

# 认知基础

# Cognitive Foundation

## 第十章

---

# 智力发展

# Intelligence Development

史忠植

中国科学院计算技术研究所  
<http://www.intsci.ac.cn/>

# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发展的人工系统

# 什么是智力

- 智力 (Intelligence) 是指生物一般性的精神能力，指人认识、理解客观事物并运用知识、经验等解决问题的能力，包括记忆、观察、想象、思考、判断等。
- 智力的定义也可以概括为：通过改变自身、改变环境或找到一个新的环境去有效地适应环境的能力。智力也叫智能，是人们认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力。
- 智力是由哲学家斯宾塞 (H. Spencer) 和生物学家高尔顿 (F. Galton) 将古代拉丁词intelligence引入英文的，其意义代表一种天生的特点及倾向性。

# 什么是智力

心理学家对智力所下的定义，大致可分为三类：

- (1)智力是个体适应环境的能力。个体对其所生活的环境，尤其对变化莫测的新环境愈能适应的人，则其智力愈高。
- (2)智力是个体学习的能力。凡个体能对新事物的学习较易、较快，又能利用经验解决困难问题的人，则其智力较高。这种定义，在学校教育上具有实际的意义。
- (3)智力是个体抽象思维的能力。凡个体能由具体事物获得概念，能运用概念作逻辑推理、判断，则表示其智力较高。

# 什么是智力

当代著名测验学家魏斯勒(Wechsler)综合上面三种意见，将智力定义为：智力是个体有目的的行为，合理的思维，以及有效的适应环境的综合能力。

以上各种定义，尽管有的强调某一侧面，有的重视全体，但有两个方面是共同的：

- 智力是一种能力，而且是属于潜在的能力。
- 这种能力通过行为表现。表现方式，或者是适应环境、学习、抽象思维等行为的单独表现，或由此三种行为的综合表现。换言之，智力可看作是个体对事、物、情景各方面表现的功能，而此种功能是由行为而表现。

# 什么是智力

对于智力的定义，加德纳(Howard Gardner)在不同时期有过不同的表述。

■1983年，在《心智的结构》中，加德纳表明“智力是在某种社会或文化环境的价值标准下，个体用来解决自己遇到的真正难题或生产及创造出有效产品所需要的能力”。

■1993年，在《多元智力》一书中，加德纳明确提出“我们认为，智力是在特定的文化背景下或社会活动中，解决问题或制造产品的能力。解决问题的能力就是能够针对某一特定的目标，找到通向目标的正确路线。”。

# 什么是智力

- 1999年，加德纳在《智能的重构》中，也给出了对智力的定义，即“个体处理信息的生理和心理潜能，这种潜能可以在某一文化背景中被激发出来，从而解决问题或创造该文化所珍视的产品”。
- 由此可看出，加德纳的智力观非常强调智能的文化属性、实践性、可见性、发展性以及创造能力的重视。

# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统



# 智力的因素论

- 英国心理学家斯皮尔曼(C.Spearman)在20世纪初最早对智力问题进行了探讨。他发现,几乎所有心理能力测验之间都存在正相关。斯皮尔曼提出,在各种心理任务上的普遍相关是由一个非常一般性的心理能力因素或称g因素所决定。在一切心理任务上,都包括一般因素(g因素)和某个特殊因素(或称s因素)两种因素。g因素是人的一切智力活动的共同基础,s因素只与特定的智力活动有关。一个人在各种测验结果上所表现出来的正相关,是由于它们含有共同的g因素;而它们之间又不完全相同,则是由于每个测验包含着不同的s因素。斯皮尔曼认为,g因素就是智力,它不能直接由任何一个单一的测验题目度量,但可以由许多不同测验题目的平均成绩进行近似的估计。

# 流体智力和晶体智力说

- 1966年，霍恩(Horn)和卡特尔(Raymond Cattell)提出了流体智力和晶体智力，认为这两种智力包含在任何一种智力活动之中，很难将其分开，其中流体智力是晶体智力的基础。
- 流体智力指在信息加工和问题解决过程中所表现出来的能力。是一个人生来就能进行智力活动的的能力，是先天的，依赖于大脑的神经解剖结构。
- 晶体智力则是一个人通过其流体智力所学到的并得到完善的能力，是通过学习语言和其他经验而发展起来的，晶体智力是经验的结晶，如词汇和计算方面的能力。

# 智力多因素论

- 美国心理学家瑟斯顿 (L. L. Thurstone) 于1938年对芝加哥大学的学生实施了56个能力测验, 他发现, 某些能力测验之间具有较高的相关, 而与其他测验的相关较低, 它们可归为7个不同的测验群:
  - 字词流畅性
  - 语词理解
  - 空间能力
  - 知觉速度
  - 计数能力
  - 归纳推理能力
  - 记忆能力

# 智力的PASS模型

- 20世纪90年代，加拿大的心理学家戴斯(Das, J. P)、纳格利尔里(Naglieri, J. A.)和柯尔比(Kirby, J. R.)提出了“认知过程的评估-智力的PASS模型”(Planning-Attention-Simultaneous-Successive Processing Model 计划-注意-同时性加工-继时性加工模型)。
- 两大理论基础：
  - 鲁利亚的神经心理学
  - 认知心理学

# 智力的PASS模型

■ 个体的智力活动有三个认知功能系统：

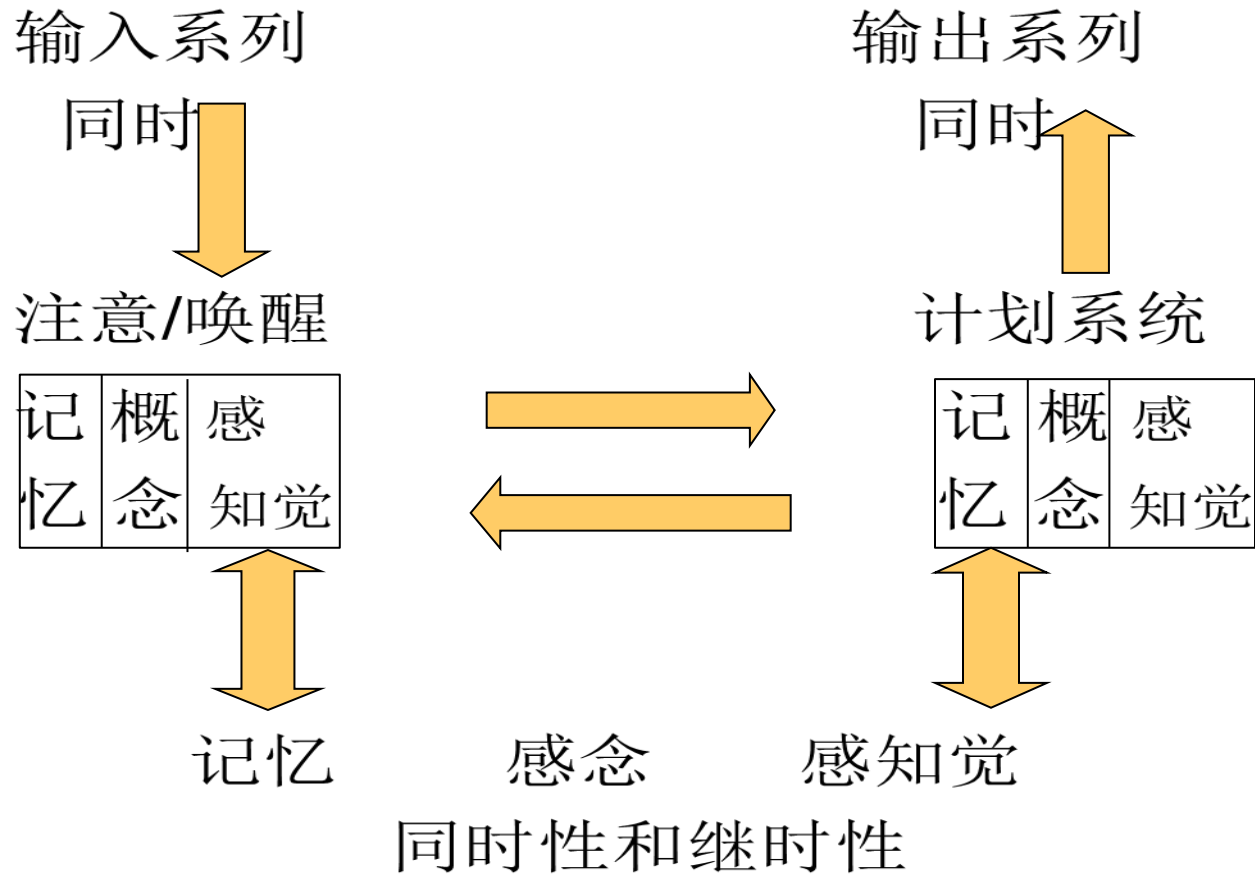
(1) 注意-唤醒系统：人类心理过程的基础，只有达到合适的觉醒状态，个体才能接受和加工信息。

(2) 编码-加工系统：与个体接受、加工、维持来自外部世界的信息有关。可以把大脑皮层的整合活动区分为两种基本形式，即同时性加工过程（同步地整合刺激，主要是空间整合）和继时性加工过程（将刺激整合成暂时性的系列组合）。

(3) 计划系统 处于最高层次的认知功能系统，从事智力活动的计划性工作。

# 智力的PASS模型

## ■ PASS模型各过程之间的关系



# 多元智力理论

- 多元智力理论是美国哈佛大学“零点项目”的研究成果之一。《零点项目》主要任务是研究在学校中加强艺术教育，开发人脑的形象思维问题。  
“零点项目”创立于1967年，创始人是哈佛大学教育研究生院的著名哲学家和美学家纳尔逊·古德曼教授。1973年纳尔逊·古德曼教授退休。“零点项目”开始由研究人工智能的大卫·帕金斯教授以及霍华德·加德纳教授负责。
- 1983年，加德纳教授在《心智的结构》一书中明确提出了“多元智力”这一概念，这标志着多元智力理论的正式诞生。



# 多元智力理论

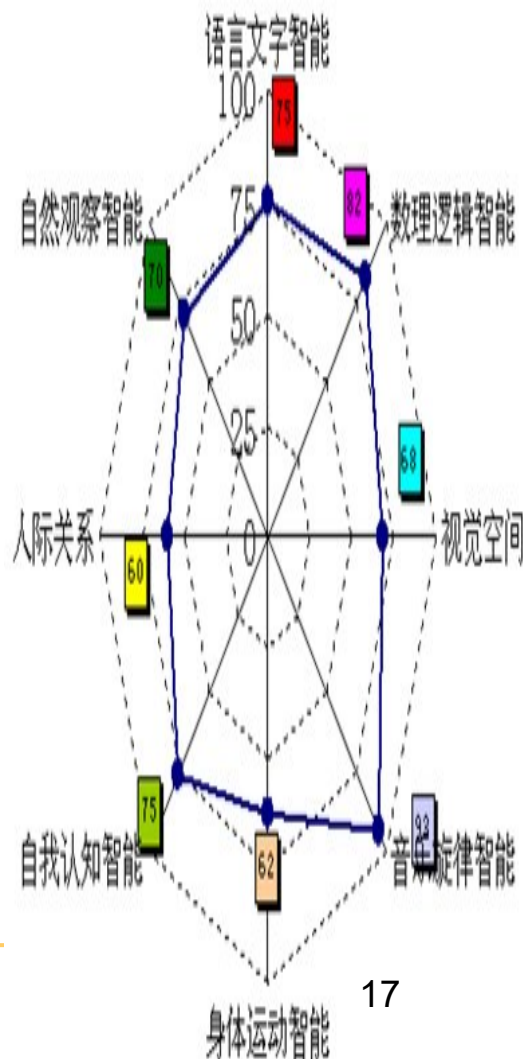
- 多元智力理论在教育领域受到人们的热切关注，不仅在其发源地美国得到了广泛的接受和欢迎，而且在英国、澳大利亚、日本、韩国等国家也得到了认同与发展，在世界范围内引发了教育理论与实践的“革命性”变革，掀起了一股教育改革的浪潮。多元智力理论的科学与实践价值及其内蕴的教育意义值得我们认真研究与思考。
- 加德纳认为智力的基本性质是多元的，不是一种能力而是一组能力，其基本结构也是多元的各种能力不是以整合的形式存在而是以相对独立的形式存在。



# 多元智力理论

在《心智的结构》书中，加德纳首次提出并重点论述了多元智力理论的基本结构。加德纳认为，支撑多元智力的是个体身上相对独立存在着的、与特定的认知领域或知识范畴相联系的八种智能。

1. 言语—语言智力 (Verbal-linguistic intelligence)，指个体听、说、读、写的的能力，表现为个人能够顺利而高效地利用语言描述事件、表达思想并与人交流的能力，在记者、编辑、作家、演讲家等人身上有比较突出的表现；



# 多元智力理论

2. 音乐—节奏智力 (Musical-rhythmic intelligence) , 指个体感受、辨别、记忆、改变和表达音乐的能力, 表现为个人对节奏、音调、音色和旋律的敏感以及通过作曲、演奏和歌唱等表达自己思想和情感的能力, 在作曲家、指挥家、歌唱家、演奏家、乐器制造者和乐器调音师等人身上有比较突出的表现;
3. 逻辑—数理智力 (Logical-mathematical intelligence) , 指个体运算和推理的能力, 表现为个人对事物间各种关系如类比、对比、因果和逻辑等关系的敏感以及通过数理运算和逻辑推理等进行思维的能力, 在侦探、律师、工程师、科学家和数学家等人身上有比较突出的表现;

# 多元智力理论

4. 视觉—空间智力 (Visual—spatial intelligence) ，指个体感受、辨别、记忆、改变物体的空间关系并藉此表达自己思想和情感的能力，表现为个人对线条、形状、结构；色彩和空间关系的敏感以及通过平面图形和立体造型将它们表现出来的能力，在画家、雕塑家；建筑师、航海家、博物学家等人身上有比较突出的表现；
5. 身体—动觉智力 (Bodily-kinesthetic intelligence) ，指个体运用四肢和躯干的能力，表现为个人能够较好地控制自己的身体，对事件能够做出恰当的身体反应以及善于利用身体语言来表达自己的思想和情感的能力，在运动员、舞蹈家、外科医生、赛车手和发明家等人身上有比较突出的表现；

# 多元智力理论

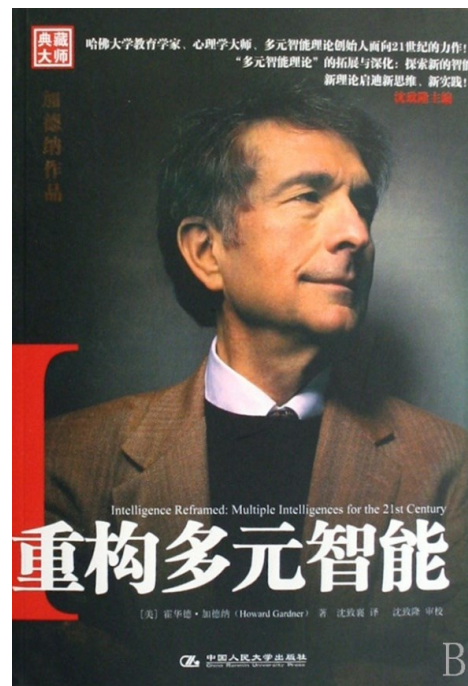
6. 自知—自省智力 (Intrapersonal intelligence) , 指个体认识、洞察和反省自身的能力, 表现为个人能够正确地意识和评价自身的情绪、动机、欲望、个性、意志, 并在正确的自我意识和自我评价的基础上形成自尊、自律和自制的能力, 在哲学家、小说家、律师等人身上有比较突出的表现;
7. 交往—交流智力 (Interpersonal intelligence) , 指个体与人相处和交往的能力, 表现为个人觉察、体验他人情绪、情感和意图并据此做出适宜反应的能力, 在教师、律师、推销员、公关人员、谈话节目主持人、管理者和政治家等人身上有比较突出的表现。

# 多元智力理论

8. 自然观察智力 (Naturalist intelligence)，这种智力主要指认识动物、植物和自然环境其他部分的(比如云或者岩石)能力。在猎人、植物学家或者解剖学家等人身上有比较突出的表现。

后来加德纳又补充了

9. 存在智力 (Existentialist Intelligence) 人们表现出的对生命、死亡和终极现实提出问题，并思考这些问题的倾向性。



# 内容提要

---

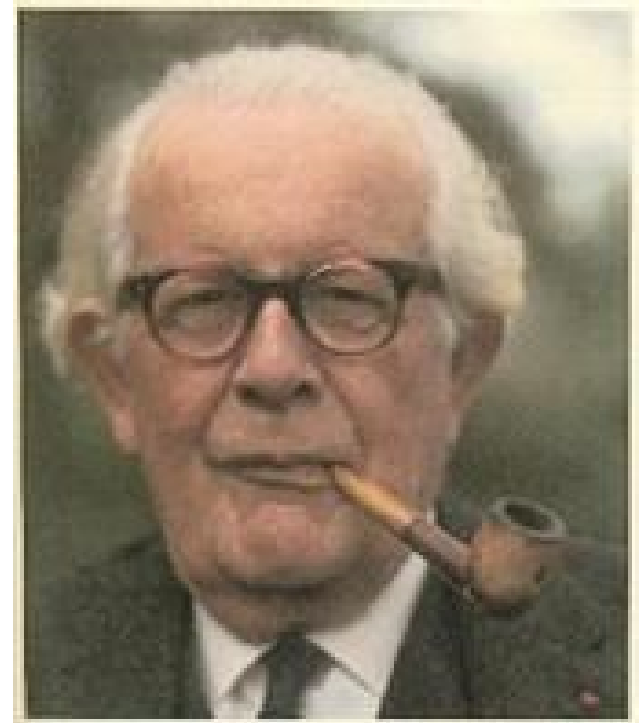
- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统

# 发生认识论

- 皮亚杰(Jean Piaget)为代表的日内瓦学派对儿童心理发展的研究和其他学科有关认识论的研究而提出的一种关于认识论的理论。
- 它试图以认识的历史、社会根源以及认识所依据的概念和“运算”的心理起源为根据来解释认识，特别是解释科学认识。

# 皮亚杰

- 皮亚杰（1896——1980年）是瑞士心理学家。
- 1969年皮亚杰73岁时，美国心理学会授予他“卓著科学贡献奖”
- 1977年国际心理学会授予皮亚杰爱德华·李·桑代克奖，这是心理学界的最高荣誉。
- 1980年，皮亚杰在瑞士去世。享年84岁。留给后人60多本专著、500多篇论文。





# 发生认识论

---

- 皮亚杰心理学的理论核心是“发生认识论”。
- 皮亚杰早期研究儿童语言和思维等认识的发展，并从此入手，最后创立了发生认识论。
- 生物学、逻辑学和心理学一道，是皮亚杰发生认识论和智力（思维）心理学的理论基础。

# 皮亚杰的图式理论

## 心理发展的结构

图式 (Scheme)、同化 (assimilation)、

顺应 (accommodation)、平衡 (equilibration)

- 图式就是动作的结构和组织，这些动作在相同或类似环境中由于不断重复得到迁移或概括
- 每个主题的图式的不同，主体会对环境因素的刺激作出不同的反应
- 图式最初来自先天遗传，以后在适应环境的过程中，图式不断地得到改变，不断地丰富起来
- 皮亚杰把认识图式的发展过程称为主体的建构
- 心理发展的结构

图式 (Scheme)、同化、顺应、平衡

# 图式 (Scheme)

- 图式就是动作的结构和组织，这些动作在相同或类似环境中由于不断重复得到迁移或概括
- 每个主题图式的不同，主体会对环境因素的刺激作出不同的反应
- 图式最初来自先天遗传，以后在适应环境的过程中，图式不断地得到改变，不断地丰富起来
- 皮亚杰把认识图式的发展过程称为主体的建构
- 图式是知识的单位，一个图式中有许多的知识成分或概念。图式表征知识的抽象层面，图式会重叠
- 图式是一个活动的组织

# 同化 (assimilation)

- 在认知发展理论中，同化是指个体对刺激输入的过滤或改变的过程，（个体在感受刺激时，把他们纳入头脑中原有的图式之内，使其成为自身的一部分，就像消化系统营养物质的吸收一样。）
- 同化主要是指个体对环境的作用
- 同化只数量上的变化，不能引起图式的改变和创新

# 顺应（accommodation）

---

- 顺应是指有机体调节自己内部结构—适应特定刺激情境的过程。
- 顺应主要是指环境对个体的作用。
- 顺应则是质量上的变化，促进创立新图式或调整原有图式。
- 一切认识都离不开认知图式的同化与顺应。认知既是认知图式顺应于外物，又是外物同化于认知图式这两个对立统一过程的产物。

# 平衡 (equilibration)

- 平衡是指个体通过自我调节机制使认知发展从一个平衡状态向另外一个较高平衡状态过渡的过程。
- 同化作用和顺应作用两种机能的平衡。新的暂时的平衡，并不是绝对静止或终结，而是某一水平的平衡成为另一较高水平的平衡运动的开始。不断发展着的平衡状态，就是整个心理的发展过程。
- 平衡的类型
  - (1) 同化和顺应之间的联系。
  - (2) 个体图式中子系统的平衡。
  - (3) 调节个体部分知识与整体知识之间的关系平衡。

# 发展的阶段

---

- 皮亚杰认为，在环境教育的影响下，人的动作图式经过不断的同化、顺应、平衡的过程，就形成了本质不同的心理结构，也就形成了心理发展的不同阶段。

# 发展的阶段

- 1、心理发展过程是一个内在结构连续的组织  
和再组织的过程，过程的进行是连续的；但由于  
各种发展因素的相互作用，儿童心理发展就  
具有阶段性。
- 2、各阶段都有它独特的结构，标志着一定阶  
段的年龄特征；由于各种因素，如环境、教育  
、文化以及主体的动机等的差异，阶段可以提  
前或推迟，但阶段的先后次序不变。



# 发展的阶段

---

- 3、各阶段的出现，从低到高是有一定次序的，且有一定交叉。
- 4、每一个阶段都是形成下一个阶段的必要条件，前一阶段的结构是构成后一阶段的结构的基础，但前后两个阶段相比，有着质的差异。

# 发展的阶段

---

- 5、在心理发展中，两个阶段之间不是截然划分的，而是有一定的交叉。
- 6、心理发展的一个新水平是许多因素的新融合、新结构，各种发展因素由没有系统的联系逐步组成整体。

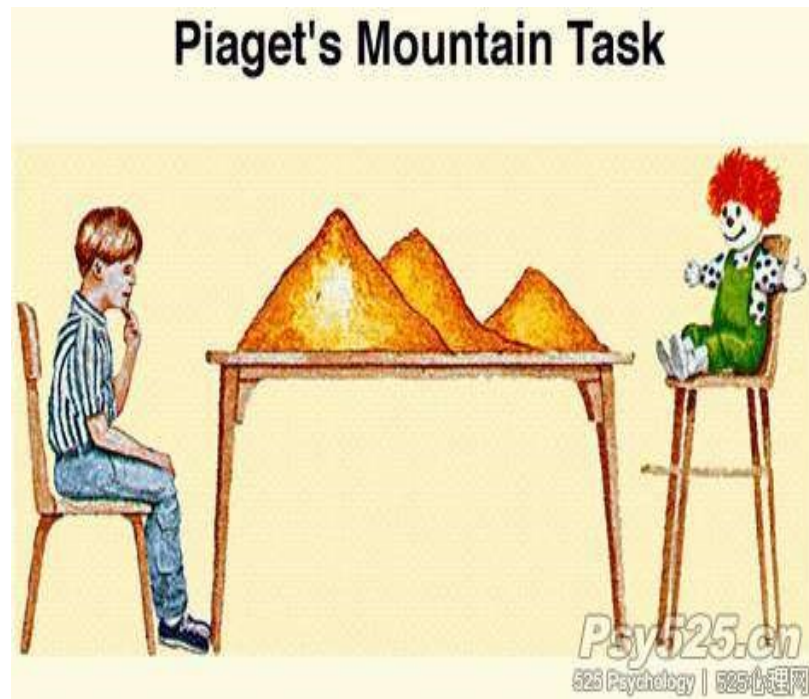
# 儿童心理的发展

- 皮亚杰认为儿童心理的发展具有一定的阶段性和规律性，他按儿童认知结构的不同，把儿童心理的发展划分为四个阶段：感知运动阶段、前运算阶段、具体运算阶段、形式运算阶段
- 感知运动阶段(0-2岁)
  - 感知动作
  - 动作图式
  - 客体永久性



# 前运算阶段（2~7岁）

- 符号图式
- 自我中心性
- 非守恒性
- 不可逆性



# 具体运算阶段（7~12岁）

---

- 守恒性和可逆性
- 逻辑运算能力(相对性)

# 形式运算阶段（12~16岁）

---

- 抽象逻辑思维
- 运用假设推理
- 思维发展已接近成人水平

# 皮亚杰的主要贡献

---

- 提出一套完整的富有思辨思想的儿童智力发展理论
- 描述了个体从出生到青年初期的智力发展路线
- 第一次将数理逻辑作为划分儿童逻辑思维发展的工具
- 构造了发生认识论的理论框架
- 创造了一套研究儿童智力发展的独特理论

# 对皮亚杰的批评

- 皮亚杰发展阶段论的事实根据不足。传统的皮亚杰理论认为，幼儿缺乏某种认知能力，这种结论是依据非常有限的实验结果而推导出来的
- 皮亚杰的实验过于困难，不适合年幼儿童去做，因而不能挖掘表现出幼儿的应有能力。最近的研究结果已表明，如果研究者能设计出难度适当的课题任务，如果事先引入训练程序，再做皮亚杰的实验时，年幼儿童就能表现出原认为缺乏的认知能力。



# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统

# 维果斯基的社会建构主义

- 维果斯基 (Lev Semenovich Vygotsky, 1896-1934) 是苏联杰出的心理学家，毕生研究心理发展问题，重点是人的高级心理机能的发生和发展。他强调人类社会文化对人的心理发展的重要作用，认为人的高级心理机能是在人的活动中形成和发展起来并借助语言实现的
- 语言是维果斯基认知发展理论的核心。他认为，语言是发展的媒介，是思维的工具，语言使得人们可以向其他人学习，可以获得历史的、他人的经验，同时提供了分享观念、精炼思想的机会。



# 维果斯基的社会建构主义

- 关于教学和发展的关系，维果斯基提出了最近发展区的概念 (Zone of proximal development)。教师在教学时，必须考虑学生的两种发展水平：一种是学生现有的发展水平；另一种是在他人尤其是成人指导的情况下可以达到的较高的解决问题的水平，这两者之间的差距就叫做最近发展区。
- 维果斯基认为：人的思维与智力是在活动中发展起来的，是各种活动、社会性相互作用不断内化的结果。教和学的相互作用促进了发展。

# 维果斯基与皮亚杰理论的比较

	维果茨基	皮亚杰
社会文化背景 建构主义 阶段	强烈强调 社会建构主义 无一般阶段	很少强调 认知建构主义 强调阶段性 图式, 同化, 调节, 操作, 保存, 分类, 假设演绎推理
关键过程	最近发展区、语言、对话、文化工具	
语言的作用 教育观 教师的启示	它在塑造思想方面起着重要作用 它起着中心作用 教师是引导者和引导者, 而不是指导者	它的作用很小 它只是定义了现有的技能 教师是引导者和引导者, 而不是指导者

# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统

# 智力测验

---

- 智力测验：在一定的智力理论和测量理论指导下，通过测验的方法来衡量人的智力水平高低的一种科学方法。
- 现行的智力测验所依据的理论基础主要是传统的智力因素理论。

# 智力测验的必备条件

- 信度：一个测验的可靠程度，它以反复测验时能否提供相同的结果来说明。
- 效度：一个测验欲测量某种心理特征的准确程度，即测验的有效性。
- 常模：在编制测验时为了使原始分数有意义而建立的解释原始分数的参照标准。

# 智力测验的创始人



French psychologist Alfred Binet developed the concept of mental age and published the first individual intelligence test to measure it.

比奈 (Binet Alfred) , 智力测验的创始人, 是其所处时代法国最杰出的心理学家。他大大推动了法国实验心理学的发展, 更为智力测验的开发和使用做出了不朽贡献。直到今天, 比奈的智力测验仍然具有强大的生命力, 几经修订的量表仍在全世界受到广

**比奈A.Binet(1857-1911)**泛使用。



# 智力测验的发展

---

- 历史上智力测验的观念却历经数度演变，大体有以下4个阶段：
- 生理计量法
- 心理年龄
- 比率智商
- 离差智商

# 生理计量法

---

- 在19世纪80年代，**F.Galton**（1822~1911）的行为个别差异研究，可以说是智力测验工作的开始。受17世纪英国哲学家洛克的经验主义影响，**英国生物学家F.Galton**相信，人类的一切知识来自感觉器官。

# 心理年龄

- 从心理取向鉴别智力高低的尝试，始自19世纪末法国著名的心理学家A. Binet，他认为智力的核心是一种抽象思维的能力，如判断力、理解力、推理力、创造力等。
- 1904年，法国教育部为了设计一种鉴别儿童学习能力的工具，用以在一般儿童中区别出智力较低者，编入特别班级因材施教，以免在普通班因学习困难而无法受益。

# 比奈—西蒙量表

- 比奈与另一学者T. Simon (1873—1961) 受政府之聘，于1905年编成世界上第一个智力量表——比纳—西蒙量表。该量表中共有30个题目，按照难度由低到高排列，以通过的题数的多少，作为鉴别智力高低的标准。
- 后来，1908年进行首次修订，增加至50个题目，并按年龄分组，适用于从三岁到十三岁的儿童。至此，奠定了现代智力测验编制的科学基础。

# 比率智商

- 1916年美国斯坦福大学教授特尔曼（L. M. Terman）结合美国的国情将比纳—西蒙量表修订为**斯坦福—比纳量表**，其中最大的改变是将原来表示智力高低的心理年龄改用**智商**（简写**IQ**）来表示。
- 智商是一个商数，是指个人的心理年龄（MA）与其实足年龄（CA）的比值：

$$IQ = MA \text{（心理年龄）} / CA \text{（生理年龄）} \times 100$$

# 比率智商的计算方法

- 如果某个学生，其实年龄为八岁二个月，如以月数表示，他的实足年龄为98个月，亦即CA为98个月，甲生接受斯坦福一比纳量表后的成绩是：
- 通过八岁组的全部题目，其基本心理年龄即为96个月；通过九岁组四个题目，再加8个月；通过十岁组二个题目，再加4个月；十一岁组（及以后）的题目全未通过，月数不再增加。
- 总计该生成绩，其心理年龄为108个月。则甲生的智商即为： $108/98*100$

# 斯坦福—比奈量表

该量表也是一个年龄量表，为每个年龄的儿童编制了6个测验项目，由易到难排列。

■引入了智力商数（IQ）的概念，以IQ作为比较人的聪明程度的相对指标。（IQ概念是德国心理学家斯腾伯格提出的）

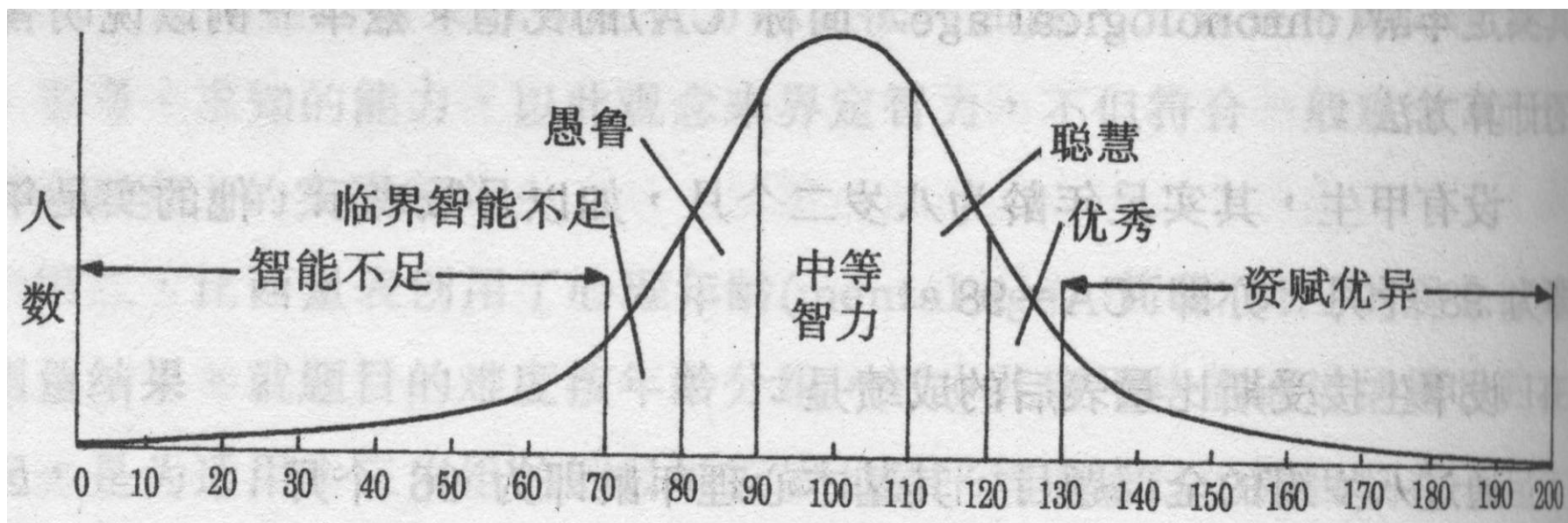
■  $IQ = (MA/CA) \times 100$  （比率智商）

# 智商分布

- 按智力测验的原理来说，个人智力的高低，不是绝对的，而是相对的，总是通过与同辈人或同年龄者相比而显示出来的。
- 根据智力高低的相对观念，心理学家们于是采用同辈所有人的智力分布来解释这个问题。
- 根据研究，如从总体的概念设想人类智力从最高到最低的一切差异如能全部计算出来，IQ数值的分布将成为正态分布。



# 智商分布



横轴的数值，代表智商分数，纵轴代表属于每一智商层次的人数（智商极高与极低者均占少数）。

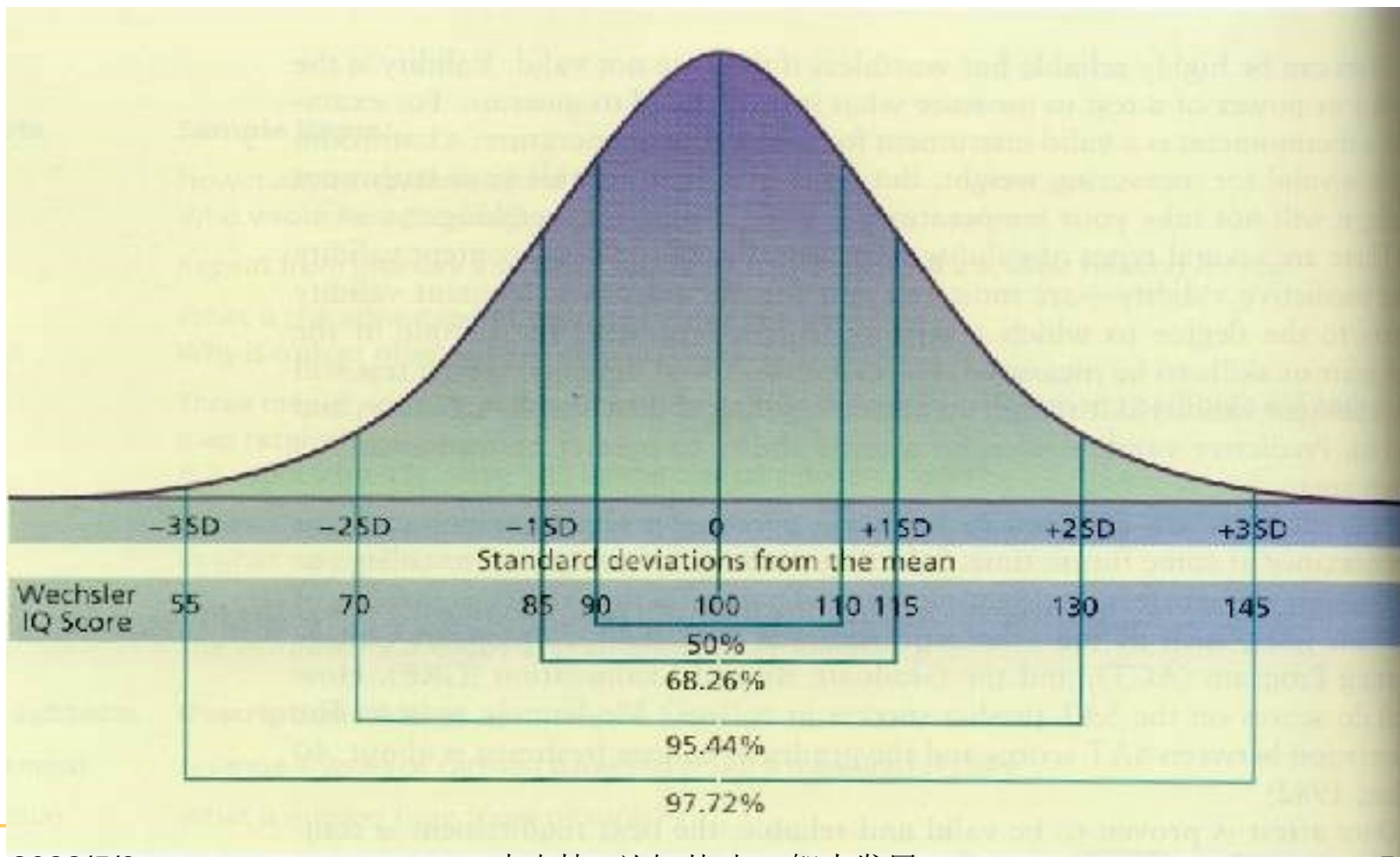
# 智商分布



- (1) 人类的智商介于10与190之间，以0与200为极限。
- (2) 人类的平均智商为100，平均点之上下，在人数上各约占50%；
- (3) 智商90-110者称为中等智力，在人数上约占50%；
- (4) 智商110-120者称聪慧，120-130者称为优秀，130以上者称为资赋优异；以上三类合计约占25%。
- (5) 智商80-90者称为愚鲁，70-80者称为临界智能不足，70以下者称为智能不足。属智能不足者，在程度上又有轻度、中度、深度、重度之分。

# 智力在全人类中的分布

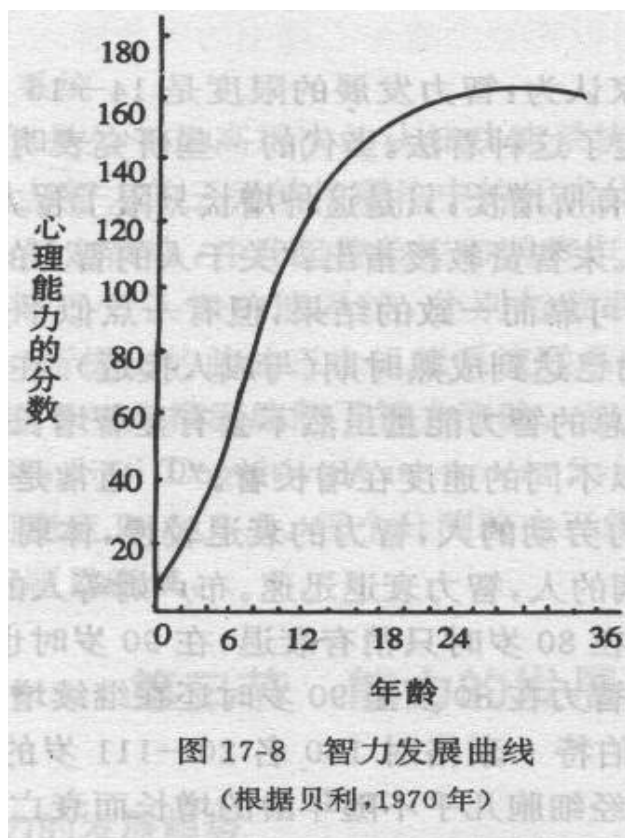
IQ分数在全人类中的分布是**两头小，中间大——正态分布**



# 智商在全人口中的分布

IQ	名称	百分比
140以上	极优异(very superior)	1.33
120---139	优异(superior)	11.30
110---119	中上(high average)	18 . 10
90---109	中等(average)	46 .50
80---89	中下(low average)	14 .50
70---79	临界(border line)	5 .60
70以下	智力落后(mentally retarded)	2 .90

# 智力发展的一般趋势



这一曲线表明，智力的发展呈现出以下趋势：

- 1、16岁以前，智力发展呈快速上升趋势。**
- 2、约22~35岁，智力发展达到顶峰。**

# 不同年龄的智力变化

	10--17	18--29	30--49	50--69	70--89
知 觉	100	95	93	76	46
记 忆	95	100	92	83	55
比较、判断	72	90	100	87	67
动作、速度	88	100	97	92	71
合计	355	385	382	338	239

# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统

# 认知结构

- 因为任何事物都是一个复杂的统一整体，其中任何一个组成部分的性质都不可能孤立地被理解，而只能把它放在一个整体的关系网络中，即把它与其它部分联系起来才能被理解。
- 结构：由许多的节点和连线组成的稳定的系统。
- 这里所说的结构是一个泛指的心理概念，他描述的是心理现象。是认知过程中的内部心理机制。



# 认知结构

- 简单地说，认知结构是个人将自己所认识的信息组织起来的心理系统。
- 皮亚杰试图用“图式”一词来描述认知结构。皮亚杰认为图式指相对稳定的以动作为主的认知结构组织。“图式”用以组织知识，创建相关概念的意义结构的一种心理框架。
- 皮亚杰认为认知结构不是平铺直叙，简单罗列，需要对它的建立和改进进一步的反省思考，从中开发出更多的功能和深刻的含义。严格的说认知结构是一种心理现象思维形态的一种假设。

# 整体认知结构与局部结构

- 人脑可以存储各种知识，整体认知结构应该包括全部知识，因为有结构在内部发生作用，这些知识就可以分门别类得得到整理，形成有关的局部结构。而所谓局部结构并不是若干个分界明显的，相互隔绝的领域，而是存在着相互渗透，相互交叉的直接联系，或存在着相互影响，相互利用的间接关系，能起到促进各类知识相互交织，理解，提示，运用的作用。

# 元认知

- 心理学家弗拉维尔首次将“元认知”的概念引入心理学的研究范畴。元认知是对于认知的认知，是对于人类基本心理活动的感觉，理解，调节，监控与管理。它体现了人类对自身的内省与意识，以及自身活动的监管与控制。元认知包括元认知知识（知识意识，思维意识和思维策略）和元认知管理（个体利用掌握的元认知知识对知识学习活动进行管理和指导），前者是个体对自身思维活动的意识，后者是对个体认知活动的管理与监控的能力。元认知的另外一个重要成分是元认知体验（伴随着认知活动而产生的认知和情感体验）。

# 认知结构

智能科学探索智能的机理，要研究认知结构的组织形态和操作方式。纵观认知结构的理论发展，主要有：

- 皮亚杰的图式理论
- 格式塔的顿悟理论
- 托尔曼的认知地图理论
- 布鲁纳的归类理论
- 奥苏伯尔的认知同化理论等。

# 皮亚杰的图式理论

---

- 皮亚杰是一个结构主义的心理学家，他提出心理发展的结构问题。他首先认为心理结构的发展涉及图式、同化、顺应和平衡。在四个概念中，皮亚杰把图式作为一个核心的概念提出来。

# 格式塔整体理论

- 1912年，德国心理学家韦特海默在法兰克福大学做了似动现象（phi phenomenon）的实验研究，并发表了文章《移动知觉的实验研究》来描述这种现象。这一般被认为是格式塔心理学学派创立的标志。学派的代表人物除了韦特海默，还有苛勒和考夫卡。
- 格式塔心理学派关注心理上的结构，用心理结构的整体性来全面把握客观因素的关联。他们的核心假设是心理现象不能还原成简单的元素，而是将他们进行整体的研究和分析。格式塔心理学家主要研究直觉和问题解决，把经验作为一个整体来加以解释。

# 格式塔心理学派

- 格式塔心理学派关注心理上的结构，用心理结构的整体性来全面把握客观因素的关联。他们的核心假设是心理现象不能还原成简单的元素，而是将他们进行整体的研究和分析。格式塔心理学家主要研究直觉和问题解决，他们相信观察者不会从经验中简单基本的感觉方面形成一种连贯一致的知觉，而是把经验作为一个整体来加以解释。

# 托尔曼的认知地图理论

- 不断地强化对某个事物的认识，可以在人的脑子里形成一张认知地图——美国心理学家，托尔曼。老马识途所利用的经验看上去平淡无奇，但实际上是有科学道理的。这在心理学上有一个名词，叫做认知地图。认知地图理论认为学习就是对行为的目标，取得目标的手段，达到目标的途径和获得目标的结果的认知，就是期待或认知观念的获得。因此在学习的过程中，我们必须重视学习的中介过程，即认知过程的研究，强调学习的认知性和目的性。



# 布鲁纳的归类理论

- 布鲁纳 (J. S. Bruner) 是当代美国著名的认知心理学家、教育家，主要从事认知与发展心理学的研究，他吸取了德国“格式塔”心理学的理论和瑞士皮亚杰发展心理学说、批判继承杜威教育思想的基础上，加上自己长期的研究，提出“认知——发现”说。
- 学习是一个积极主动认识过程，学习者不是被动地接受知识，而是主动地获取知识，并通过把新获得的知识 and 已有的认知结构联系起来，积极地建构其知识体系。因此，学习的实质是主动形成认知结构的过程。
- 新知识的获得是以已有的知识和经验所构成的认知结构为基础，学习包括获得、转化和评价三个过程。

# 奥苏泊爾的认知结构

- 所谓认知结构就是学生头脑里的知识结构。广义的说它是某一学习者的观念的全部内容和组织；狭义说，它是学习者在某一特殊知识领域内的观念的内容和组织。
- 奥苏泊爾的认知结构的概念是针对其对新的学习的影响（迁移）而提出的。



# 奥苏泊爾的认知结构

- 认知结构的第一个特征涉及学生面对新的学习任务时，她的头脑中是否有新的学习相关的概念或原理及其概括程度，原有的概念或原理越高，影响就越强。
- 认知结构的第二个特征涉及新学习的知识与同化它的相关知识的可分辨度，两者的可分辨度越高，越有助于迁移并避免因混淆而带来的干扰。
- 认知结构的第三个特点是同化新知识的原有知识的巩固程度。原有知识巩固程度越高，则越有助于迁移。

# 信息加工心理学对结构的认识

---

- 信息加工心理学认为所谓认知结构就是储存于个人长时记忆系统内的陈述性知识和程序性知识的实质内容和他们彼此之间的联系。

# 认知结构与知识结构

- 知识：是指在教学之后学生凭记忆能够记得学过的一些事实性的知识。包括
  - (1) 对特定事物记忆的知识，
  - (2) 对处理事务方法程序记忆的知识，
  - (3) 能凭记忆表达概念的知识。
- 知识结构是数学内容及其组织形式，它是外在之物。学生将知识经过学习转化为自己掌握的东西后，就变成了内在之物——认知结构。

# 认知结构

- 认知结构是陈述性知识和程序性知识的表征系统，是一种心理组织，因而，认知结构与知识结构是两种不同的概念。
- 认知结构的建构虽然离不开学习共同体的外部作用，但是主要的还是一种个人行为。
- 认知结构具有动态和静态的双重性。一方面，作为对知识建构的结果，一旦形成某个知识的表征系统，个体的这种认知结构就有了相对的稳定性。

# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统

# 数理逻辑

- 数理逻辑肇始于莱布尼茨 (G W Leibniz) , 在布尔和弗雷格处发生了分流, 形成了所谓的逻辑的代数传统和逻辑的语言传统。在图灵机理论中, 图灵核心阐述了“自动机”和“指令表语言”这两个概念, 这两者很好地契合了莱布尼茨关于“理性演算”和“普遍语言”的构想。



# 心理逻辑

- 19世纪末20世纪初，弗雷格(Gottlob Frege 1848—1925)等人对逻辑学中的心理主义进行了猛烈抨击，心理的因素从逻辑学中被彻底地清理出去，这使得逻辑学家不再关心逻辑规律是否与心理结构具有关系。
- 在这种历史背景之下，皮亚杰研究了儿童不同智力阶段思维结构的产生和发展，并借助改造过的现代逻辑把不同水平的思维结构表达出来，形成心理逻辑(psychology-logic)这一独特的研究领域，开辟了逻辑学与心理学交叉研究的新领域。

# 组合系统

(p, q)	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>5</sub>	f <sub>6</sub>	f <sub>7</sub>	f <sub>8</sub>	f <sub>9</sub>	f <sub>10</sub>	f <sub>11</sub>	f <sub>12</sub>	f <sub>13</sub>	f <sub>14</sub>	f <sub>15</sub>	f <sub>16</sub>
(1, 1)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(1, 0)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
(0, 1)	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
(0, 0)	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

- INRC转换群是形式思维出现的另一种认知结构，它与命题运算关系密切。皮亚杰以两种可逆性，即反演和互反为轴，将它们构成四种不同类型的INRC转换群。皮亚杰试图以此为工具，阐明现实的思维机制，特别是它的可逆性质。以可逆性概念贯穿于分析主体的智慧发展过程，这是皮亚杰理论的特色之一。

# I NRC四元群结构

- 一个转换是重复原来的命题 (I) , 称为恒等性转换。
- 依据反演可逆性的反演转换 (N) 、
- 依据互反可逆性的互反性转换 (R)
- 建立在这两种可逆性基础之上的对射性转换 (C) 。

这四种转换所生成的四个命题(其中有一个是原命题)就构成了一个关于“转换”的群。 虽然只有四个命题, 即四个元, 但它们之间的关系符合群结构的四个基本条件。四元转换群中两种可逆性的综合体现在对射性转换上, 因为对射就是互反的反演或反演的互反, 即 $C=NR$ 或 $C=RN$ 。

# I NRC四元群结构

四元转换群实质就是二元复合命题通过算符（如合取、析取、蕴涵等）之间的内在联系而形成的某种整体组织。因此，分析四元群结构不能不从命题出发。皮亚杰认为，十六种二元命题构成了四种类型的四元转换群：

- A型：析取、合取否定、不相容和合取构成A型四元群
- B型：蕴涵、非蕴涵、反蕴涵和非反蕴涵构成B型四元群
- C型和D型是两种特殊型，在C型中，原运算与互反运算相同；反演运算与对射运算相同。

# INRC四元群结构

INRC的集合具有以下性质：

- (1) 集合中的两个元素的组合仍是集合内的一个元素（封闭性）；
- (2) 组合是结合性；
- (3) 每一个元素有一个逆运算；
- (4) 有一个中性元素（I）；
- (5) 组合是可交换的。

# 认知结构形式化



瑞士皮亚杰 (J. Piaget ) 的形式化工作可区分为两个阶段：  
早期的运算结构论，晚年的心理逻辑与态射—范畴论：

儿童智力发展阶段：

内态射 (intramorphic)

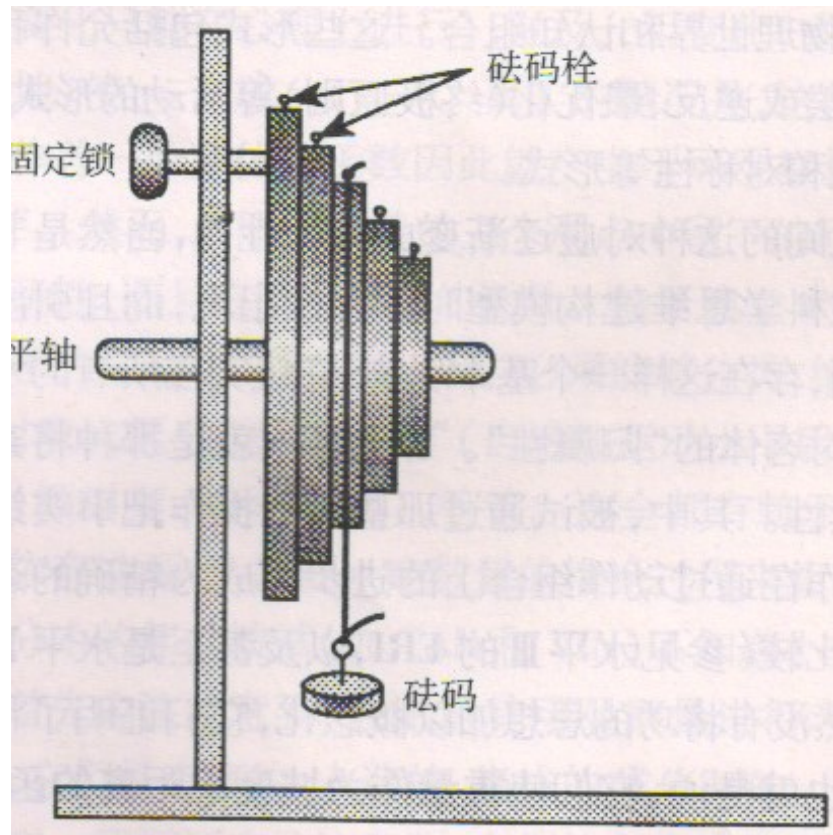
间态射 (intermorphic)

超态射 (extramorphic)

# 态射—范畴论

- 第一阶段称为内态射水平。心理上只是简单的对应，没有组合。共有的特点都是基于正确的或不正确的观察，特别是以可见的预测为基础。这仅是一个经验的比较，依赖于简单的状态转换。
- 第二阶段称为间态射水平，标志着系统性的组合建构开始。间态射水平的组合建构只是局部的、逐步发生的，最后并没有建构成一个封闭性的一般系统。
- 最后阶段是超态射，主体借助运算工具进行态射的比较。而其中的运算工具，正是对组成先前态射内容进行解释和概括而得到。

# 同轴盘系统中的力矩平衡



➤ 儿童必须找出的规律是，两个方向上的砝码重力与圆盘半径的乘积的和必须相等

$$1\swarrow 2 + 2\swarrow 5 = 3\searrow 4$$

向左 (↙) 的力矩应为 (1X2) + (2 X5)，向右 (↘) 的力矩则为 (3X4)



# 内容提要

---

- 智力定义
- 智力理论
- 皮亚杰的发生认识论
- 社会建构论
- 智力的测量
- 认知结构
- 心智逻辑
- 智力发育的人工系统

# 机器人自主智力发育

- 研究人工生命的智力发育，使人工生命也像人一样通过自主学习变得越来越聪明。最根本的或者说是最本质的问题是：开发人工生命像人一样的学习能力。这是机器智能研究的一个巨大挑战。
- 2001年密西根州立大学的翁巨扬等在《Science》上发表文章：机器人和动物的自主智力发育（Autonomous Mental Development by Robots and Animals）

# 机器人自主智力发展

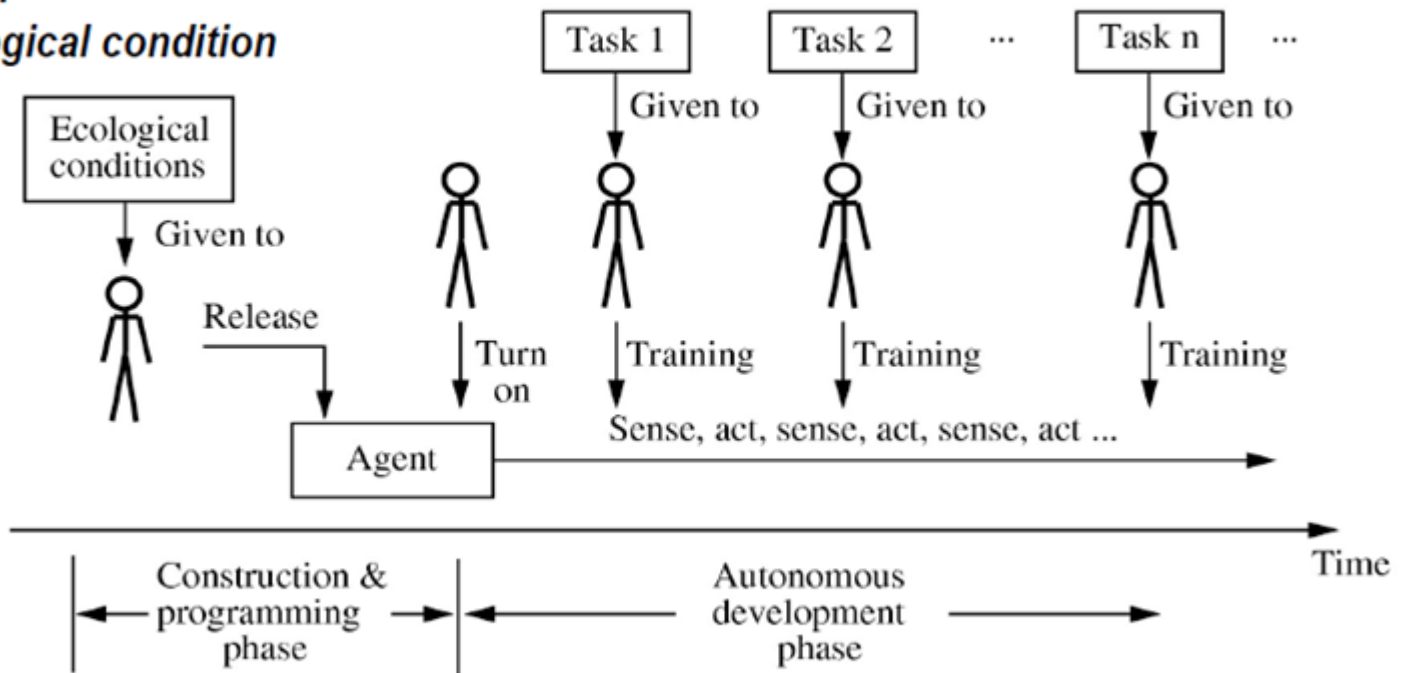
*Autonomous inside the skull*

*A: agent*

*H: human*

*$E_c$ : Ecological condition*

$$A = H(E_c)$$



Weng et al. Autonomous Mental Development by Robots and Animals, *Science*, 2001

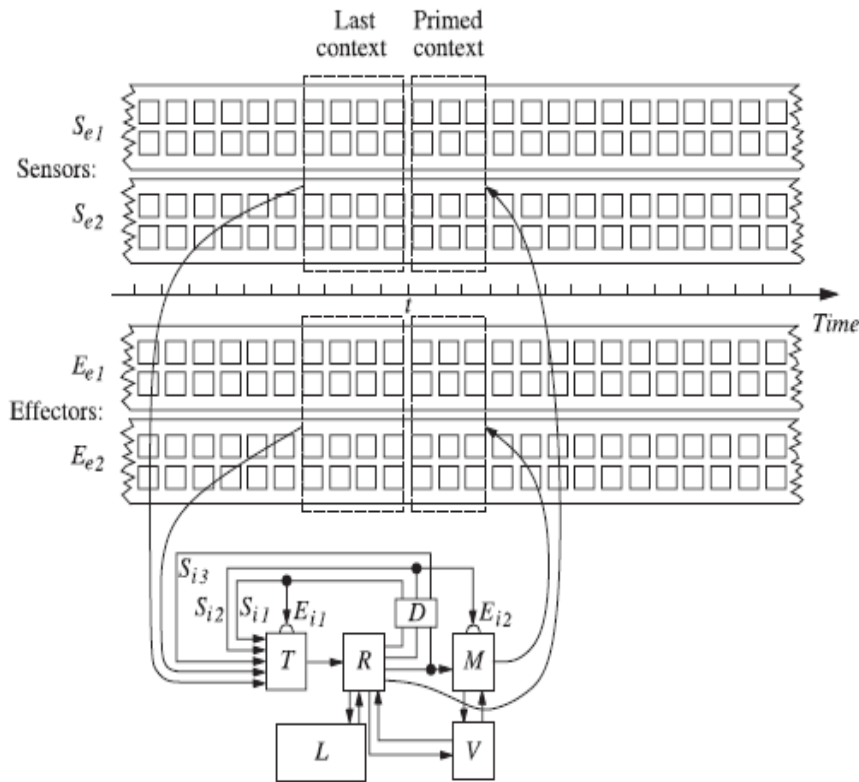
# 发育机器人

---

发育机器人的能力取决于五个因素：

- 感知器
- 效应器
- 计算资源
- 发育算法
- 如何训练机器人

# 发育机器人



类型2：添加注意选择器 $T$ 及其（内部）控制输入 $E_{i1}$ 。

类型3：添加电机映射 $M$ 及其（内部）控制 $E_{i2}$ 。

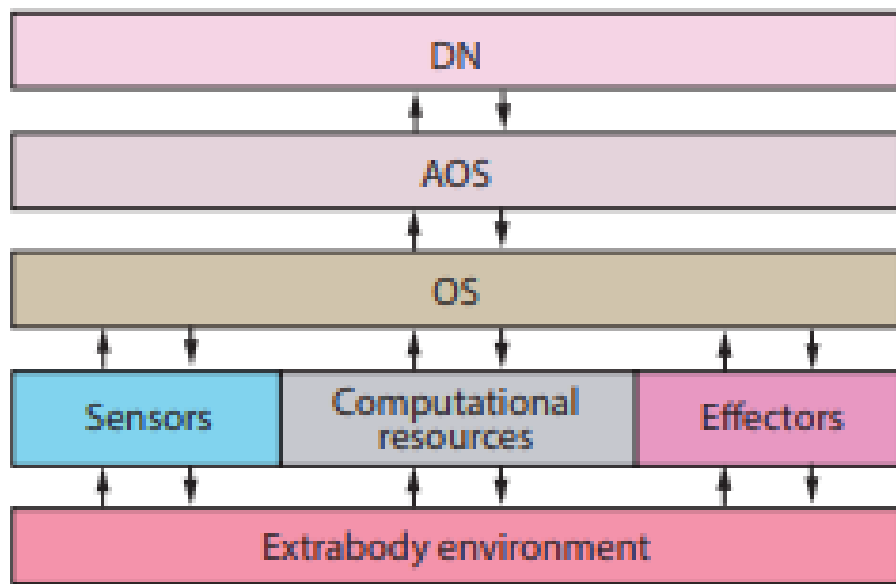
类型4：在感知器 $T$ 的入口端口添加内部控制 $S_{i1}$ 和 $S_{i2}$ 以及启动的控制 $S_{i3}$ 。标有 $D$ 的模块是一个延迟模块，它为相应的向量引入单位时间延迟。

类型 5：发育性 $T$ 、 $R$ 、 $M$ 、 $V$ 。

Juyang Weng. *On developmental mental architectures.*

*Neurocomputing* 70 (2007), 2303–2323

# 通用图灵机GENISAMA



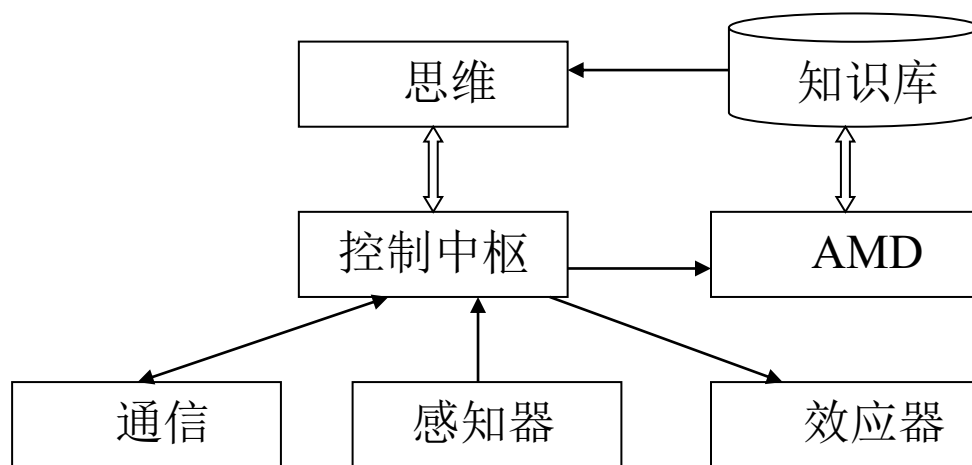
GENISAMA 通用图灵机使机器全自主通用学习成为了可能。缩写词GENISAMA的意思是：

- 接地性 (Grounded)
- 涌现性 (Emergent)
- 自然性 (Natural)
- 增量性 (Incremental)
- 关注性 (Attentive)
- 动机性 (Motivated)
- 抽象性 (Abstractive)。

*Juyang Weng etc. Emergent Turing Machines and Operating Systems for Brain-Like Auto-Programming for General Purposes. www.AAAI.org,2015*

# 自主智力发展

将自主学习机制引入智能体(agent)，目标是为了让智能体(agent)具有像人类一样的自主学习能力，其结构如图所示，其中控制中枢和自主智力发展 (Autonomous Mental Development, AMD)是智能体(agent)的根本，知识库、通信机制、感知器和效应器也是一个具有自主学习能力的智能体的必不可少的组件。



# 思考题

---

- 10-1 皮亚杰的儿童智力发展划分为哪些阶段？
- 10-2 为什么图式可以作为认知结构的基本单元？
- 10-3 什么是智商？
- 10-4 举例说明什么是认知结构？
- 10-5 采用态射-范畴论描述认知结构的基本原理是什么？
- 10-6 如何构建智力发展的人工系统？



# Thank You

