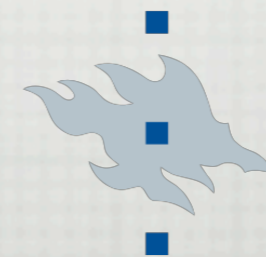


# JOHDATUS TEKOÄLYYN

TEEMU ROOS



HELSINGIN YLIOPISTO

# LOGICOMIX



EINE EPISCHE SUCHE NACH WAHRHEIT

APOSTOLOS DOXIADIS UND CHRISTOS H. PAPADIMITRIOU

GRAFIK VON ALECOS PAPADATOS UND ANNIE DI DONNA

ÜBERSETZUNG VON EBI NAUMANN

ATRIUM

# LOGIikkaA

---

\* TERMI:

MUUTTUJA:  $A, B, C, \dots$

VAKIO:  $a, b, c, \dots$

\* PREDIKAATTI: SISÄLLÄ, ULKONA, ...

\* LAUSE:  $ULKONA(A) \Leftrightarrow \neg SISÄLLÄ(A)$

"SITÄ ON JOKO ULKONA TAI SISÄLLÄ."

\* LAUSE:  $ULKONA(A) \wedge SATAA \Leftrightarrow KASTUU(A)$

"JOS ON ULKONA JA SATAA, KASTUU."

\* PÄÄTTELY:  $\frac{\neg KASTUU(a)}{SISÄLLÄ(a) \vee \neg SATAA}$

"JOS  $a$  EI KASTU,  $a$  ON JOKO SISÄLLÄ TAI SITTEEN EI SADA."

# LOGIIKKA

---

\*  $LINTU(A) \Rightarrow LENTÄÄ(A)$   
 $PINGVIINI(A) \Rightarrow LINTU(A)$   
 $PINGVIINI(tweety)$   
 $LENTÄÄ(tweety)$

\*  $ISÄ(X,Y) \Rightarrow LAPSI(Y,X)$   
 $ÄITI(X,Y) \Rightarrow LAPSI(Y,X)$   
 $ISÄ(X,Y) \wedge ISÄ(Y,Z) \Rightarrow LAPSENLAPSI(Z,X) \wedge ISOISÄ(X,Z)$

$LAPSI(luke skywalker, darth vader)$   
 $\neg \text{ÄITI}(darth vader, luke skywalker)$   
 $ISÄ(darth vader, luke skywalker) ???$

EI SEURAA!!!

# LOGIIKKA

---

\*  $LINTU(A) \Rightarrow LENTÄÄ(A)$   
 $PINGVIINI(A) \Rightarrow LINTU(A)$   
 $PINGVIINI(tweety)$   
 $LENTÄÄ(tweety)$

\*  $ISÄ(x,y) \vee ÄITI(x,y) \Leftrightarrow LAPSI(y,x)$

$ISÄ(x,y) \wedge ISÄ(y,z) \Rightarrow LAPSENLAPSI(z,x) \wedge ISOISÄ(x,z)$

$LAPSI(luke skywalker, darth vader)$   
 $\neg ÄITI(darth vader, luke skywalker)$   
 $ISÄ(darth vader, luke skywalker)$



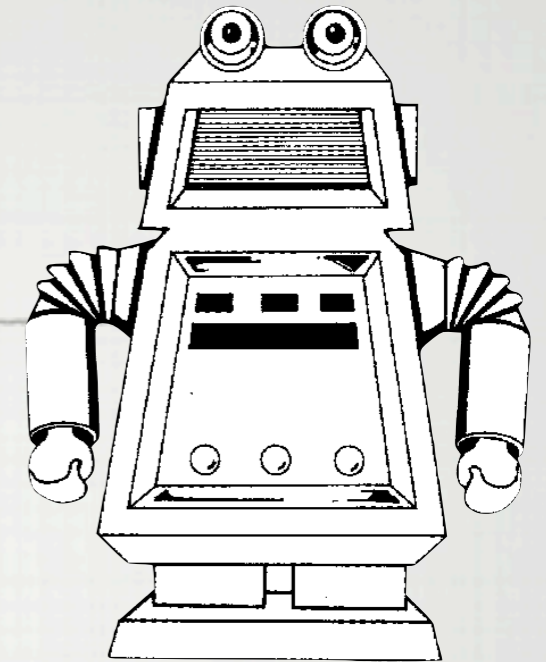
# LOGIIKKA JA ONGELMANRATKAISU

---

- ✱ ALKUTILA:  
LATTIALLA (keltainen palikka)  
PÄÄLLÄ (keltainen palikka, sininen palikka)  
PÄÄLLÄ (punainen palikka, keltainen palikka)
- ✱ SIIRROT:  
PÄÄLLÄ (PALIKKA1, PALIKKA2)  $\Rightarrow$   
 $\neg$ VOI-SIIRTÄÄ-LATTIALLE (PALIKKA2)  
....
- ✱ LOPPUTILA:  
PÄÄLLÄ (sininen palikka, keltainen palikka)



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- \* HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku, vetokärry)

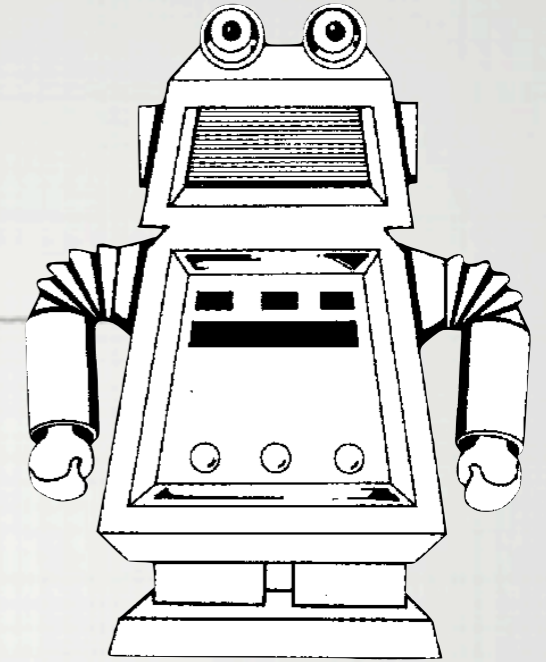
$KYYDISSÄ(x, y) \wedge VEDETÄÄN-ULOS(y) \Rightarrow SIIRTYY-ULOS(x)$

- \* YRITYS 1:

VEDETÄÄN-ULOS (vetokärry) .  
SIIRTYY-ULOS (vara-akku)



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- ★ HUONEESSA (vara-akku)
- HUONEESSA (pommi)
- KYYDISSÄ (vara-akku)

KYYDISSÄ (x, y)  $\wedge$   $\neg$   $\text{HUONEESSA}(y) \Rightarrow$  SIIRTYY-ULOS (x)

- ★ YRITYS 1:

VEDETÄÄN-ULOS (vetokärry) .  
SIIRTYY-ULOS (vara-akku)

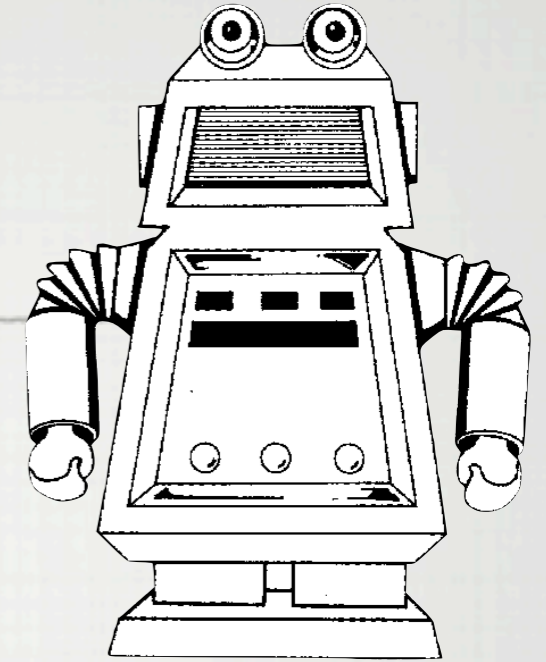
ONGELMA:

KYYDISSÄ (pommi, vetokärry) ???





# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- \* HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku, vetokärry)

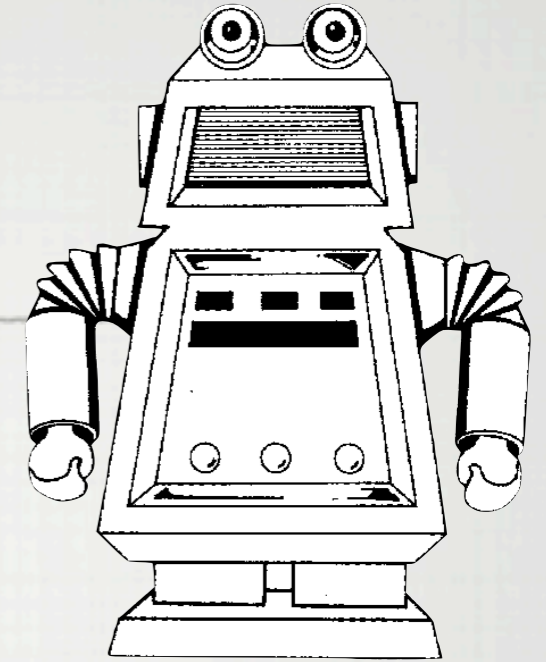
$KYYDISSÄ(x, y) \wedge VEDETÄÄN-ULOS(y) \Rightarrow SIIRTYY-ULOS(x)$

- \* YRITYS 2:

HUONEESSA (matto)  
VEDETÄÄN-ULOS (vetokärry)  
 $\neg$ SIIRTYY-ULOS (matto)



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- \* HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku, vetokärry)

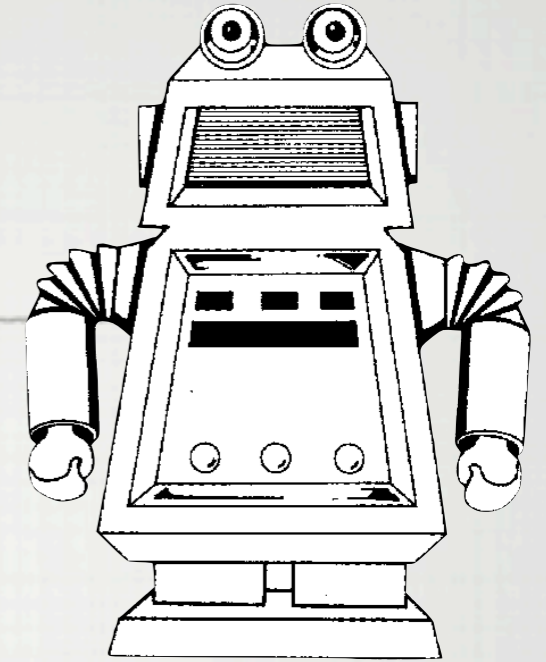
$KYYDISSÄ(x, y) \wedge VEDETÄÄN-ULOS(y) \Rightarrow SIIRTYY-ULOS(x)$

- \* YRITYS 2:

KAUNIS (sää)  
VEDETÄÄN-ULOS (vetokärry)  
KAUNIS (sää)



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- \* HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku, vetokärry)

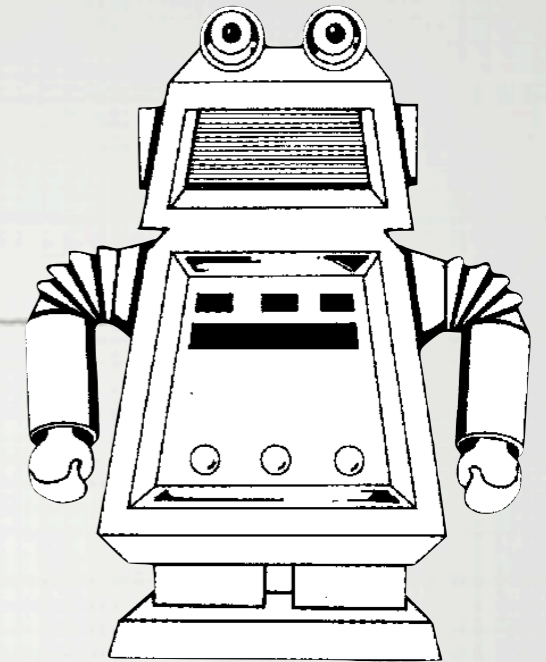
$KYYDISSÄ(x, y) \wedge VEDETÄÄN-ULOS(y) \Rightarrow SIIRTYY-ULOS(x)$

- \* YRITYS 2:

KAUNIS (sää)  $\wedge$  ISÄ (darth vader, luke skywalker)  
VEDETÄÄN-ULOS (vetokärry)  
KAUNIS (sää)  $\wedge$  ISÄ (darth vader, luke skywalker)



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- ★ HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku)

KYYDISSÄ(x,y)  $\wedge$  y  $\neq$  (y)  $\Rightarrow$  SIIRTYY-ULOS(x)

- ★ YRITYS 2:

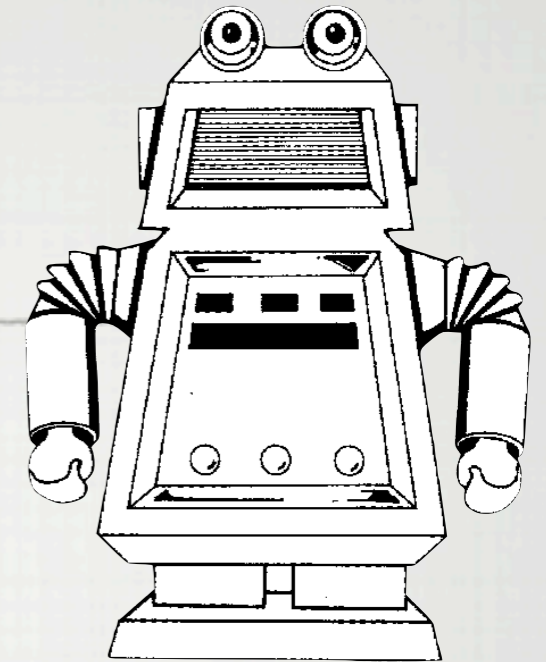
KAUNIS (sää)  $\wedge$  ISÄ (darth vader, luke skywalker)  $\wedge$  ...

VEDETÄÄN-ULOS (vetokärry) .

KAUNIS (sää)  $\wedge$  ISÄ (darth vader, luke skywalker)  $\wedge$  ...



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



- \* HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku, vetokärry)

$KYYDISSÄ(x, y) \wedge VEDETÄÄN-ULOS(y) \Rightarrow SIIRTYY-ULOS(x)$

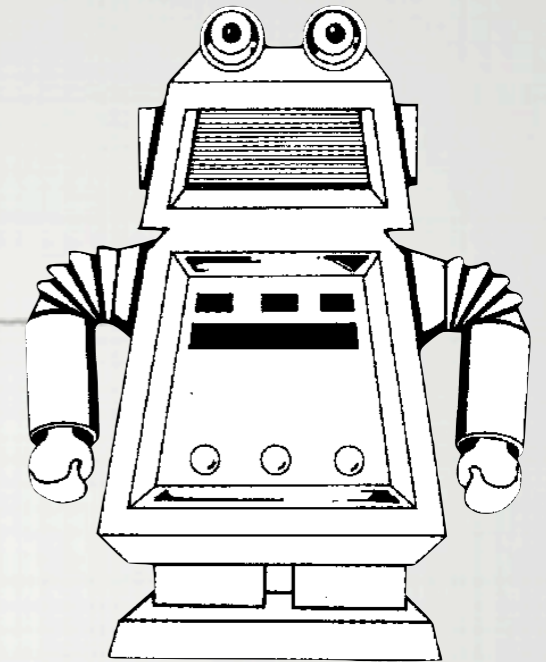
- \* YRITYS 3:

TARVITAAN (vara-akku)

EPÄRELEVANTTI (sää)



# KEHYSONGELMA (Frame problem)



\* HUONEESSA (vara-akku)  
HUONEESSA (pommi)  
KYYDISSÄ (vara-akku)

KYYDISSÄ(x,y)  $\wedge$  y  $\neq$  (y)  $\Rightarrow$  SIIRTYY-ULOS(x)

\* YRITYS 3:

TARVITAAN (vara-akku).

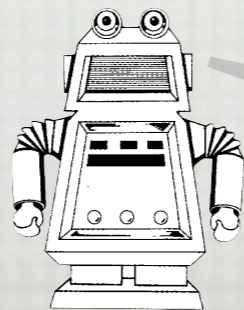
EPÄRELEVANTTI(sää)  $\wedge$  EPÄRELEVANTTI(darth vader)  $\wedge$  ...

(Daniel Dennett, "Cognitive Wheels: The Frame Problem of AI")

# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

---

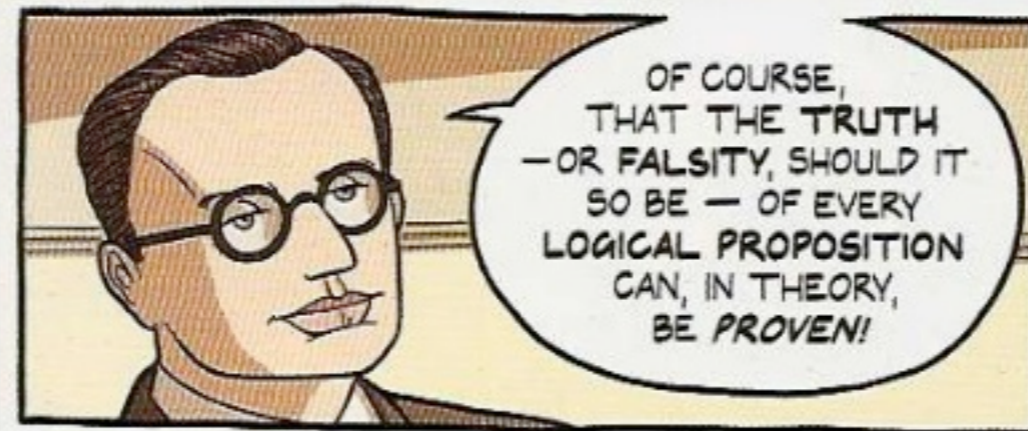
- \* LOGIikka ILMAN PÄÄTTELYKONEISTOA EI RIITÄ TEKOÄLYYN
- \* 1970-LUVUN ALUSSA: PROLOG
- \* PROLOG:
  - DEKLARATIIVINEN OHJELMOINTIKIELI
  - OHJELMA = JOUKKO RELAATIOITA (PREDIKAATTEJA) JA SÄÄNTÖJÄ
  - SUORITUS ALKAA KYSELYSTÄ:  
"ONKO PRED(A) TODISTETTAVISSA?"



"TODISTETTAVISSA"  
ON ERI ASIA KUIN "TOTTA"!

# GÖDEL: EPÄTÄYDELLISYYS

---





GÖ [

YS

It's hard to exaggerate the feeling of excited anticipation as Kurt Gödel began his talk.

HERR PROFESSORS HILBERT AND RUSSELL, DISTINGUISHED COLLEAGUES, I WILL SPEAK TO YOU OF...

...MY RESEARCH ON THE PROVABILITY OF THE PROPOSITIONS OF ARITHMETIC.

HE'S A PLATONIST, LIGHT YEARS FROM WITTGENSTEIN!

LIKE YOU, HE BELIEVES LOGIC IS AN IMAGE OF THE HIGHEST FORM OF TRUTH!

THE POWERFUL METHODS OF THE "PRINCIPIA" NOW ALLOW US, FOR THE FIRST TIME IN HISTORY, TO SPEAK OF A "CORRECTLY FORMULATED QUESTION" IN THEORIES OF MATHEMATICS...

...AND THUS ALSO, FURTHER, TO ASK: "IS A CORRECTLY FORMULATED MATHEMATICAL QUESTION NECESSARILY ANSWERABLE?"

OBVIOUSLY!

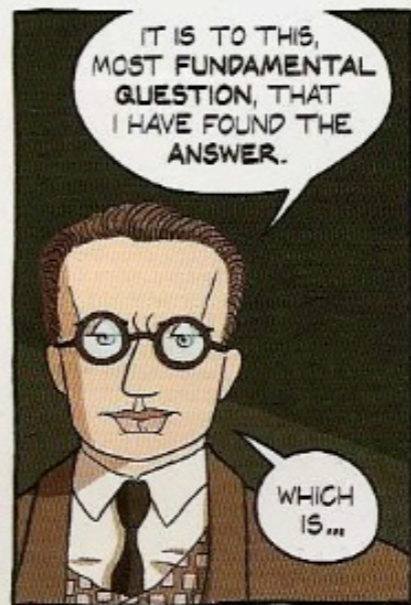
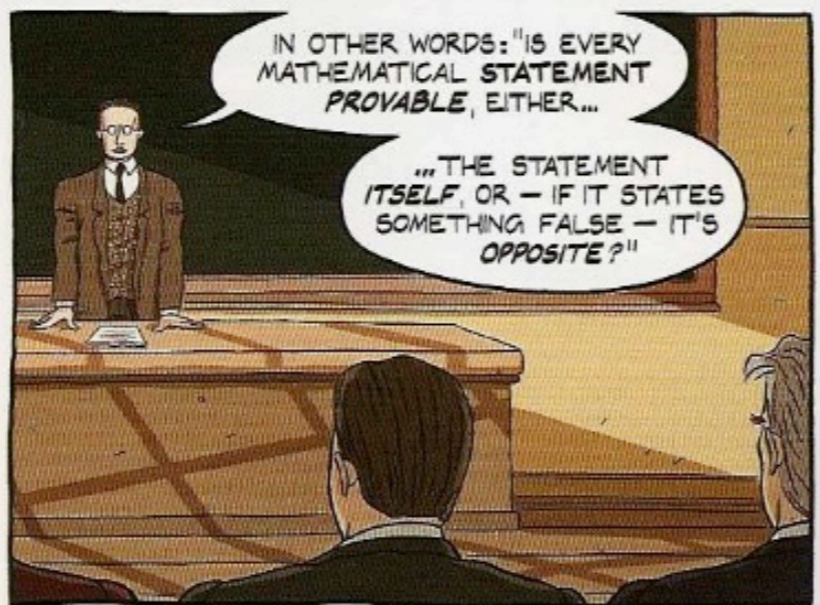


IN OTHER WORDS: "IS EVERY MATHEMATICAL STATEMENT PROVABLE, EITHER...

...THE STATEMENT ITSELF, OR - IF IT STATES SOMETHING FALSE - IT'S OPPOSITE?"

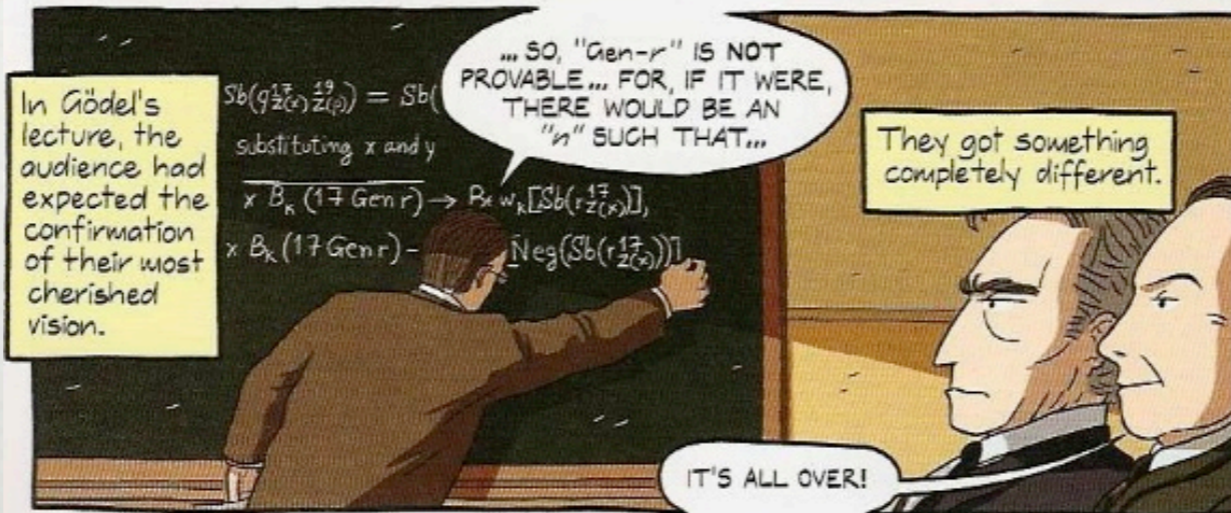
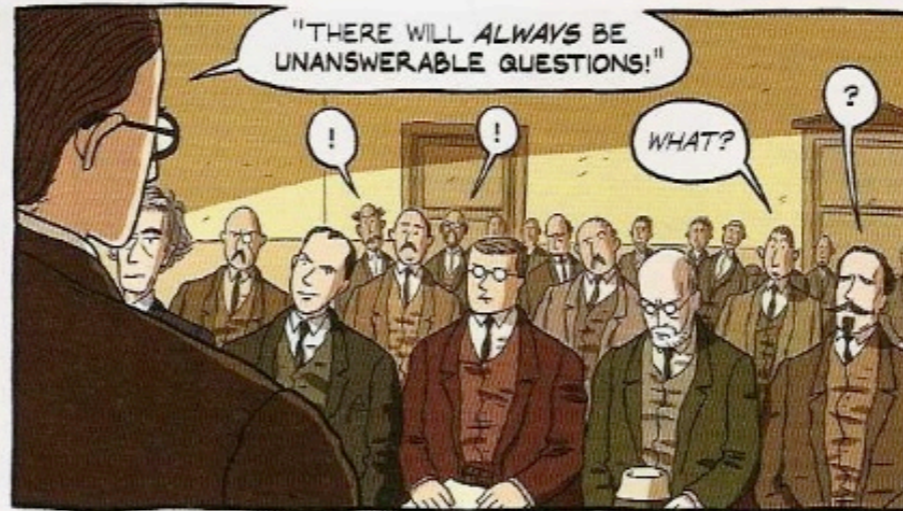
IT IS TO THIS, MOST FUNDAMENTAL QUESTION, THAT I HAVE FOUND THE ANSWER.

WHICH IS...



GÖL

YS



# GÖDEL: EPÄTÄYDELLISYYS

---

\* LAUSE  $p$  VOI OLLA:

1. RISTIRIITAINEN ELI AINA EPÄTOSI:  $q \wedge \neg q$

2. TAUTOLOGINEN ELI AINA TOSI:  $q \vee \neg q$

3. KONTINGENTTI: ISÄ (darth vader, luke skywalker)

\* HUOM: LAUSEEN TÄYTYY OLLA TÄSMÄLLISESTI MUOTOILTU; ESIM. KAUNIS (sää) EI OIKEASTAAN OLE.

\* EI-KONTINGETTI LAUSE  $p$  VOI OLLA:

1. TODISTETTAVISSA EPÄTODEKSI

2. TODISTETTAVISSA TODEKSI

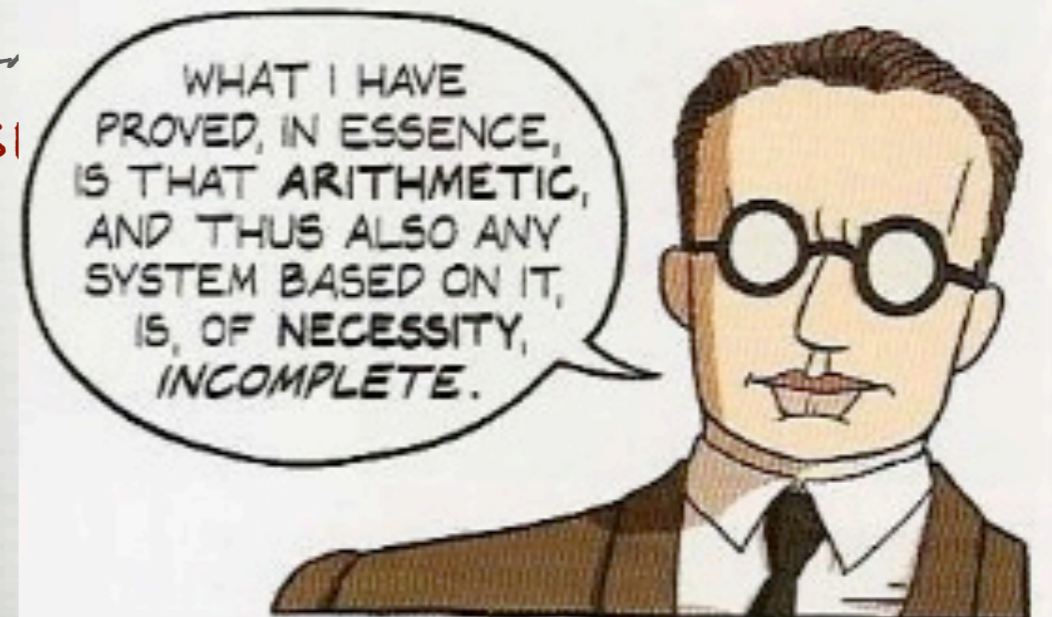
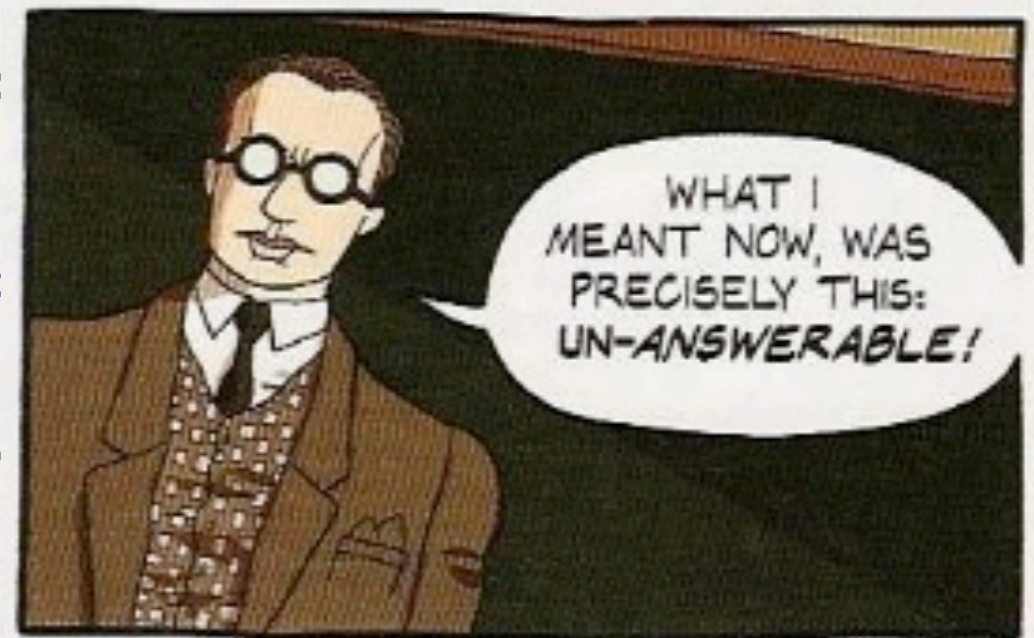
3. RATKEAMATON

# GÖDEL: EPÄTÄYDELLISYYS

- LAUSE  $p$  VOI OLLA:
  - RISTIRIITAINEN ELI AINA EPÄT
  - TAUTOLOGINEN ELI AINA TOSI:
  - KONTINGENTTI: ISÄ

- HUOM: LAUSEEN TÄYTYY OLLA T,  
MUOTOILTU; ESIM. KAUNIS (sää) E

- EI-KONTINGETTI LAUSE  $p$  VOI OLLA:
  - TODISTETTAVISSA EPÄTODEKSI
  - TODISTETTAVISSA TODEKSI
  - RATKEAMATON

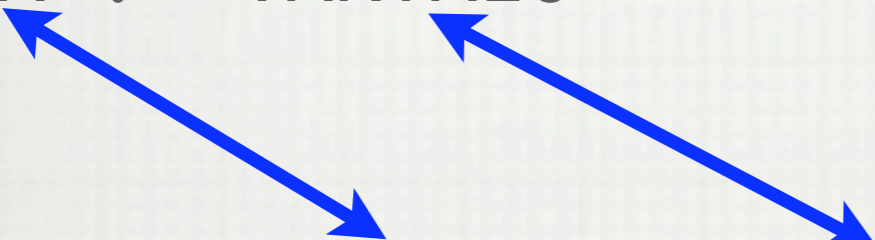


# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

---

PÄÄ :- VARTALO

JOHTOPÄÄTÖS  $\Leftarrow$  LAUSE



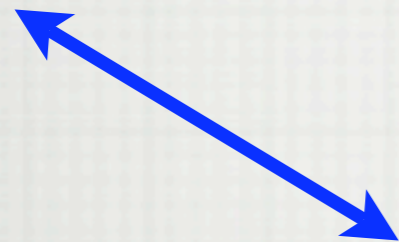
# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

---

PÄÄ :- VARTALO

kissa(felix) :- true.

?- kissa(felix).



KYSELY

# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

---

PÄÄ :- VARTALO

kissa(felix) :- true.

?- kissa(felix).

yes

?- kissa(X).

X = felix

yes

# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

---

PÄÄ :- VARTALO

kissa(felix) :- true.  
eläin(X) :- kissa(X).

?- eläin(X).

X = felix

yes




# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG

---

PÄÄ :- VARTALO

isäpuoli(X,Y):-äiti(Z,Y),mies(X,Z)

^ "JA"



# LOGIikkaOHJELMOINTI: PROLOG


---

PÄÄ :- VARTALO

isäpuoli(X,Y):-äiti(Z,Y),mies(X,Z),\+isä(X,Y).

äitipuoli(X,Y):-isä(Z,Y),vaimo(X,Z),\+äiti(X,Y).

¬ "EI"

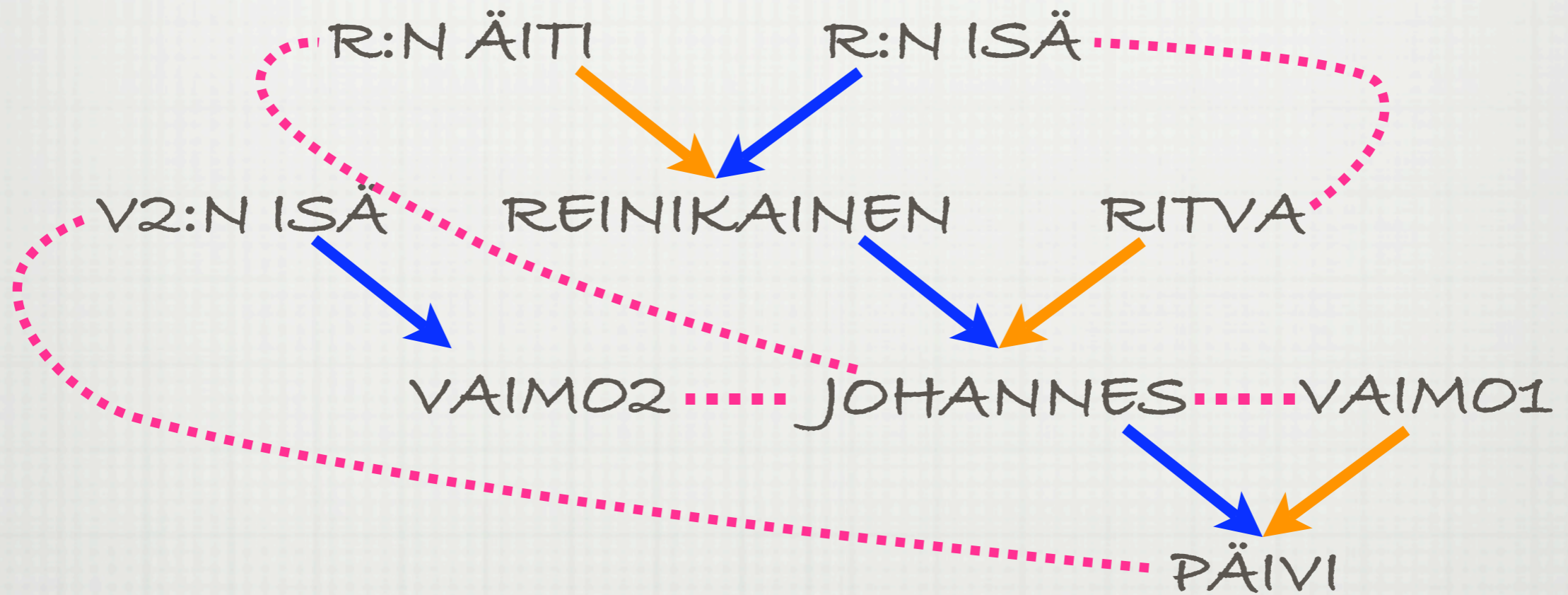




DIVX  
VIDEO

# REINIKAISEN SUKUPUU

---



# REINIKAISEN SUKUPUU

---

```
isapuoli(X,Y):-aiti(Z,Y),mies(X,Z),\+isa(X,Y).
aitipuoli(X,Y):-isa(Z,Y),vaimo(X,Z),\+aiti(X,Y).
isa(reinikainen,johannes).
isa(reinikaisenisa,reinikainen).
isa(johannes,paivi).
isa(toisenvaimonisa,vaimoII).
aiti(reinikaisenaiti,reinikainen).
aiti(ritva,johannes).
aiti(vaimoI,paivi).
vaimo(ritva,reinikaisenisa)
vaimo(paivi,toisenvaimonisa).
vaimo(vaimoI,johannes).
vaimo(vaimoII,johannes).
vaimo(reinikaisenaiti,johannes). % implisiittista
mies(reinikaisenisa,ritva).
mies(johannes,vaimoI).
mies(johannes,vaimoII).
mies(toisenvaimonisa,paivi).
mies(johannes,reinikaisenaiti). % implisiittista
```

# REINIKAISEN SUKUPUU

---

GNU Prolog 1.3.0

By Daniel Diaz

Copyright (C) 1999-2007 Daniel Diaz

```
| ?- consult('reinikainen').
```

```
compiling /fs-0/3/ttonteri/reinikainen.pl for byte code...  
/fs-0/3/ttonteri/reinikainen.pl compiled, 19 lines read -  
3066 bytes written, 26 ms
```

```
(10 ms) yes
```

```
| ?- isapuoli(X,Y).
```

```
X = johannes
```

```
Y = reinikainen
```

# REINIKAISEN SUKUPUU

---

GNU Prolog 1.3.0

By Daniel Diaz

Copyright (C) 1999-2007 Daniel Diaz

| ?- `aitipuoli(X,Y).`

X = ritva

Y = reinikainen

X = vaimoII

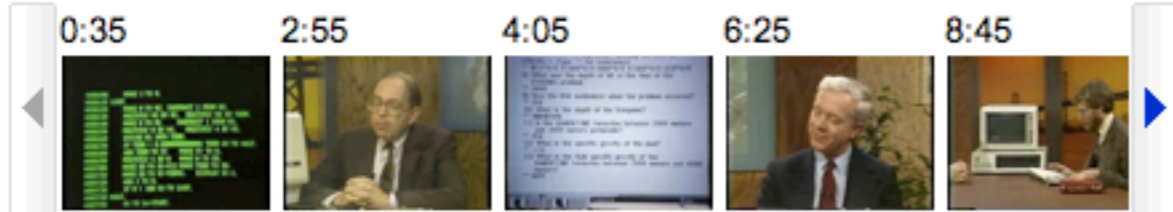
Y = paivi

X = reinikaisenaiti

Y = paivi

X = paivi

Y = vaimoII



## Computer Chronicles: Artificial Intelligence (1984)

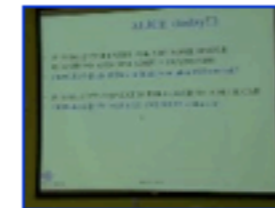
28:14 - 3 years ago

cchronicles.com "An early look at artificial Intelligence. Guests includes Edward Feigenbaum of Stanford University, Nils Nilsson of the AI Center at SRI International, Tom Kehler of Intellegentics, Herb Lechner of SRI, and John McCarthy of Stanford. Featured demonstrations

[+ Embed video](#)

[Report problem](#)

### Playlist: Related videos



[Computers versus Common Sense](#)

1:15:17 - 5 years ago  
[video.google.com](#)



[Computer Chronicles: OS/2 Warp \(1995\)](#)

25:45 - 4 years ago  
[video.google.com](#)



[Computer Chronicles: Amiga 3000 \(1990\)](#)

29:09 - 4 years ago  
[video.google.com](#)



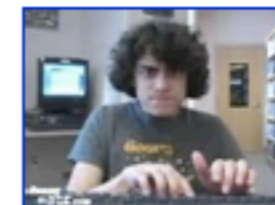
[Computer Chronicles: Apple II Forever \(1...](#)

28:39 - 4 years ago  
[video.google.com](#)



[Computer Chronicles: Shareware \(1988\)](#)

28:12 - 3 years ago  
[video.google.com](#)



[The Computer Chronicles: Episode 9 from ...](#)

1 year ago  
[m.funnyordie.com](#)



[The Computer Chronicles: ...](#)



# CYC

---

(#\$isa #\$BillClinton #\$UnitedStatesPresident)

"BILL CLINTON KUULUU KOKOELMAAN YHDYSVALTAIN PRESIDENTIT"

(#\$genls #\$Tree-ThePlant #\$Plant)

"KAIKKI PUUT OVAT KASVEJA".

(#\$capitalCity #\$France #\$Paris)

"PARIIS ON RANSKAN PÄÄKAUPUNKI."

# CYC

---

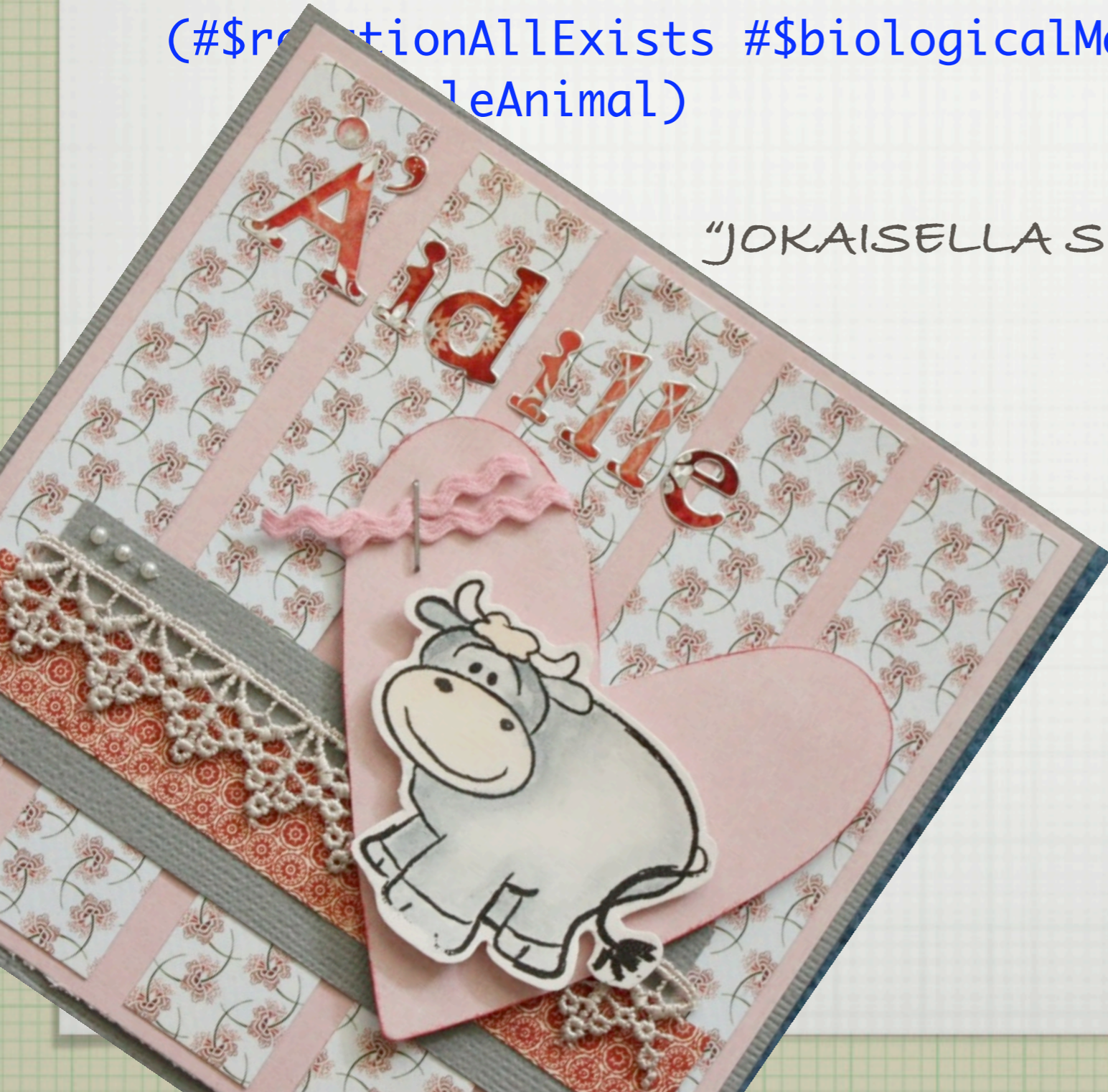
```
(#$implies  
  ($and  
    ($isa ?OBJ ?SUBSET)  
    ($genls ?SUBSET ?SUPERSET))  
  ($isa ?OBJ ?SUPERSET))
```

"JOS OBJ KUULUU KOKOELMAAN SUBSET JA SUBSET ON KOKOELMAN SUPERSET OSAJOUKKO, NIIN OBJ KUULUU KOKOELMAAN SUPERSET."

# CYC

(#\$recreationAllExists #\$biologicalMother #\$ChordataPhylum  
#\$Animal)

"JOKAISILLA SELKÄJÄNTEISELLÄ ON ÄITI."



# CYC

---

- \* RAKENNETTU VUODESTA 1984 ALKAEN DOUG LENAT'N JOHDOLLA.
- \* TAVOITE "COMMON SENSE"
- \* SOVELLETTU ERITYISALOILLA:
  - TERRORISMITIETOKANTA
  - BIOLÄÄKETIETEELLINEN KYSELYJÄRJESTELMÄ

**Doug Lenat, 1998:  
"How to Build HAL Today in  
Three Easy Steps"**

# LOGIIKKA: YHTEENVETO

---

- \* 1980 LUVUN ALKUPUOLELLE ASTI LOGIIKKA PIDETTIIN KESKEISIMPÄNÄ VÄLINEENÄ TEKOÄLYSSÄ
- \* PIENET, RAJATUT "LELUONGELMAT" RATKESIVAT KYLLÄ...
- \* ...MUTTA ONGELMIKSI MUODOSTUIVAT:
  - SKAALAUTUVUUS (ETSINTÄAVARUUS)
  - EPÄVARMAN TIEDON KÄSITTELY
  - LOOGISET PARADOKSIT
- \* TUTKIMUSRAHOITUS ROMAHTI
- \* TILALLE "KONNEKTIONISMI" JA "MODERNI AI".

# LOGIIKKA: YHTEENVETO

\* 1980 LUVUN ALKUPUOLELLE ASTI LOGIIKKA PIDETTIIN KESKEISIMPÄNÄ VÄLINEENÄ TEKOÄLYSSÄ

\* PIENET, RAJATUT "LELUONGELMAT" RATKESIVAT KYLLÄ...

\* ...MUTTA ONGELMIKSI MUODOSTUVA  
- SKAALAUTUVUUS (ETSINTÄAVAR  
- EPÄVARMAN TIEDON KÄSITTELY  
- LOOGISET PARADOKSIT

\* TUTKIMUSRA EDELLEEN SOVELLUKSIA:

\* TILALLE "K" - OHJELMIEN VALIDOINNISSA  
JA "MODERNI" - MATEMATIIKASSA (TODISTUS)  
- SEMANTTINEN WEB

- ...

