[MAC0211] Laboratório de Programação I
Aula 7
Linguagem de Montagem
(Depuradores, Recursão e Segmentação da Memória)

Alair Pereira do Lago

DCC–IME–USP

19 de março de 2015

Acessando os argumentos passados via linha de comando [32 bits] – argc e argv são passados na pilha

```
.global main
.text
main:
     movl    4(%esp),%ecx       # ecx <- argc
     movl    8(%esp),%ebx       # ebx <- argv

mostra:
     pushl   %ecx           # salva os registradores
     pushl   %ebx
     pushl   (%ebx)         # a string argumento a ser mostrada
     call    puts           # imprime-a
     addl    $4,%esp        # libera o espaco dos args na pilha
     popl    %ebx           # recupera os registradores
     popl    %ecx

     addl    $4, %ebx       # aponta para o proximo argumento
     decl    %ecx           # atualiza a qtde de argumentos a mostrar
     jnz     mostra         # se ainda houver argumentos, continua

     ret
```

Acessando os argumentos passados via linha de comando [64 bits] – argc em RDI e argv em RSI

```
.global main
.text
main:
     push    %rdi              # salva os registradores que
     push    %rsi              #     o puts estraga
     mov     (%rsi), %rdi      # o argumento a ser mostrado
     call    puts              # imprime-o
     pop     %rsi              # restaura os registradores
     pop     %rdi

     add     $8, %rsi      # aponta para o prox argumento
     dec     %rdi          # atualiza a qtde de argumentos
     jnz     main          # se ainda ha argumentos, continua
     ret
```

Depuração de programas em linguagem de montagem

Passo 1:

- Inserir a opção **-g** na linha de comando do GCC, do NASM ou do GAS, para instruir o programa a incluir informações de depuração no executável final

Passo 2:

- Rastrear a execução do programa com o *Data Display Debugger* (`ddd`) ou o *GNU Project debugger* (`gdb`) do Linux.

Exemplo

```
$ gcc -g -o prog prog.c soma.s
$ ddd prog
```

Depuração de programas em linguagem de montagem

DDD

Exemplo de uso: `$ ddd prog`

- Para visualizar os registradores, ative a opção por meio do menu Status > Registers

GDB

Exemplo de uso: `$ gdb prog`

Comandos básicos:

- **l** – lista o código
- **break N** – coloca um breakpoint na linha N
- **run** – executa o programa
- **s** – executa passo a passo
- **info registers** – mostra os registradores (informações mostradas: nome, valor em hexadecimal e valor em decimal)

Recursão

Fatorial – algoritmo

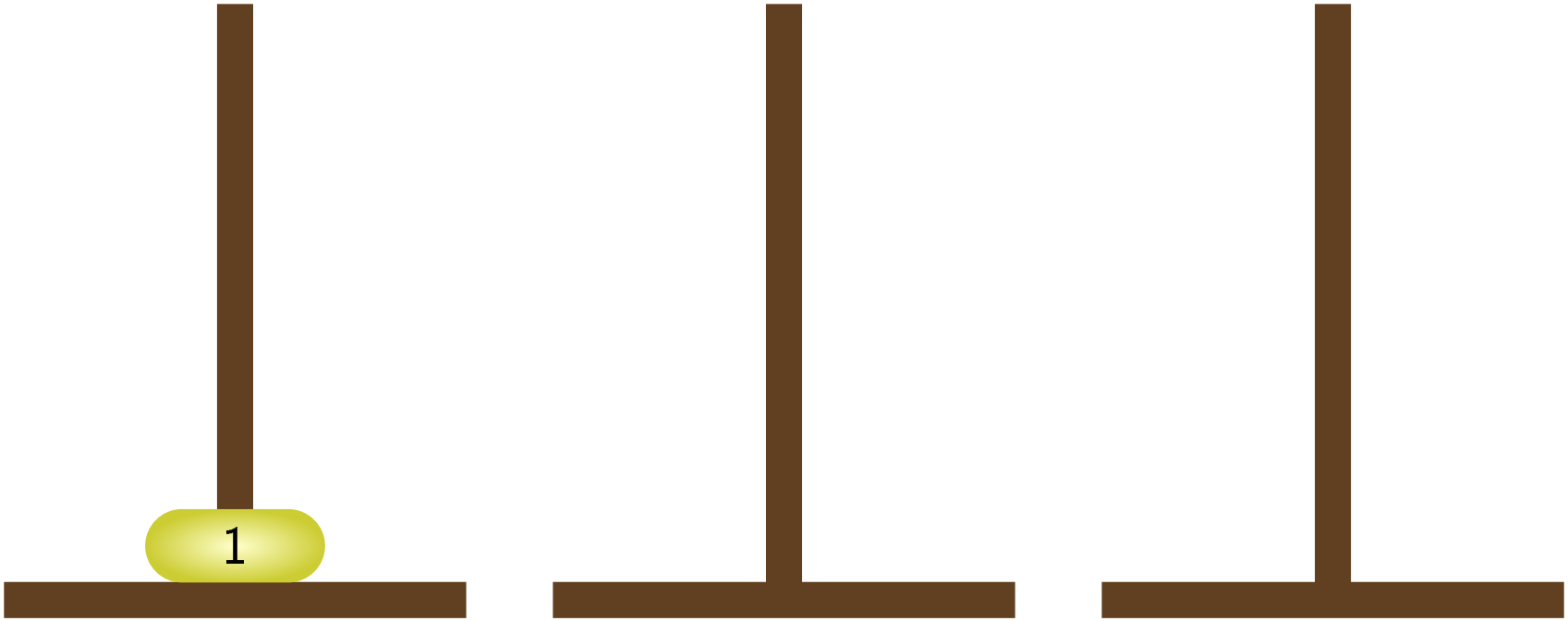
```
função Fatorial(N)
  se N = 0 então
    devolva 1;  // base da recursão!
  senão
    devolva N * Fatorial(N-1);
  fim-se
fim
```

Recursão

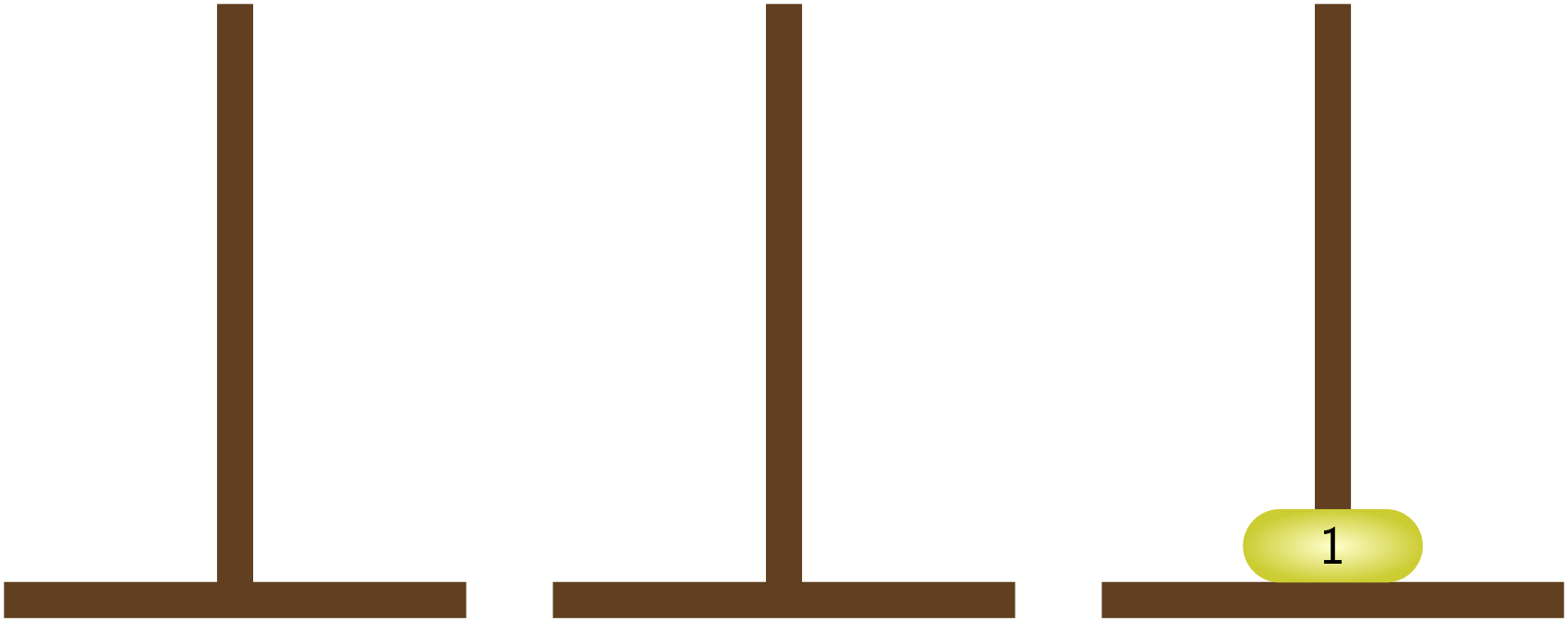
Fatorial – em linguagem de montagem

```
fatorial:
    push    ebp             ; define o stack frame
    mov     ebp, esp

    mov     eax, [ebp+8]    ; obtem n
    cmp     eax, 0          ; n < 0?
    ja      continua        ; sim: continua
    mov     eax, 1          ; nao: retorna 1
    jmp     fim

continua:                  ; calcula o fatorial de n-1
    dec  eax
    push eax                ; fatorial(n-1)
    call fatorial
    add  esp,4              ; libera espaco do parametro

    mov  ebx, [ebp+8]       ; obtem n
    mul  ebx                ; edx:eax = eax * ebx

fim: pop  ebp
     ret
```

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 1 disco(s)

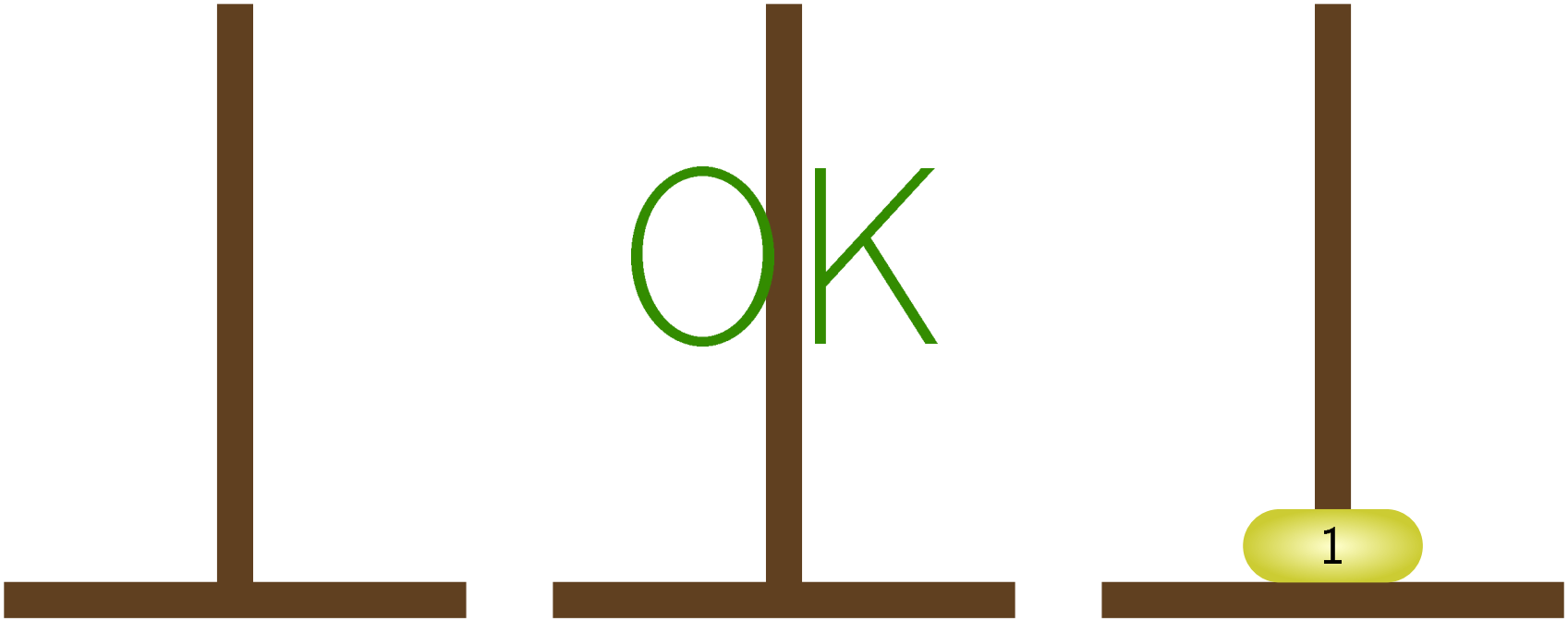


Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 1 disco(s)

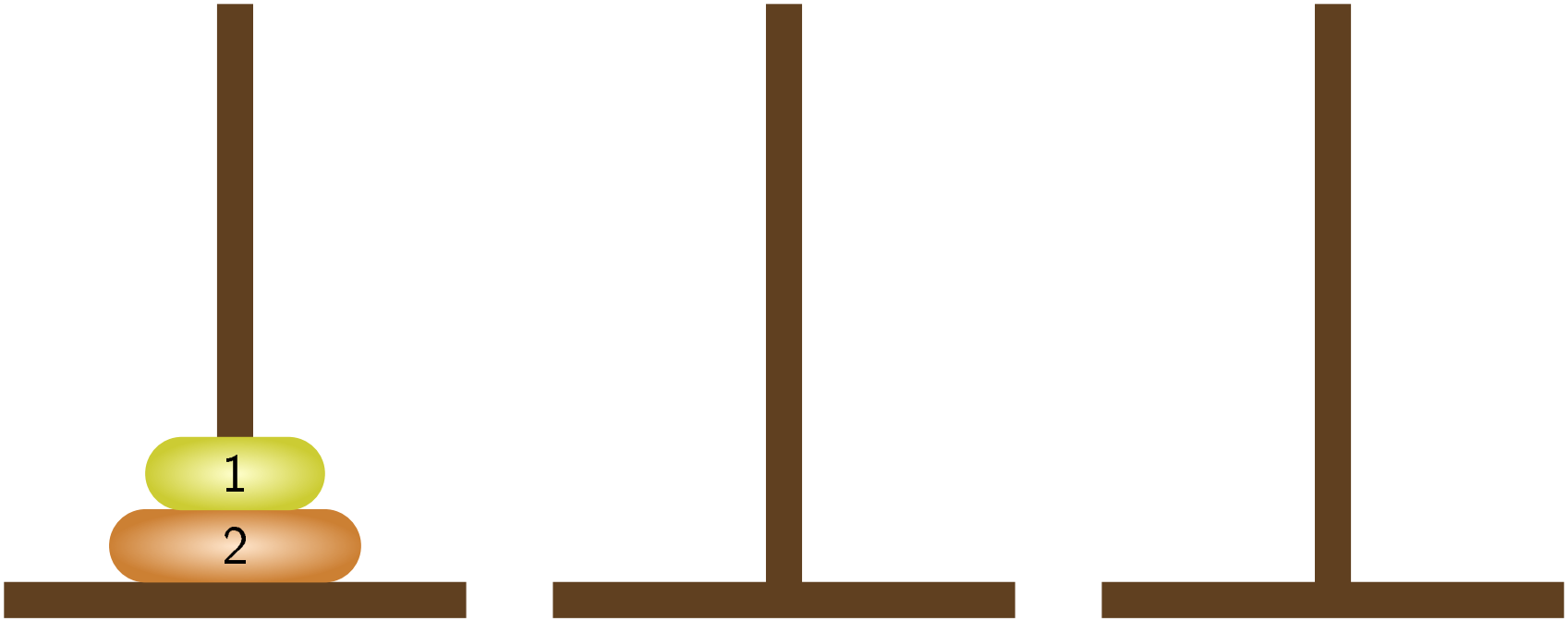


Moveu disco do pino 1 para o pino 3.

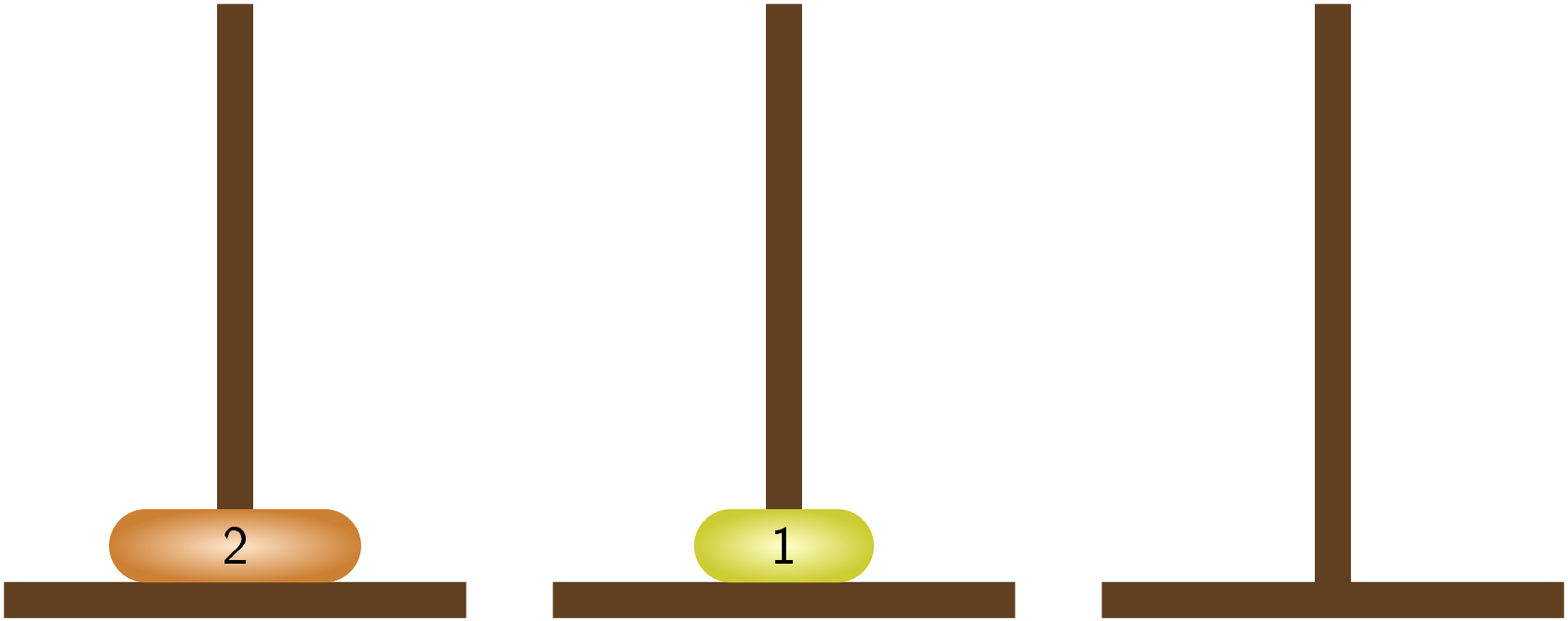
Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 1 disco(s)



Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 2 disco(s)

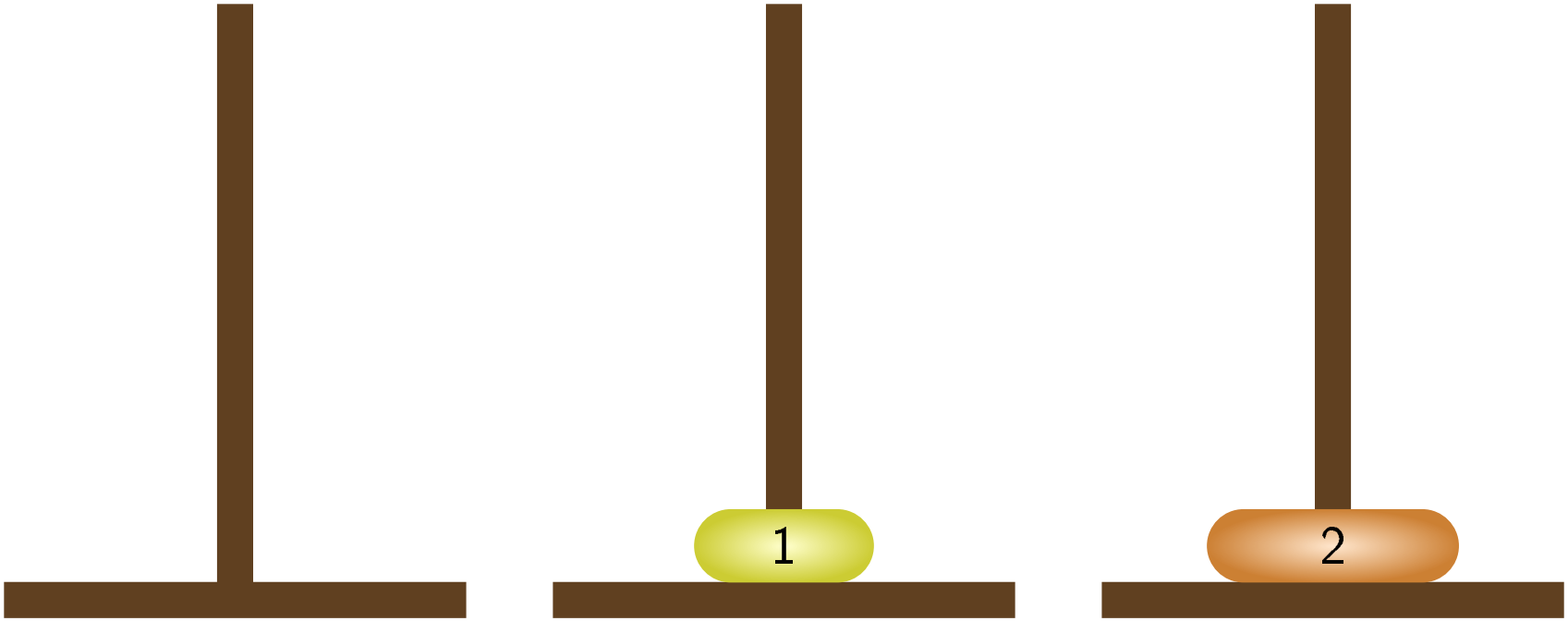


Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 2 disco(s)



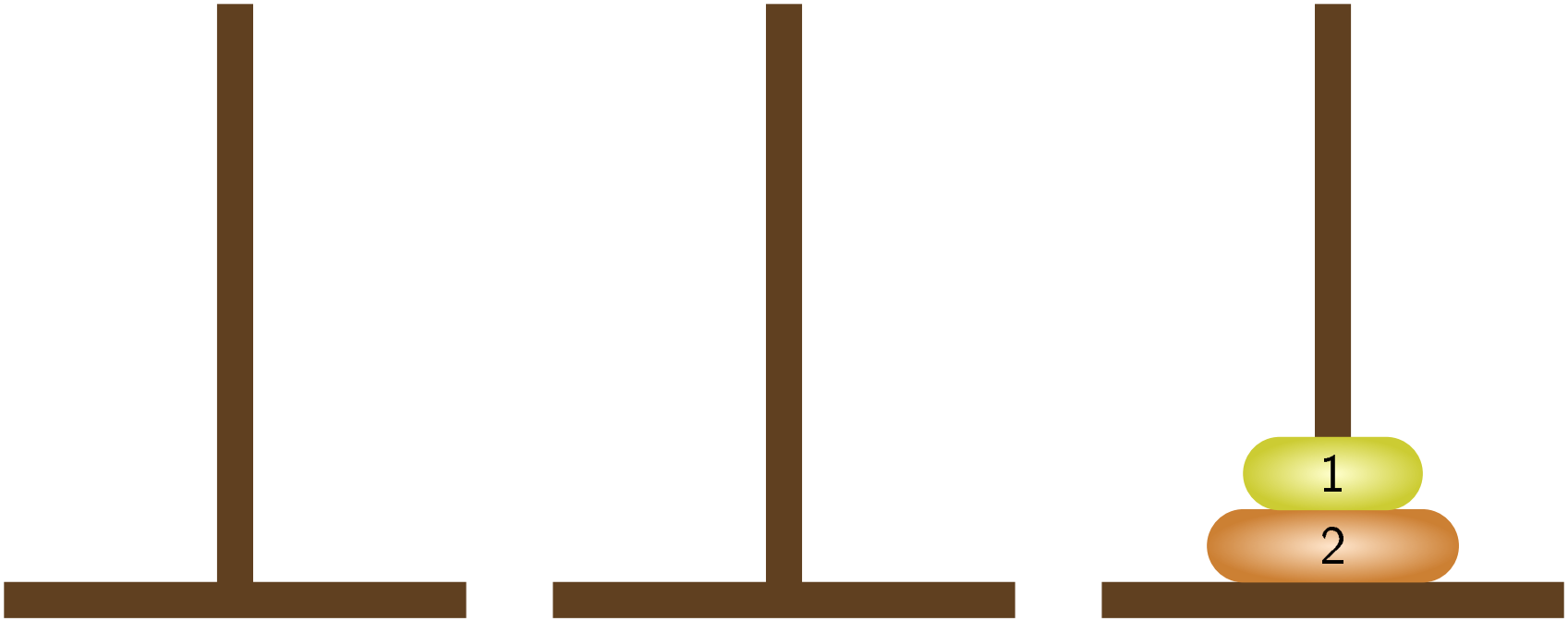
Moveu disco do pino 1 para o pino 2.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 2 disco(s)



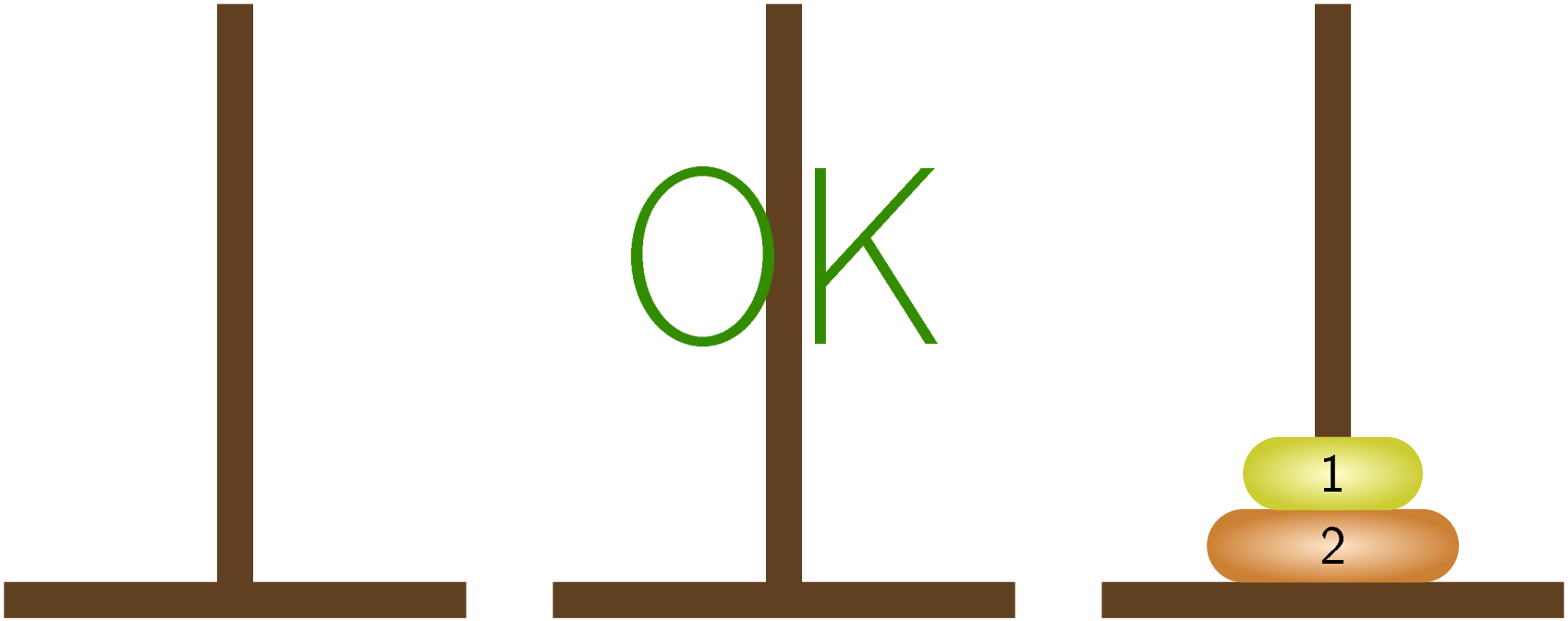
Moveu disco do pino 1 para o pino 3.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 2 disco(s)

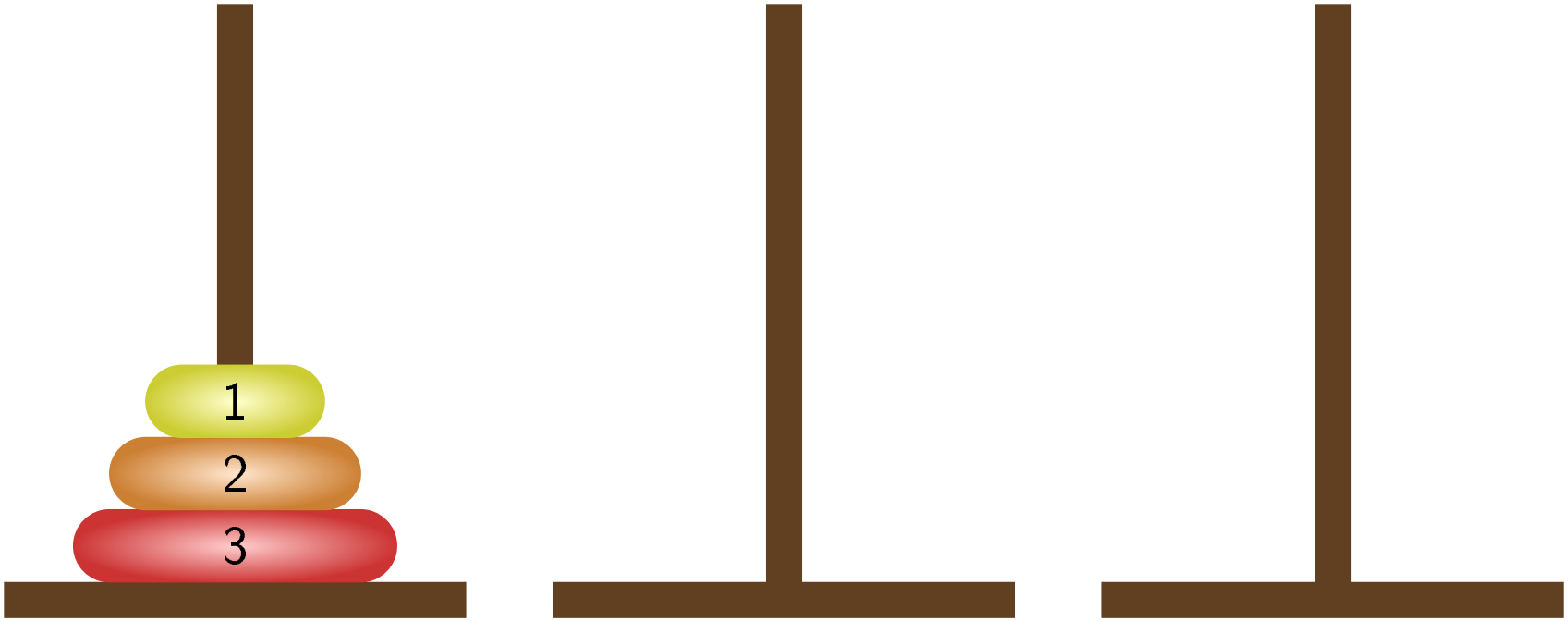


Moveu disco do pino 2 para o pino 3.

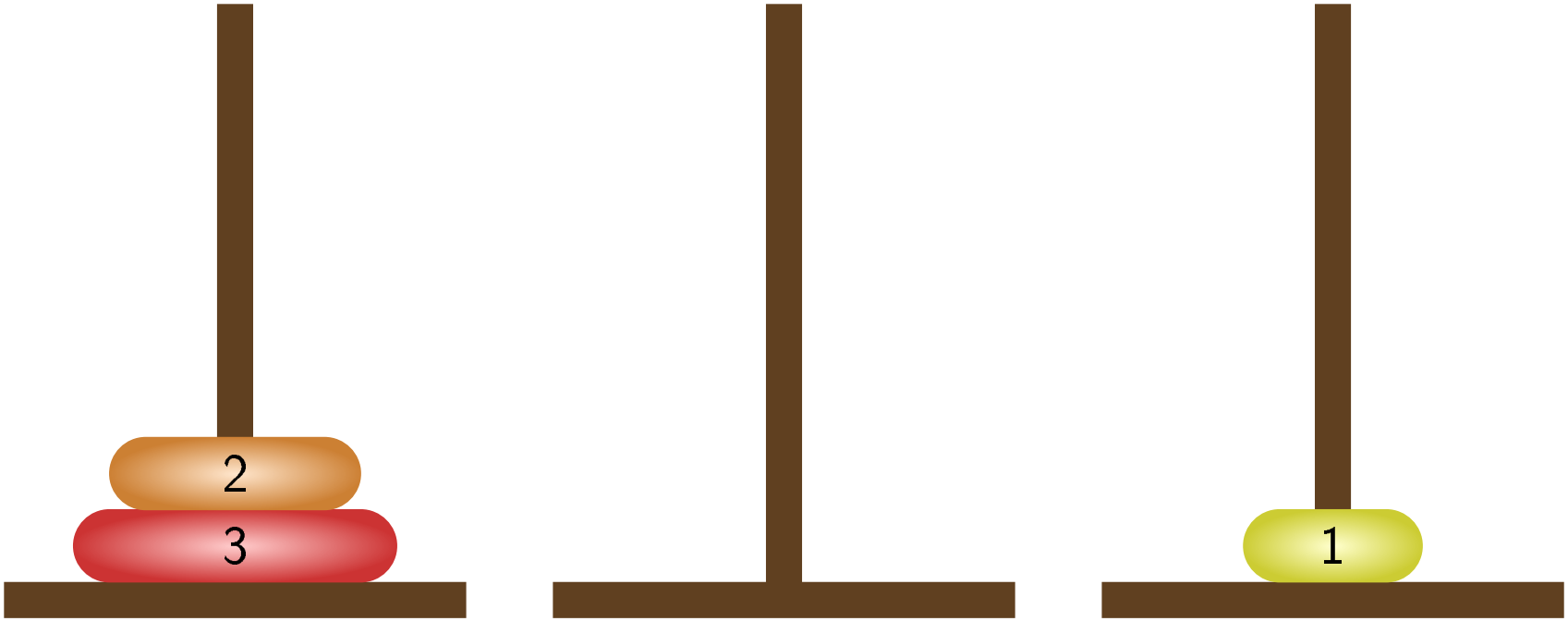
Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 2 disco(s)



Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)

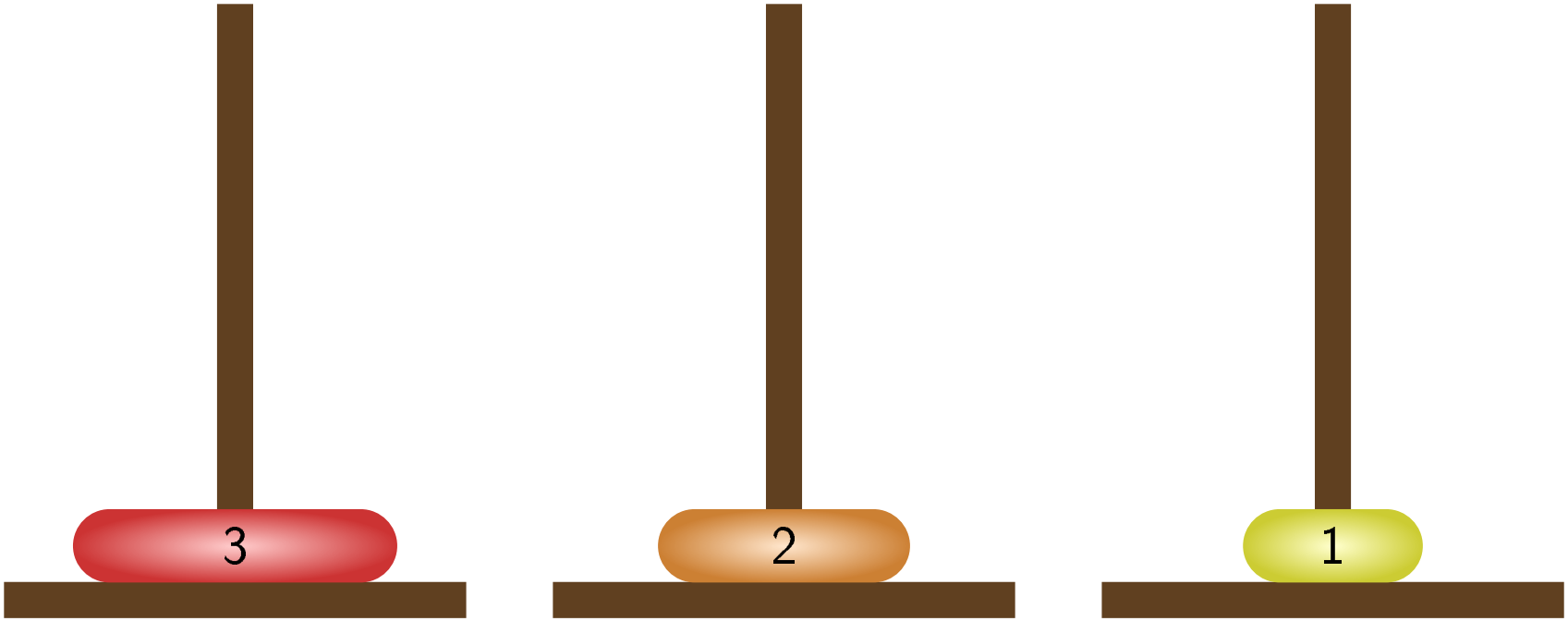


Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



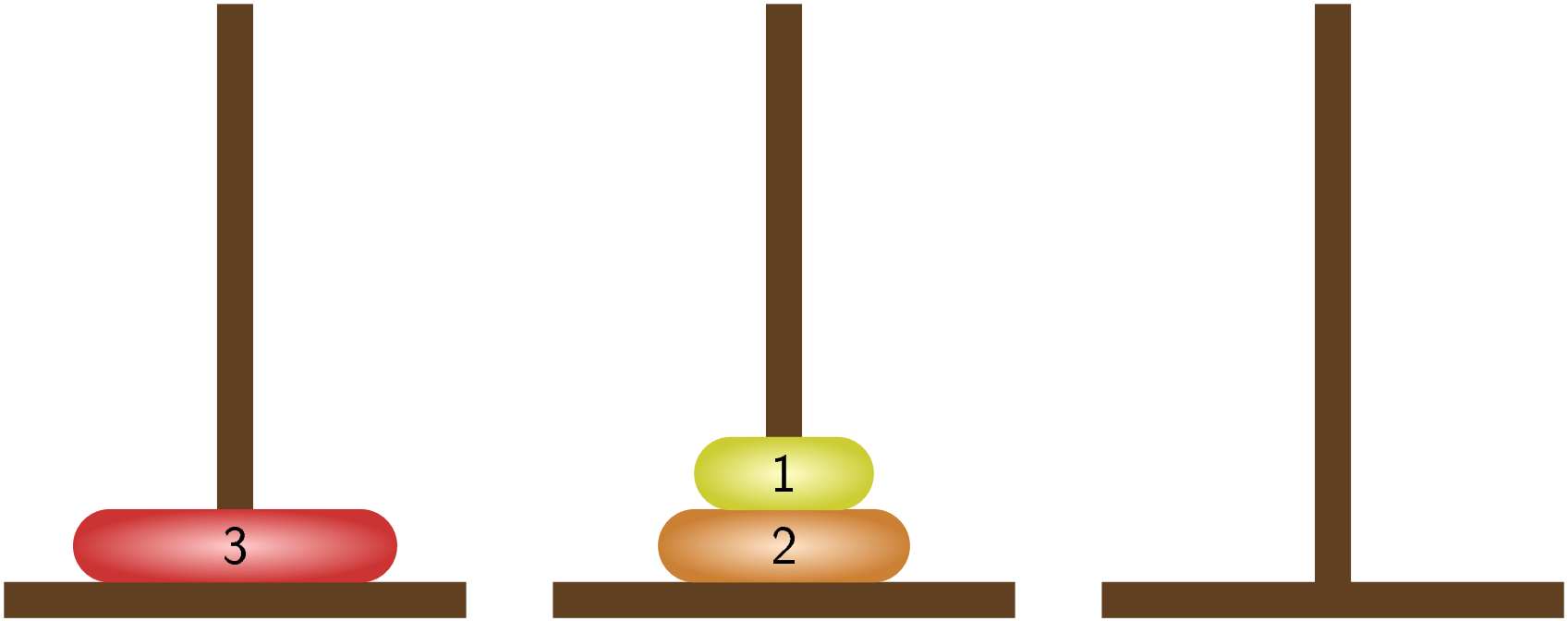
Moveu disco do pino 1 para o pino 3.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



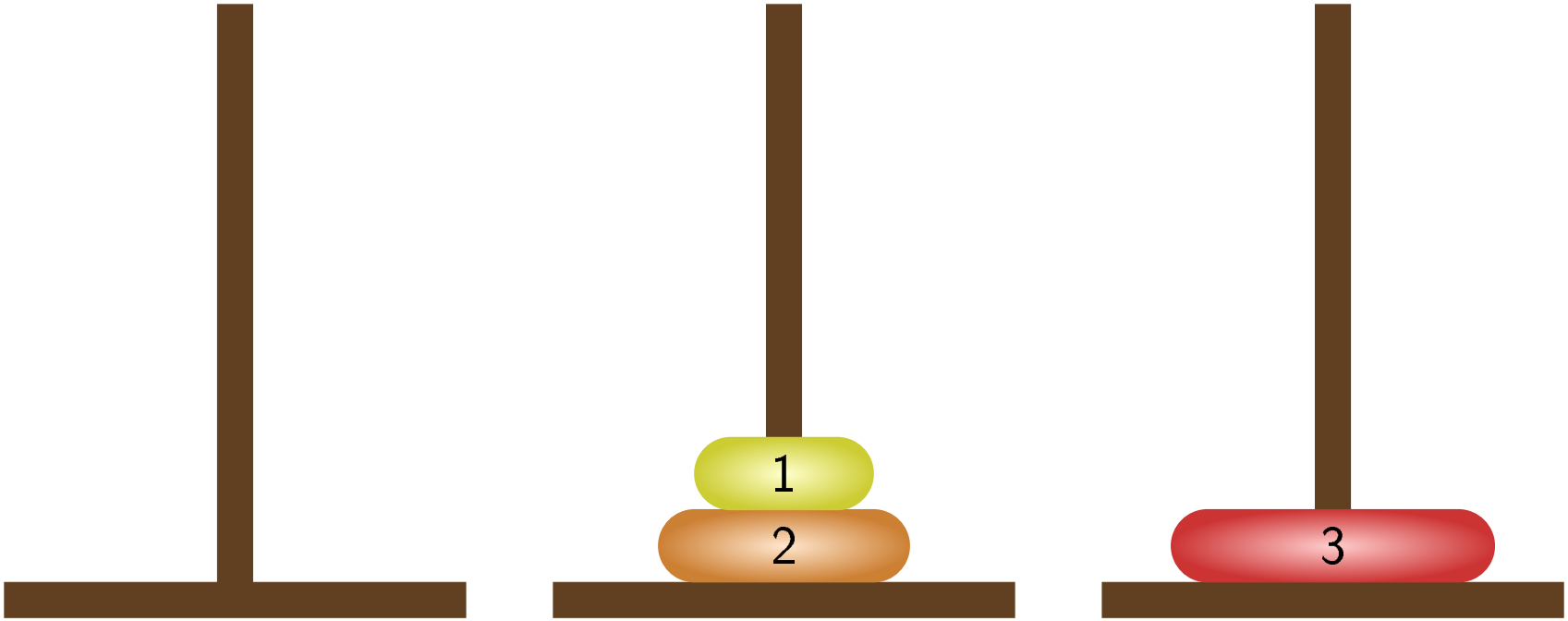
Moveu disco do pino 1 para o pino 2.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



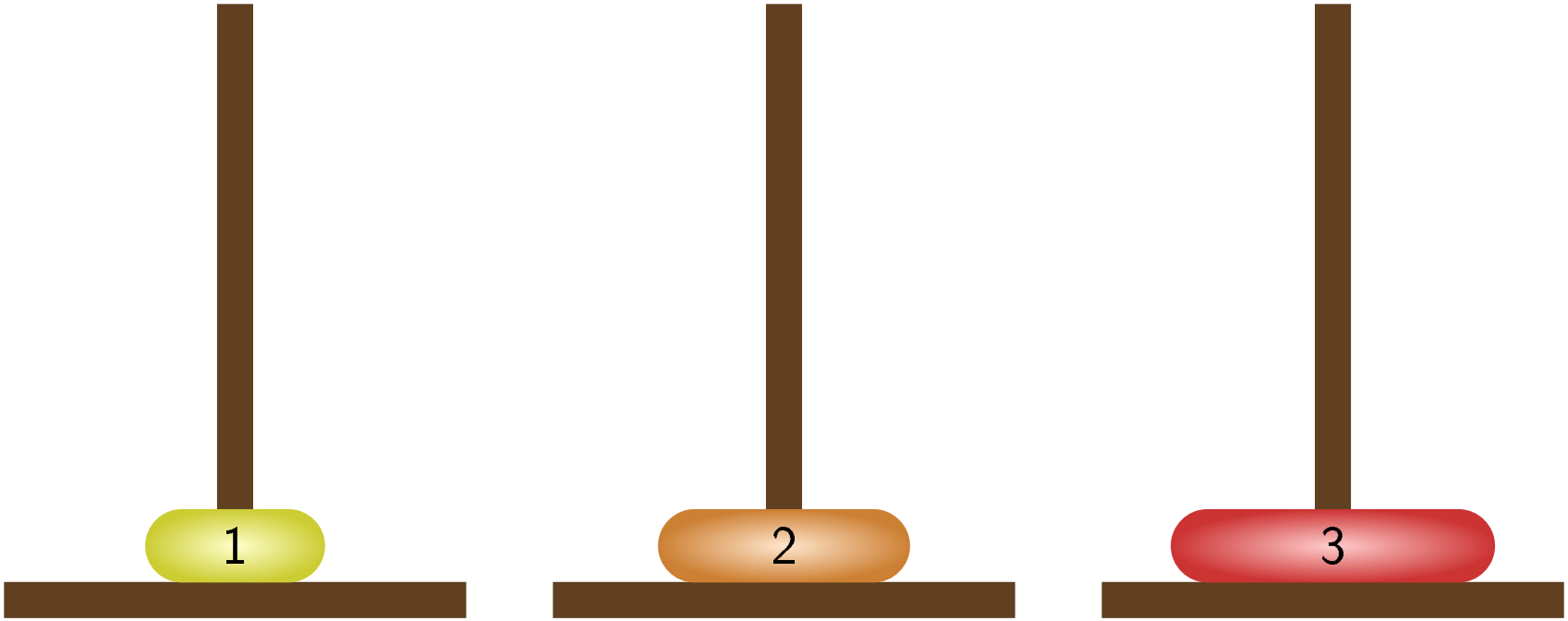
Moveu disco do pino 3 para o pino 2.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



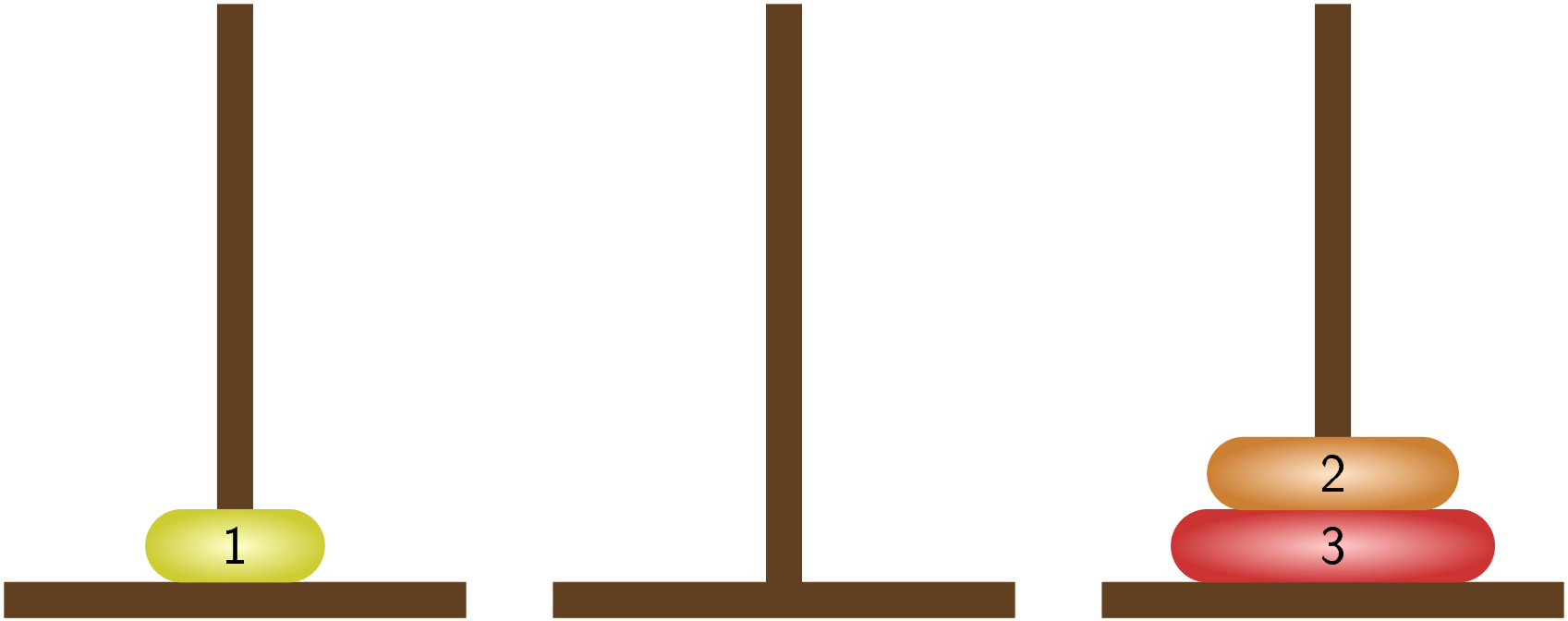
Moveu disco do pino 1 para o pino 3.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



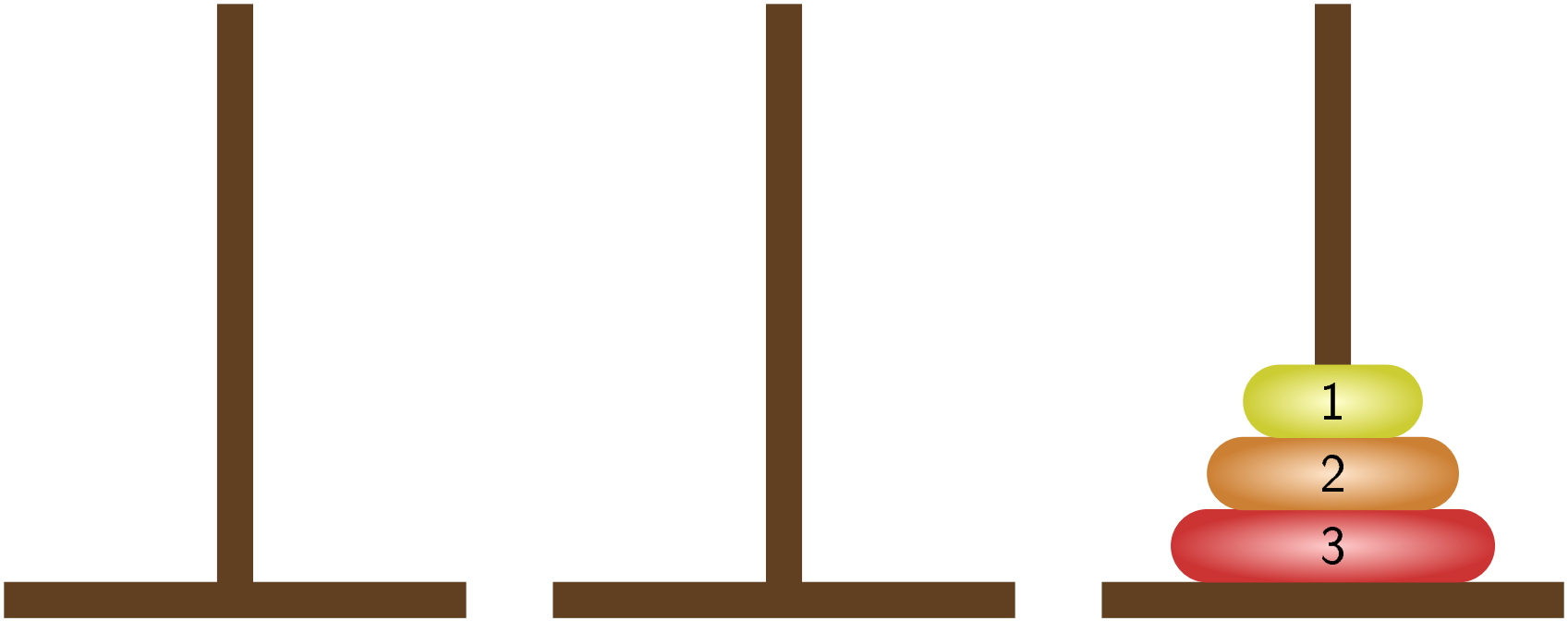
Moveu disco do pino 2 para o pino 1.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



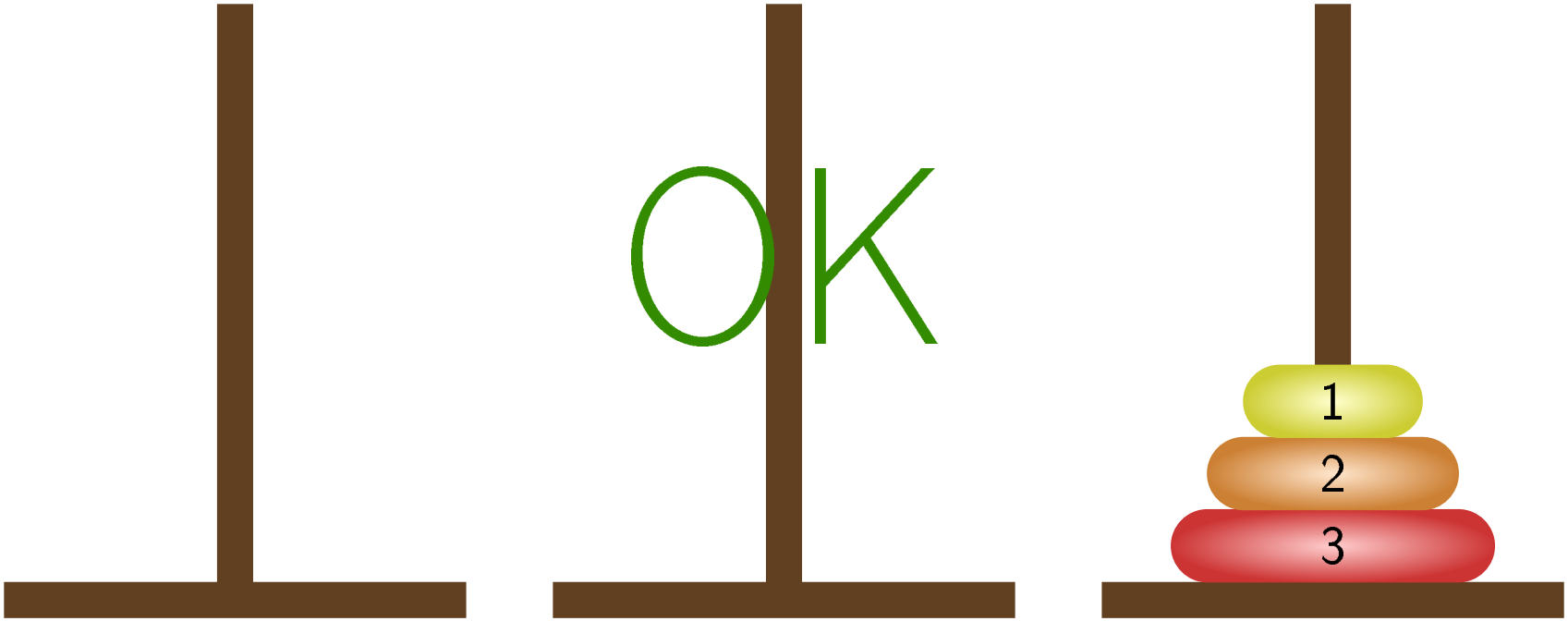
Moveu disco do pino 2 para o pino 3.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)

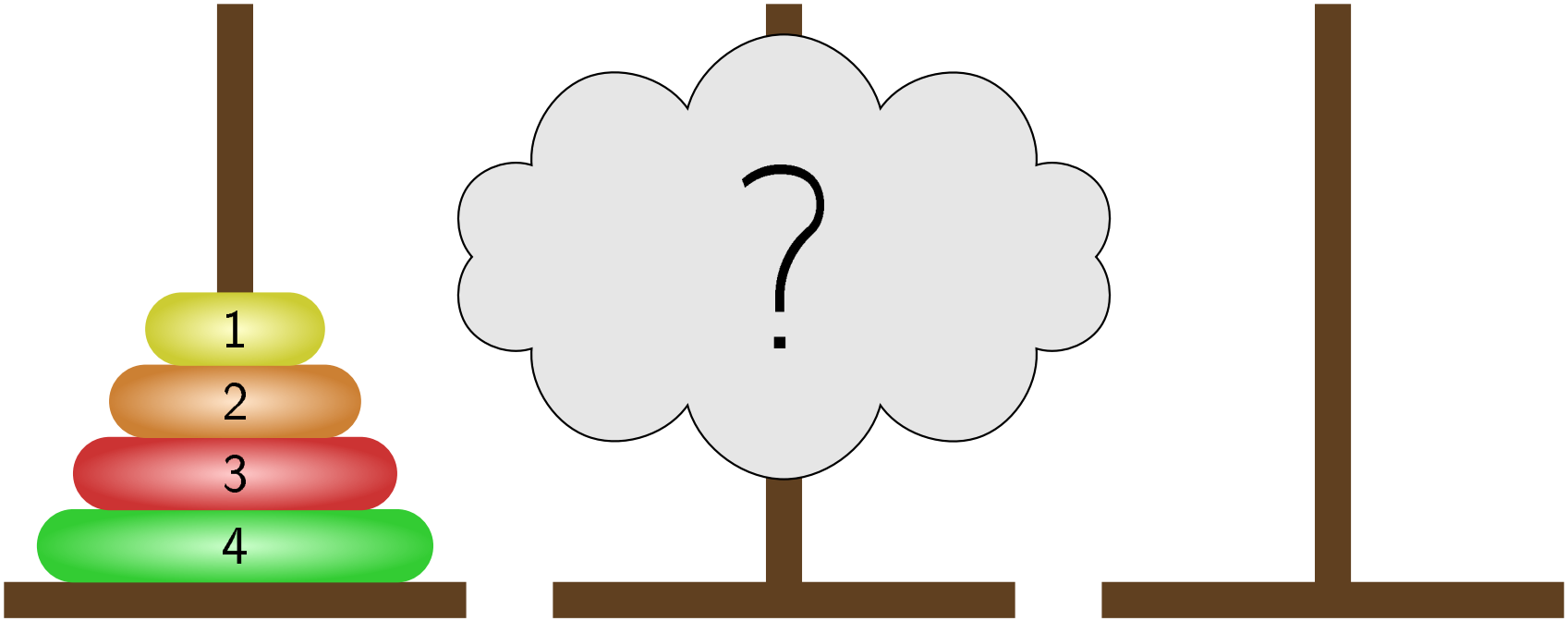


Moveu disco do pino 1 para o pino 3.

Recursão: Problema da Torre de Hanoi – 3 disco(s)



Torre de Hanoi – 4 disco(s)



Recursão

Torre de Hanoi – algoritmo

```
procedimento Hanoi(N, Orig, Dest, Temp)
  se N = 0 então
    não faça nada;  // base da recursão!
  senão
    Hanoi(N-1, Orig, Temp, Dest);
    mover o N-ésimo menor disco de Orig para Dest;
    Hanoi(N-1, Temp, Dest, Orig);
  fim-se
fim
```

Recursão

Torre de Hanoi – em linguagem de montagem

- Ver arquivos `hanoi32.asm` e `hanoi32.s` no Paca.

Diferentes "visões" da memória

Endereçamento linear (ou *plano*)

- A memória é vista como um vetor de bytes
- Um único índice (endereço) seleciona algum byte específico do vetor.

Endereçamento segmentado

- A memória é vista como um vetor de bytes bidimensional
- Dois componentes são necessários para especificar um byte na memória: um *valor de segmento* e um *deslocamento (offset)* dentro do segmento.

Memória segmentada (família Intel 80x86)

- Vantagem da segmentação: aumento da capacidade de endereçamento do processador
- Nos processadores do 8086 até o 80286: cada segmento contém no máximo 64K (2^{16}) bytes, ou seja, os deslocamentos são número de até 16 bits
- Nos processadores a partir do 80386: cada segmento contém no máximo 4GB (2^{32}) bytes, ou seja, os deslocamentos são número de até 32 bits
- Em toda a família 80x86: o endereço de um segmento ocupa 16 bits, ou seja, temos no máximo 65536 segmentos diferentes

Memória segmentada (família Intel 80x86)

- Embora os processadores da família 80x86 usem memória segmentada, a memória real (física) conectada a UCP continua sendo um "vetor de bytes"
- O processador converte o valor de um segmento em um endereço físico de memória (por meio de uma função ou consultando uma tabela). Depois, o processador adiciona a esse endereço o valor do deslocamento para obter o endereço real de um dado na memória

Registradores de segmento (família Intel 80x86)

Todos os registradores de segmento na arquitetura de 32 bits têm 16 bits:

- CS – aponta para o segmento de código
- DS – aponta para o segmento de dados
- SS – aponta para o segmento da pilha
- ES, FS, GS – registradores de segmento extras, para manipular registradores de segmento ou apontar para outro lugar de interesse do programador

Registradores de segmento (na arquitetura de 32 bits)

- Pode-se usar o formato completo [seletor:deslocamento] em vários comandos, por exemplo:

```
MOV AX,[ES:DI]
```

- Se o seletor não é especificado, um segmento padrão é utilizado (por exemplo, DS para dados, CS para código e SS para pilha)
- A partir do 80386, cada segmento passou a ter até 4GB (2^{32}). Com segmentos tão grandes, a necessidade de usar os registradores de segmentos explicitamente passou a ser menor.

Bibliografia e materiais recomendados

- *The GNU Project Debbuger* – GDB
  `http://www.gnu.org/software/gdb/`
- *Data Display Debbuger* – DDD
  `http://www.gnu.org/software/ddd/`
- Capítulo 4 (*Memory Layout and Access*) do livro *The Art of Assembly Language Programming*, de R. Hyde
  `http://cs.smith.edu/~thiebaut/ArtOfAssembly/artofasm.html`
- Notas das aulas de MAC0211 de 2010, feitas pelo Prof. Kon
  `http://www.ime.usp.br/~kon/MAC211`

Cenas dos próximos capítulos...

- Noções básicas de sistemas operacionais
- Bibliotecas estáticas $\times$ bibliotecas dinâmicas