

## **ARGOMENTO 12**

# **Piani di esecuzione di query**

# Esecuzione di query SQL

- Per ogni query, esistono almeno due livelli di pianificazione:
  - Pianificazione logica: decidere COSA fare per produrre il risultato
    - Es. selezione, proiezione, join, unione, ...
  - Pianificazione fisica: decidere COME eseguire i singoli passi del piano logico
    - file scan, nested loop join, hash join, ...
- Ogni piano può avere costi MOLTO differenti
- Domanda: come si fa a calcolare (stimare) il costo dell'esecuzione di un piano?

# Esecuzione di query SQL

- Per *stimare* il costo dell'esecuzione di un piano, noi qui ci limiteremo a discutere due aspetti:
  - La stima della **cardinalità** di ogni passo intermedio dell'esecuzione della query
  - Il costo di ogni singolo passo in termini di I/O (come visto nelle lezioni precedenti)
- Argomenti più avanzati (che non toccheremo) sono:
  - Lo spazio di ricerca (quali diversi piani considerare)
  - Gli algoritmi di ricerca (come esplorare lo spazio di ricerca)

# Cosa dobbiamo sapere per il calcolo

- Come premessa, è necessario conoscere almeno quanto segue:
  - La cardinalità delle relazioni coinvolte
  - La presenza o meno di indici (e di che tipo) e il numero di chiavi nell'indice
  - Il numero di pagine utilizzate per memorizzare ogni relazione
  - Informazione statistica sugli attributi (es. il valore minimo, il valore massimo, il numero di valori diversi, ...)

# Albero di esecuzione della query

- Per rappresentare i passi di esecuzione di una query, spesso si usa una rappresentazione ad albero
  - Le foglie sono le relazioni di partenza
  - I nodi intermedi corrispondono a operazioni algebriche sulla/e relazioni coinvolte
  - A ogni nodo intermedio viene associato un costo
  - La radice corrisponde all'output della query (che a sua volta è una relazione)

# La base di dati «sailors»

Sailors (sid, sname, srating, age)

Boats(bid, bname, color)

Reserves(sid, bid, date, rname)

***Q1:** What are the names of the sailors who have reserved boat with name “100” ?*

***Q2:** What are the names of the sailors who have reserved a **red** boat ?*

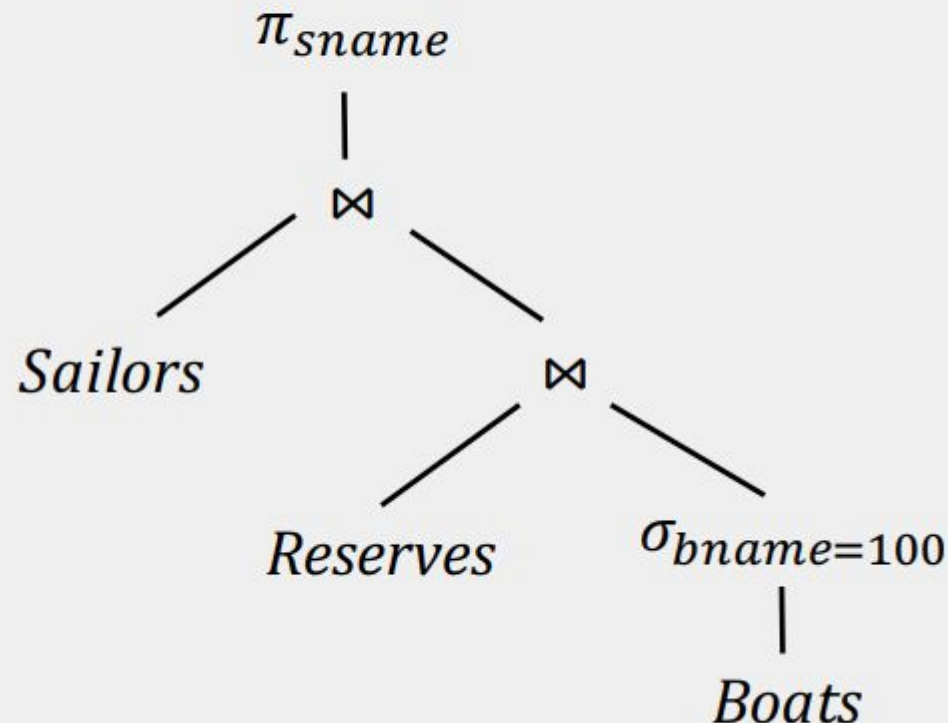
***Q3:** What are the names of the sailors who have reserved a **green** or **red** boat ?*

***Q4:** What are the names of the sailors who have reserved a **green** and **red** boat ?*

# Piano logico

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| ■ $ S  = 90$                              | ■ $t_S = t_B = t_R = 40$ byte |
| ■ $ B  = 30$                              | ■ $P = 400$ byte              |
| ■ $ R  = 3000$                            | ■ $P / t_x = 10$              |
| ■ $f(\text{color}) = 1/3$                 | ■ $P_S = 9$                   |
| ■ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$  | ■ $P_B = 3$                   |
| ■ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$ | ■ $P_R = 300$                 |

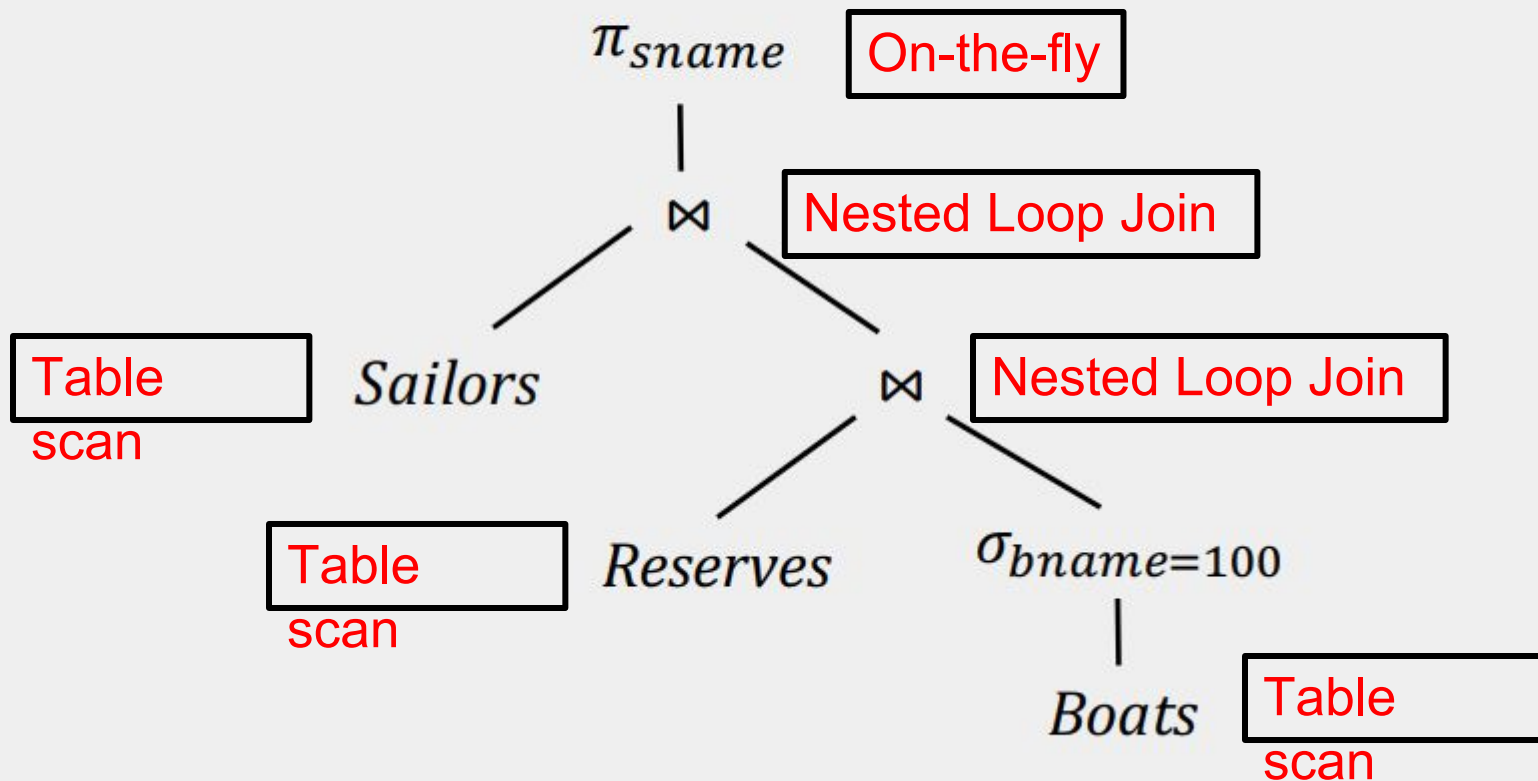
**Q1:** What are the names of the sailors who have reserved boat with name "100" ?



# Piano fisico (esempio)

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| ▪ $ S  = 90$                              | ▪ $t_S = t_B = t_R = 40$ byte |
| ▪ $ B  = 30$                              | ▪ $P = 400$ byte              |
| ▪ $ R  = 3000$                            | ▪ $P / t_x = 10$              |
| ▪ $f(\text{color}) = 1/3$                 | ▪ $P_S = 9$                   |
| ▪ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$  | ▪ $P_B = 3$                   |
| ▪ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$ | ▪ $P_R = 300$                 |

**Q1:** What are the names of the sailors who have reserved boat with name "100" ?



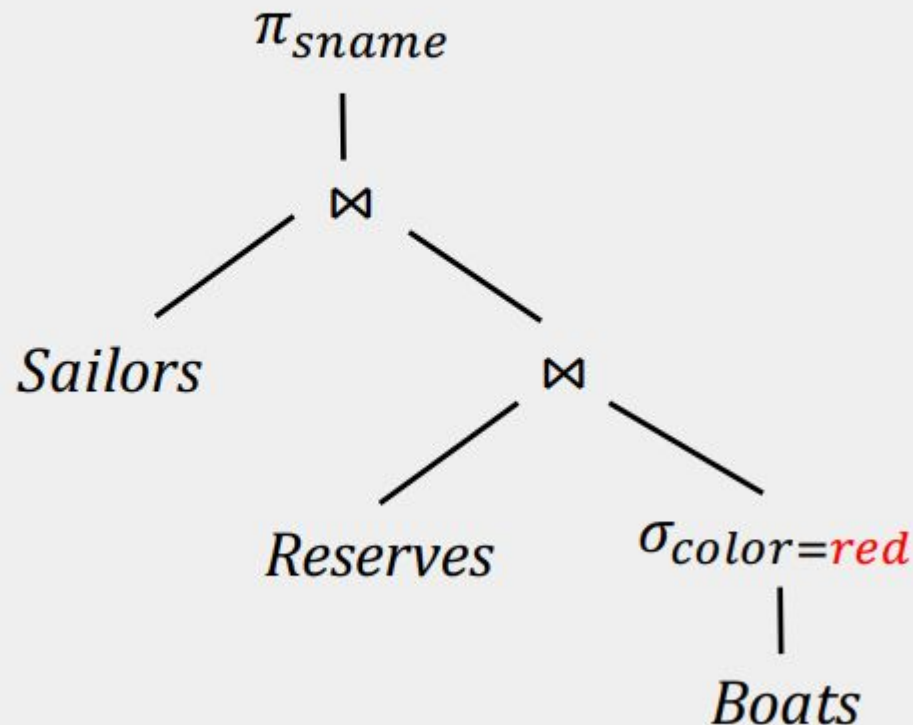


# Piano logico

- $|S| = 90$
- $|B| = 30$
- $|R| = 3000$
- $f(\text{color}) = 1/3$
- $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$
- $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$

- $t_S = t_B = t_R = 40$  byte
- $P = 400$  byte
- $P / t_x = 10$
- $P_S = 9$
- $P_B = 3$
- $P_R = 300$

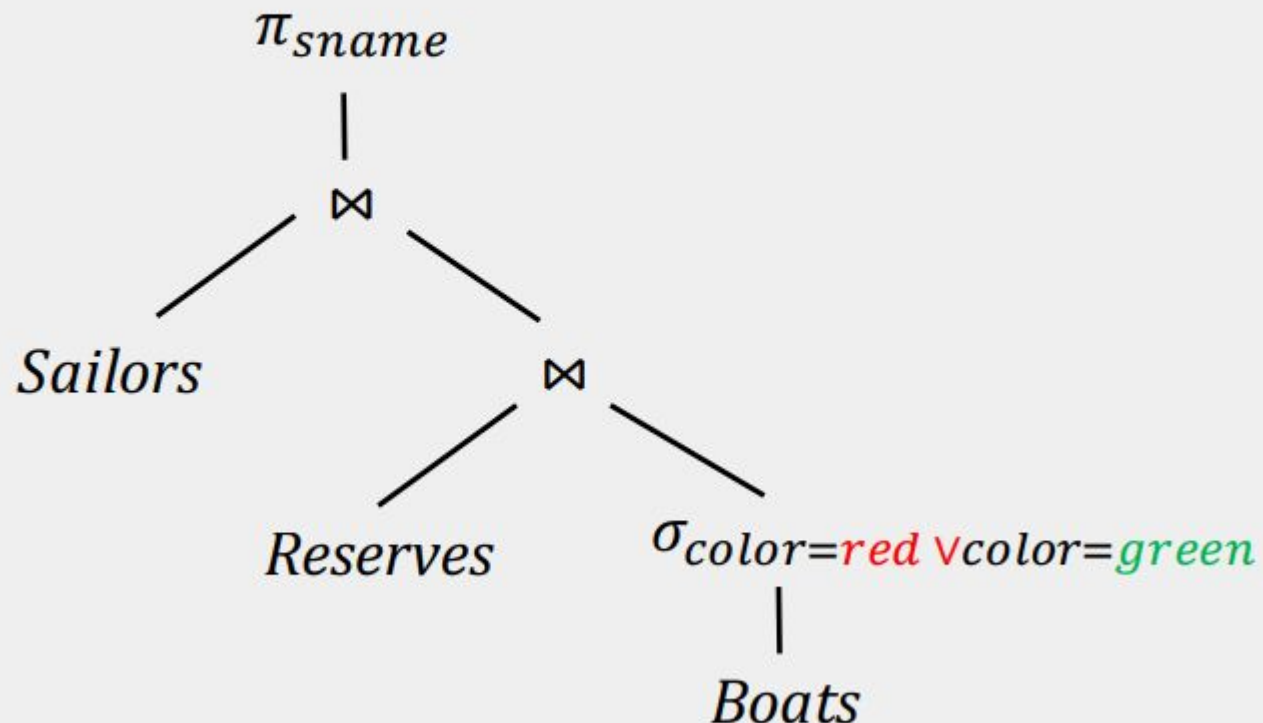
**Q2:** What are the names of the sailors who have reserved a *red* boat?



# Piano logico

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| ■ $ S  = 90$                              | ■ $t_S = t_B = t_R = 40$ byte |
| ■ $ B  = 30$                              | ■ $P = 400$ byte              |
| ■ $ R  = 3000$                            | ■ $P / t_x = 10$              |
| ■ $f(\text{color}) = 1/3$                 | ■ $P_S = 9$                   |
| ■ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$  | ■ $P_B = 3$                   |
| ■ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$ | ■ $P_R = 300$                 |

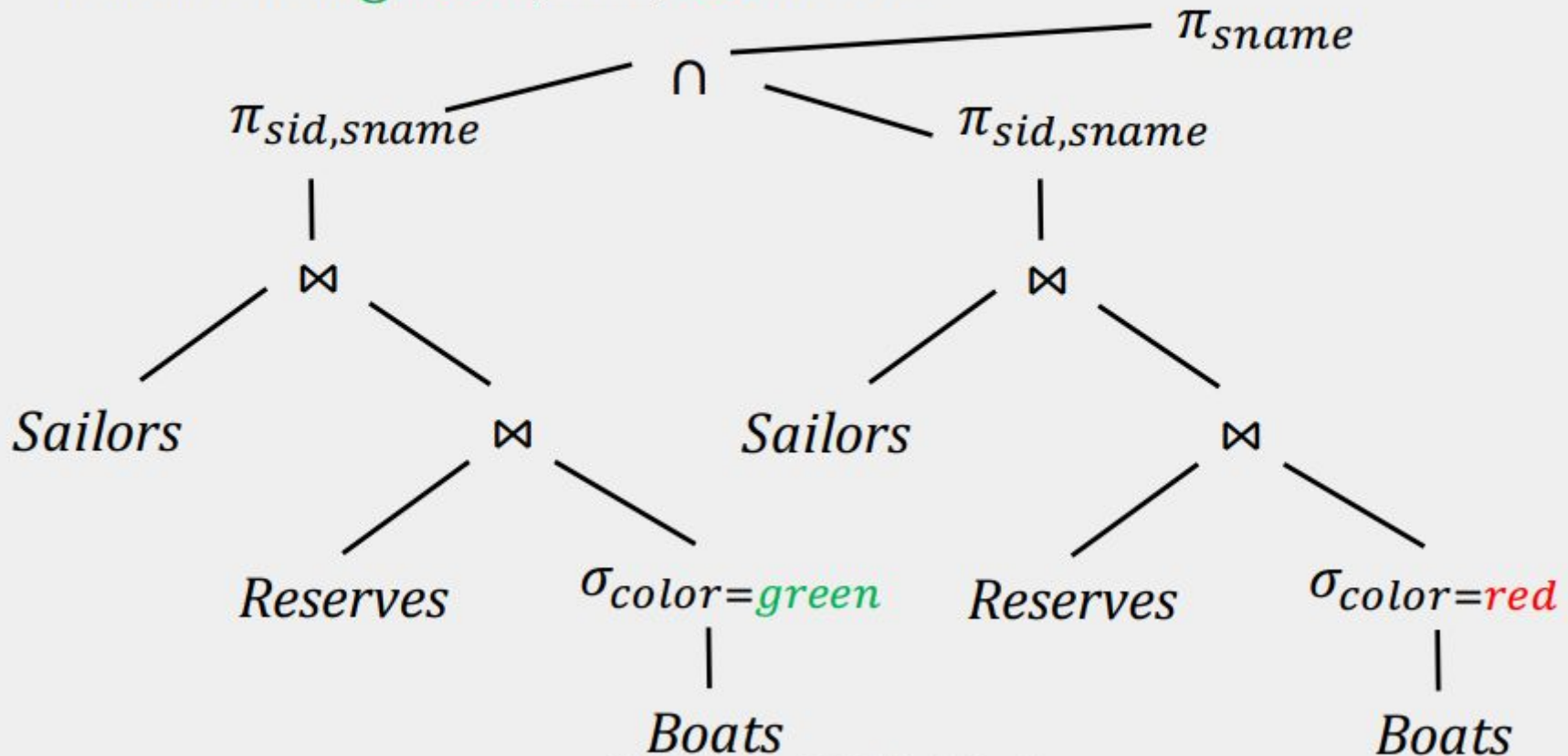
**Q3:** What are the names of the sailors who have reserved a **green** or **red** boat?



# Piano logico

- $|S| = 90$
- $|B| = 30$
- $|R| = 3000$
- $f(\text{color}) = 1/3$
- $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$
- $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$
- $t_S = t_B = t_R = 40$  byte
- $P = 400$  byte
- $P / t_x = 10$
- $P_S = 9$
- $P_B = 3$
- $P_R = 300$

**Q4:** What are the names of the sailors who have reserved a **green** and **red** boat?



# Esempio

Sailors (sid, sname, srating, age)

Boats(bid, bname, color)

Reserves(sid, bid, date, rname)

## Query:

```
SELECT S.sid, R.rname
FROM Sailors S, Boats B, Reserves R
WHERE S.sid = R.sid
AND B.bid = R.bid
AND B.color = red
```

## Assunzioni di partenza

Sailors (sid, sname, srating, age)

Boats(bid, bname, color)

Reserves(sid, bid, date, rname)

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ <math> S  = 12</math></li><li>■ <math> B  = 4</math></li><li>■ <math> R  = 10</math></li><li>■ <math>f(\text{color}) = 1/3</math></li><li>■ <math>f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4</math></li><li>■ <math>f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12</math></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>■ <math>t_S = t_B = t_R = 25</math> byte</li><li>■ <math>P = 50</math> byte</li><li>■ <math>P / t_x = 2</math></li><li>■ <math>P_S = 6</math></li><li>■ <math>P_B = 2</math></li><li>■ <math>P_R = 5</math></li></ul> |
|--|---|

# Esempio

- $|S| = 12$
- $|B| = 4$
- $|R| = 10$
- $f(\text{color}) = 1/3$
- $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$
- $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$

- $t_S = t_B = t_R = 25$  byte
- $P = 50$  byte
- $P / t_x = 2$
- $P_S = 6$
- $P_B = 2$
- $P_R = 5$

```
SELECT S.sid, R.rname
FROM Sailors S, Boats B, Reserves R
WHERE S.sid = R.sid
AND B.bid = R.bid
AND B.color = red
```

Output

$\sigma_{\text{color}=\text{red}}$



$B.\text{bid}=R.\text{bid}$

$S.\text{sid}=R.\text{sid}$



Sailors

Reserves

Boats

# Calcolo della cardinalità dell'output

■ $ S  = 12$	■ $t_S = t_B = t_R = 25$ byte
■ $ B  = 4$	■ $P = 50$ byte
■ $ R  = 10$	■ $P / t_x = 2$
■ $f(\text{color}) = 1/3$	■ $P_S = 6$
■ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$	■ $P_B = 2$
■ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$	■ $P_R = 5$

- La cardinalità delle varie operazioni viene approssimata bottom-up nell'albero di esecuzione
- Osservazione: la cardinalità dell'output sarà:  
$$|\text{Res}| \leq |R| \times |S| \times |B| \leq 10 \times 12 \times 4 \leq 480$$
- Questo valore viene ridotto da ognuna delle condizioni usando il concetto di **selectivity factor**  $f$  (vedi lezione sui costi delle query)
- Come sappiamo,  $f$  può solo essere stimato



# Esempio: cardinalità

■ $ S  = 12$	■ $t_S = t_B = t_R = 25$ byte
■ $ B  = 4$	■ $P = 50$ byte
■ $ R  = 10$	■ $P / t_x = 2$
■ $f(\text{color}) = 1/3$	■ $P_S = 6$
■ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$	■ $P_B = 2$
■ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$	■ $P_R = 5$

- Stima della cardinalità dell'output:

$$12 * 10 * 4 * 1/12 * 1/4 * 1/3 = 3,4$$

- $S.\text{sid}=R.\text{sid} \quad 12 * 10 * 1/12 = 10$
- $B.\text{bid}=R.\text{bid} \quad 4 * 10 * 1/4 = 10$
- $\text{color} = \text{'red'} \quad 10 * 1/3 = 3,4$



# Esempio: costo (I/O)

■ $ S  = 12$	■ $t_S = t_B = t_R = 25$ byte
■ $ B  = 4$	■ $P = 50$ byte
■ $ R  = 10$	■ $P / t_x = 2$
■ $f(\text{color}) = 1/3$	■ $P_S = 6$
■ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$	■ $P_B = 2$
■ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$	■ $P_R = 5$

- Costo del primo JOIN:  $P_R + P_S * P_R$ 
  - $5 + 6 * 5 = 35$
- Costo del secondo JOIN:  $P_B$ 
  - 2 (leggo le due pagine che contengono le tuple di B)
  - NB: l'output del primo JOIN è già in memoria, quindi basta caricare Boats e verificare (al volo) quali tuple soddisfano la condizione del JOIN
- Il costo della selezione '*color = red*' è nullo (nessuna operazione di I/O)
  - Viene eseguita in memoria sull'output delle operazioni precedenti
- Costo totale: 37

# Indici

■ $ S  = 12$	■ $t_S = t_B = t_R = 25$ byte
■ $ B  = 4$	■ $P = 50$ byte
■ $ R  = 10$	■ $P / t_x = 2$
■ $f(\text{color}) = 1/3$	■ $P_S = 6$
■ $f(B.\text{bid} = R.\text{bid}) = 1/4$	■ $P_B = 2$
■ $f(S.\text{sid} = R.\text{sid}) = 1/12$	■ $P_R = 5$

- Cosa cambierebbe se avessimo a disposizione degli indici?
- Per esempio, supponiamo di avere un *hash index* sull'attributo `Sailors.sid`
- Il costo del primo JOIN sarebbe:

$$P_R + |R| * (L_h + |S_{s.sid = r.sid}|)$$

ovvero:

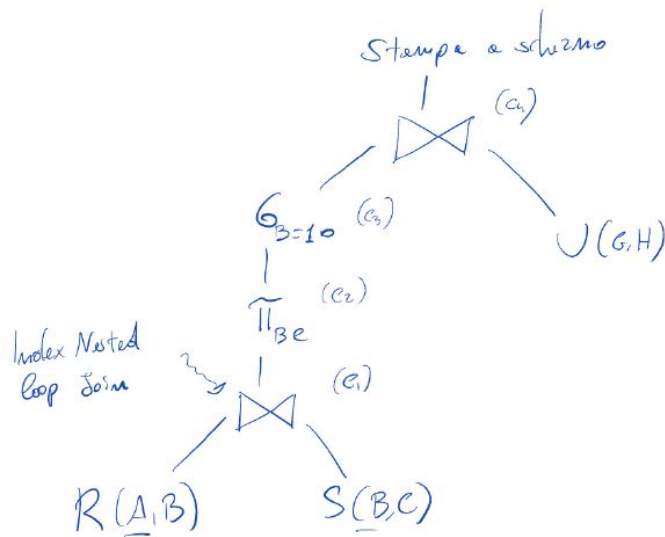
$$5 + 10 * (1 + 1) = 25$$

# Esercizio

Assumiamo di avere le relazioni  $R(\underline{A}, B)$ ,  $S(\underline{B}, C)$ ,  $U(G, H)$ , dove gli insiemi di attributi sottolineati in ciascuna relazione indicano la chiave primaria.

Supponiamo anche che sull'attributo  $S.B$  sia stato creato un  $B^+$ -tree, con un costo di lookup pari a  $L_b = 3$ . Infine, si assuma di avere una query, il cui piano di esecuzione è il seguente

## Soluzione:



Calcolare il costo di eseguire la query seguendo il piano sopra descritto.