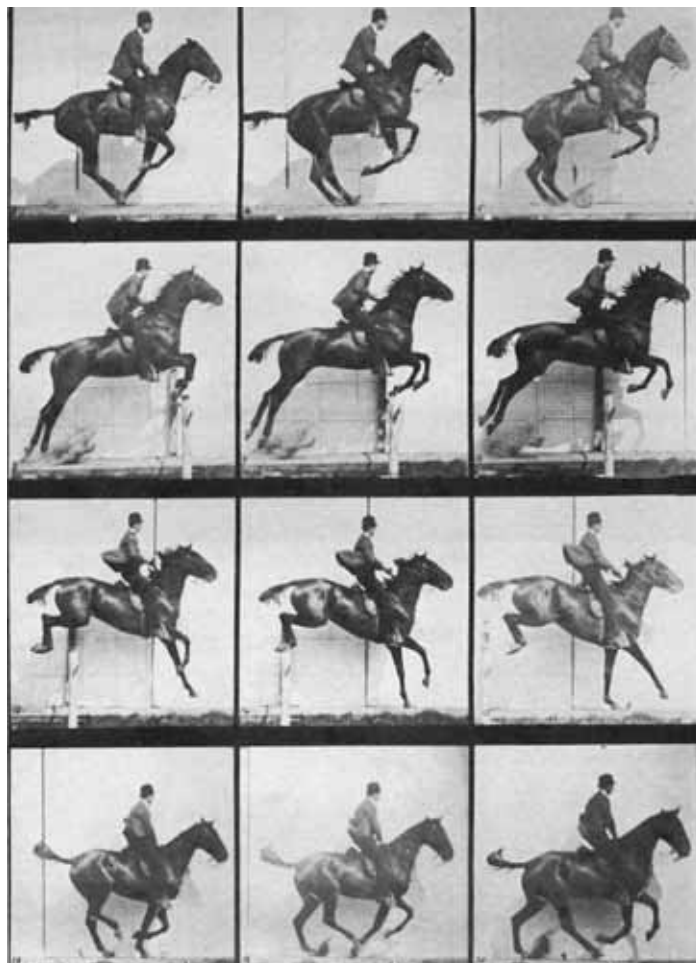
## → O historii

**P**ierwowzorem zoetropu był fentoskop – dysk z rysunkami, które dawały złudzenie ruchu. Urządzenie zostało wymyślone przez Josepha Plateau w 1832 roku. Trzeba było 34 lat, by pojawiło się kolejne odkrycie w dziedzinie ruchomych obrazków – chronetoskop wymyślony przez Lionela Bale'a. Zasada jego działania opierała się na przesuwaniu paska z serią obrazków przez drewniany uchwyt, który na chwilę zatrzymywał każdy obrazek przed okiem. Rok później powstał zoetrop opracowany przez Williama Lincolna zainspirowanego fentoskopami. W tym samym roku John Linnett opatentował kineograf – serię obrazków spiętych na brzegu, które spadając jedne po drugim, dają złudzenie ruchu (kineograf można zrobić, rysując fazy ruchu na kartkach zeszytu).

Kolejnym krokiem w rejestracji ruchomych obrazów był wynalazek Edwarda Muybridge'a, który w 1873 roku za pomocą systemu kamer zrobił serię zdjęć biegnącemu koniowi, rejestrując kolejne fazy jego ruchu. Sześć lat później

Muybridge prezentuje zoopraxiskop – urządzenie do wyświetlania serii zdjęć. Przez wiele lat Muybridge fotografuje, co się da, opracowując do perfekcji technikę fotografii poklatkowej.

Koniec XIX wieku obfituje w wynalazki związane z rejestracją ruchomych obrazów. Zajmuje się tym między innymi Thomas Edison. W 1882 roku chemik Antoine Lumière otwiera fabrykę materiałów fotograficznych. Wraz z synami opracowuje technikę nanoszenia emulsji na celuloidową taśmę. Jego synowie w 1895 roku prezentują w Paryżu pierwsze filmy rejestrowane za pomocą wynalezionej przez siebie kinematografu. ■



## → Współczesne zastosowania

**O**czywistym rozwinięciem idei zoetropu są kino i telewizja, które serwują nam długie serie nieruchomych zdjęć, a my dostrzegamy w nich ruchome obrazy. Jednak sam zoetrop całkiem niedawno wrócił do łask za sprawą Josha Spodeka, doktoranta astrofizyki z Columbia Astrophysics Lab, który pod koniec lat 90. XX wieku zaprojektował i opatentował sposób na wyświetlanie ruchomych reklam pasażerom metra. Jego pomysł błyskawicznie wzbudził ogromne zainteresowanie agencji reklamowych. Spodek zaproponował, aby rozprostować zoetrop i przesunąć widza wzdłuż niego, by wywołać dokładnie taki sam efekt ruchu, jaki powstaje w trakcie obracania zabawki.

W 2001 roku w Atlancie zainstalowano w metrze pierwszą reklamę, która pasażerom kolejki układała się

w 30 -sekundowy filmik. Od tego czasu firma założona przez Josha Spodeka instaluje reklamy wszędzie tam, gdzie ludzie poruszają się ze stałą prędkością wzdłuż długich ścian. Poza Atlantą można je było już zobaczyć m.in. w Filadelfii, Nowym Jorku, Chicago, Bostonie, San Francisco czy Toronto.

Typowa reklama tego typu składa się z ok. 200-300 podświetlonych obrazów, które instaluje się na przestrzeni 150-300 m. W zależności od prędkości pociągu filmik trwa od 15 do 30 s, a animacja jest dobrze widoczna już wówczas, gdy wagoniki poruszają się z prędkością powyżej 3 km/h. ■

**Dzięki pomysłowi Josha Spodeka pasażerowie metra mogą w ciemnych zazwyczaj tunelach obejrzeć ruchome filmy reklamowe**



**Eksperymentuj!**

## → A to ciekawe

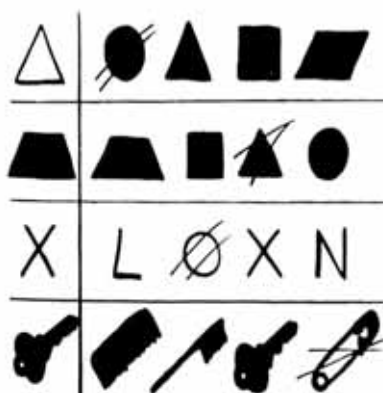
Istnieją dwa przeciwstawne rodzaje schorzeń mózgu rzucające nieco światła na niezwykle proces postrzegania ruchu przez ludzi. Pierwszym jest tzw. akinetopsja, czyli wada powodująca, że chory nie widzi ruchu obiektów. Każdy poruszający się w polu widzenia obiekt jest dla osoby dotkniętej tą przypadłością albo rozmazany, albo pojawia się jako seria „stopklatek”. Przejściową i odwracalną akinetopsję można wywołać poprzez przesyłanie magnetycznych impulsów poprzez czaszkę do niewielkiego (ok. 1 cm średnicy) obszaru kory mózgu zwanego polem V5. Dlatego wiemy, że to właśnie to miejsce odpowiada za odbiór wrażenia ruchu.

Drugim schorzeniem jest agnozja kształtu, czyli niemożność rozpoznawania przedmiotów, o ile nie są one w ruchu. Ludzie dotknięci tą wadą postrzegania (której często towarzyszy także niezdolność rozróżniania barw) nie są w stanie rozpoznać kształtu przedmiotów nieruchomych. Co ciekawe, bez trudu potrafią je rozpoznać, kiedy tylko obiekty zaczynają się poruszać. Zaskakujące jest to, że osoby dotknięte tym schorzeniem mogą oglądać w kinie i telewizji filmy i postrzegają je jako „ruchome obrazki”,

choć w rzeczywistości stanowią przecież ciąg statycznych scen.

Wspomniane efekty może spowodować uszkodzenie mózgu, na przykład wylew. Można je także wywołać farmakologicznie za pomocą leków psychotropowych. ■

**Obrazy widziane przez osoby cierpiące na akinetopsję przypominają to, co może zobaczyć zdrowa osoba, obserwując przedmiot oświetlony światłem stroboskopowym**



**Agnozja kształtu to schorzenie uniemożliwiające rozpoznawanie kształtu przedmiotów. Na rysunku po prawej stronie cierpiący na tę chorobę pacjent próbował zakreślić jednakowe figury – bez powodzenia. Nie był także w stanie skopiować liter i prostych kształtów**

## → Więcej doświadczeń

1. Pierwszy eksperyment z ruchomymi obrazami jest starszy niż zoetrop. Do jego przeprowadzenia będziemy potrzebować kawałka cienkiego, ale sztywnego kartonu, dwóch kawałków sznurka i ołówka lub kredek do rysowania. Z kartonu wycinamy koło. Na jego brzegach robimy małe dziurki i przywiązujemy do nich sznurek. Następnie na jednej stronie koła malujemy np. małego ptaszka, a po drugiej większą od niego klatkę. Teraz chwytamy rękami oba sznurki i obracamy kartonowy krążek, tak by pokazywała się raz jedna, raz druga strona. Jeśli będziemy odpowiednio szybko obracać kartonem, złudzenie optyczne spowoduje, że zobaczymy ptaka wewnątrz klatki.

2. Do drugiego eksperymentu potrzebne jest lustro. Do pomocy w zabawie trzeba zaprosić kolegę lub koleżankę. Następnie zbliżamy lustro do twarzy tak, byśmy mogli widzieć oboje swoich oczu. Teraz szybko przenosimy wzrok z jednego oka odbijającego się w lustrze, na drugie. Obraz, który widzimy, płynnie przełącza się z lewego na prawe oko, tak że nie widzimy żadnego etapu pośredniego, mimo że po drodze powinniśmy zobaczyć nasadę nosa. Byłby to koronny dowód na istnienie bezwładności oka, gdyby nie to, że osoba obserwująca nas będzie widziała, że przesuwamy oko z lewa na prawo i z powrotem, choć jej bezwładność oka powinna również fundować tylko obraz początkowy i końcowy bez obrazu pośredniego. ■

## → W internecie

**Złudzenia wzrokowe i postrzeganie ruchu**  
<http://pfwmwieckowska.blogspot.com/2007/03/zludzenia-optyczne-postrzeganie-ruchu.html>

**Widzenie i uszkodzenia wzroku**  
[www.fizyka.umk.pl/~duch/Wyklady/kog-m/03-w.htm](http://www.fizyka.umk.pl/~duch/Wyklady/kog-m/03-w.htm)

**Historia animacji i kina**  
<http://library.thinkquest.org/C0118600/index.phtml>