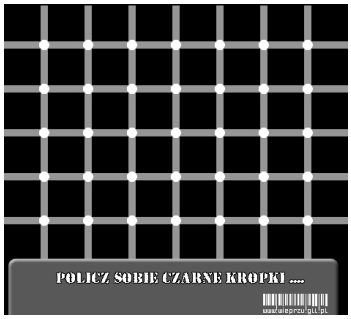
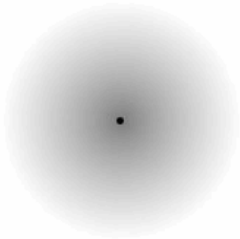
System wzrokowy

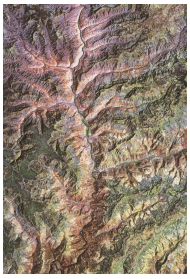
Złudzenia optyczne a rozumienia funkcjonowania systemu wzrokowego

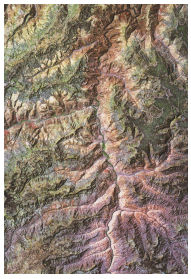




popatrz na kropkę,
po jakimś czasie
zacznie ci znikać
szare pole.

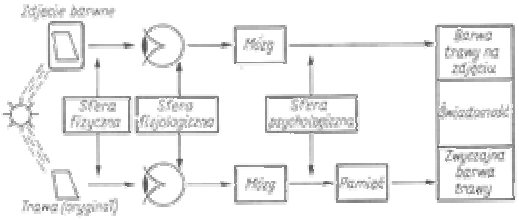
Co to może być?



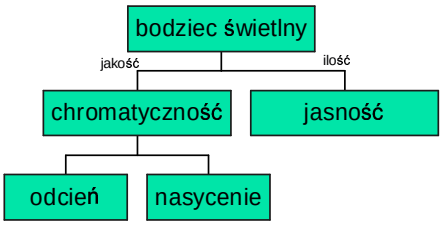


Nil Błękitny, *Państwa Świata - leksykon, cz. 6, Afryka Zachodnia, Środkowa i Południowa s. 89, GeoCenter, W-wa*

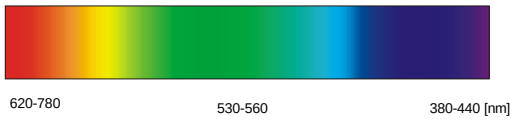
Postrzeganie wrażeń



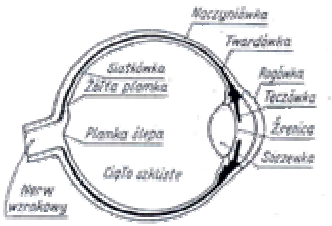
Sfera fizyczna



Barwa a długość fali



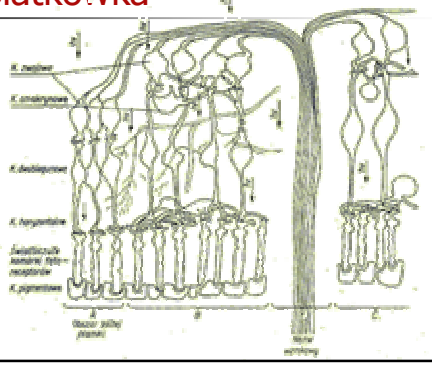
Oko i jego budowa



Funkcjonalne elementy oka

- **Rogówka** - zdolność skupiająca 40D,
- **Źrenica** - zdolność regulacji ilości światła do 25:1,
- **Soczewka** - zdolność płynnej regulacji ogniskowej ok. 8 D,
- **Siatkówka z pręcikami i czopkami** – widzenie, dzienne/nocne, barwne/monochromatyczne (126 mln fotoreceptorów, w tym 120 mln pręcików i 6 mln czopków),
- **Nerw wzrokowy** – kanał informacyjny łączący oko z mózgiem (1 mln włókien).

Siatkówka

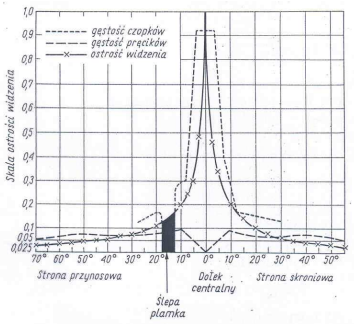


Siatkówka cd.

- Wielowarstwowa tkanka nerwowa, stanowiąca najbardziej wysuniętą ku środowisku zewnętrznemu część mózgu
- Zawiera ok. 120 mln pręcików i 6 mln czopków;
- Jednostka receptorowa - fotoreceptor: komórka dwubiegunowa: komórka zwojowa;
- Jednostka receptorowa vs. pole recepcyjne:
  - zależność rozdzielczość a czułość,
  - możliwość przekazywania przez nerw wzrokowy pobudzeń z 1 mln jednostek receptorowych utworzonych ze 126 mln fotoreceptorów
- Dołek środkowy plamki żółtej:
  - centralny obszar siatkówki o średnicy 0.25-0.30 mm, znajdujący się na osi widzenia o gęstość czopków 150000/mm^2,
  - zawiera tylko czopki, o średnicy 1.5 μm,
  - zawiera jednostki receptorowe typu 1:1:1,
  - stanowi kilka procent powierzchni siatkówki, a pobudzająca 50% neuronów kory wzrokowej,

Czopki vs. pręciki

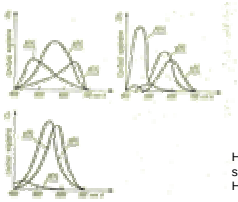
- Czopki
  - widzenie fotopowe (dzienne) - duża jasność wymagana (> 30 lx),
  - 150 wrażeń monochromatycznych barwnych,
- Pręciki
  - widzenie skotopowe (nocne) – mała jasność wymagana (< 0.01 lx),
  - zawierają rodopsynę (purpura wzrokowa),
  - brak wrażeń barwnych, a tylko różnice jasności



Postrzeganie barw – teoria Younga-Helmholtza

Założenia:

- Występowanie w czopkach trzech substancji światłoczułych o zróżnicowanych maksimach absorpcyjnych (w odpowiednio niebieskiej, zielonej i pomarańczowoczerwonej części widma),



Hipotetyczne rozkłady czułości spektralnej substancji światłoczułych w czopkach wg. Helmholtza (a), Koeniga (b) i Walda (c).

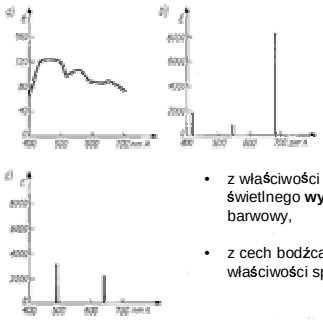
cd. Teorii Younga-Helmholtza

- w wyniku przemian fotochemicznych w czopkach pojawiają się potencjały elektrochemiczne, które są kodowane przez układ neuronów bezpośrednio związanych z receptorami i przesyłane w postaci impulsów do mózgu,
- mózg rozróżnia sygnały pochodzące od każdej substancji światłoczułej i analizuje ich wzajemny stosunek (β:γ:δ),
- od sumy sygnałów β, γ, δ zależy odczucie jasności (luminancji) bodźca świetlnego, a od ich wzajemnego stosunku – barwa,
- jeśli do siatkówki oka dociera światło o rozkładzie energii E(λ), to poszczególne sygnały docierające do mózgu będą zależne od pobudzenia każdej z substancji światłoczułych przez to światło i wyrazić je można w postaci całek:

$$\beta \sim \int_{380}^{780} \beta(\lambda) E(\lambda) \delta\lambda \qquad \gamma \sim \int_{380}^{780} \gamma(\lambda) E(\lambda) \delta\lambda \qquad \delta \sim \int_{380}^{780} \delta(\lambda) E(\lambda) \delta\lambda$$

co oznacza, że dwa światła wykazują tą samą jasność i barwę wówczas, gdy odpowiadające im powyższe całki są sobie równe, a równe mogą być przy bardzo różnorodnych rozkładach energii światła (metamery).

Metamery

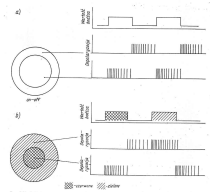


- z właściwości spektralnych bodźca świetlnego **wynika** jaki to bodziec barwowy,
- z cech bodźca barwowego **nie wynikają** właściwości spektralne bodźca świetlnego

Postrzeganie barw – teoria Heringa

Założenia:

- siatkówka składa się z wielu pól recepcyjnych „on-off" trzech rodzajów – biało/czarnych (achromatycznych), czerwono/zielonych oraz żółto/niebieskich,
- w polach recepcyjnych można wyróżnić dwie części – centralną oraz obwodową, które działają antagonistycznie, tzn. pobudzenie jednej z nich powoduje hamowanie drugiej,



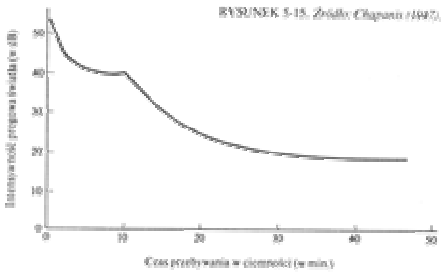
a) Działanie światła białego na achromatyczne pola recepcyjne typu „on-off",

b) Działanie naprzemienne światła czerwonego i zielonego na pole „on-off" typu czerwono-zielonego.

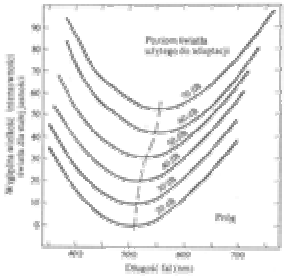
Sfera fizjologiczna

- adaptacja do jasności (ciemności),
- adaptacja do barwy (zjawiska powidokowe),
- kontrast luminancji równoczesny,
- kontrast barwny równoczesny.

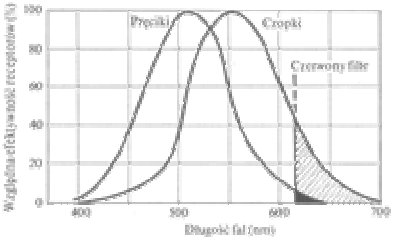
Adaptacja do jasności



Warstwice równej jasności

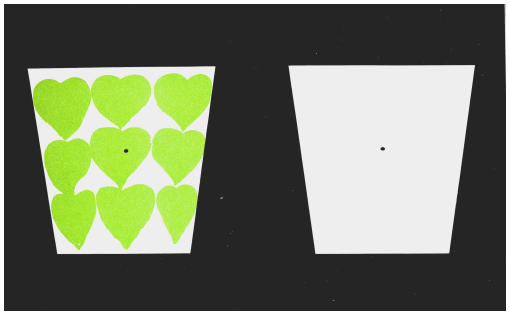


Efektywność fotoreceptorów w funkcji długości fali



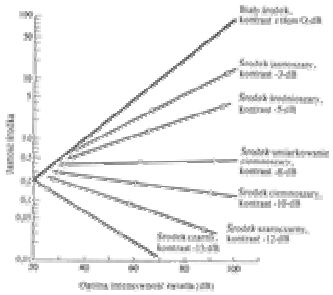
Adaptacja do barwy

Zjawisko powidokowe



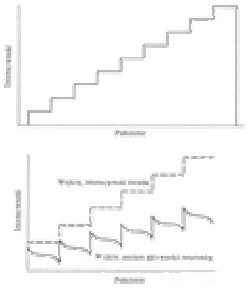
Kontrast luminancji równoczesny

cd. kontrast luminancji

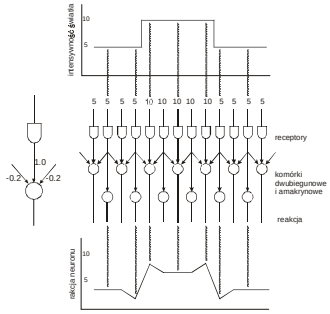


Pasy Macha

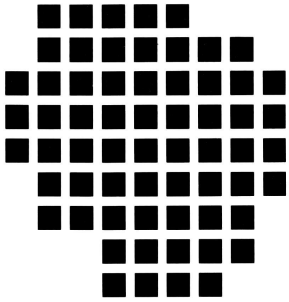
cd. pasy Macha



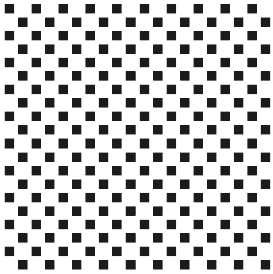
Pasy Macha a hamowanie oboczne



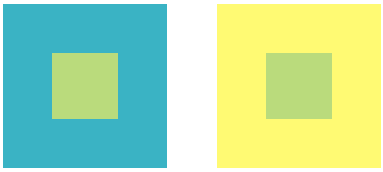
Krata Heringa



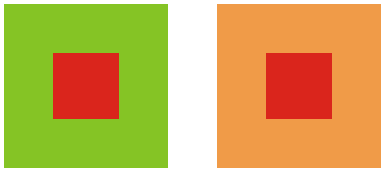
Złudzenie R. Springera



Kontrast barwny równoczesny



cd. kontrast barwny



Podsumowanie

- adaptacja do ciemności
  - czas: najszybszy przyrost wrażliwości 10-20 min przy dużej różnicy jasności i odpowiednio mniej dla mniejszych różnic,
  - złożony charakter krzywej adaptacji do ciemności (przełączanie się systemów widzenia fotopowego i skotopowego),
- wrażenie jasności barw zależy od:
  - aktualnego poziomu adaptacji do ciemości (zjawisko związane z różnicą we wrażliwości progowej pręcików i czopków) - efekt Purkinjego,
  - jasności tła,

cd. podsumowania

- teorie tłumaczące postrzeganie barw:
  - trójskładnikowa teoria Younga-Helmholtza,
  - teoria procesów przeciwstawnych Heringa (analogia pól recepcyjnych z mechanizmem hamowania obocznego)
- adaptacja oka do barwy
  - dopasowywanie się systemu widzenia do składu widmowego oświetlenia,
  - zjawiska powidokowe (kontrast barwny następczy) → teoria Heringa,

cd. podsumowania

- Wrażenie barwy zależy od:
  - właściwości źródła światła,
  - właściwości ośrodka, przez który biegnie światło,
  - właściwości fizycznych obiektu (odbijanie i absorpcja światła o określonej długości fali),
  - właściwości otaczających obiektów (kontrast barwny równoczesny),
  - stanu systemu wzrokowego,
  - charakterystyki transmisyjnej receptorów i ośrodków nerwowych,
  - poprzedniego doświadczenia przy obserwacji podobnego obiektu.

Postrzeganie wzrokowe - wrażenie vs. spostrzeżenie

- **Wrażenie** - najprostszy proces psychiczny, będący odzwierciedleniem jednej cechy przedmiotu (np. jasność, barwa, głośność, siła dotyku), niezależnie od innych jego cech,
- **Spostrzeżenie** - reprezentacja całego przedmiotu, wszystkich jego cech dostępnych w danym momencie naszym zmysłom.

Teoria asocjacjonistyczna

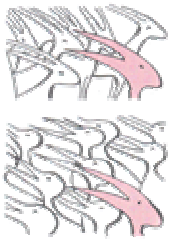
- Czas: II połowa XIX w.
- Przedstawiciele: Wundt i Titchener
- Główna teza: „**Spostrzeżenia powstają w wyniu sumowania się wrażeń**"
- Wrażenia łączone są ze sobą na mocy prawa skojarzenia:
  - Przez styczność w czasie,
  - Przez styczność w przestrzeni,
  - Przez podobieństwo,
  - Przez kontrast,
- Wniosek: suma tych samych wrażeń powinna prowadzić do wytworzenia tego samego spostrzeżenia (co nie jest prawdą - sześcian Neckera, złudzenie typu figura-tło),
- Problem: w przypadku bodźców o dużym stopniu złożoności trudno podać pełną listę wrażeń, które muszą być zsumowane.

Postaciowa teoria spostrzegania

- Czas: początk XX w.
- Przedstawiciele: Wertheimer, Koffka, Rubin,
- Główna teza: „**W doświadczeniu wewnętrznym pierwotne są spostrzeżenia, wrażenia natomiast są wtórne i wynikają z analizy spostrzeżeń**",
- Przykład: zjawisko fi - ruchu pozornego,
- Właściwości układu bodźców elementarnych postrzeganych jako całości:
  - bliskość przestrzenna lub sąsiedztwo w polu widzenia,
  - jednakowy wygląd lub podobieństwo,
  - „wspólna droga" - elementy poruszające się w tym samym kierunku,
  - dobra kontynuacja lub dobra figura,
  - zgodność z chwilowym nastawieniem,
  - ubiegłe doświadczenia i przyzwyczajenia,

Bliskość przestrzenna

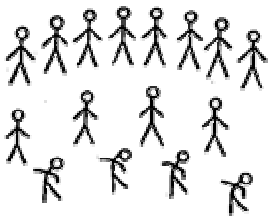
ZR ZR ZR ZR



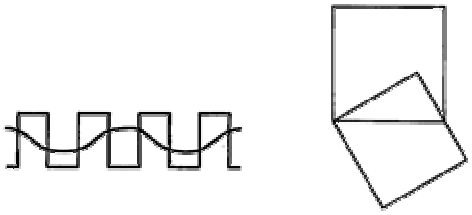
Podobieństwo

Z R Z R Z R
Z R Z R Z R
Z R Z R Z R
Z R Z R Z R
Z R Z R Z R
Z R Z R Z R

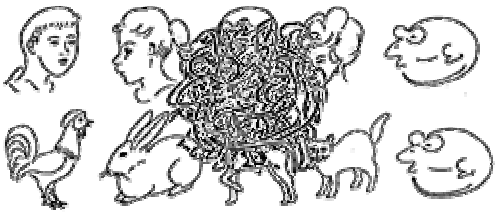
„Wspólna droga”



Dobra kontynuacja, dobra figura



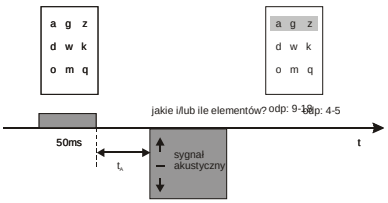
Zgodność z chwilowym nastawieniem



Ubiegłe doświadczenia, zainteresowania, motywy

Współczesna teoria spostrzegania

- Badanie aktywności oko-ruchowej (sakkady i fiksacje),
- Eksperyment Sperlinga - magazyn informacji sensorycznej



Badania

- Averbacha i Coriella (maskowanie),
- Eriksena i Collinsa (VOH),

czasy krytyczne:
75 i 300 ms

Pamięć sensoryczna (ikoniczna)

- zawiera informacje związane z przestrzenną lokalizacją bodźca i jego podstawowymi cechami, takimi jak: barwa, jasność, wielkość czy kierunek ruchu (eksperyment Sperlinga),
- czas przechowywania: 0.5 - 1.0 sekundy (wrażenie ciągłości spostrzeganego obiektu),
- świadome rejestrowanie obrazu wymaga ekspozycji bodźca dłuższego od określonego czasu minimalnego - rzędu kilku milisekund,
- na materiale pamięci sensorycznej przy udziale tzw. detektorów zachodzi ekstrakcja cech prostych takich jak krawędź, narożnik, zakończenie linii, lokalne rozjaśnienie (przyciemnienie), barwa, ruch w określonym kierunku.

Detektory cech

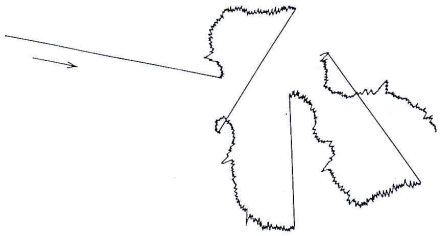
GATUNEK	LOKALIZACJA ANATOMICZNA	DETEKTOR
ŻABA	Siatkówka	Wypukła krawędź, Wydłużona krawędź Zmieniający się kontrast, Ściemnienie, Rozjaśnienie Ciemność
	Wzgórek górny blaszki pokrywy	Nowość, Tożsamość, Dwuoczność
KOT	Siatkówka	Lokalne rozjaśnienie, Lokalne ściemnienie
	Ciało kolankowate boczne	Identyczne jak w siatkówce
	Kora mózgu	Poruszające się szczeliny, Poruszające się paski,albo kąty o szczególnym ustawieniu, Rozbieżność dwuoczna, Fragmenty linii, Narożniki, Zakończenia linii
SZYMPANS	Siatkówka	Lokalne rozjaśnienie albo ściemnianie, Lokalna czerwień, zieleń lub błękit
	Ciało kolankowate boczne	Rozmaite formy kodowania barw
	Kora mózgu	Podobne jak u kota, Niektóre barwy są kodowane Możliwy detektor ręki

Postrzeganie a ruch oczu

Podstawowe ruchy oczu:

- odruch przedsionkowo-wzrokowy – 5-6'/s i do 20-30°
- ruch śledzenia,
- ruch skokowy (sakkadyczny) - max 700° /s; amplituda do 15° , zatrzymanie (fiksacja) - rejestracja i przesłanie informacji wzrokowej do CUN,
- ruchy zbieżno-rozbieżne (związane z przybliżaniem bądź oddalaniem się obserwowanego obiektu),
- mirkoruchy – zindywidualizowane dla każdego oka; do nich należy:
  - **dryft** (powolny, trajektorie łukowate, zakres 2-20'; szybkość 0.02 – 0.5°/s),
  - **mikroskoki** (występują na przemiennie z dryftem; proste odcinki; dośrodkowe; amplituda 2-50'; prędkość 3-25 °/s służą kompensacji dryftu)
  - **tremor** (najdrobniejsze ruchy o oscylacyjnym charakterze, amplituda 10''-1'; częstotliwośc 30-90 Hz; służą regeneracji substancji światłoczułych)

Trajektorie mikroruchów



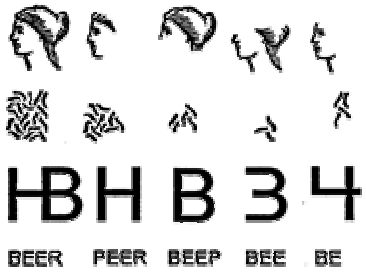
Cykl okoruchowy

Fazy:

- Określenie miejsca kolejnej fiksacji 50 ms
- Przekazanie impulsu 30 ms
- Ruch gałki ocznej 30 ms
- Transmisja informacji 60 ms
- Dekodowanie informacji 60 ms

RAZEM: 230 ms.

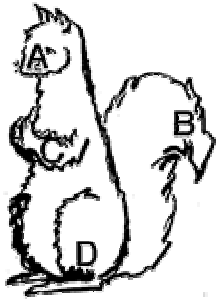
Eksperyment Pritcharda



Wyniki i wnioski eksperymentu Pritcharda:

- W wyniku zjawiska habituacji (obniżenie wrażliwości komórek nerwowych na bodźce działające w sposób jednostajny) spostrzegany obraz znikał:
  - im prostszy tym szybciej, im bardziej złożony tym wolniej,
  - w przypadku obrazów zawierających figury (słowa) bezsensowne zanikanie poszczególnych elementów odbywało się w sposób losowy,
  - dla obrazów przedstawiających znane obiekty znikanie odbywało się tak, aby pozostały fragment tworzył sensowną całość,
- Widzenie jest procesem zachodzącym w czasie,
- Sześcian Neckera

Analiza sakkadyczna obrazu



Spostrzeganie jako proces rozpoznawania i kategoryzacji

- Proces spostrzegania jest procesem konfrontacji danych sensorycznych z danymi pamięciowymi (to jakie dane będą pobrane z otoczenia uzależnione jest od danych pamięciowych oraz od predykcji - przewidywania, oczekiwania),
- Istotą procesu spostrzegania jest rozpoznawanie, to znaczy określanie do jakiej kategorii należy konkretny obiekt,
- Problem poszukiwania kategorii i translacji kodu w jakim wyrażone są dane sensoryczne do reprezentacji pamięciowej,

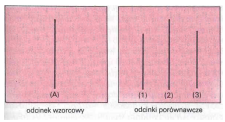
Gotowość percepcyjna

Gotowość percepcyjna - łatwość zastosowania określonej kategorii pamięciowej do danego materiału percepcyjnego, zależy od:

- Czynników zewnętrznych:
  - częstość uprzednich doświadczeń (zjawisko primingu),
  - konsekwencje społeczne - wyższą gotowość wykazują te kategorie, które są wykorzystywane przez innych (zwłaszcza gdy dysponujemy niewielką ilością informacji - eksperyment Ascha nad konformizmem)

Eksperyment Asha

- grupy studentów 7-9 osób,
- „Eksperyment psychologiczny nad oceną wzrokową",



- 12 na 18 jednogłośnie błędnych odpowiedzi n-1 osób,
- przychylenie się do nieprawdziwej oceny średnio w 37% (30% zawsze, 25% nigdy)

cd. gotowość percepcyjna

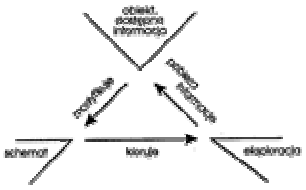
- Czynniki wewnętrzne:
  - **monopol** - liczba kategorii wykorzystywana przez jednostkę - im liczba kategorii jest mniejsza, tym monopol silniejszy,
  - **integracja poznawcza systemu kategorii** - im silniej powiązane są ze sobą poszczególne kategorie, tym wyższa jest ich gotowość,
  - **konsekwencje motywacyjne** - kategorie, które związane są z realizowanymi przez człowieka celami, wykazują większą gotowość aniżeli kategorie obojętne

Eksperyment Posnera

- Bodziec - dwie litery pokazywane jednocześnie (w drugiej wersji eksperymentu - sekwencyjnie),
- Kryteria identyczności liter:
  - identyczność fizyczna (np. A A; b b),
  - identyczność nominalna (np. A a; B b),
  - identyczność oparta na regule (np. A E; T B)
- Odpowiedź - przyciśnięcie klawisza „takie same” lub „różne”,
- Pomiar - czas reakcji (t_f, t_n, t_r),
- Wyniki:
  - Ekspozycja jednoczesna: $t_f < t_n < t_r$,
  - Ekspozycja sekwencyjna (2 sek): $t_f > t_n$,

Synteza percepcyjna (Neisser)

- Spostrzeganie:
  - ma charakter konstrukcyjny,
  - ma charakter wielozmysłowy,
  - jest czynnością ciągłą, cykliczną:



Wpływ kontekstu na spostrzeganie

„Interpretacja danych sensorycznych opiera się w poważnej mierze na wiedzy o tym, czym sygnał ma być, rzadziej zaś na informacji, jaką ten sygnał zawiera. Te informację dodatkową dostarcza kontekst zdarzenia sensorycznego. Kontekst obejmuje całe środowisko, w jakim zachodzi dane doświadczenie. Czytelnik wie sporo rzeczy o treści czytanej książki, w uzupełnieniu do konkretnych układów liter na danej stronicy. Wie, że tekst jest napisany po polsku, że dotyczy ogólnie psychologii, jak i psychologii rozpoznawania obrazów w szczególności. Więcej nawet, po pewnym czasie Czytelnik zapoznawszy się ze stylem autorów może z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć, jakie słowa nastąpią uprzednio przeczytanych. Przewidywania te będą do tego stopnia prawidłowe, że czytający będzie wstawiał automatycznie brakujące wyrazy, jak na przykład słowo ‘po’ opuszczone w poprzednim zdaniu, albo też, co na to samo wychodzi, nie zauważy jego braku” (Lindsay, Norman, 1984)

cd. wpływu kontekstu

Janek ma 4 lata i umie już jeździć na ...
Rozległ się dzwonek i dzieci wybiegły z ...

cd. syntezy percepcyjnej

- Istotną rolę odgrywa:
  - **oczekiwanie** - „Nie możemy spostrzegać, o ile czegoś nie oczekujemy, lecz nie musimy spostrzegać tylko tego, czego oczekujemy”,
  - **eksploracja** - proces, dzięki któremu narządy zmysłowe dostarczają nowych informacji, uzupełniających to, co wcześniej było zawarte w schemacie,
- W spostrzeganiu uczestniczą narządy zmysłowe oraz pamięć i efektory.
- Spostrzeganie jest czynnością semantyczno-operacyjną. Semantyczną, gdyż prowadzi do odtworzenia znaczenia spostrzeganych bodźców, operacyjną zaś dlatego, że następuje w wyniku operacji motorycznych oraz umysłowych.

Literatura

- P.H. Lindsay, D.A. Norman, Procesy przetwarzania informacji u człowieka, PWN, Warszawa 1991.
- M. Ostrowski, Informacja obrazowa, WNT, Warszawa 1992.
- T. Maruszewski, Psychologia poznawcza, PTS, Warszawa, 1996.