

2020-2021学年秋季学期

数据科学导论

*The Introduction of Data
Science*

授课团队：沙瀛 周川

助 教：梁棋

中国科学院大学网络空间安全学院专业普及课

数据科学导论

The Introduction of Data Science

[第6章] 数据可视化

授课教师：沙瀛

授课时间：2020年10月23日

概要

- 简介
- 视觉感知与认知
- 数据可视化

第二节 视觉感知与认知

大纲

视觉感知

认知

可视化致力于外部认知，也就是说，怎样利用大脑以外的资源来增强大脑本身的认知能力。

“Visualization is really about external cognition, that is, how resources outside the mind can be used to boost the cognitive capabilities of the mind.”

Stuart Card



什么是感知和认知？

感知：

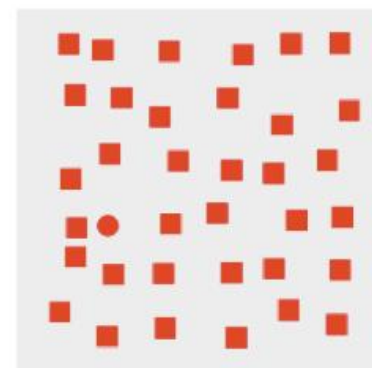
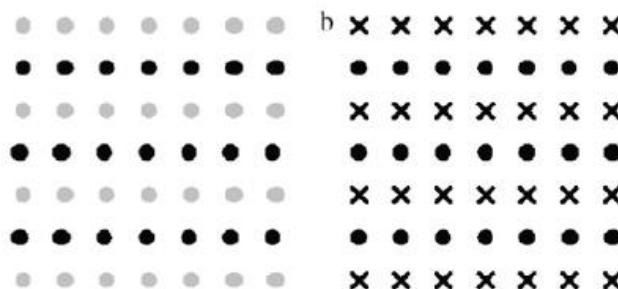
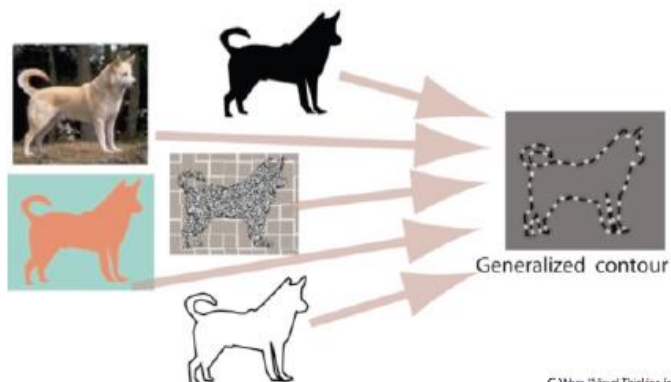
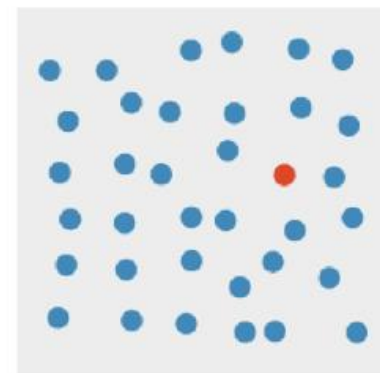
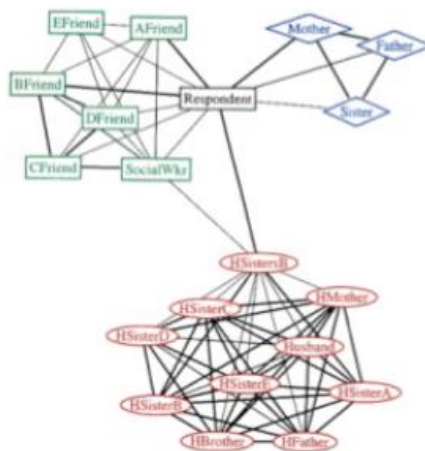
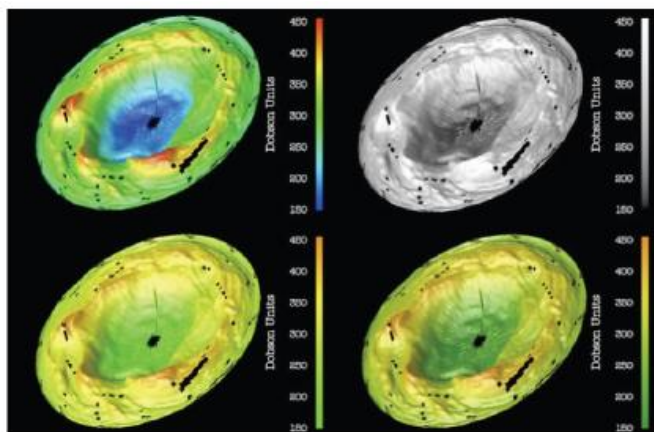
关于输入信号的本质；
看见的东西

认知：

关于怎样理解和解释看
到的东西



什么是视觉感知？



视觉感知

感知

是指客观事物通过人的感觉器官在人脑中形成的直接反映

感觉器官

眼、耳、鼻、神经末梢

那么，视觉感知

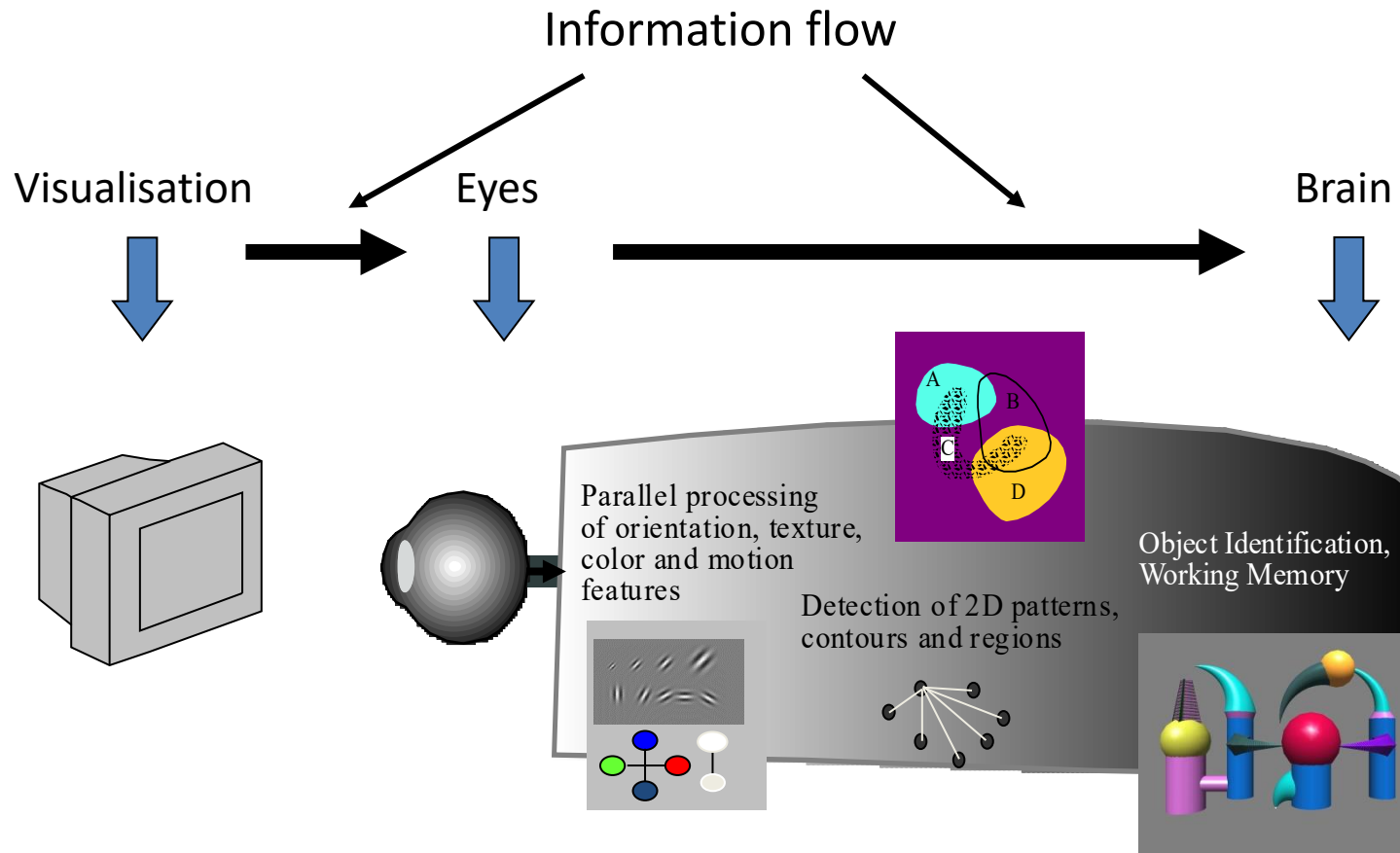
就是客观事物通过人的视觉在人脑中形成的直接反映

认知

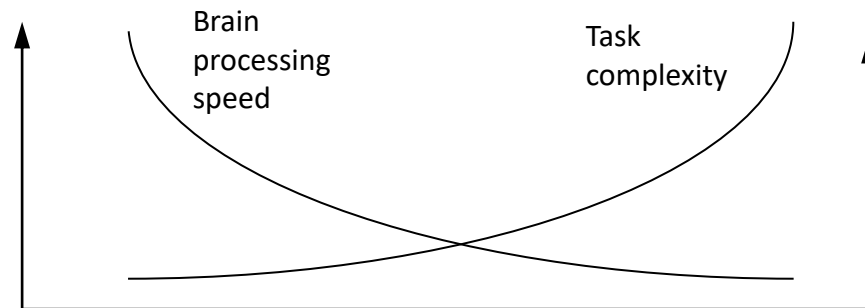
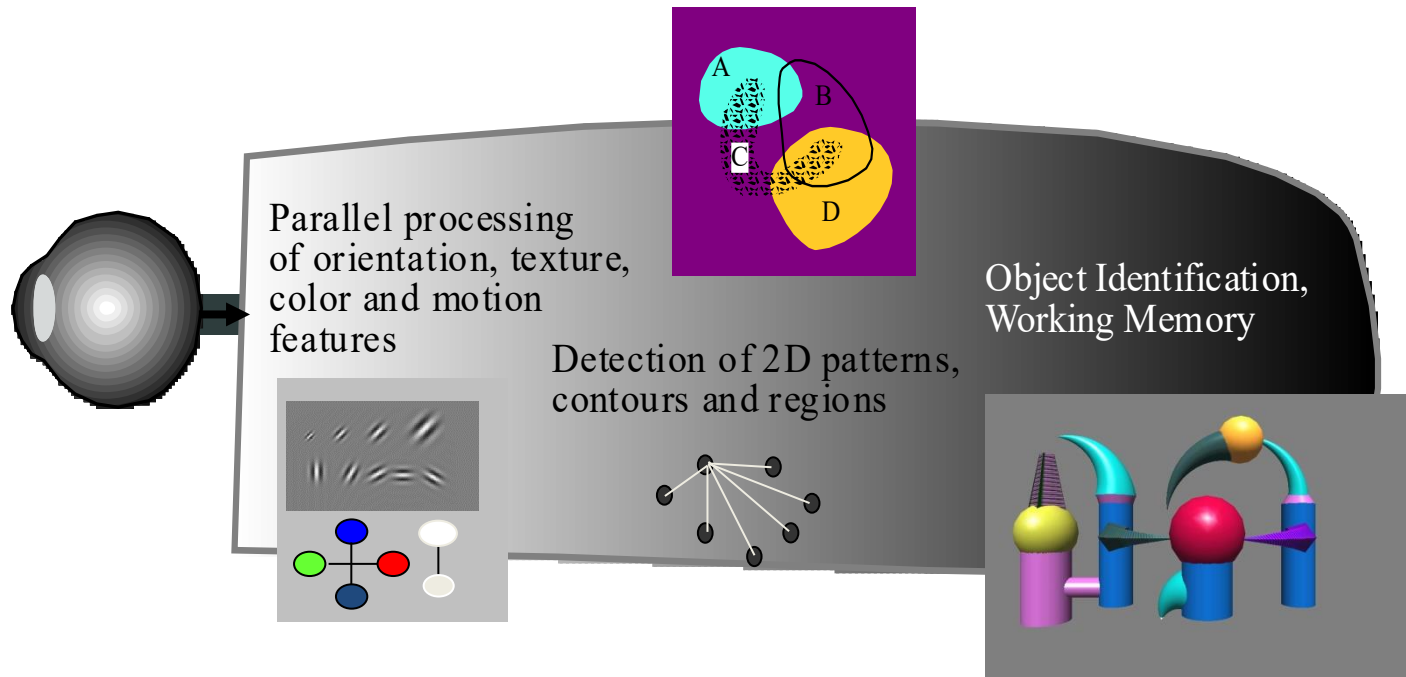
认知心理学将 **认知过程** 看成由信息的获取、分析、归纳、解码、储存、概念形成、提取和使用等一系列阶段组成的按一定程序进行的信息加工系统

科学领域中，认知是包含注意力、记忆、产生和理解语言、解决问题，以及进行决策的 **心理过程** 的组合。

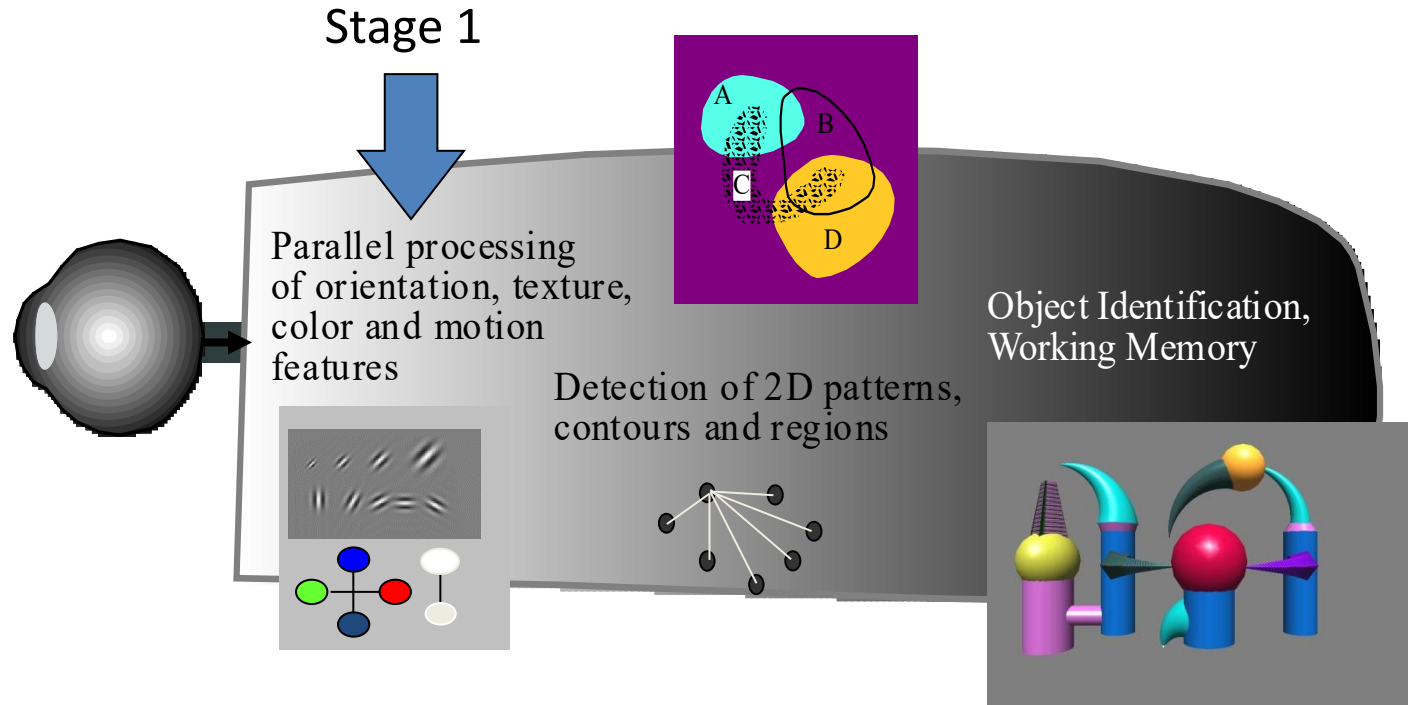
Visual Perception System



Visual Perception System

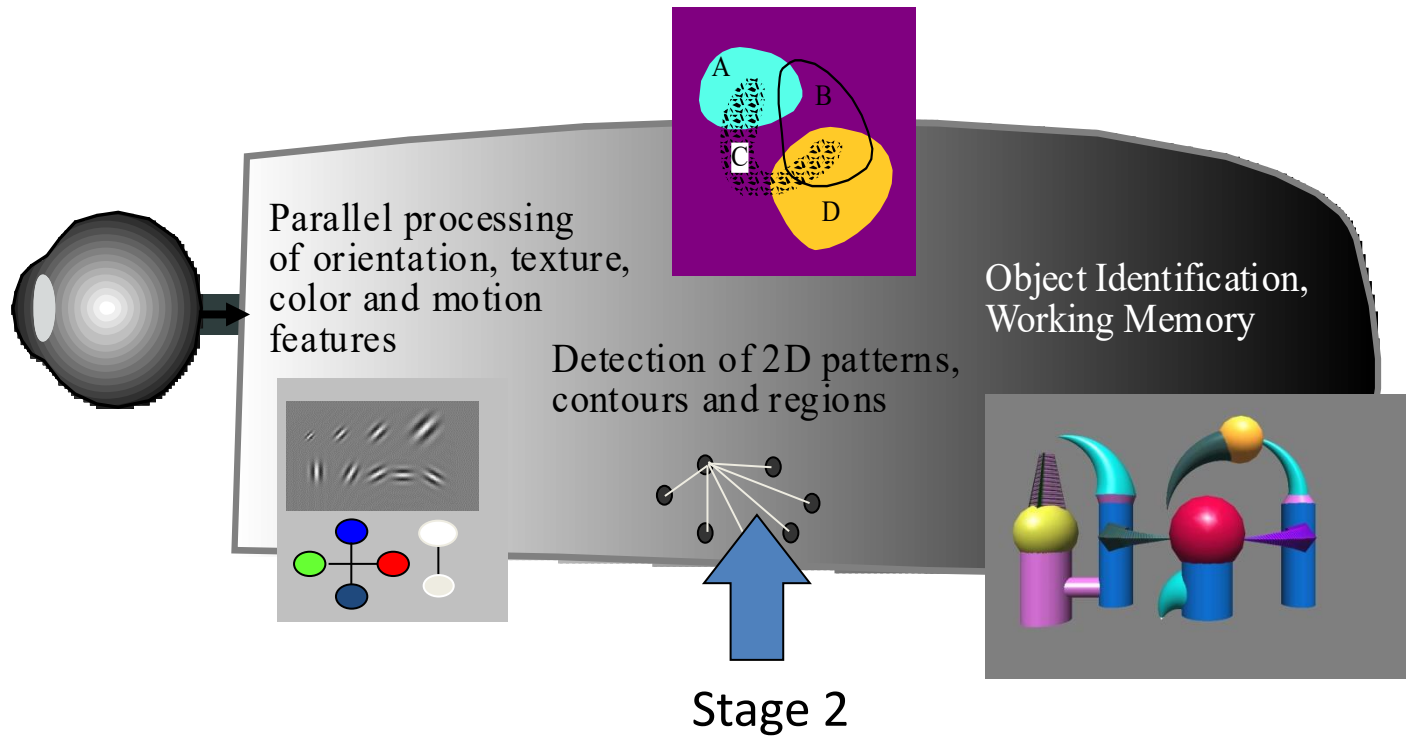


Visual Perception System



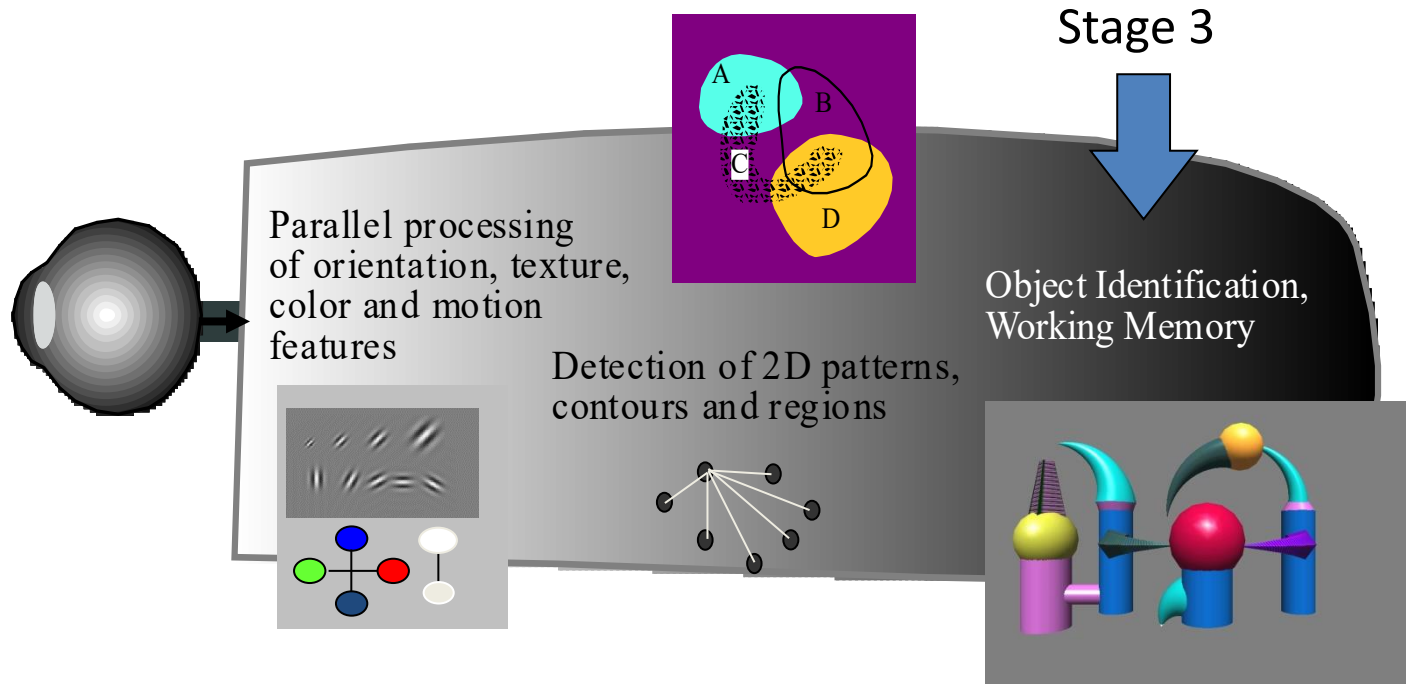
- 快速并行处理：数十亿神经元；
- 提取方向、纹理、颜色、运动特征

Visual Perception System



- 处理速度比第一阶段慢;
- 检测出2D模式、轮廓、等高线、区域等.

Visual Perception System



- 缓慢的串行加工
- 包括：工作记忆和长期记忆
- 目标识别和手眼协调.

视觉感知

工作记忆的限制

- **7±2** 法则
- **3-4**个可视对象
- 五律五绝、七律七绝容易成诵，而混入了长句的韵文与现代诗歌就相对难于记忆

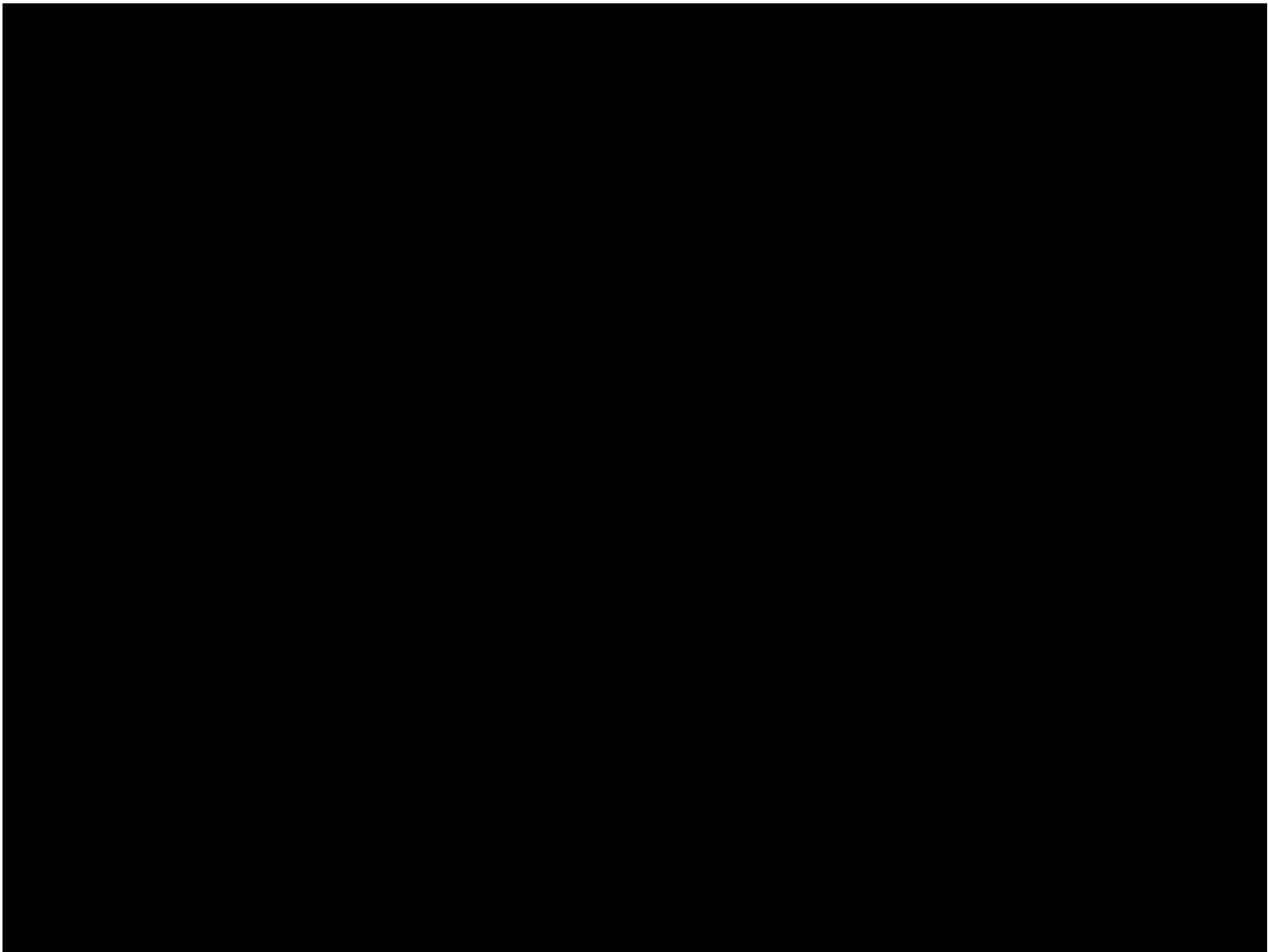
模式

- J FKFB INAT OUP SNA SAI RS
- JFK FBI NATO UPS NASA IRS
- 同样的字符串，下方的更容易记忆。这是对象划分不同的缘故，上方字符串没有出现特殊的模式，因而我们需要记忆**20个object**（字母），而下方字符串由于出现了我们熟悉的模式，因而我们只需要记忆**6个object**。

结论

记忆在人类认知过程中起着至关重要的因素，但工作记忆容量十分有限。

可视化可以作为帮助增强工作记忆的工具



变化盲视

- 当我们同时经历着多样事物发生时，仅仅关注其中一样而忽视其他样事物的发生，而且不知道它们的发生，称这种现象为变化盲视。
- 它体现了人的视觉信息处理和认知的局限性。

结论

观察物体的变化需要集中注意力

在可视化中突出变化，以减轻认知负担

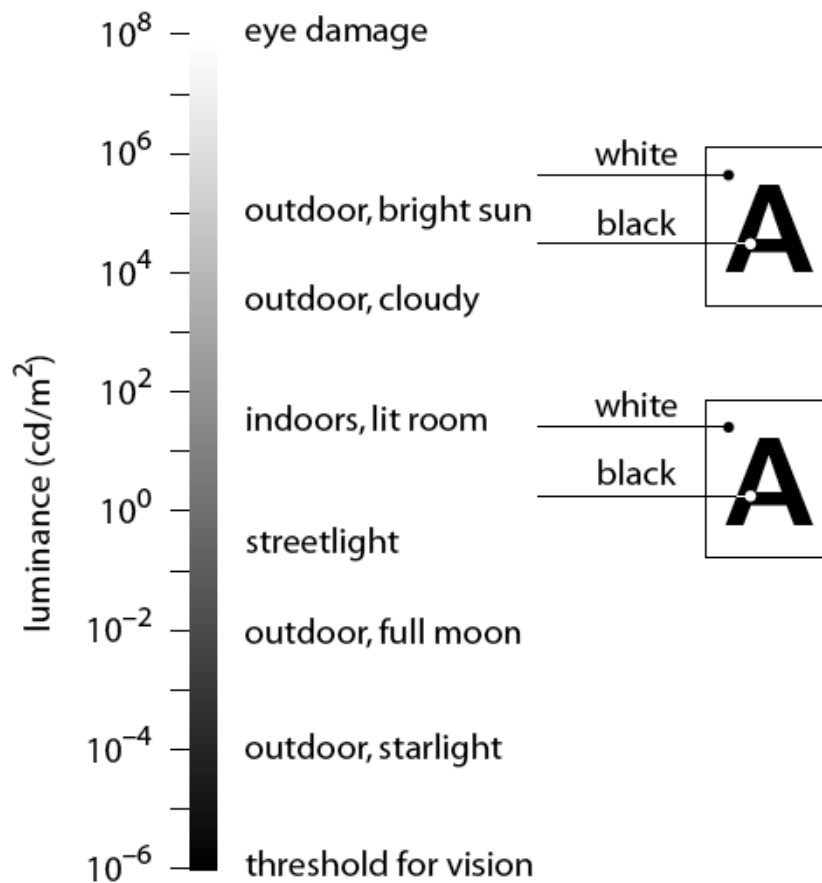
亮度保持



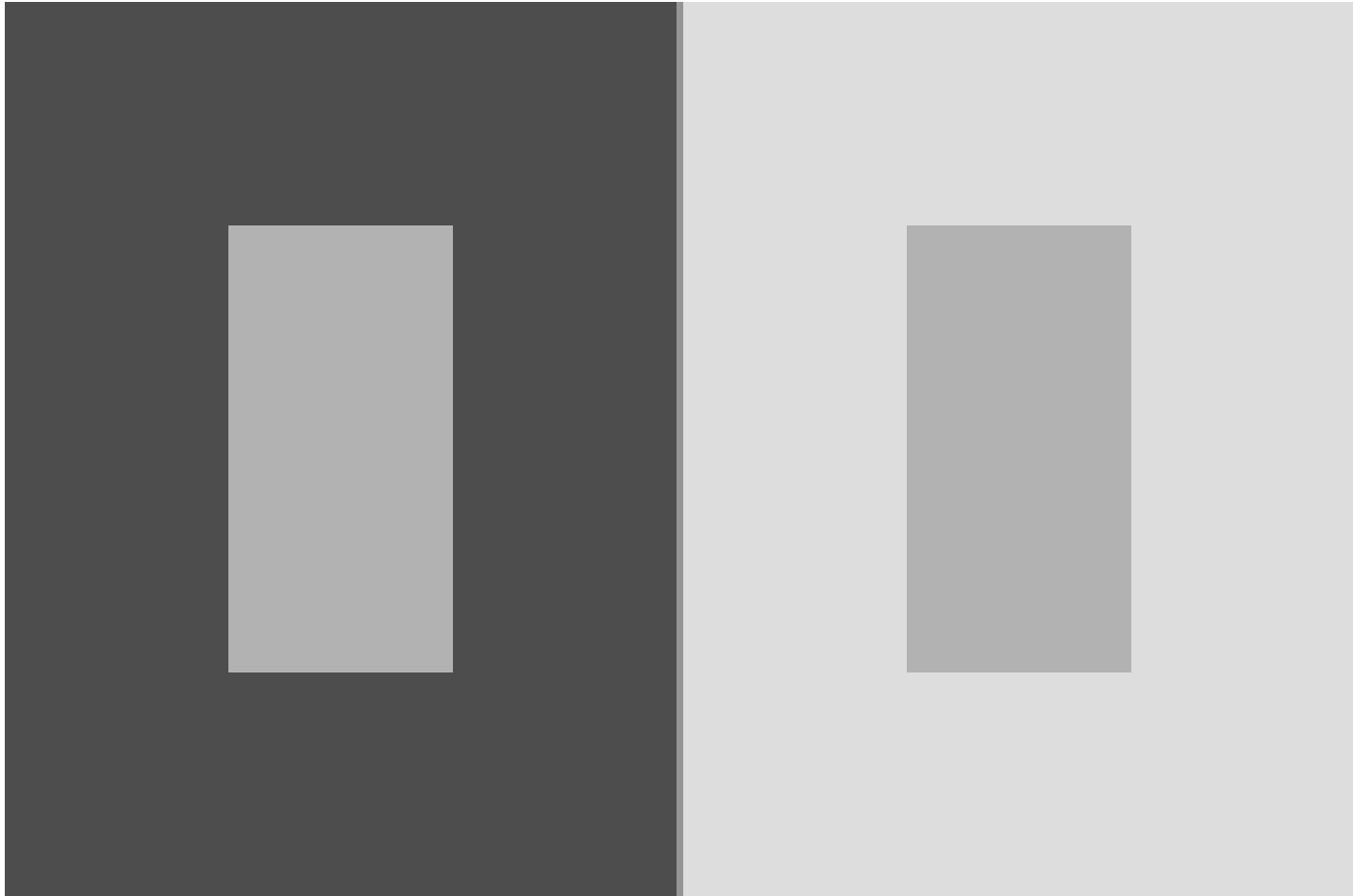
亮度保持

光的强度变化可以达6个数量级

但是我们的视觉系统是通过
对相对差异的反应来处理这个问题



对比



结论

人类视觉系统观察的是变化，而不是绝对值，并且容易被边界吸引。

在不同物体间使用高对比度使得物体更容易区分。

有多少个 “v” ?

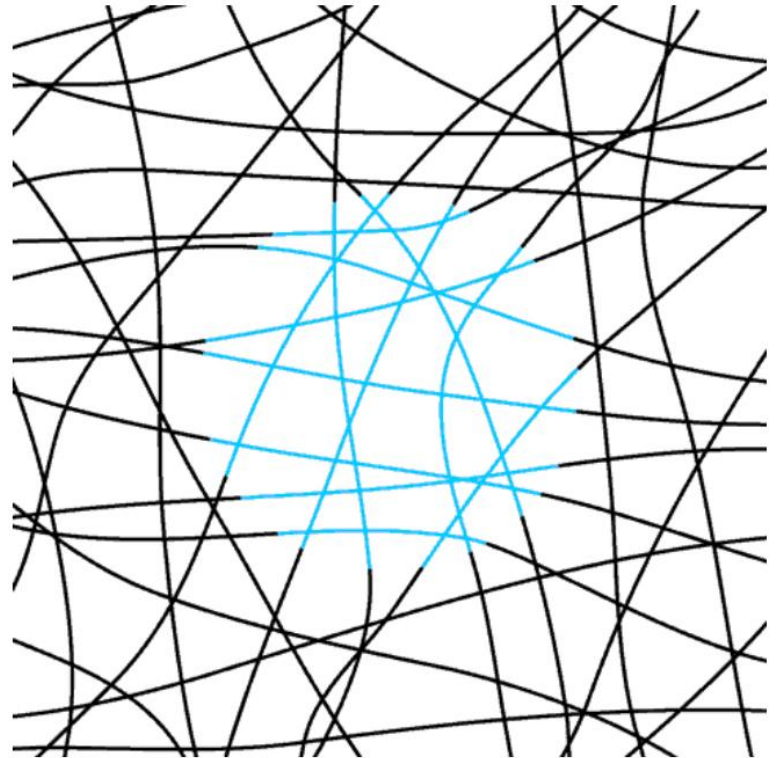
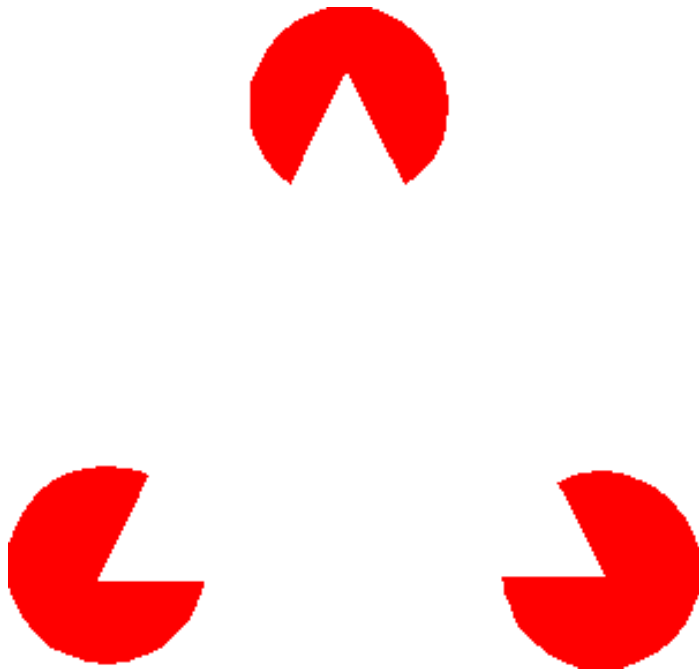
MTHIVLWYADCEQGCHKILKMTWYN
ARDCAIREQGHLVKMFPSSTWYARN
GFPSVCEILQGKMFPSNDRCEQDIFP
SGHLMFHKMVPSTWYACEQTWRN

有多少个 “V” ?

MTHI**V**LWYADCEQGHKILKMTWYN
ARDCAIREQGHL**V**KMFPSTWYARN
GFPS**V**CEILQGKMFPNSNDRCEQDIFP
SGHLMFHKM**V**PSTWYACEQTWRN

眼见不为实

What do you see?



What do you see?



What do you see?



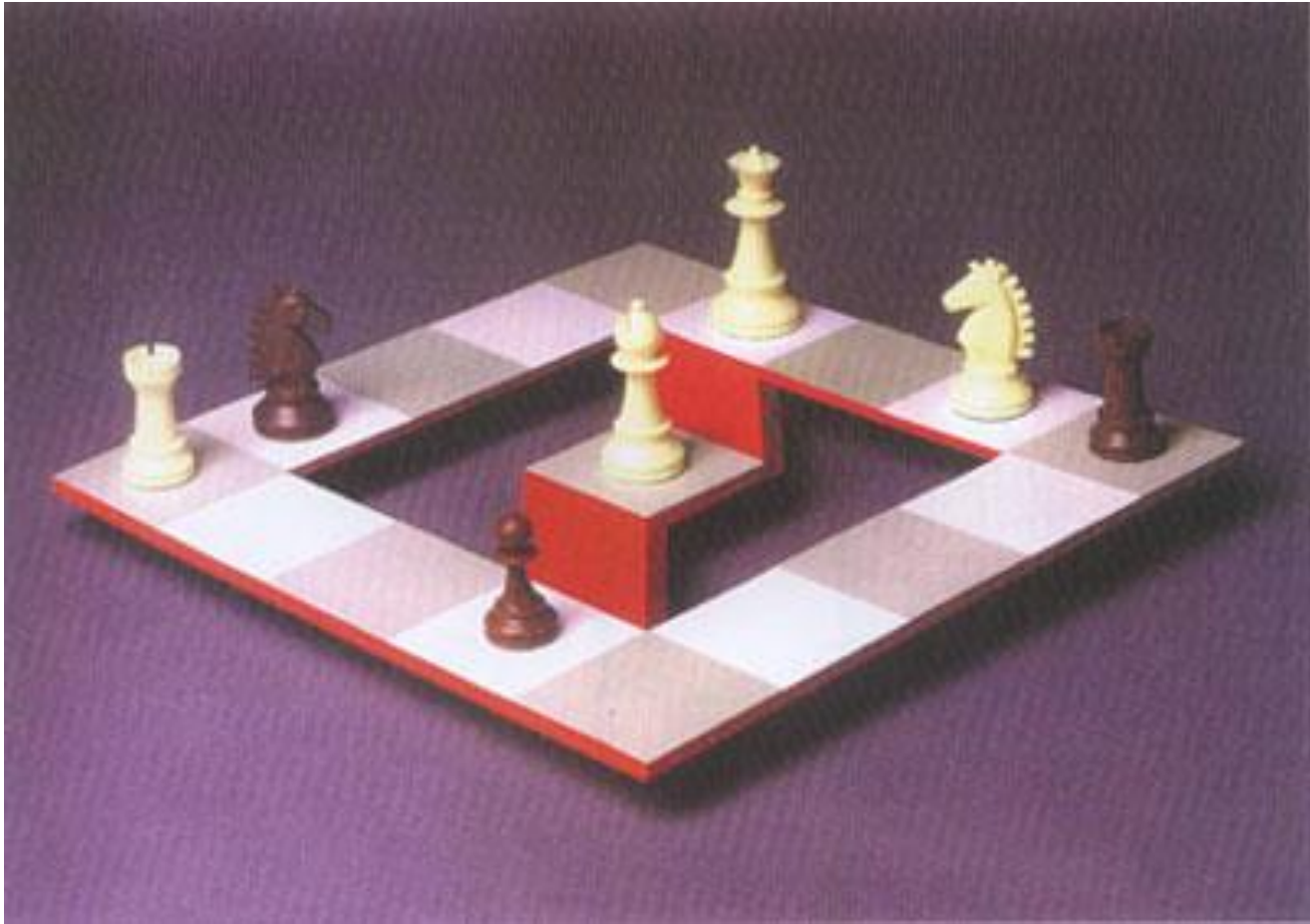
Scale Matters



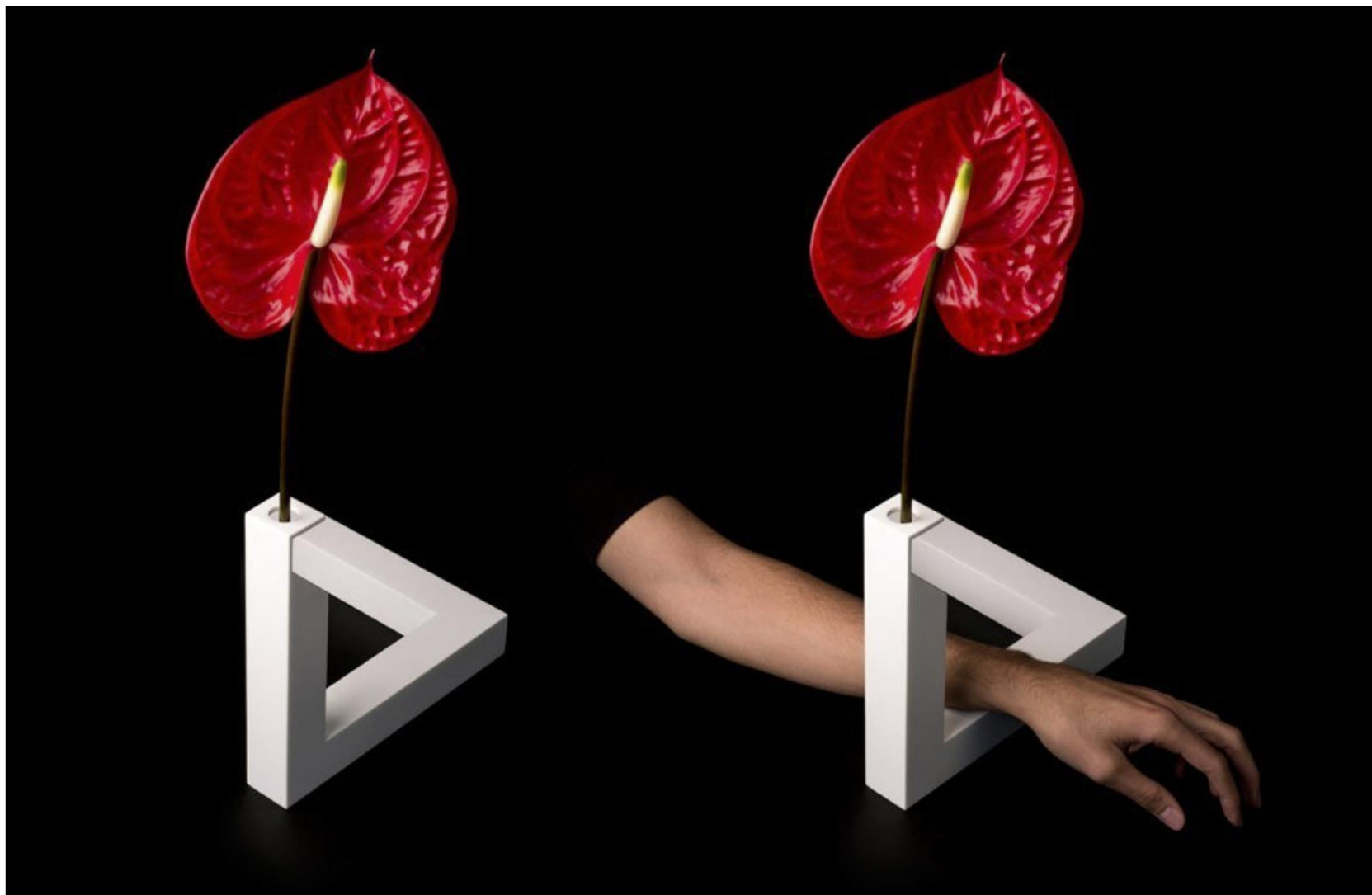
“不可能的盒子”

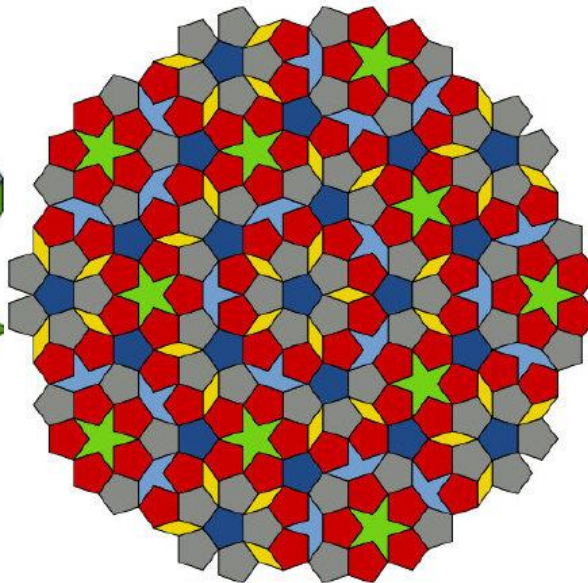
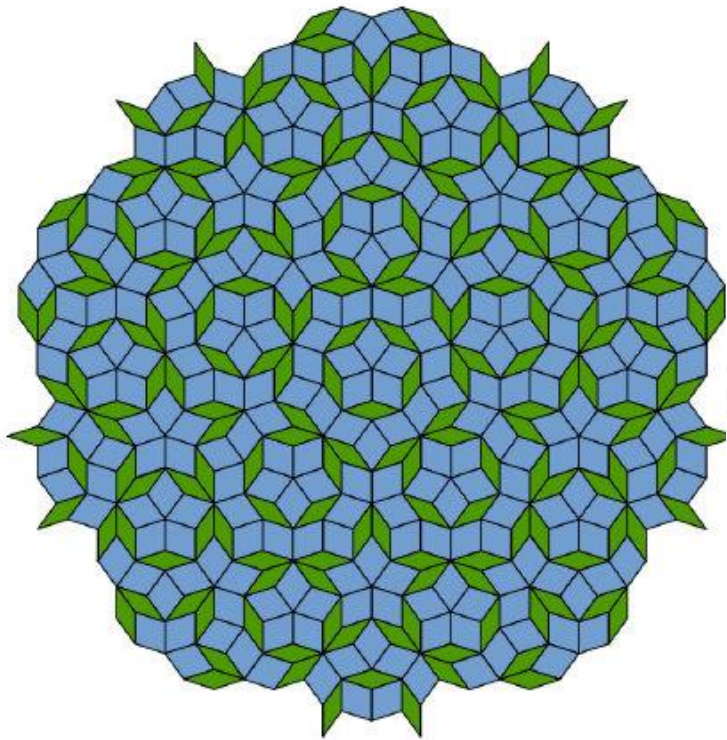
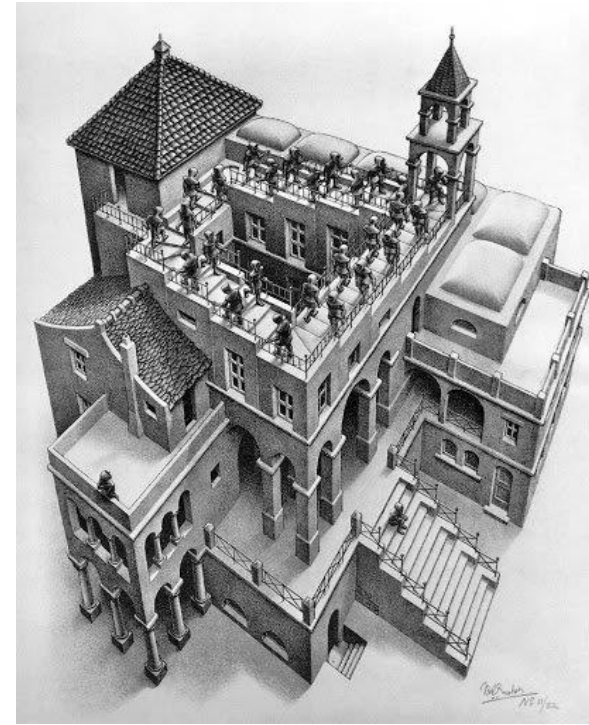
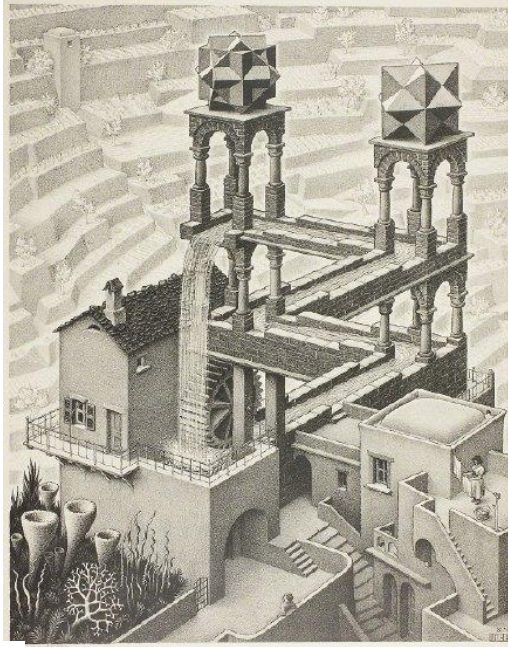
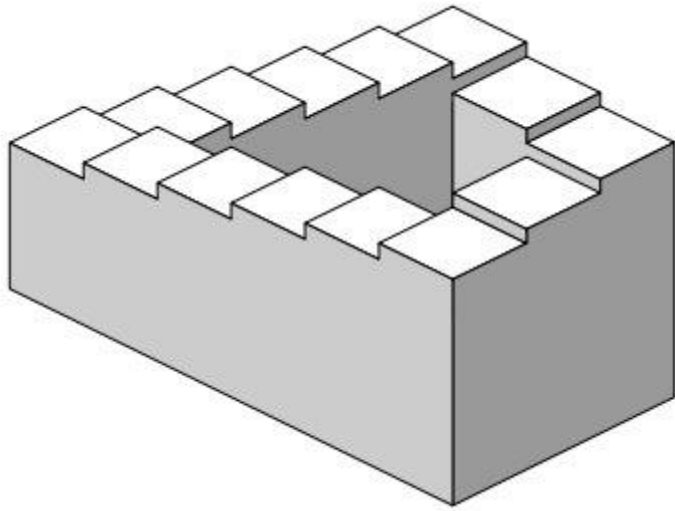


不可能的棋子

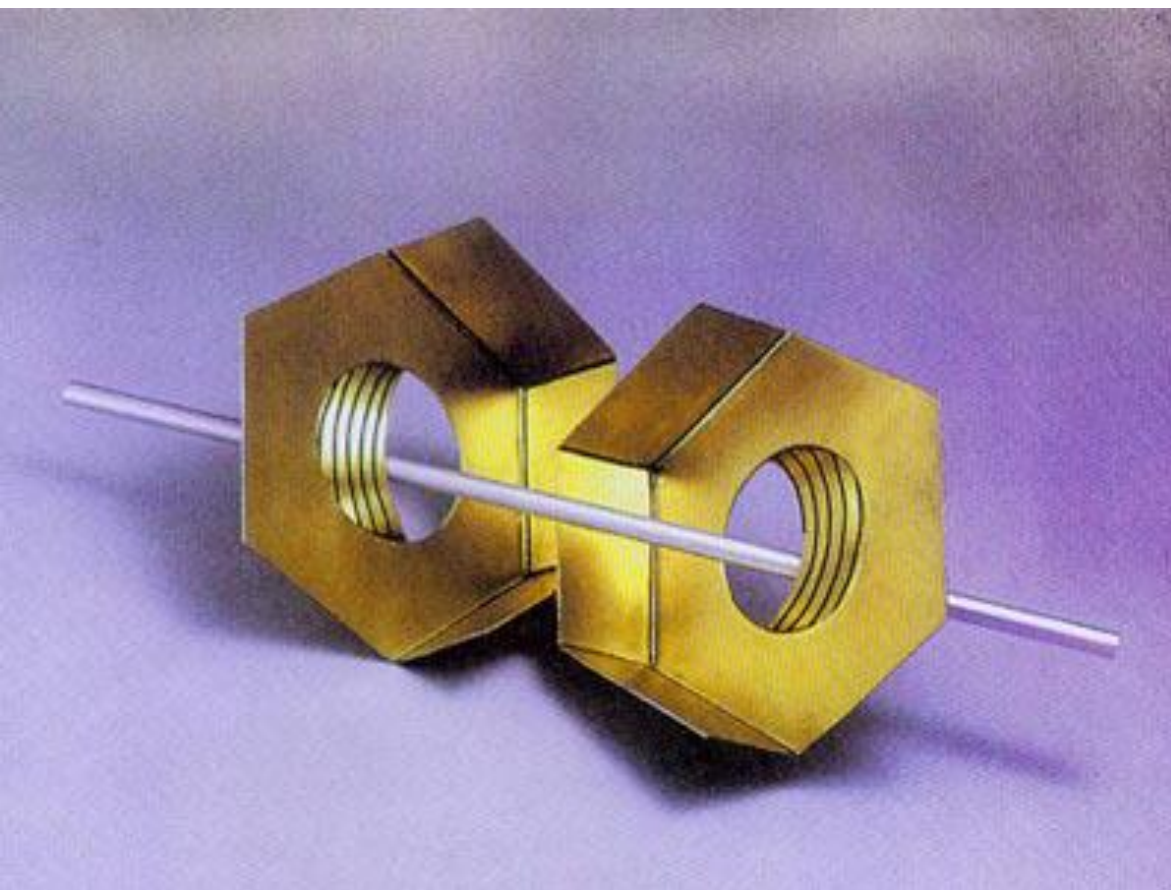


彭罗斯-不可能的90度三角



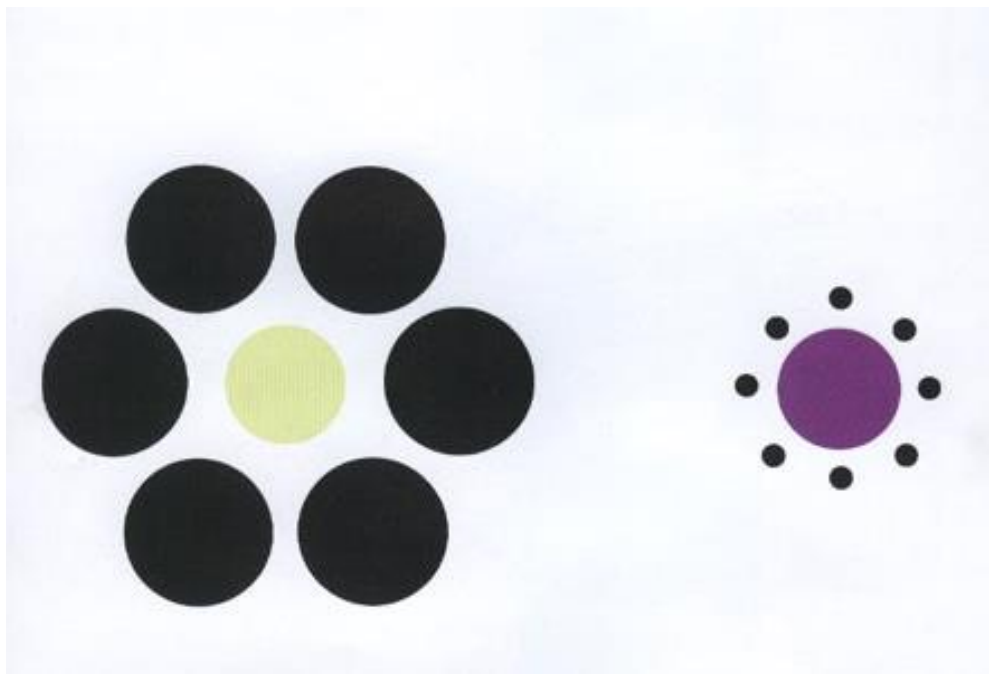


疯狂的螺母

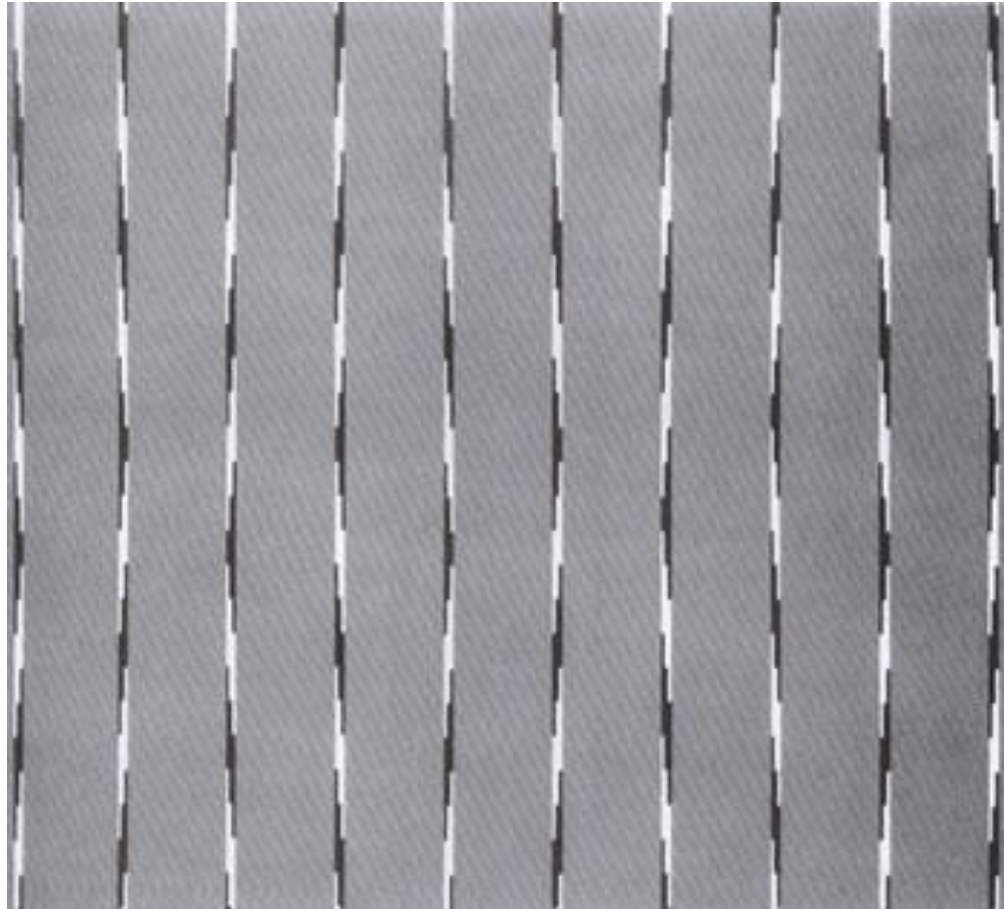


幻视

黄色和紫色的圆是否一样大？



幻视



看到平行线了吗？



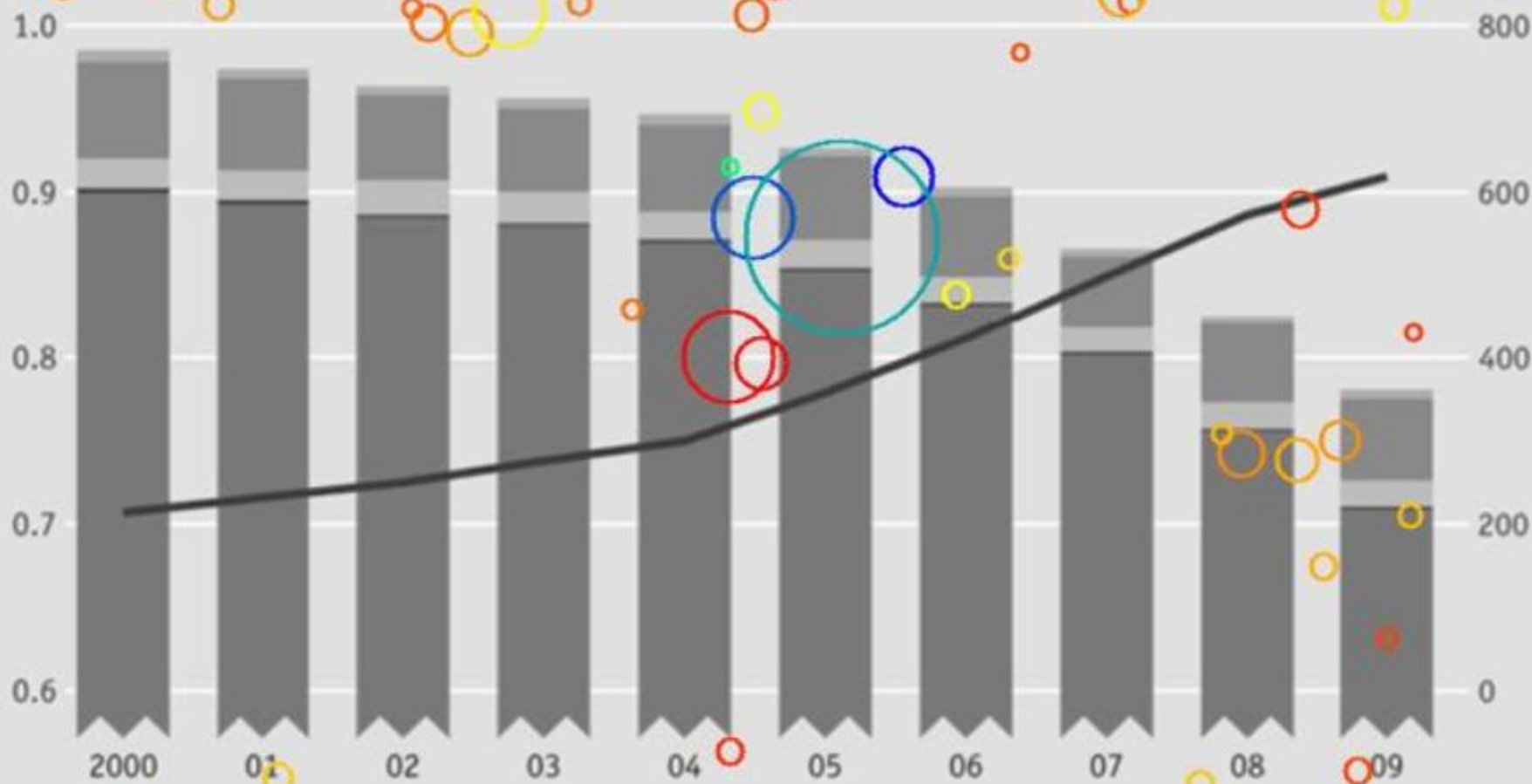
Global malaria deaths and R&D funding

Global malaria deaths*, m

Africa Americas Eastern Mediterranean South-East Asia Western Pacific

R&D funding

\$m (2007 dollars)

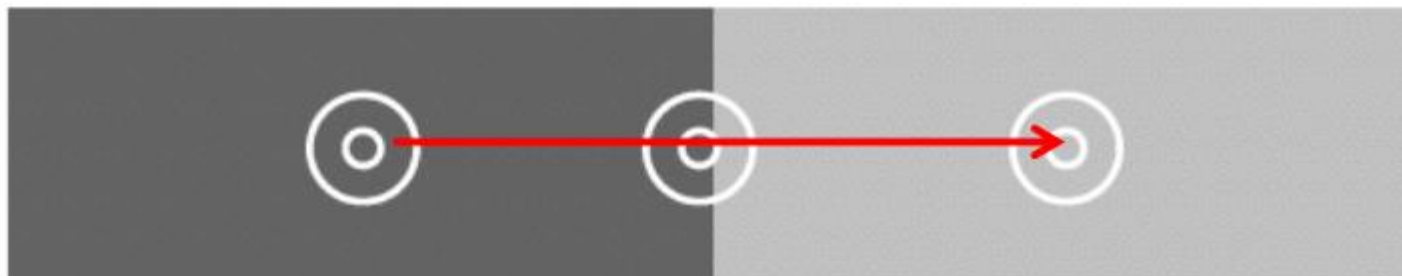


图中每一个圈代表着一次聚焦。圈的大小表示人眼聚焦在上面的时间长短。颜色代表先后顺序（暖色调在前，冷色调在后）。

结论1：根据眼动实验的结果

- 对于可视化结果，人们更倾向于优先阅读标题、文本、标签。
- 尽可能将标题置于左上角，并使文字说明尽可能接近对应的可视化结果

我们更多感知变化



根据上张PPT的结论，我们认为我们的人眼感知的更多的是变化量。

亦即我们的人眼更多的是一个边缘检测算子。

边缘
检测
算子

luminance L

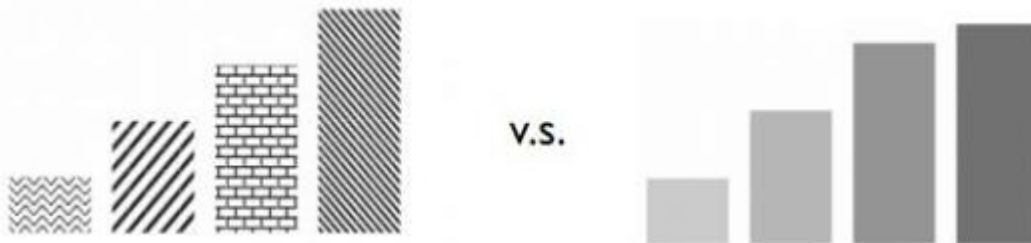
当我们的人眼在上面那张图自左而右扫过的时候，我们的人眼得到的信号会类似于一个脉冲。

$\frac{dL}{dx}$



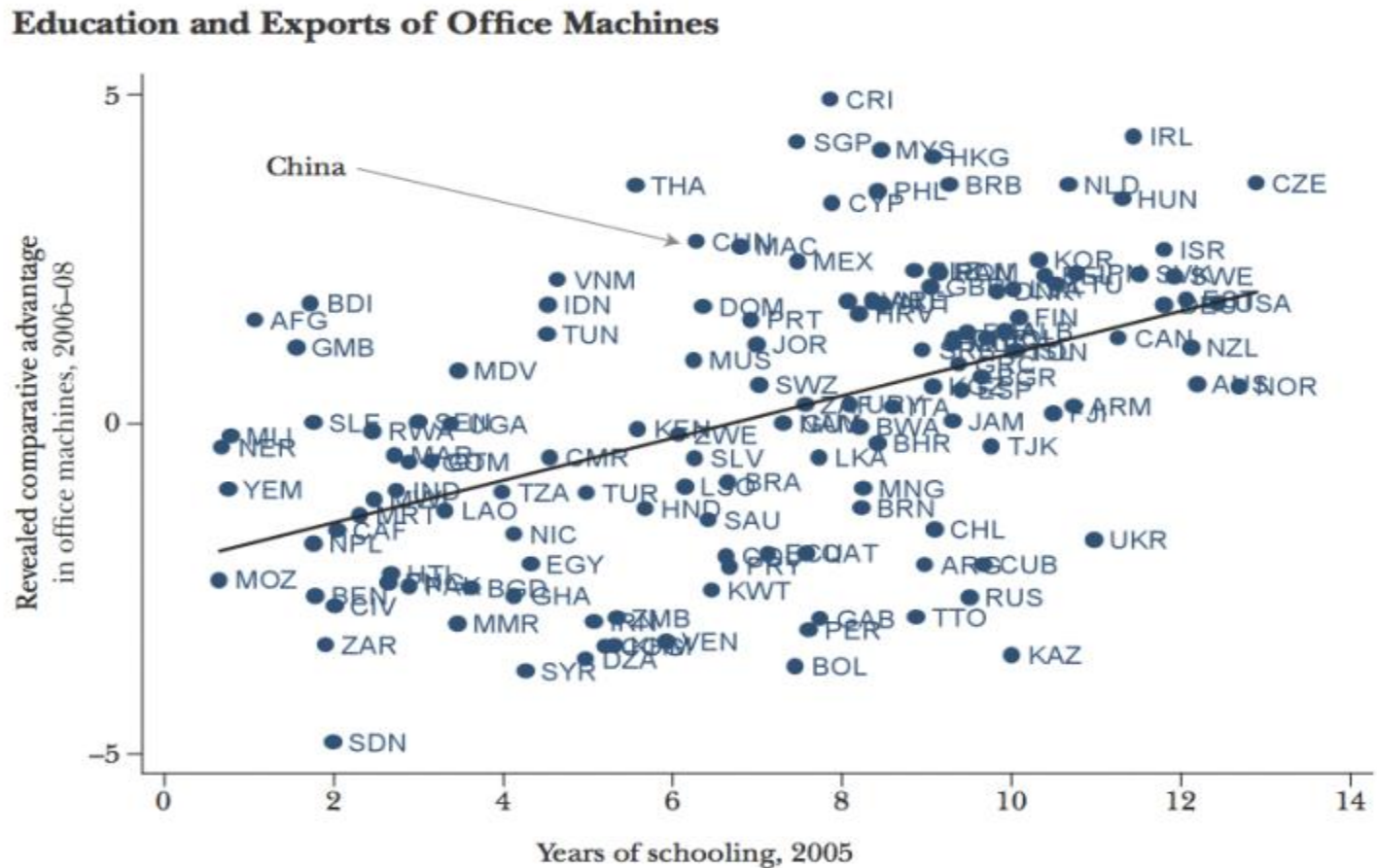
结论2

- 我们的视觉系统对差异而非绝对值更加敏感，更容易被差异较大的边缘吸引。
- 尽可能地扩大视觉要素间的差异以使它们更加清晰。尽量少使用杂乱的纹理，它很容易将读者的注意力转移到纹理（所产生的大量边缘）上而忽略了视觉要素本身。



对比效果

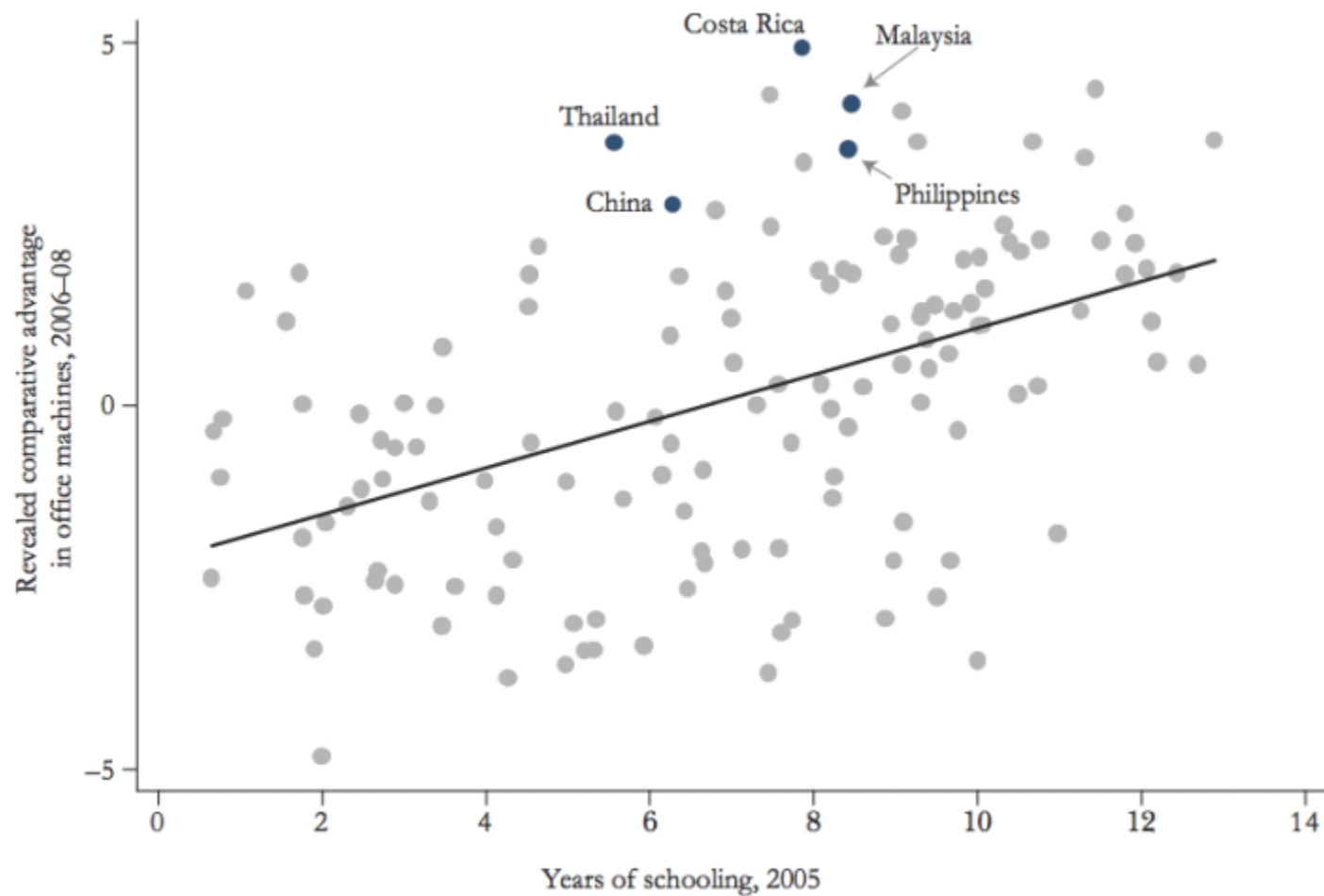
- 使用“亮度”产生对比优先于使用“色彩”



一个没有对比度、效果不好的实例

对比效果

Education and Exports of Office Machines



图样的实例，突出重点

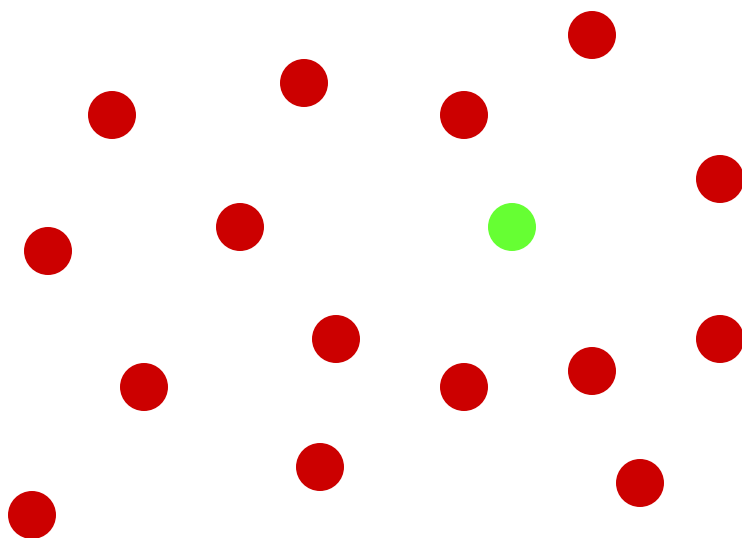
结论 3

- 让用户的视线聚焦在可视化结果中最重要的部分。
- 提供给用户有层次的可视化结果，帮助用户找到正确的阅读可视化结果的方法

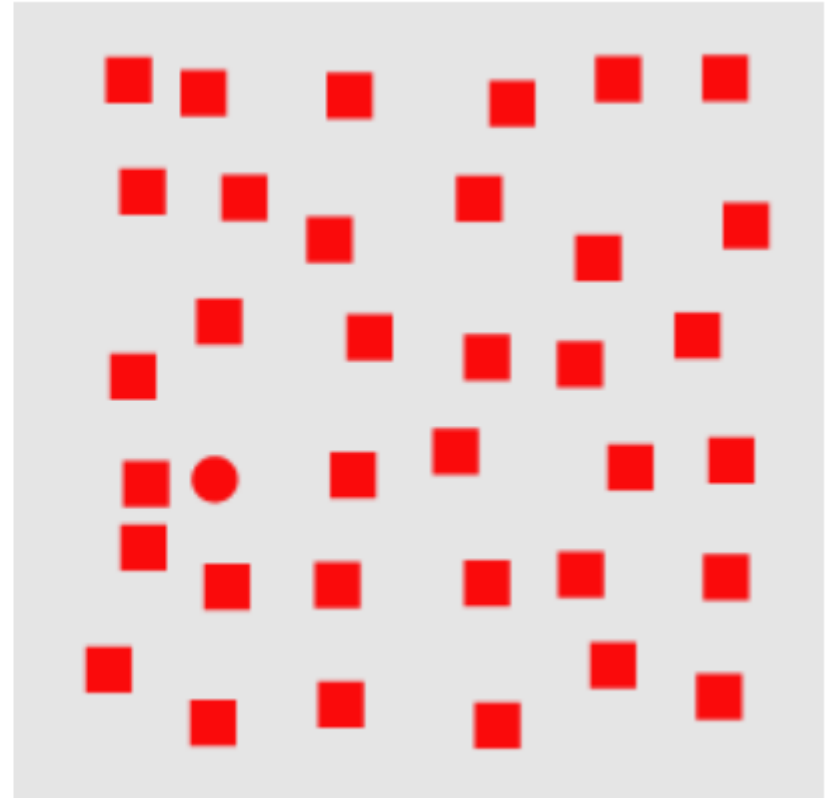
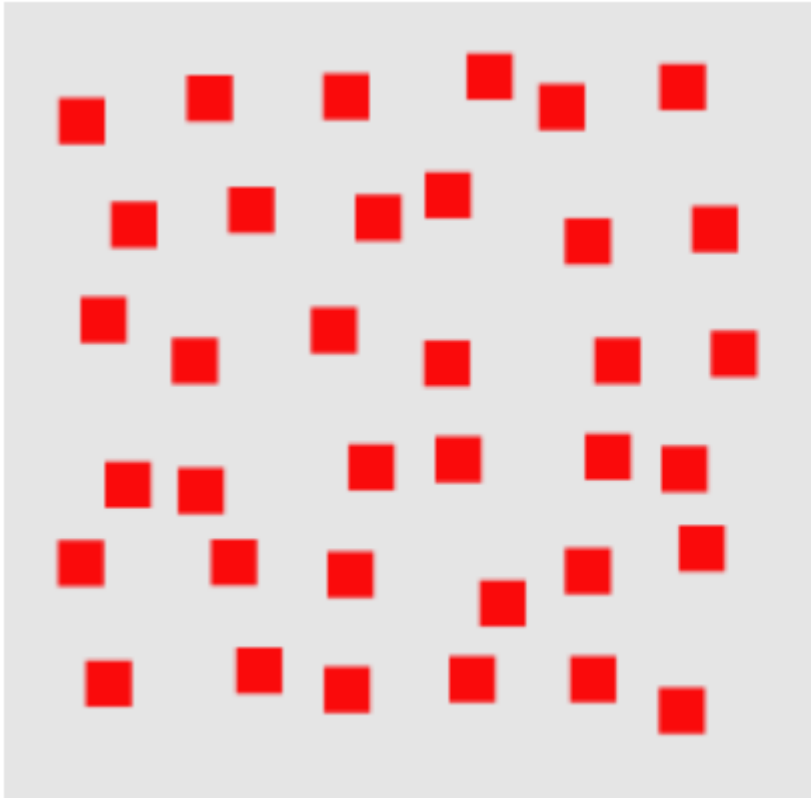
Visual Attention and Pre-Attentive Patterns（前注意模式）

- 在感知系统的第1阶段，整个视野是并行处理的，处理速度非常快
- 在这个阶段能够被捕获的信息可以很容易地区分出来
- 在设计可视化的时候可以考虑前注意模式（弹出效应）
- 下面看一些例子

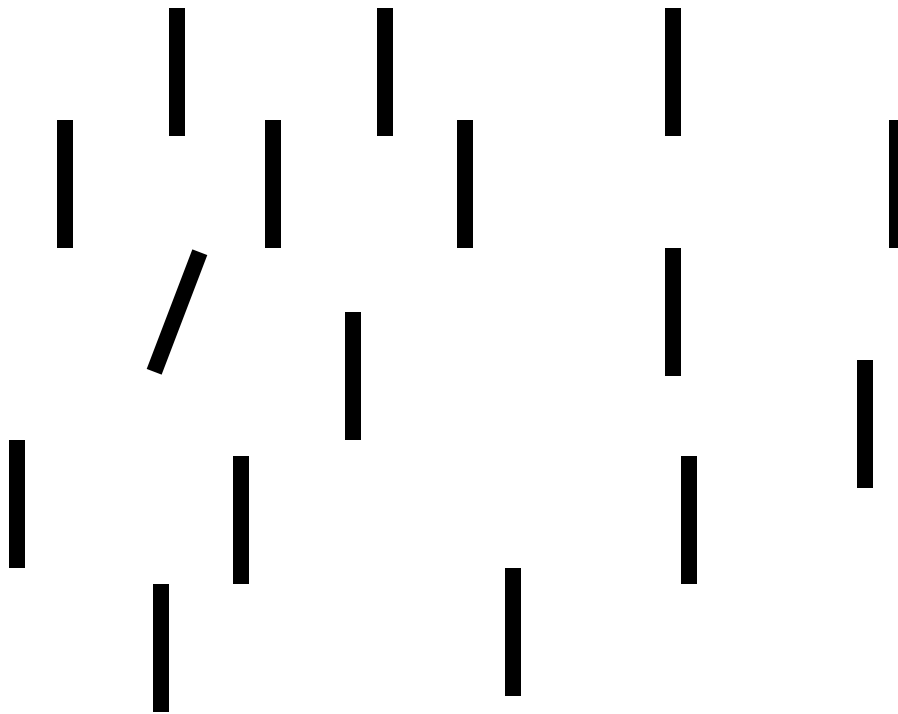
Color



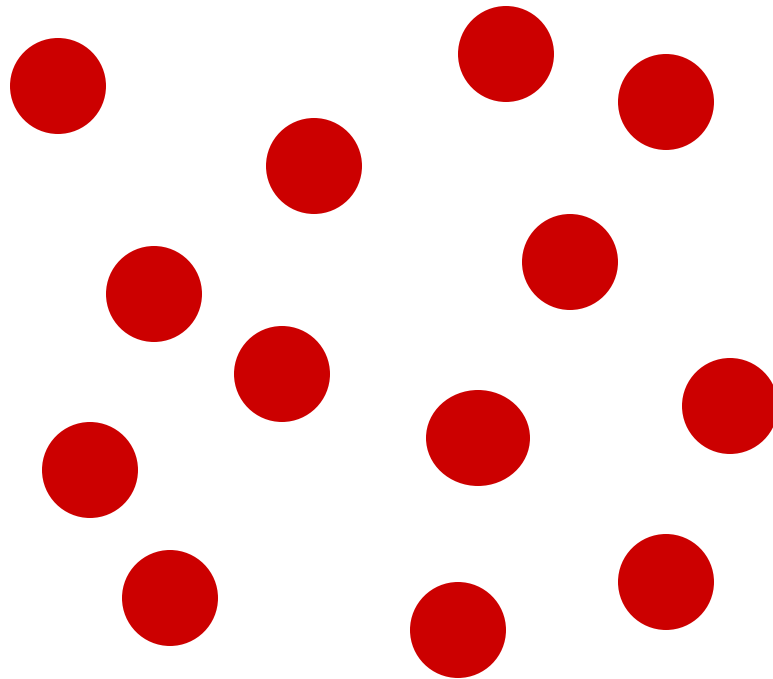
shape



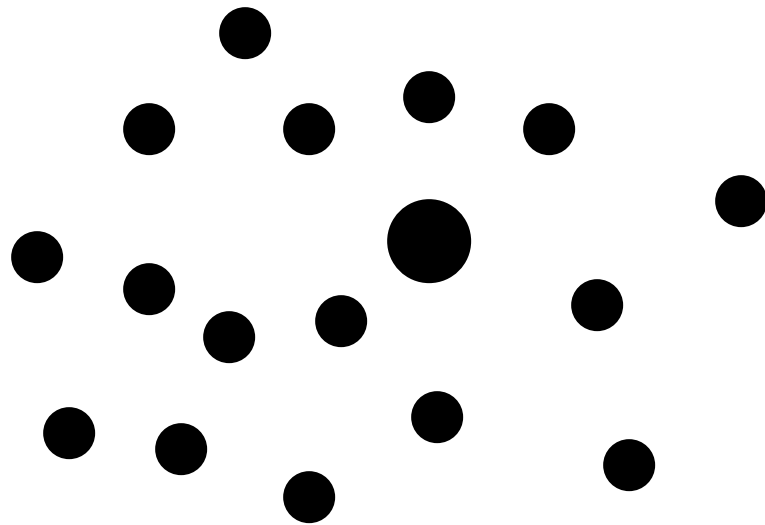
Orientation



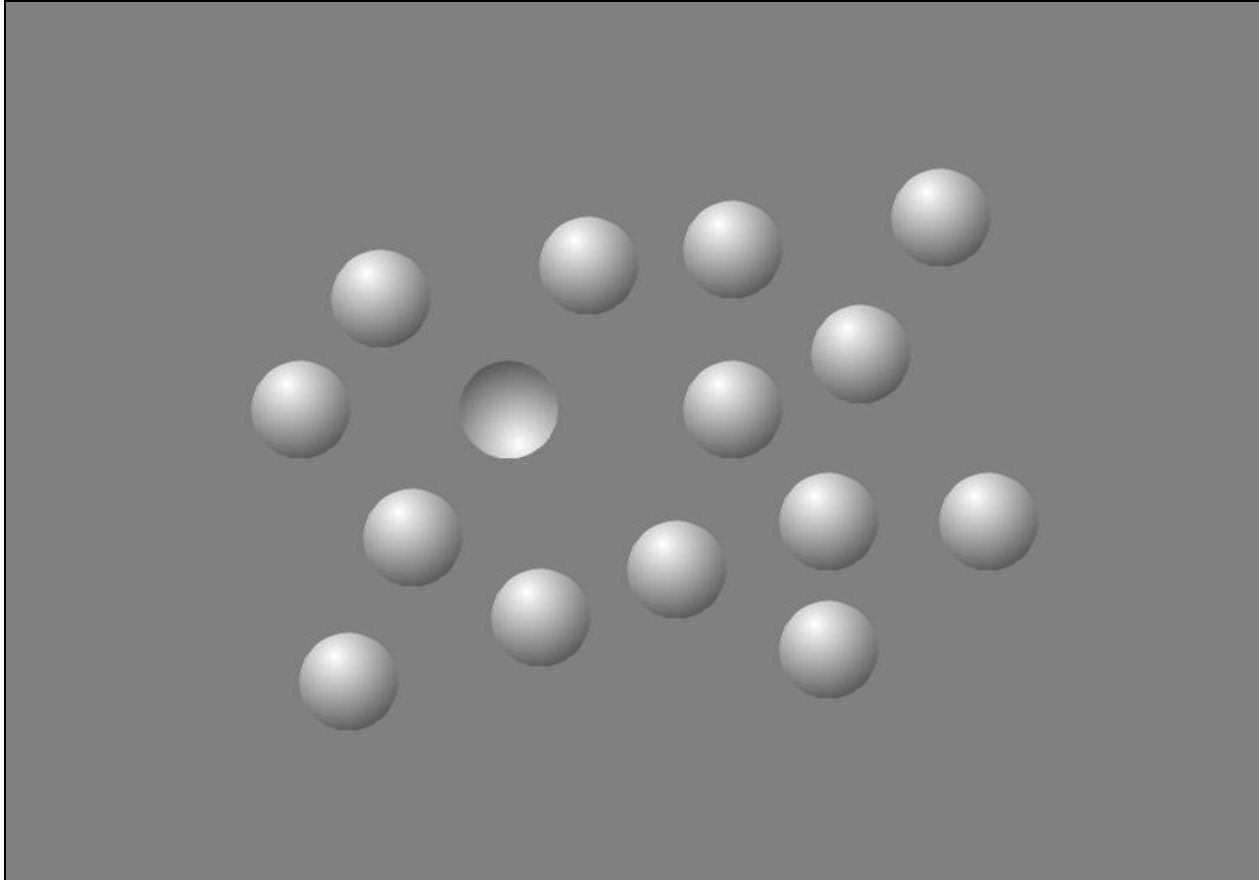
Motion



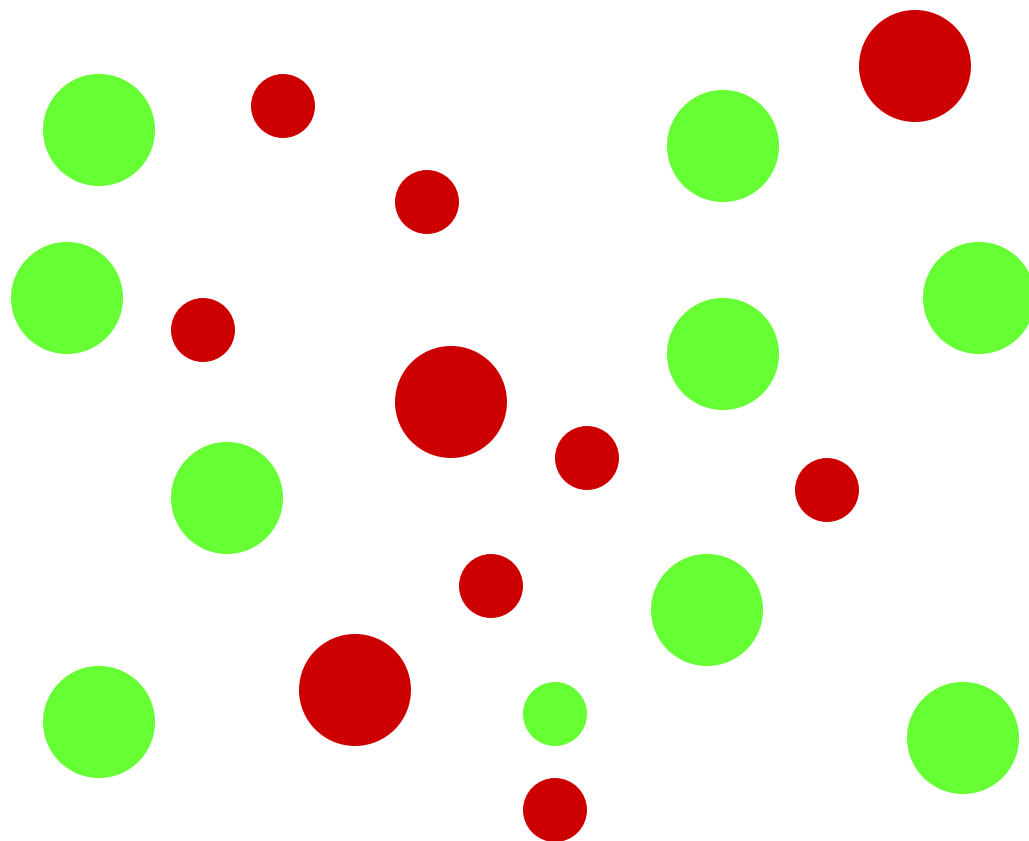
Size



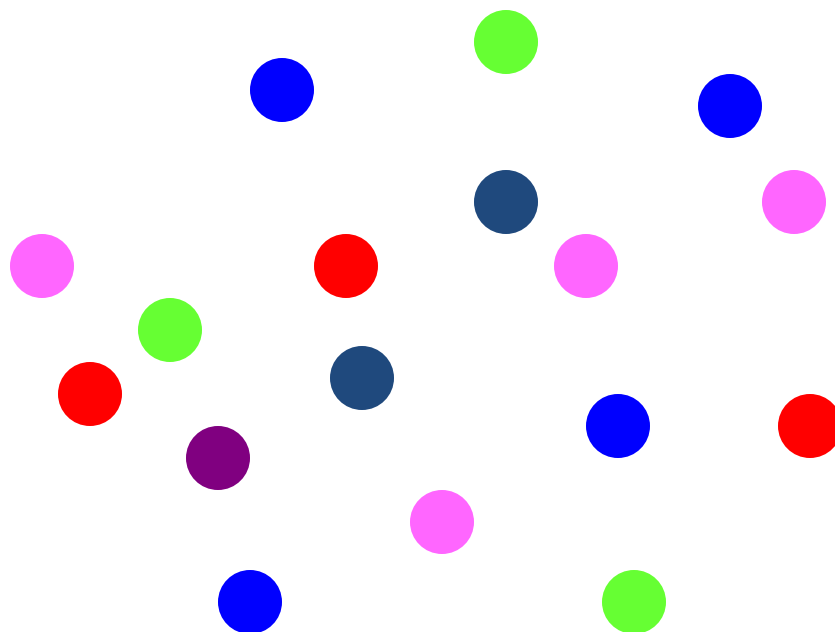
Simple shading



Conjunction (does not pop out)



Surrounded colors do not pop out



前注意显示规则

- 在单一维度上突出
 - color,
 - simple shape = orientation, size
 - motion,
 - depth
- 多维度的前注意的组合效果往往不佳

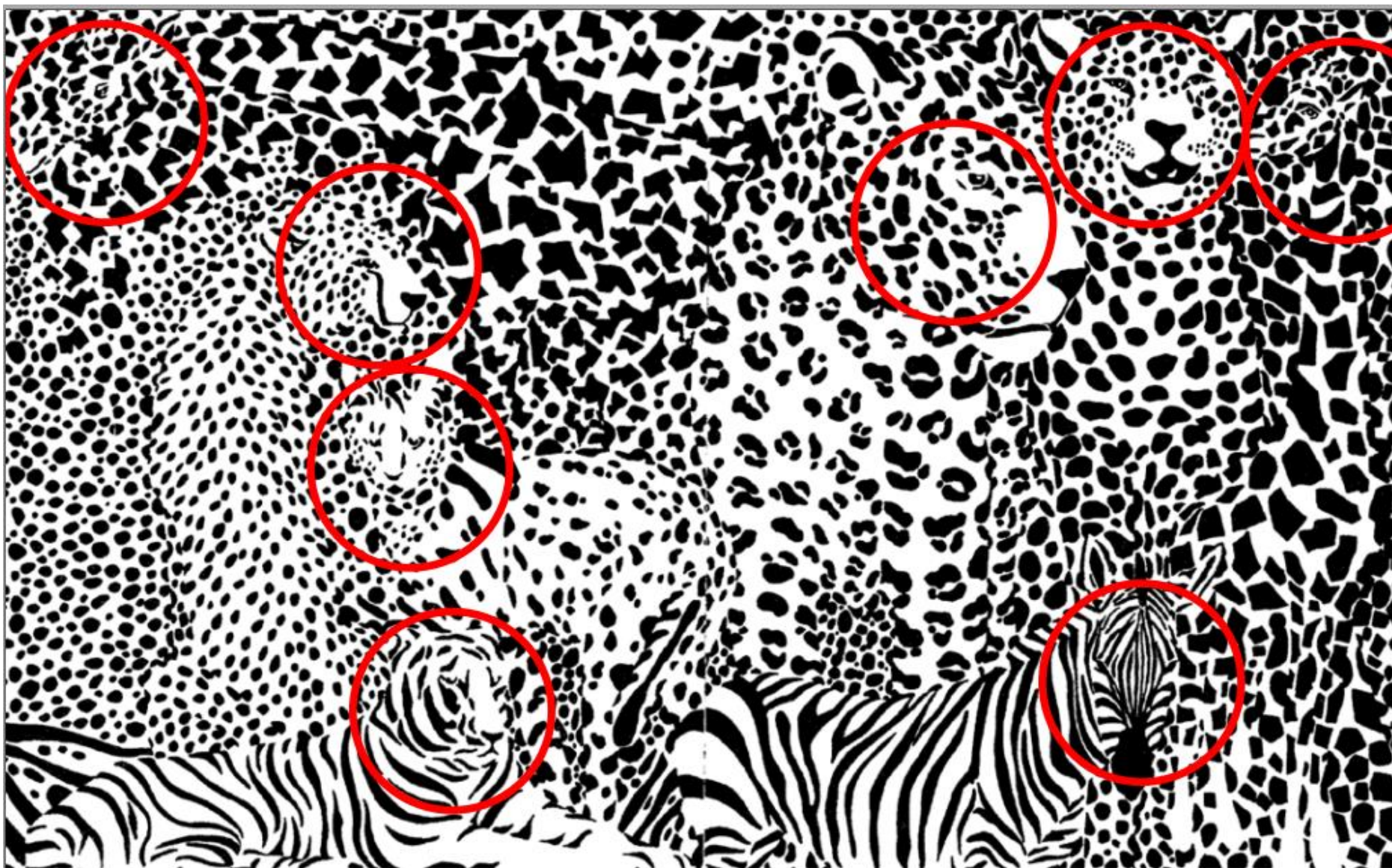
结论 4

- 色彩和运动有差异的个体很容易引起注意。
- 节制使用这些特性以达到更好的效果。

认知

“看到的比实际存在的要多”

图中找动物：认知依赖于观察者的先验知识



Ranger Rick:, ca. 1980s
Courtesy of Terry Yoo / Ross Whitacker

在认知世界的过程中，我们总是依赖于先验的知识做出判断



一组惊悚的照片——即便在仔细思考后我们能够一眼拆穿



结论1

视觉由输入构建而来

“What you see when you see a thing depends on what the thing is. What you see the thing as depends on what you know about what you are seeing.”

Polyshyn

“当人们观察事物时，人们所看到的依赖于事物本身是什么。将事物看做什么，取决于人们对看到的事物了解多少。”

图像要点(gist)

- 我们对于整个富于视觉特征的世界有着相当程度的经验（先验知识）。
- 然而如果仅仅是惊鸿一瞥，我们第一时间内得到的信息是一些缩略后的要点，而缺乏局部细节的信息特征。
- 认知过程中参与识别的并非图像完整信息，而是图像的要点(**gist**)——这也就是为什么能从不相关的图片中第一时间内识别出人脸

结论2

- 在一个短暂的视觉过程中，我们会更倾向于认识到它的布局信息，这些信息被称为图像的要点(**image gist**)。这些信息可以向你传达这幅图像的大意，但细节却多有疏失。
- 为了获得特别的细节，我们需要在图像上集中注意力。

任务

本实例需要持续的注意力

白衣人与黑衣人（各3名）相互传递篮球

任务：数出白衣人传出球的次数

不要计算黑衣人的传球！

selective attention test

Selective Attention Test

from Simons & Chabris (1999)



结论3

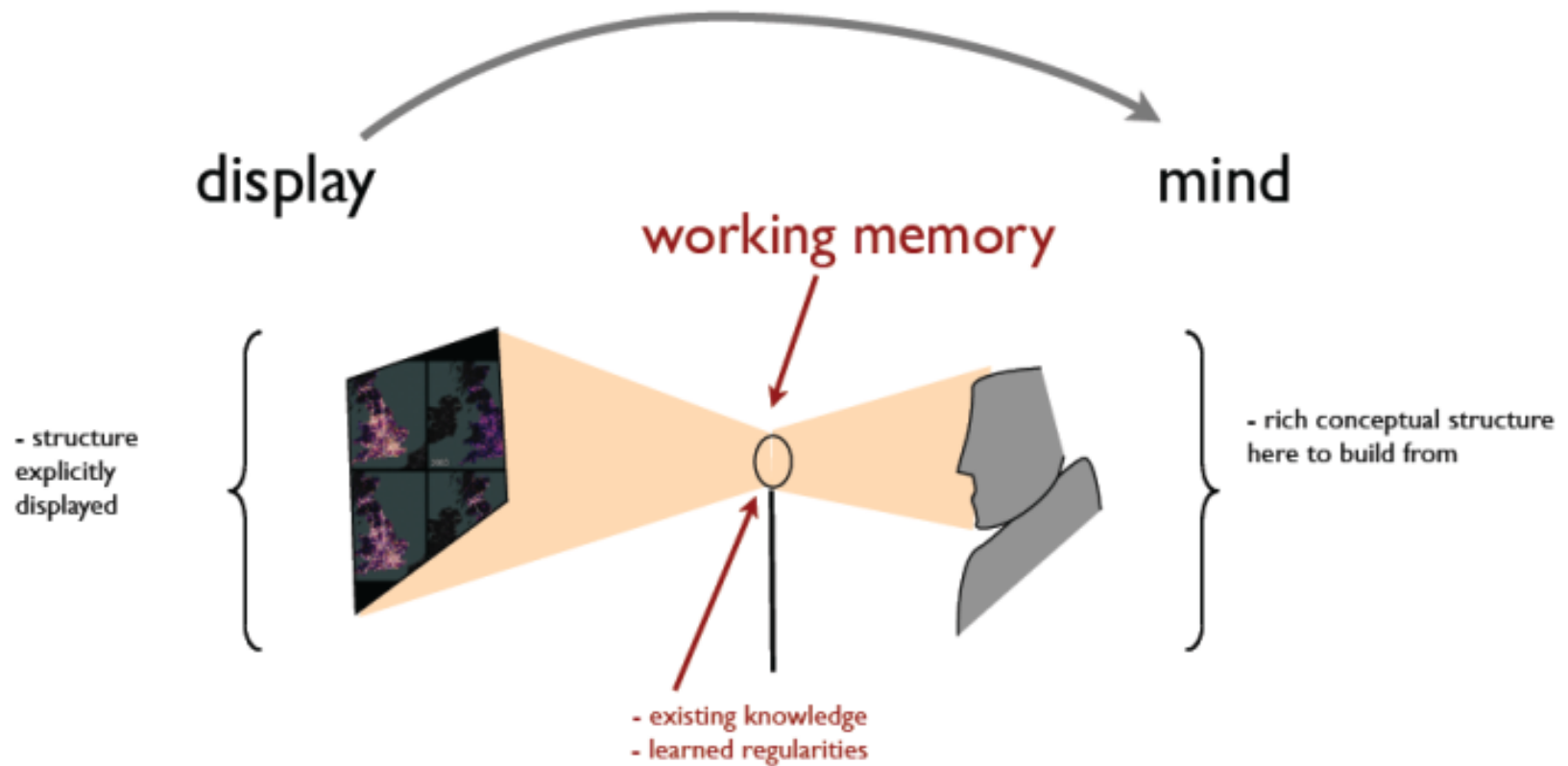
- 观察物体的变化需要集中注意力， 仅当我们的注意力焦点恰好集中在变化处时， 物体的变化才会被我们观察到。
- 在可视化中可以突出变化， 以减轻认知负担。

结论4

- 注意力是有限且珍贵的，我们更希望将注意力集中在重要的区域。
- 底层的视觉焦点由区域的底层特征所驱动。
- 先验知识与任务都可以对人的注意力起到导向作用。

结论5

- 工作记忆是认知过程的瓶颈



- active concepts in working memory can be synthesized

结论6

- 可视化的力量就在于我们可以使用更加复杂的概念结构在外部表达我们原本要在视听工作记忆中表示的概念模型

格式塔理论



Wolfgang Köhler
1887-1967

为什么我们在观看事物时会把一部分当做前景，其余部分当做背景？



Kurt Koffka
1886-1941

为什么我们能区分形状？



Max Wertheimer
1880-1943

什么形状是好的？

心理学中的理性主义理论之一。强调经验和行为的整体性。认为：整体不等于部分之和，意识不等于感觉元素的集合，行为不等于反射弧的循环。



Wolfgang Köhler
1887-1967

为什么我们在观看事物时会把一部分当做前景，其余部分当做背景？



Kurt Koffka
1886-1941

为什么我们能区分形状？



Max Wertheimer
1880-1943

什么形状是好的？

最基本法则是简单精炼法则：人们观测的时候，倾向将视觉感知内容理解为常规、简单、相连、对称或有序的结构。倾向将事物理解为一个整体。

格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

原则（蕴涵律）

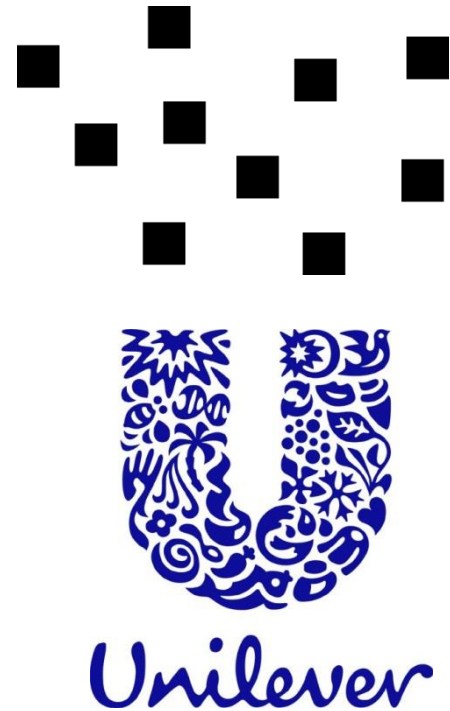
接近性（proximity）

相似性（similarity）

连续性（continuity）

闭合性（closure）

简单性（simplicity）



格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

原则（蕴涵律）

接近性（proximity）

相似性（similarity）

连续性（continuity）

闭合性（closure）

简单性（simplicity）



格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

原则（蕴涵律）

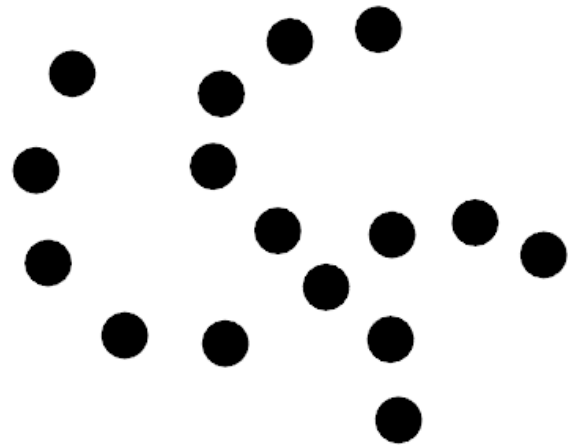
接近性（proximity）

相似性（similarity）

连续性（continuity）

闭合性（closure）

简单性（simplicity）



格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

原则（蕴涵律）

接近性（proximity）

相似性（similarity）

连续性（continuity）

闭合性（closure）

简单性（simplicity）



格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

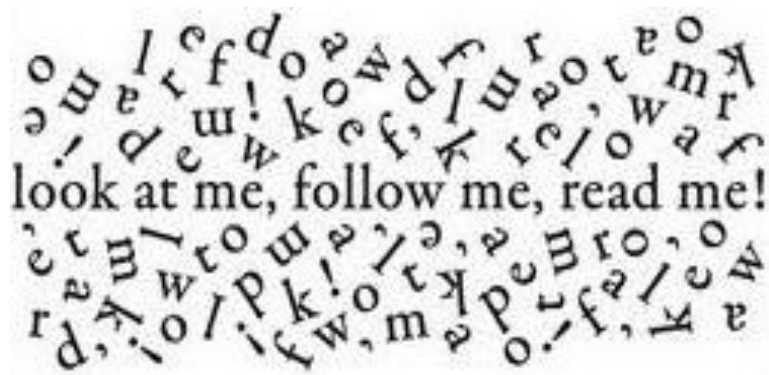
原则（蕴涵律）

共势原则（common fate）

好图原则（similarity）

对称原则（symmetry）

经验原则（past experience）



从一堆字符中认知语句

格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

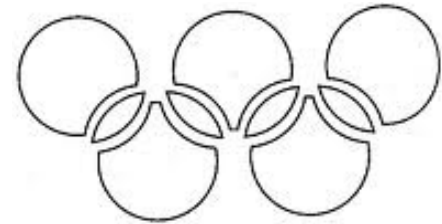
原则（蕴涵律）

接共势原则（common fate）

好图原则（similarity）

对称原则（symmetry）

经验原则（past experience）



对五环形状的两重识别。上：
奥运环；下：**割裂的圆环**。

格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

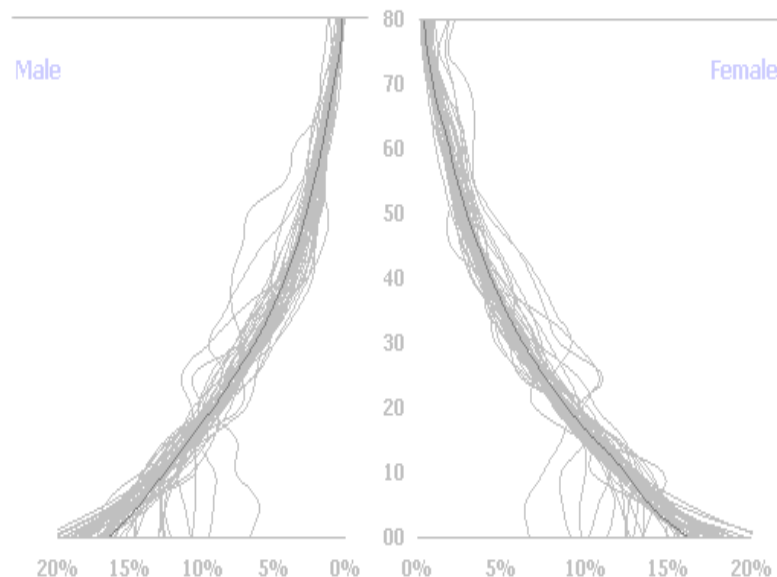
原则（蕴涵律）

接共势原则（common fate）

好图原则（similarity）

对称原则（symmetry）

经验原则（past experience）



格式塔（gestalt）原则

结构比元素重要，视觉形象首先作为统一的整体被认知

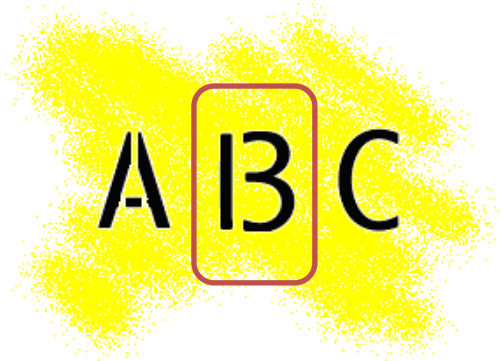
原则（蕴涵律）

接共势原则（common fate）

好图原则（similarity）

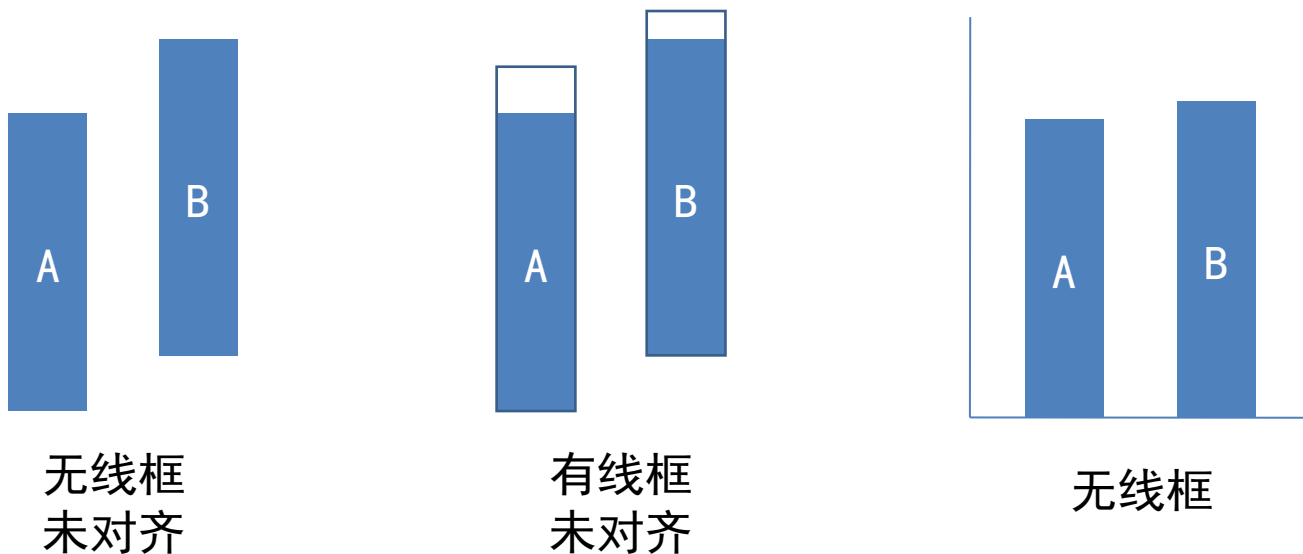
对称原则（symmetry）

经验原则（past experience）



视觉感知的相对性&绝对性

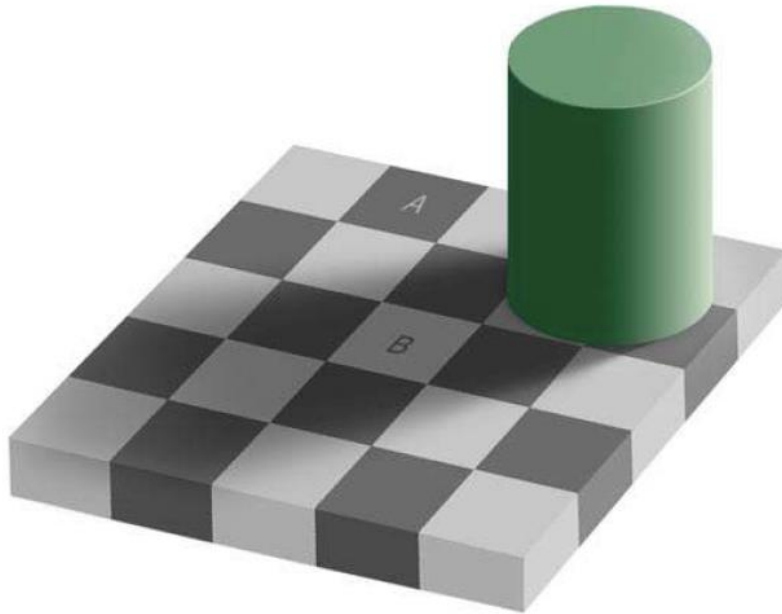
感知系统基于相对判断，而非绝对判断
(Weber 's Law)



A和B那一个更高？

相对性&绝对性

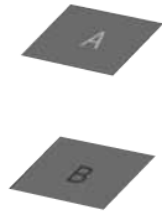
感知系统基于相对判断，而非绝对判断
(Weber`s Law)



A和B哪一个更亮？

相对性&绝对性

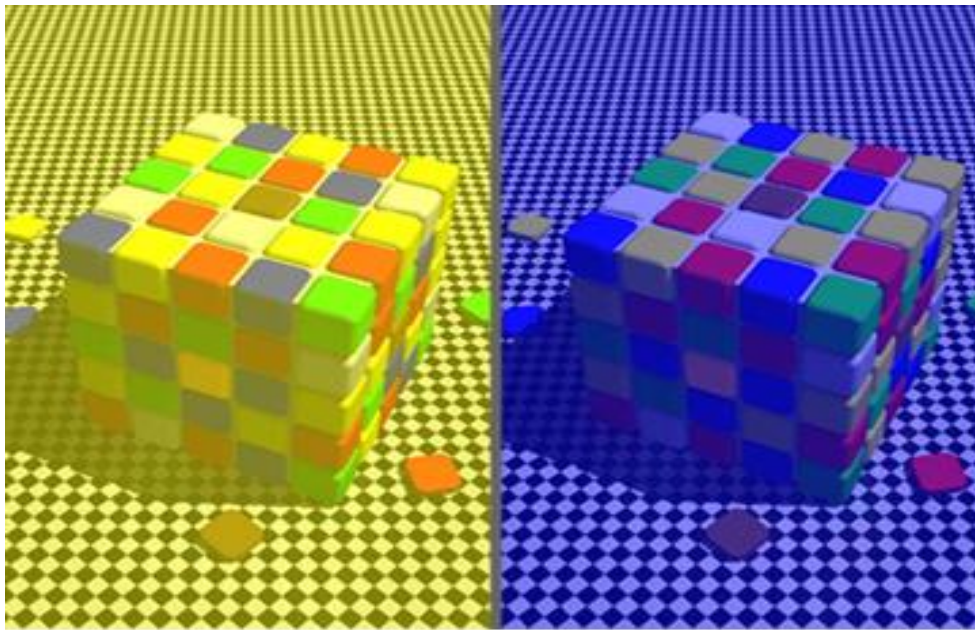
感知系统基于相对判断，而非绝对判断
(Weber 's Law)



A和B哪一个更亮？

相对性&绝对性

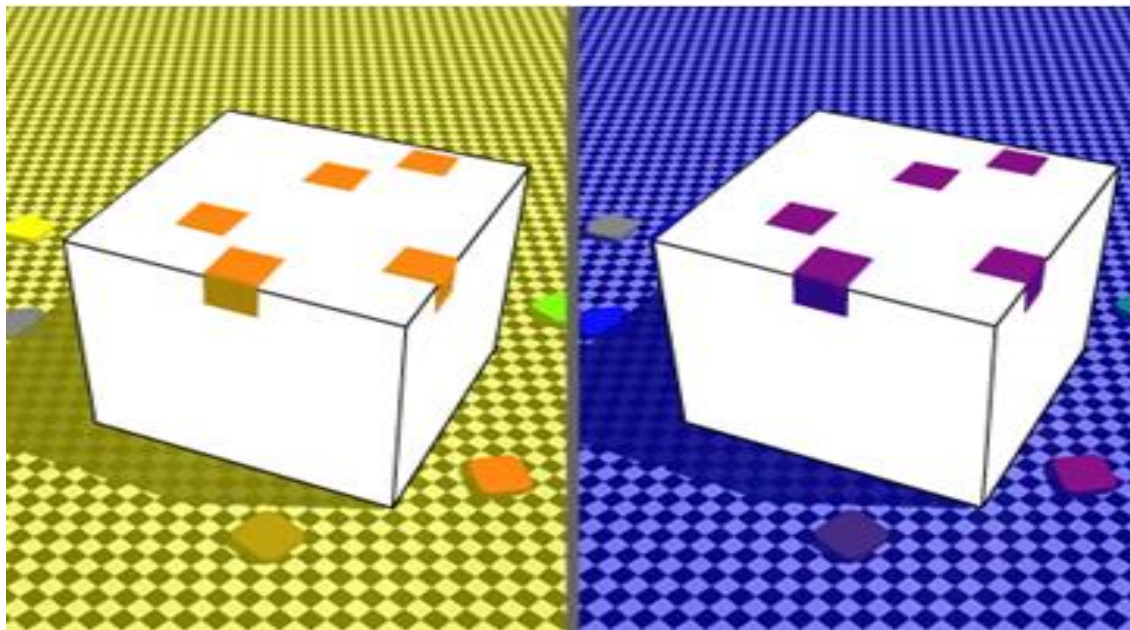
感知系统基于相对判断，而非绝对判断
(Weber 's Law)



颜色？

相对性&绝对性

感知系统基于相对判断，而非绝对判断
(Weber 's Law)



颜色？

Q&A