

# Un Pizzico di “Computational Thinking”

Claudio Mirolo

Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche  
Università di Udine

Laboratorio PLS

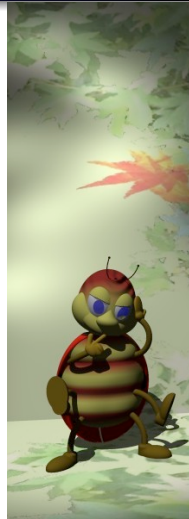
# Sommario

- 1 Un rompicapo
  - informazioni
  - algoritmi
- 2 Un esperimento mentale
  - analisi
  - risposta del matematico
  - modello
  - risposta dello scienziato
- 3 Epilogo



# Trama

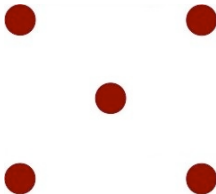
- 1 Un rompicapo
  - informazioni
  - algoritmi
- 2 Un esperimento mentale
  - analisi
  - risposta del matematico
  - modello
  - risposta dello scienziato
- 3 Epilogo





# Problemino

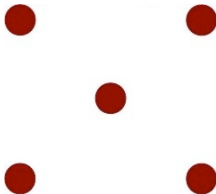
- Ordinare 5 oggetti per peso crescente, ma...
- unicamente sulla base del confronto di coppie di oggetti





# Problemino

- Ordinare 5 oggetti per peso crescente, ma. . .
- unicamente sulla base del confronto di coppie di oggetti



# Problemino

- Ordinare 5 oggetti per peso crescente, ma . . .
- unicamente sulla base del confronto di coppie di oggetti





# Rompicapo

- Quale strategia? (Oggetti A, B, C, D, E)



# Rompicapo

- Quale strategia? (Oggetti A, B, C, D, E)
- Quanti confronti sono necessari nel peggiore dei casi?





# Rompicapo

- Quale strategia? (Oggetti A, B, C, D, E)
- Quanti confronti sono necessari nel peggiore dei casi?
- Ci sono strategie migliori da questo punto di vista?



# Rompicapo

- Quale strategia? (Oggetti A, B, C, D, E)
- Quanti confronti sono necessari nel peggiore dei casi?
- Ci sono strategie migliori da questo punto di vista?
- Si potrebbe fare ancora meglio?



# Rompicapo

- Quale strategia? (Oggetti A, B, C, D, E)
- Quanti confronti sono necessari nel peggiore dei casi?
- Ci sono strategie migliori da questo punto di vista?
- Si potrebbe fare ancora meglio?
- C'è un limite ineludibile?



# Rompicapo

- Quale strategia? (Oggetti A, B, C, D, E)
- Quanti confronti sono necessari nel peggiore dei casi?
- Ci sono strategie migliori da questo punto di vista?
- Si potrebbe fare ancora meglio?
- C'è un limite ineludibile?



# Informazioni

- In quanti modi diversi si possono mescolare 5 oggetti?



# Informazioni

- In quanti modi diversi si possono mescolare 5 oggetti?
- Quanti sono i potenziali “percorsi” di ordinamento diversi?



# Informazioni

- In quanti modi diversi si possono mescolare 5 oggetti?
- Quanti sono i potenziali “percorsi” di ordinamento diversi?
- Che *informazione* rivela un singolo confronto?



# Informazioni

- In quanti modi diversi si possono mescolare 5 oggetti?
- Quanti sono i potenziali “percorsi” di ordinamento diversi?
- Che *informazione* rivela un singolo confronto?
- Che relazione fra *informazione* e numero di casi possibili?





# Informazioni

- In quanti modi diversi si possono mescolare 5 oggetti?
- Quanti sono i potenziali “percorsi” di ordinamento diversi?
- Che *informazione* rivela un singolo confronto?
- Che relazione fra *informazione* e numero di casi possibili?
- Nel peggiore dei casi, qual è il numero minimo di confronti?



# Informazioni

- In quanti modi diversi si possono mescolare 5 oggetti?
- Quanti sono i potenziali “percorsi” di ordinamento diversi?
- Che *informazione* rivela un singolo confronto?
- Che relazione fra *informazione* e numero di casi possibili?
- Nel peggiore dei casi, qual è il numero minimo di confronti?



## Informazioni. . . per districarsi fra casi possibili

Numero minimo di confronti che una strategia ideale deve effettuare per riuscire a ordinare 5 elementi nella situazione più sfavorevole. . .

- È necessario distinguere  $5! = 120$  casi possibili
- Ogni confronto determina una bipartizione di casi
- Per bipartizioni *bilanciate* occorrono almeno 7 confronti:  
 $2^7 = 128 \geq 120$
- Altrimenti si può incappare in situazioni più sfortunate



## Informazioni. . . per districarsi fra casi possibili

Numero minimo di confronti che una strategia ideale deve effettuare per riuscire a ordinare 5 elementi nella situazione più sfavorevole. . .

- È necessario distinguere  $5! = 120$  casi possibili
- Ogni confronto determina una bipartizione di casi
- Per bipartizioni *bilanciate* occorrono almeno 7 confronti:  
 $2^7 = 128 \geq 120$
- Altrimenti si può incappare in situazioni più sfortunate



## Informazioni. . . per districarsi fra casi possibili

Numero minimo di confronti che una strategia ideale deve effettuare per riuscire a ordinare 5 elementi nella situazione più sfavorevole. . .

- È necessario distinguere  $5! = 120$  casi possibili
- Ogni confronto determina una bipartizione di casi
- Per bipartizioni *bilanciate* occorrono almeno 7 confronti:  
 $2^7 = 128 \geq 120$
- Altrimenti si può incappare in situazioni più sfortunate



## Informazioni. . . per districarsi fra casi possibili

Numero minimo di confronti che una strategia ideale deve effettuare per riuscire a ordinare 5 elementi nella situazione più sfavorevole. . .

- È necessario distinguere  $5! = 120$  casi possibili
- Ogni confronto determina una bipartizione di casi
- Per bipartizioni *bilanciate* occorrono almeno 7 confronti:  
 $2^7 = 128 \geq 120$
- Altrimenti si può incappare in situazioni più sfortunate



## Informazioni. . . per districarsi fra casi possibili

Numero minimo di confronti che una strategia ideale deve effettuare per riuscire a ordinare 5 elementi nella situazione più sfavorevole. . .

- È necessario distinguere  $5! = 120$  casi possibili
- Ogni confronto determina una bipartizione di casi
- Per bipartizioni *bilanciate* occorrono almeno 7 confronti:  
 $2^7 = 128 \geq 120$
- Altrimenti si può incappare in situazioni più sfortunate



# Algoritmi

- Non più di 7 confronti. . .
- Questo obiettivo è perseguibile?
- Esiste, cioè, una strategia ottimale?





# Algoritmi

- Non più di 7 confronti. . .
- Questo obiettivo è perseguibile?
- Esiste, cioè, una strategia ottimale?



# Algoritmi

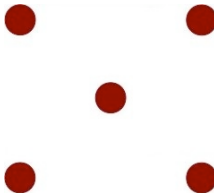
- Non più di 7 confronti. . .
- Questo obiettivo è perseguibile?
- Esiste, cioè, una strategia ottimale?



# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 2 confronti...



Impiego "efficiente" dell'*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)



# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 2 confronti...



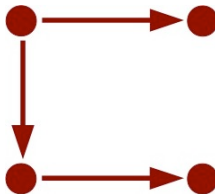
Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)



# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 3 confronti...



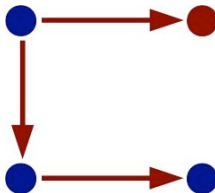
Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)



# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 3 confronti...

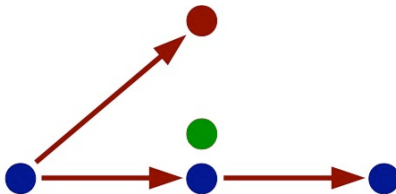


Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)

# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 3 confronti... (arriva l'ultimo elemento)

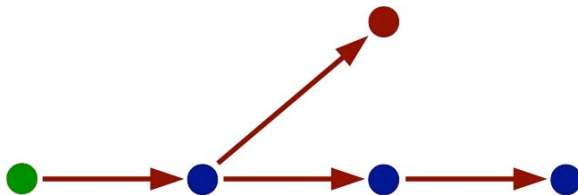


Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)

# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 5 confronti... una eventualità...



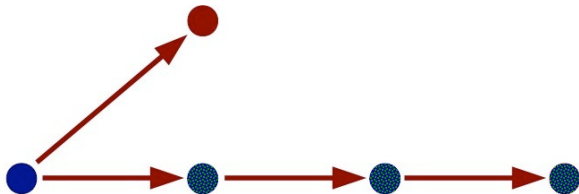
Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)



# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 5 confronti... o quelle alternative...

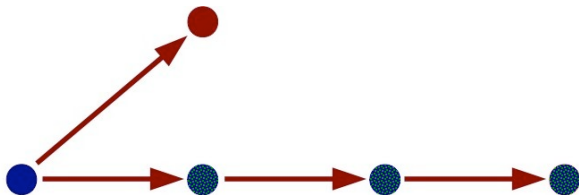


Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)

# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 5 confronti... quanti confronti ancora?

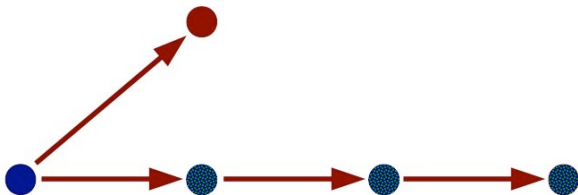


Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)

# Algoritmi... proprietà in relazione alle prestazioni

Esiste un algoritmo del genere?

Dopo 5 confronti... quanti confronti ancora?

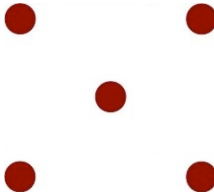


Impiego “efficiente” dell’*informazione* !  
(resa disponibile dai confronti)



# Algoritmi e Informazioni

Casi possibili: 120





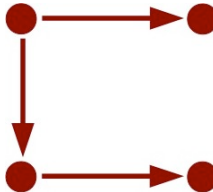
# Algoritmi e Informazioni

Ripartizione dei casi possibili (per simmetria):  $60 \rightarrow 30$



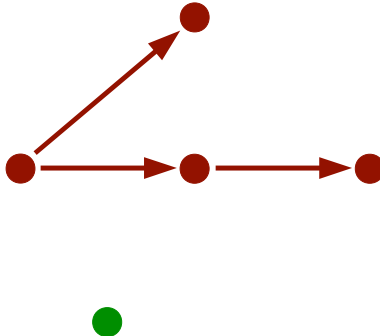
# Algoritmi e Informazioni

Ripartizione dei casi possibili (per simmetria): 15



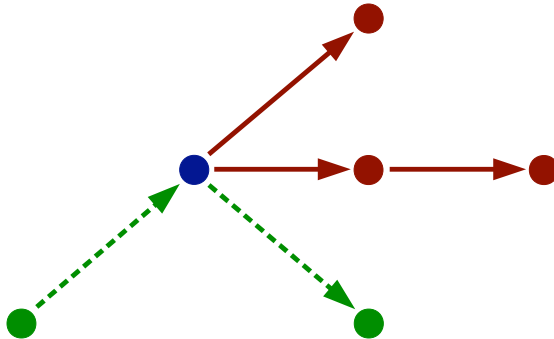
# Algoritmi e Informazioni

Ripartizione dei (15) casi possibili:



# Algoritmi e Informazioni

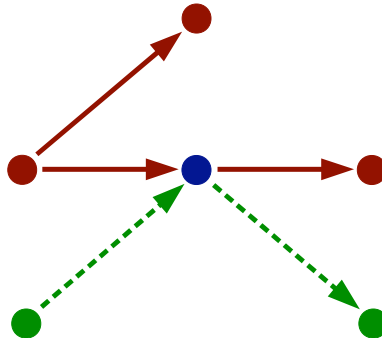
Ripartizione dei (15) casi possibili: 3 | 12 (!)





# Algoritmi e Informazioni

Ripartizione dei (15) casi possibili: 7 | 8





# Algoritmi e Informazioni

Rivelare informazioni richiede risorse!

- Spazio per annotazioni
- Tempo di elaborazione



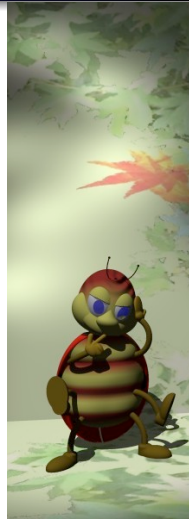
# Algoritmi e Informazioni

Rivelare informazioni richiede risorse!

- Spazio per annotazioni
- Tempo di elaborazione

# Trama

- 1 Un rompicapo
  - informazioni
  - algoritmi
- 2 Un esperimento mentale
  - analisi
  - risposta del matematico
  - modello
  - risposta dello scienziato
- 3 Epilogo



# Gedankenexperiment: Formica sul nastro elastico. . .



# Gedankenexperiment: Formica sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .





# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .





# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Formichina sul nastro elastico. . .



# Ce la farà a raggiungere l'altro capo?





# Nuovo problemino

- La formichina percorre 1 *cm* in  $10^{-1}$  *sec*
- Il nastro elastico a riposo misura 1 *m*
- Ad ogni avanzamento di 1 *cm* della formichina corrisponde un allungamento di 1 *m* del nastro
- Riuscirà la formica a spostarsi da un estremo all'altro?



## Nuovo problemino

- La formichina percorre 1 *cm* in  $10^{-1}$  *sec*
- Il nastro elastico a riposo misura 1 *m*
- Ad ogni avanzamento di 1 *cm* della formichina corrisponde un allungamento di 1 *m* del nastro
- Riuscirà la formica a spostarsi da un estremo all'altro?



## Nuovo problemino

- La formichina percorre 1 *cm* in  $10^{-1}$  *sec*
- Il nastro elastico a riposo misura 1 *m*
- Ad ogni avanzamento di 1 *cm* della formichina corrisponde un allungamento di 1 *m* del nastro
- Riuscirà la formica a spostarsi da un estremo all'altro?

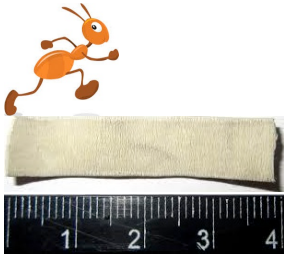


## Nuovo problemino

- La formichina percorre  $1\text{ cm}$  in  $10^{-1}\text{ sec}$
- Il nastro elastico a riposo misura  $1\text{ m}$
- Ad ogni avanzamento di  $1\text{ cm}$  della formichina corrisponde un allungamento di  $1\text{ m}$  del nastro
- Riuscirà la formica a spostarsi da un estremo all'altro?



# Analisi



1 cm

# Analisi



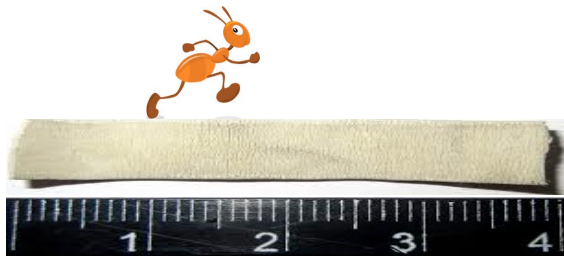
1 cm

# Analisi



1 cm

# Analisi: Proporzioni...



1 +  $\frac{1}{2}$  cm stirato

# Analisi: Proporzioni...



1 +  $\frac{1}{2}$  cm stirato

# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} \text{ cm stirato}$$

# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \text{ cm stirato}$$

# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \text{ cm stirato}$$



# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \text{ cm stirato}$$

# Analisi: Proporzioni...



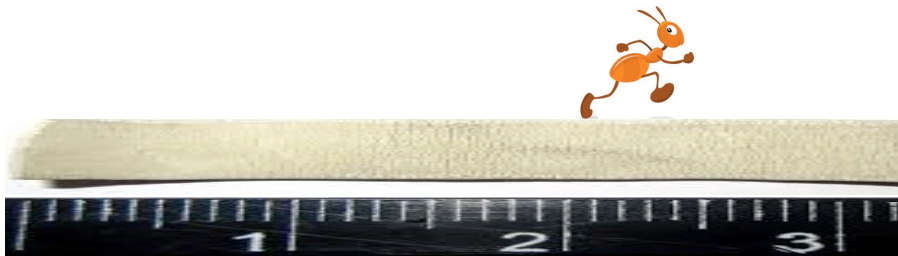
$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \text{ cm stirato}$$

# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \text{ cm stirato}$$

# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \text{ cm stirato}$$

# Analisi: Proporzioni...



$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} \dots$$



# Conclusioni di un matematico

- $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \dots$  diverge!
- Esiste  $k$  (cm effettivi) tale che  
 $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \geq n$  (cm stirati)
- La formichina è in grado di percorrere tutto il nastro



# Conclusioni di un matematico

- $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \dots$  diverge!
- Esiste  $k$  (cm effettivi) tale che  
 $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \geq n$  (cm stirati)
- La formichina è in grado di percorrere tutto il nastro



# Conclusioni di un matematico

- $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \dots$  diverge!
- Esiste  $k$  (cm effettivi) tale che  
$$H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \geq n$$
 (cm stirati)
- La formichina è in grado di percorrere tutto il nastro





## Conclusioni di un matematico

- $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \dots$  diverge!
- Esiste  $k$  (cm effettivi) tale che  
$$H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \geq n$$
 (cm stirati)
- La formichina è in grado di percorrere tutto il nastro



# Un modello (informatico)

```
public static long antJogging( int n ) {  
  
    long k = 1;  
    double h = 1.0;  
  
    while ( h < n ) {  
  
        k = k + 1;  
        h = h + 1.0 / k;  
    }  
    return k;  
}
```



# Osservazioni

- ... `antJogging( 100 )` ... ?

- Che relazione c'è fra i tempi di calcolo di  
`antJogging(  $n+1$  )` e `antJogging(  $n$  )`

HarmonicSeries.java

- Quanto impiega la formica per coprire 1 cm stirato in più?



# Osservazioni

- ... `antJogging( 100 )` ... ?

- Che relazione c'è fra i tempi di calcolo di  
`antJogging(  $n + 1$  )` e `antJogging(  $n$  )`

HarmonicSeries.java

- Quanto impiega la formica per coprire 1 cm stirato in più?



# Osservazioni

- ... `antJogging( 100 )` ... ?

- Che relazione c'è fra i tempi di calcolo di  
`antJogging(  $n + 1$  )` e `antJogging(  $n$  )`

HarmonicSeries.java

- Quanto impiega la formica per coprire 1 cm stirato in più?



# Osservazioni

- ... antJogging( 5 ) ...
- ... antJogging( 6 ) ...
- ... antJogging( 7 ) ...
- ... antJogging( 8 ) ...
- ... `HarmonicSeries.java`
- 5 *cm* in  $83 \cdot 10^{-1}$  *sec* = 8.3 *sec*
- 100 *cm* in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots$  *sec*



# Osservazioni

- ... antJogging( 5 ) ...
- ... antJogging( 6 ) ...
- ... antJogging( 7 ) ...
- ... antJogging( 8 ) ...
- ... `HarmonicSeries.java`
- 5 *cm* in  $83 \cdot 10^{-1}$  *sec* = 8.3 *sec*
- 100 *cm* in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots$  *sec*



# Osservazioni

- ... antJogging( 5 ) ...
- ... antJogging( 6 ) ...
- ... antJogging( 7 ) ...
- ... antJogging( 8 ) ...
- ... `HarmonicSeries.java`
- 5 *cm* in  $83 \cdot 10^{-1}$  *sec* = 8.3 *sec*
- 100 *cm* in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots$  *sec*





# Osservazioni

• ... antJogging( 5 ) ...

• ... antJogging( 6 ) ...

• ... antJogging( 7 ) ...

• ... antJogging( 8 ) ...

• ... `HarmonicSeries.java`

• 5 *cm* in  $83 \cdot 10^{-1}$  *sec* = 8.3 *sec*

• 100 *cm* in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots$  *sec*



# Osservazioni

• ... antJogging( 5 ) ...

• ... antJogging( 6 ) ...

• ... antJogging( 7 ) ...

• ... antJogging( 8 ) ...

• ... `HarmonicSeries.java`

• 5 *cm* in  $83 \cdot 10^{-1}$  *sec* = 8.3 *sec*

• 100 *cm* in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots$  *sec*



# Osservazioni

- ... `antJogging( 5 )` ...
- ... `antJogging( 6 )` ...
- ... `antJogging( 7 )` ...
- ... `antJogging( 8 )` ...
- ... `HarmonicSeries.java`
- $5 \text{ cm}$  in  $83 \cdot 10^{-1} \text{ sec} = 8.3 \text{ sec}$
- $100 \text{ cm}$  in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots \text{ sec}$



# Osservazioni

- ... `antJogging( 5 )` ...
- ... `antJogging( 6 )` ...
- ... `antJogging( 7 )` ...
- ... `antJogging( 8 )` ...
- ... `HarmonicSeries.java`
- $5 \text{ cm}$  in  $83 \cdot 10^{-1} \text{ sec} = 8.3 \text{ sec}$
- $100 \text{ cm}$  in (molto) più di  $8.3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \dots \text{ sec}$



# Conclusioni di uno scienziato

- tempo
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta:
- Di conseguenza. . .



# Conclusioni di uno scienziato

- tempo ?
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta:
- Di conseguenza. . .



## Conclusioni di uno scienziato

- tempo  $\gg 3.3 \cdot 10^{29}$  sec
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta:
- Di conseguenza. . .



## Conclusioni di uno scienziato

- tempo  $\gg 3.3 \cdot 10^{29}$  sec
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta:
- Di conseguenza. . .





## Conclusioni di uno scienziato

- tempo  $\gg 3.3 \cdot 10^{29}$  sec
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta:
- Di conseguenza. . .



## Conclusioni di uno scienziato

- tempo  $\gg 3.3 \cdot 10^{29}$  sec
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta:
- Di conseguenza. . .



## Conclusioni di uno scienziato

- tempo  $\gg 3.3 \cdot 10^{29}$  sec
- A quanti anni corrisponde?
- A quanti miliardi di anni?
- Qual è la vita stimata dell'universo?
- E quanto impiegherebbe un computer?  
(supponiamo: una somma in  $10^{-10}$  sec)
- Risposta: (molto) più di 10.000 miliardi di anni
- Di conseguenza. . .



# Approccio *scientifico*?

- Le considerazioni riguardo il livello di “impraticabilità” del programma già per input numerici piuttosto piccoli si basano su conoscenze scientifiche (p. es. teorie cosmologiche)
- In relazione ad una analisi matematica preliminare, il rilievo dei tempi di calcolo consente di verificare sperimentalmente i risultati dell’analisi (teoria)
- Prescindendo dall’analisi matematica, la sperimentazione consente di caratterizzare empiricamente l’andamento dei tempi di calcolo



## Approccio *scientifico*?

- Le considerazioni riguardo il livello di “impraticabilità” del programma già per input numerici piuttosto piccoli si basano su conoscenze scientifiche (p. es. teorie cosmologiche)
- In relazione ad una analisi matematica preliminare, il rilievo dei tempi di calcolo consente di verificare sperimentalmente i risultati dell’analisi (teoria)
- Prescindendo dall’analisi matematica, la sperimentazione consente di caratterizzare empiricamente l’andamento dei tempi di calcolo



## Approccio *scientifico*?

- Le considerazioni riguardo il livello di “impraticabilità” del programma già per input numerici piuttosto piccoli si basano su conoscenze scientifiche (p. es. teorie cosmologiche)
- In relazione ad una analisi matematica preliminare, il rilievo dei tempi di calcolo consente di verificare sperimentalmente i risultati dell’analisi (teoria)
- Prescindendo dall’analisi matematica, la sperimentazione consente di caratterizzare empiricamente l’andamento dei tempi di calcolo

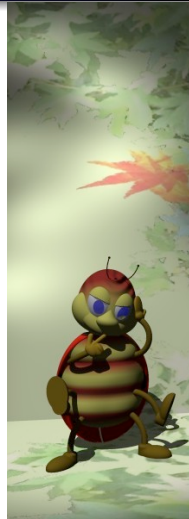


## Approccio *scientifico*?

- Le considerazioni riguardo il livello di “impraticabilità” del programma già per input numerici piuttosto piccoli si basano su conoscenze scientifiche (p. es. teorie cosmologiche)
- In relazione ad una analisi matematica preliminare, il rilievo dei tempi di calcolo consente di verificare sperimentalmente i risultati dell’analisi (teoria)
- Prescindendo dall’analisi matematica, la sperimentazione consente di caratterizzare empiricamente l’andamento dei tempi di calcolo

# Trama

- 1 Un rompicapo
  - informazioni
  - algoritmi
- 2 Un esperimento mentale
  - analisi
  - risposta del matematico
  - modello
  - risposta dello scienziato
- 3 Epilogo







## Tempo di calcolo

- Il tempo di elaborazione è una risorsa. . .
- . . . che non sempre si può trascurare!



## Tempo di calcolo

- Il tempo di elaborazione è una risorsa. . .
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- . . . che non sempre si può trascurare!



## Domandina. . .

Qual è la risposta di un ingegnere?

Risposta:



## Domandina. . .

Qual è la risposta di un ingegnere?

Risposta:

prima che la formica percorra 10 cm si strappa il nastro elastico



# Serie Armonica

- $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \approx \gamma \cdot \log(k)$
- $H(k') = H(k) + 1 \implies k' \approx 2.7 \cdot k$
- $H(k)$  è la distanza in centimetri “stirati” lungo il nastro
- $k$  è la distanza in centimetri percorsa dalla formichina



# Serie Armonica

- $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \approx \gamma \cdot \log(k)$
- $H(k') = H(k) + 1 \implies k' \approx 2.7 \cdot k$
- $H(k)$  è la distanza in centimetri “stirati” lungo il nastro
- $k$  è la distanza in centimetri percorsa dalla formichina



# Serie Armonica

- $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \approx \gamma \cdot \log(k)$
- $H(k') = H(k) + 1 \implies k' \approx 2.7 \cdot k$
- $H(k)$  è la distanza in centimetri “stirati” lungo il nastro
- $k$  è la distanza in centimetri percorsa dalla formichina



# Serie Armonica

- $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \approx \gamma \cdot \log(k)$
- $H(k') = H(k) + 1 \implies k' \approx 2.7 \cdot k$
- $H(k)$  è la distanza in centimetri “stirati” lungo il nastro
- $k$  è la distanza in centimetri percorsa dalla formichina





# Serie Armonica

- $H(k) = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots + \frac{1}{k} \approx \gamma \cdot \log(k)$
- $H(k') = H(k) + 1 \implies k' \approx 2.7 \cdot k$
- $H(k)$  è la distanza in centimetri “stirati” lungo il nastro
- $k$  è la distanza in centimetri percorsa dalla formichina



# Elogio della lentezza

- Come cresce lentamente il logaritmo!
- Importante nell'analisi dei costi computazionali
- $n \cdot \log(n)$  : crescita poco più che lineare



# Elogio della lentezza

- Come cresce lentamente il logaritmo!
- Importante nell'analisi dei costi computazionali
- $n \cdot \log(n)$  : crescita poco più che lineare



# Elogio della lentezza

- Come cresce lentamente il logaritmo!
- Importante nell'analisi dei costi computazionali
- $n \cdot \log(n)$  : crescita poco più che lineare