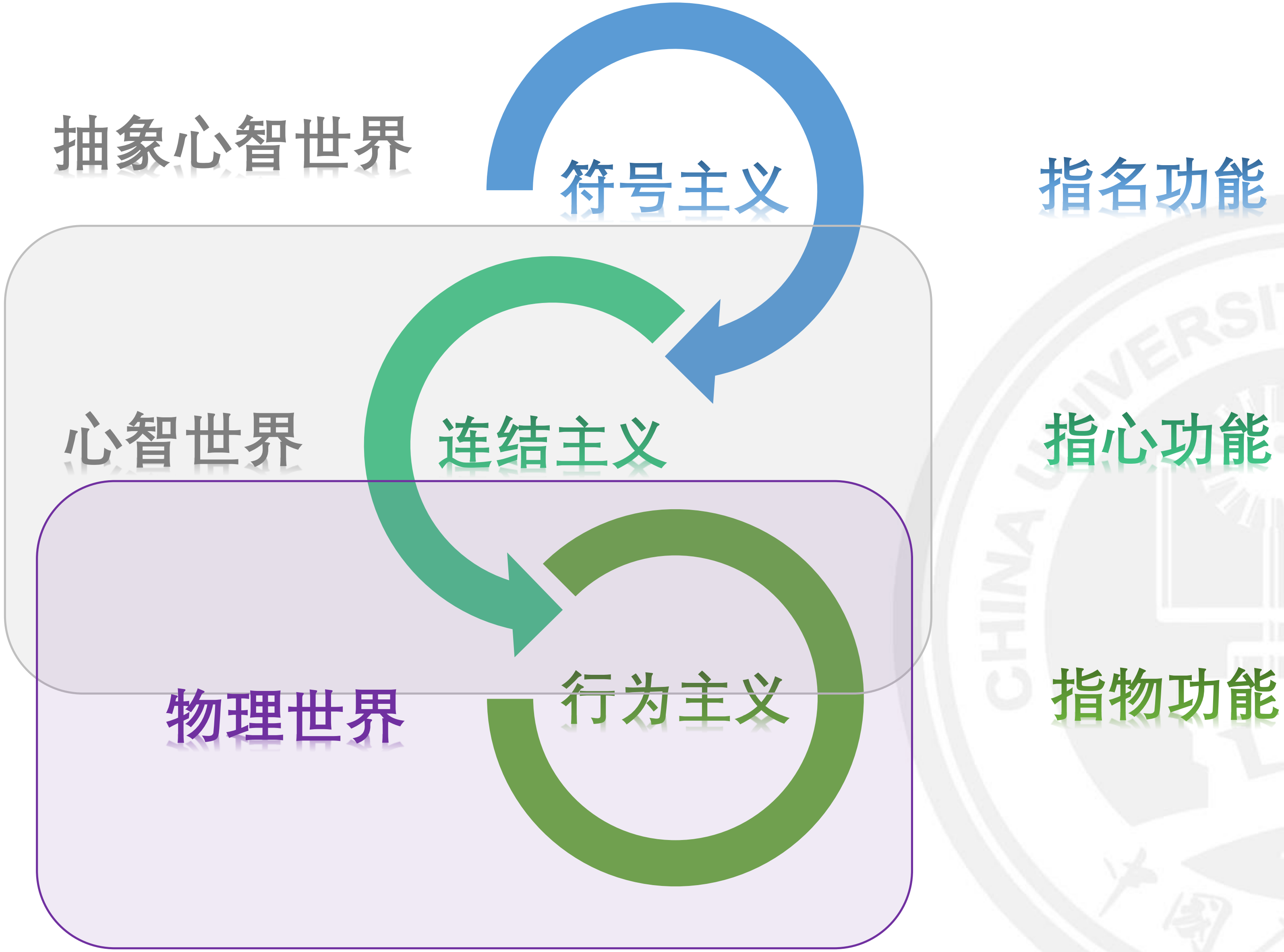
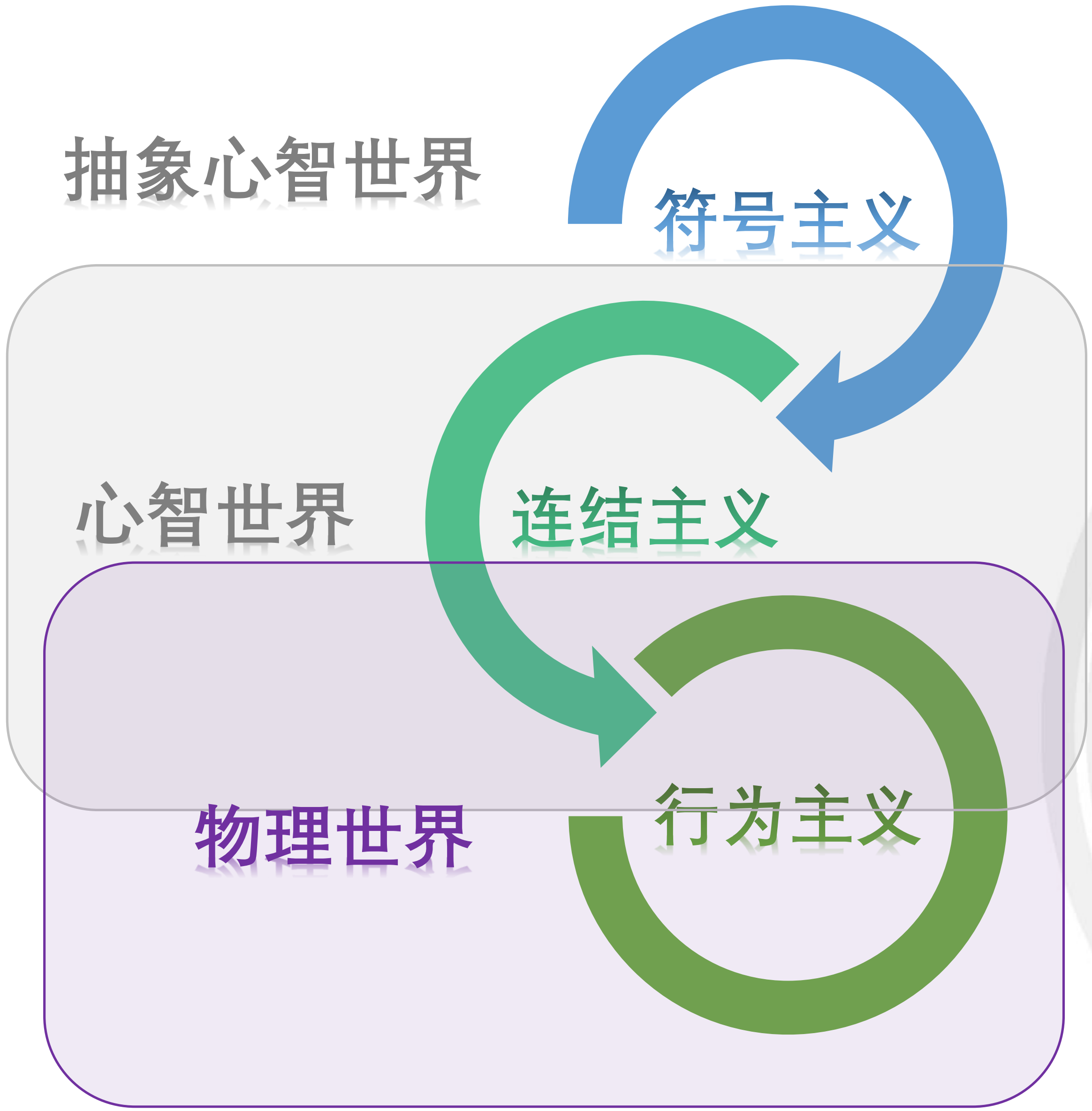
回顾

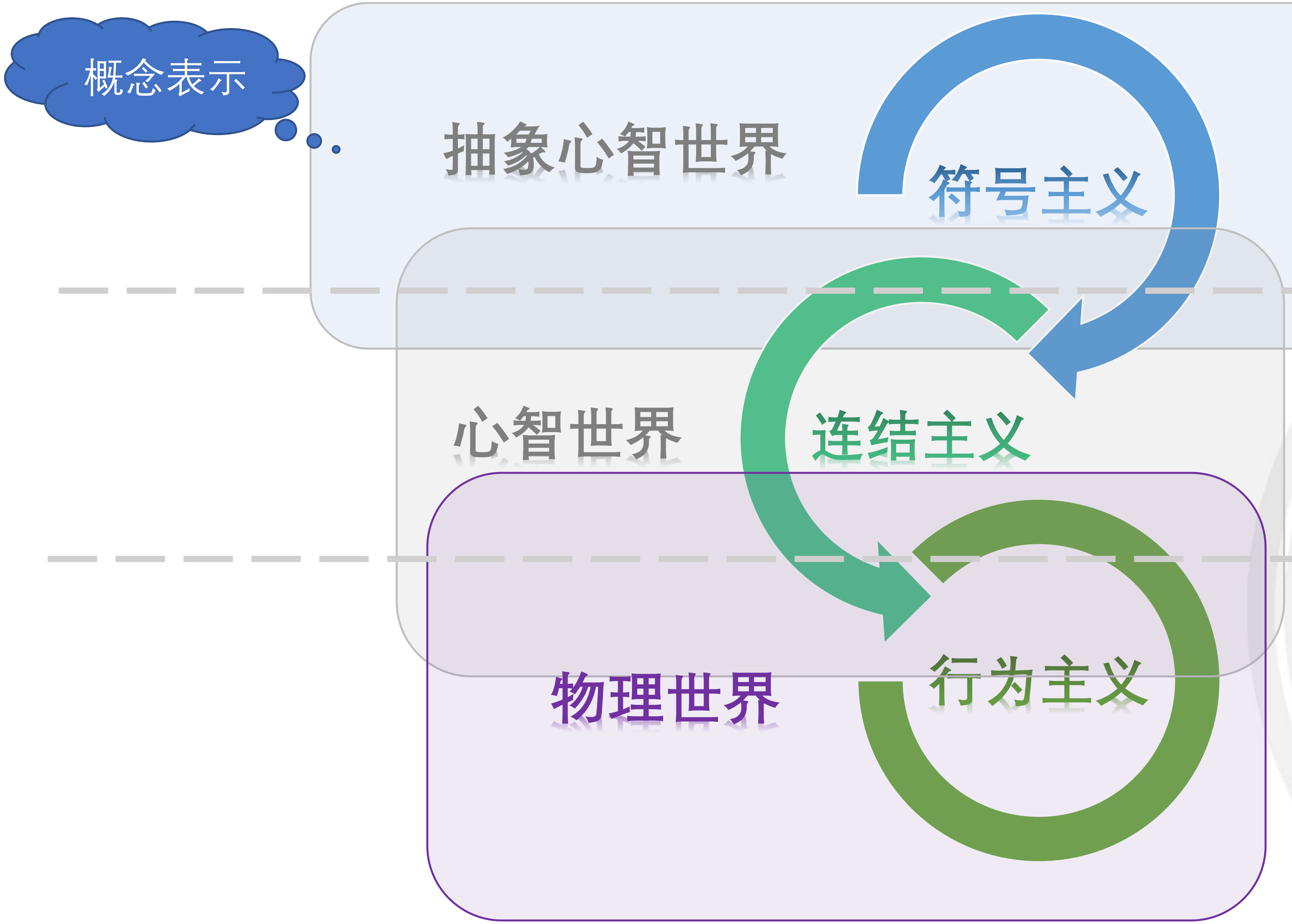


实例：AI象棋

实例：AI象棋



实例：AI象棋



规则：
例如马走日，象走田

策略网络：计算下一步
值网络：计算输赢

通过已有棋局或者
在线对战不断提高
算法效果

中国石油大学(华东)
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM

计算机科学与技术学院
College of Computer Science & Technology

第二章 概念表示

人工智能课题组

智能科学系

目录 CONTENTS

概述

- 对人工智能来说，知识是最重要的部分。

- 知识由概念组成，**概念**是构成人类知识世界的基本单元。

- 如何定义一个概念？
    - 概念的经典理论
    - 概念的原型理论
    - 样例理论
    - 知识理论

2.1 经典概念理论

- 1953年以前，一般认为概念可以准确定义，遵循这样信念的概念定义，称之为概念的经典理论。

命题是非真即假的陈述句。

- 所谓概念的精确定义，就是可以给出一个**命题**。
- 在这种概念定义中，对象属于或不属于一个概念是一个二值问题——一个对象要么属于这个概念，要么不属于这个概念，二者必居其一。

2.1 经典概念理论

一个经典概念由三部分组成：

1、概念名：有一个词语来表示，属于符号世界或者认知世界。

2、概念的内涵表示：用命题来表示，反映和揭示概念的本质属性，是人类主观世界对概念的认知。

3、概念的外延表示：由概念指称的具体实例组成，是一个由满足概念的内涵表示的对象构成的经典集合。

2.1 经典概念理论

经典概念大多隶属于科学概念，比如：

- 偶数：

  1、概念名：偶数

  2、内涵：能被2整除的自然数

  3、外延：{0, 2, 4, 6, 8, …..}

- 英文字母：

  1、概念名：英文字母

  2、内涵：英文单词里使用的字母符号

  3、外延：{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z}

概念是人工智能的数据结构

2.1 经典概念理论

经典概念：

- 既可以使用其**内涵表示**进行计算（2.2 数理逻辑）
- 又可以使用其**外延表示**进行计算（2.3 集合论）

2.2 数理逻辑-命题

- 概念的内涵表示是用命题来表示的。命题是非真即假的陈述句。

- 命题的真值：命题对应真假的判断结果称为命题的真值。

- 真（假）命题：真值为真（假）的命题。

- 命题的分类：
  1、**简单命题**（原子命题）：不能再继续分解为更简单的命题的命题。
  2、**复合命题**：通过联结词联结而成的命题，称为复合命题。

2.2 数理逻辑-命题

实例：

①您去电影院吗？

②看花去！

③天鹅！

④这句话是谎言。

⑤哎呀，您······

⑥ $x = 2$

2.2 数理逻辑-命题

实例：

①您去电影院吗？ （不是陈述句）

②看花去！ （不是陈述句）

③天鹅！ （不是陈述句）

④这句话是谎言。 （悖论）

⑤哎呀，您・・・・・・ （不是陈述句）

⑥ $x=2$ （真假值依赖于x的值，不能确定）

2.2 数理逻辑-逻辑联结词

- 在命题逻辑中，简单命题常用p, q, r, s, t等小写字母表示。复合命题则用简单命题和逻辑联结词进行符号化。
- 常见的逻辑联结词（有五个）：

1. **否定联结词**：一元联结词，符号为¬。设p为命题，复合命题“非p”（或p的否定）表示为$\neg p$。
   - 自然语言中一般用“非”“不”表示。例如，惠子曰：“子非鱼，安知鱼之乐?”庄子曰：“子非我，安知我不知鱼之乐?”
   - 但是，并不是所有的“非”“不”都对应否定联结词。
2. **合取联结词**：二元联结词，符号为∧。设p,q为两个命题，复合命题“p并且q”（或“p与q”）称为p与q的合取式，记作$p \wedge q$。*规定当且仅当p与q同时为真时$p \wedge q$为真。*
   - 自然语言中一般用“既・・・又・・・”“不但・・・而且・・・”“虽然・・・但是・・・”“一面・・・一面・・・”“一边・・・一边・・・”表示。
   - 并不是所有的“与”“和”对应∧，比如“赵构与秦桧是同谋”。

2.2 数理逻辑-逻辑联结词

- 常见的逻辑联结词：

  3. **析取联结词**：二元联结词，符号为∨。设p,q为两个命题，复合命题“p或者q”称为p与q的析取式，记作$p \vee q$。*规定当且仅当p与q同时为假时$p \vee q$为假。*
     - 在数理逻辑中，∨是相容或。
     - 自然语言中的“或者”与∨不完全相同，自然语言中的“或者”有时是排斥或，有时是相容或。
  4. **蕴涵联结词**：二元联结词，符号为→。设p,q为两个命题，复合命题“如果p则q”称为p与q的蕴涵式，记作$p \rightarrow q$。*规定当且仅当p为真且q为假时$p \rightarrow q$为假，q是p的必要条件。*
     - 自然语言中，存在很多看起来差别很大的表达方式，如“只要p，就q”“因为p，所以q”“p仅当q”“只有q才p”“除非q才p”“除非q，否则非p”都等价于$p \rightarrow q$。
     - 日常生活里$p \rightarrow q$中的前件p和后件q往往存在某种内在关系；在数理逻辑中，并不要求p与q有任何联系。

2.2 数理逻辑-逻辑联结词

- 常见的逻辑联结词：

  5. 等价联结词：二元联结词，符号为↔。设p,q为两个命题，复合命题“p当且仅当q”称为p与q的等价式，记作$p \leftrightarrow q$。*规定当且仅当p与q同为真或同为假时$p \leftrightarrow q$为真。*

2.2 数理逻辑-推理和计算

- 通过定义逻辑联结词和将命题符号化，可以在命题范围内进行推理和计算，例如：很容易证明$p \rightarrow q \Leftrightarrow \neg p \vee q$两个逻辑公式是逻辑等价的。

- 但是，命题逻辑并不总是能够处理日常生活中的简单推理，如命题（4）（任何人都会死，苏格拉底是人，因此，苏格拉底是会死的。）
- 是著名的苏格拉底三段论，显然恒为真。但是如果使用命题逻辑，只能分解到简单命题，不能推断出命题恒为真。因为，对于日常生活中的逻辑推理来说，简单命题并不是最终的基本单位，需要进一步分解。

- 将命题进一步分解研究的逻辑称为**谓词逻辑**。

2.2 数理逻辑-谓词逻辑

在谓词逻辑中：

1、**主语宾语**都对应于研究对象中可以独立存在的具体或者泛指的客体，称为**个体词**。

- 具体的如苏格拉底、李白、太阳等。表示具体或者特指的客体的个体词称作个体常项，*常用小写字母a, b, c等表示*；
- 泛指的如人、奇数、三角形等。表示泛指的个体词称为个体变项，*常用x, y, z等表示*。

2、**谓语**是用来刻画个体词性质或者个体词之间相互作用关系的，在谓词逻辑中称为**谓词**。

- *常用大写字母F，G，H等表示。*表示具体性质或关系的谓词称为谓词常项；表示泛指或者抽象的性质或关系的谓词称为谓词变项。

2.2 数理逻辑-谓词逻辑

在谓词逻辑中：

- 一般的，含有n个（$n \geq 1$）个体变项$x_1, x_2, \cdots, x_n$的谓词F称为n元谓词，记作$F(x_1, x_2, \cdots, x_n)$。
  - n元谓词是以个体域为定义域、以{0,1}为值域的n元函数或关系。
  - 当$n = 1$时，$F(x_1)$表示x_1具有性质F。
  - 当$n \geq 2$时，$F(x_1, x_2, \cdots, x_n)$表示$x_1, x_2, \cdots, x_n$具有关系F。
  - 没有个体变项的谓词称为0元谓词，如$H(a), G(a,b), F(a_1, a_2, \cdots, a_n)$
  - **当H, G, F等是谓词常项（*表示具体性质或关系的谓词称为谓词常项；表示泛指或者抽象的性质或关系的谓词称为谓词变项。*）时，0元谓词就是命题。**

2.2 数理逻辑-谓词逻辑

在谓词逻辑中，用量词表示个体变项与个体常项的数量关系。

- 分为**全称量词**和**存在量词**两种。

  1、常见词如“一切”“所有”“任意”“每一个”“凡”“都”等都称为全称量词。符号为$\forall$。 $\forall x$表示个体域里的所有个体，而个体域事先确定。 $\forall x H(x)$表示个体域里所有的x都有关系都有性质H，$\forall x \forall y G(x,y)$表示个体域里所有的$x$和$y$都有关系$G$ ，这里H,G是谓词。

  2、常见词如“存在”“有一个”“有的”“至少有一个”等都称为存在量词。符号为$\exists$。 $\exists x$表示个体域里的某个个体，而个体域事先确定。 $\exists x H(x)$表示个体域里某个x具有性质H，$\exists x \exists y G(x,y)$表示个体域里某个$x$和某个$y$有关系$G$ 。

2.2 数理逻辑-谓词符号化

现在，将下面的句子进行谓词符号化：

①两个奇数之和是奇数。

令$F(x)$：x是奇数。　可谓词符号化为：$\forall x\forall y(F(x)\wedge F(y)\rightarrow F(x+y))$。

②欧拉常数是无理数。

令a：欧拉常数　$F(x)$，x是无理数。　可谓词符号化为$F(a)$。

③有缺点的战士毕竟是战士，完美的苍蝇毕竟是苍蝇。

令$F(x)$：x是战士；　$G(x)$:x是苍蝇；　$S(x)$:x是有缺点的；　$P(x)$:x是完美的。　可谓词符号化为：$\forall x(F(x)\wedge S(x)\rightarrow F(x))\wedge\forall x(G(x)\wedge P(x)\rightarrow G(x))$。

④任何人都会死，苏格拉底是人，因此，苏格拉底是会死的。

令$F(x)$：x会死；　$M(x)$:x是人；　a：苏格拉底。　可谓词符号化为：$(\forall x(M(x)\rightarrow F(x))\wedge M(a))\rightarrow F(a)$。

2.2 数理逻辑-谓词符号化

现在，将下面的句子进行谓词符号化：

⑤ 如果下雨，则我打伞。

令$F(x)$：x下雨；　$G(x)$: x打伞；　a：天；　b：我。　可谓词符号化为：$F(a)\rightarrow G(b)$。

⑥ 三角形的三个内角之和是180°，当且仅当过直线外一点有且仅有一条直线与已知直线平行。

令$F(x)$：x是三角形的三个内角之和；　$G(y)$: y是180°；　$L(x)$: x是直线；　$P(x,y)$: x与y平行；

$Pix(x)$: x是一个点；　$H(x,y,z)$: x过y外z。　可谓词符号化为：$(\forall x(F(x)\rightarrow G(x)))\leftrightarrow \forall x\forall y(L(x)\wedge Pix(y)\rightarrow \exists z(L(z)\wedge H(z,x,y)\wedge P(z,x))$。

⑦ 李白要么擅长写诗，要么擅长喝酒。

⑧ 李白既不擅长写诗，也不擅长喝酒。

2.2 数理逻辑-谓词符号化

现在，将下面的句子进行谓词符号化：

⑤ 如果下雨，则我打伞。

令$F(x)$：x下雨；　$G(x)$: x打伞；　a：天；　b：我。　可谓词符号化为：$F(a) \to G(b)$。

⑥ 三角形的三个内角之和是180°，当且仅当过直线外一点有且仅有一条直线与已知直线平行。

令$F(x)$：x是三角形的三个内角之和；　$G(y)$: y是180°；　$L(x)$: x是直线；　$P(x,y)$: x与y平行；

$Pix(x)$: x是一个点；　$H(x,y,z)$: x过y外z。　可谓词符号化为：$(\forall x(F(x) \to G(x))) \leftrightarrow \forall x \forall y(L(x) \wedge Pix(y) \to \exists z(L(z) \wedge H(z,x,y) \wedge P(z,x))$。

⑦ 李白要么擅长写诗，要么擅长喝酒。

令$F(x)$：x擅长写诗；$G(x)$: x擅长喝酒；　a：李白。　可谓词符号化为：$(G(a) \wedge \neg F(a)) \vee (\neg G(a) \wedge F(a))$

⑧ 李白既不擅长写诗，也不擅长喝酒。

令$F(x)$：x擅长写诗；$G(x)$: x擅长喝酒；a：李白。可谓词符号化为：$\neg F(a) \wedge \neg G(a)$ 。

2.3 集合论

- 一个由概念指称的所有对象组成的整体称为该概念的集合，这些对象就是集合的元素或者成员。该概念名为集合的名称，该集合称为对应*概念的外延表示*，集合中的元素为对应概念的指称对象。

- 为了方便计算，集合通常用大写字母标记，例如，自然数集合$\boldsymbol{N}$、整数集合$\boldsymbol{Z}$、有理数集合$\boldsymbol{Q}$、实数集合$\boldsymbol{R}$、复数集合$\boldsymbol{C}$等。

- 集合有两种表示方法：一种是枚举表示法，一种是谓词表示法。
  1、**集合的枚举表示法**，指列出集合中的所有元素，如$\boldsymbol{A} = \{1, 2, 3, 4, 5\}$、$\boldsymbol{N} = \{0, 1, 2, 3, 4, \cdots\}$。
  2、**集合的谓词表示法**，是用谓词来概括集合中元素的属性，如$\boldsymbol{B} = \{x | x \in \boldsymbol{R} \wedge x^2 - 2 = 0\}$表示方程$x^2 - 2 = 0$的解集。

2.3 集合论

集合论概念：

1、元素和集合之间的关系是隶属关系，即属于或者不属于，属于记号为$\in$，不属于记号为$\notin$。例如，**假设$A=\{a,\{a,b\},\{a\},\{a,\{a,b\}\}\}$，则$a\in A,\{a,b\}\in A,\{a\}\in A,\{a,\{a,b\}\}\in A$，但$b\notin A$**。

2、如果A,B是两个集合，且A中的任意元素都是集合B中的元素，则称集合A是集合B的子集，记作$A\subseteq B$。包含的谓词符号化为：$A\subseteq B\Leftrightarrow\forall x(x\in A\rightarrow x\in B)$。

3、如果A,B是两个集合，且$A\subseteq B$和$B\neq A$同时成立，则称A是B的真子集，记作$A\subset B$。真子集的符号化表示为： $A\subset B\Leftrightarrow A\subseteq B\wedge B\neq A$。

2.3 集合论

集合论概念：

4、如果A, B是两个集合，且$A \subseteq B$和$B \subseteq A$同时成立，则称A与B相等，记作$A = B$。相等的谓词符号化表示为：$A = B \Leftrightarrow A \subseteq B \wedge B \subseteq A$。

5、不含任何元素的集合叫作空集，记作ϕ。空集可以符号化表示为：$\phi = \{x | x \neq x\}$。空集是一切集合的子集。

6、集合A的全体子集构成的集合叫作集合A的幂集，记作$P(A)$。如果A为n元素，则$P(A)$有2^n个元素。

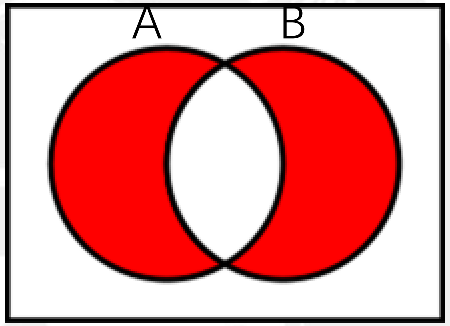
2.3 集合论

集合论概念：

7、在一个具体问题中，如果涉及的集合都是某个集合的子集，则称该集合为全集，记作E。

8、设A,B为集合， A与B的并集$A\cup B$，交集$A\cap B$，B对A的相对补集$A-B$，对称差$A\oplus B$分别定义如下：

$$A\cup B=\{x|x\in A\vee x\in B\}$$
$$A\cap B=\{x|x\in A\wedge x\in B\}$$
$$A-B=\{x|x\in A\wedge x\notin B\}$$
$$A\oplus B=\{x|(x\in A\wedge x\notin B)\vee(x\in B\wedge x\notin A)\}$$



9、在给定全集E之后， $A\subseteq E$， A的绝对补集$\sim A$可定义如下：

$$\sim A=E-A=\{x|x\in E\wedge x\notin A\}$$

练习题

1、 设集合 $A=\{a,b,c\}$，那么下列命题中正确的是______。

A、$\{a\}\in A$ √ B、$\{a\}\subset A$ C、$a\subset A$ D、$\phi\in A$

2、设 A，B 是集合，如果 $A=\{1\}, B=\{1,\{1,2\}\}$，则__________。

A、$A\in B$且$A\subseteq B$ B、$A\in B$但$A\not\subset B$

√ C、$A\notin B$且$A\subseteq B$ D、$A\notin B$且$A\not\subset B$

3、设集合 $A=\{2,a,\{3\},4\}$，那么下列命题中错误的是______。

√ A、$\{a\}\in A$ B、$\{a,4,\{3\}\}\subseteq A$ C、$\{a\}\subseteq A$ D、$\phi\subseteq A$

4.设 A、B 为两个集合，A={1,2,4},B={3,4}，则从 A∩B＝ {4} ；A∪B ＝{1,2,3,4};A－B＝ {1,2} .

5、设 $x=\{2,4,6,\cdots\}$，集合的这种表示方法称为 枚举表示法 ；

Y={x | x 是正偶数}，集合的这种表示方法称为 谓词表示法 。

6、设全集 $E=\{a,b,c,d,e\}$，$A=\{a,b,c\}$，$B=\{a,d,e\}$，则：

$\sim A\cap\sim B=$ ϕ ，A⊕B= {b，c，d，e} 。

2.4 概念的现代表示理论

- 现实生活中很多事情难以用经典概念中非0即1的表示方式计算：
  - 著名的“秃子悖论”可以清楚的说明这一点。所谓的“秃子悖论”是如下一个陈述句：比秃子多一根头发的人也是秃子。如果假设“秃子”这个概念是经典概念，那么运用经典推理技术，从“头上一根头发也没有的人是秃子”这个基准论断出发，经过10万次推理，可推断出“一个人即使具有10万根头发也是秃子”。显然，这是一个荒谬的结论，因为据统计，一个成年人正常有10万根头发。**错误发生在，“秃子”属于经典概念这个假设不成立。**
- 1953年，***维特根斯坦***在《***哲学研究***》中对概念的内涵表示的存在性提出质疑，明确指出如下假设并**不正确：所有的概念都存在经典的内涵表示（命题表示）**。
  - **这并不意味着概念的内涵表示没有发现时，该概念就不能被正确使用**。人们对日常生活中的概念应用的很好，但是其相应的内涵表示不一定存在。

- 认知科学家提出了一些新概念表示理论，如原型理论、样例理论和知识理论

2.4 概念的现代表示理论

新概念表示理论：

1、**原型理论**认为一个概念可以用一个原型来表示。一个原型既可以是一个实际的或虚拟的**对象样例**，也可以是一个假设性的**图示性表征**。通常，假设原型为概念的最理想代表。例如，**“好人”的概念很难有一个命题表示，但在中国，好人通常用雷锋来表示，雷锋就是好人的原型**。

- 在日常生活中，很多概念的边界并不清晰，严格意义上其边界是模糊的

- **扎得**于1965年提出了**模糊集合**的概念。其与经典集合的主要区别在于对象属于集合的特征函数不再是非0即1，而是一个不小于0、不大于1的实数。基于模糊集合发展出**模糊逻辑**。

2.4 概念的现代表示理论

新概念表示理论：

2、**样例理论**认为概念不可能由一个对象样例或原型来代表，但是可以由多个已知样例来表示。

- 一个样例属于某个特定概念*A*而不是其他概念，仅仅因为该样例更像特定概念*A*的样例表示而不是其他概念的样例表示。

- 概念的样例表示通常有三种不同的**形式**：
  1. 由该概念的所有已知样例来表示
  2. 由该概念的已知最佳、最经典或者最常见的样例来表示
  3. 由该概念的经过选择的部分已知样例来表示

➢ 例如：人的表情

2.4 概念的现代表示理论

新概念表示理论：

3、**知识理论**认为，概念是特定知识框架（文明）的一个组成部分。

- 认知科学家发现在各种人类文明中都存在颜色概念，但是具体的颜色概念各有差异，**因此推断出单一概念不可能独立于特定的文明之外存在。**

缃色：浅黄色。
茶色：一种比栗色稍红的棕橙色至浅棕色。
驼色：一种比咔叽色稍红而微淡、比肉桂色黄而稍淡和比核桃棕色黄而暗的浅黄棕色。
昏黄：形容天色、灯光等呈幽暗的黄色。
栗色：栗壳的颜色。即紫黑色。
赭：赤红如赭土的颜料,古人用以饰面。
赭色：红色、赤红色。
褐色： 黄黑色。
枯黄：干枯焦黄。
秋色：比一般橄榄棕色稍暗,且稍稍绿些。
秋香色：浅黄绿色。

玄色：赤黑色，黑中带红的颜色，又泛指黑色
玄青：深黑色
乌色：暗而呈黑的颜色
乌黑：深黑；漆黑
漆黑：非常黑的
墨色：即黑色
墨灰：即黑灰
缁色：帛黑色
煤黑象牙黑：都是黑，不过有冷暖之分。
黧：黑中带黄的颜色
黎：黑中带黄似黎草色
黝：本义为淡黑色或微青黑色。
黝黑：（皮肤暴露在太阳光下而晒成的）青黑色
黯：深黑色、泛指黑色
赤金：足金的颜色
金色：平均为深黄色带光泽的颜色
银白：带银光的白色

THANKS