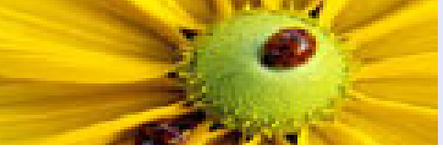
Linguaggi di Programmazione I – Java-4

Prof. Marco Faella
mailto://m.faella@unina.it
http://wpage.unina.it/mfaella

Materiale didattico elaborato con i Proff. Sette e Bonatti

4 aprile 2025

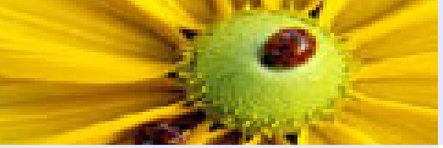


Complementi

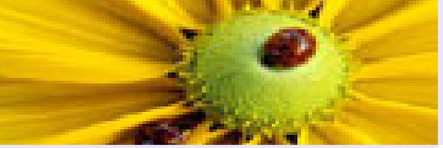
`String` e `StringBuffer`

Garbage collection

Questionario



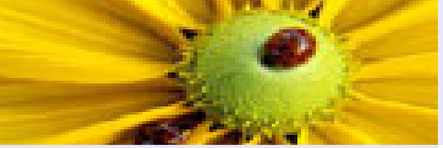
String e StringBuffer



String (1)

- Le stringhe sono oggetti che possono essere creati come segue:

```
String s = new String("abcdef");
```



String (1)

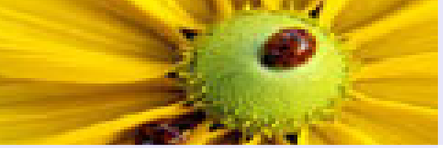
- Le stringhe sono oggetti che possono essere creati come segue:

```
String s = new String("abcdef");
```

oppure così:

```
String s = "abcdef";
```

- Vedremo tra poco quali sono le (sottili) differenze tra questi modi.



String (1)

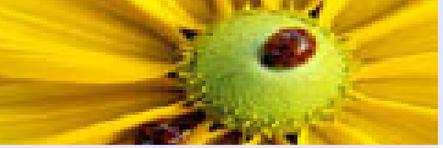
- Le stringhe sono oggetti che possono essere creati come segue:

```
String s = new String("abcdef");
```

oppure così:

```
String s = "abcdef";
```

- Vedremo tra poco quali sono le (sottili) differenze tra questi modi.



String (1)

- Le stringhe sono oggetti che possono essere creati come segue:

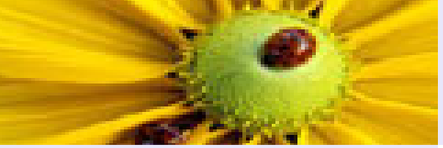
```
String s = new String("abcdef");
```

oppure così:

```
String s = "abcdef";
```

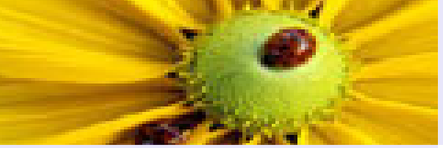
- Vedremo tra poco quali sono le (sottili) differenze tra questi modi.

- Nota: `"abcdef"` si chiama *letterale String*
- Analogamente, `1.0` si chiama *letterale double*



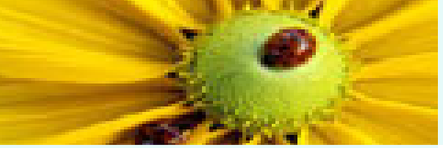
Immutabilità

- Le stringhe sono oggetti **immutabili**
- Immutabilità significa che, una volta assegnato all'oggetto un contenuto, esso è fissato per sempre (capiremo tra poco anche perché deve essere così).



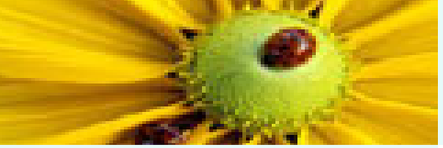
Immutabilità

- Le stringhe sono oggetti **immutabili**
- Immutabilità significa che, una volta assegnato all'oggetto un contenuto, esso è fissato per sempre (capiremo tra poco anche perché deve essere così).
- Attenzione: immutabili sono gli oggetti `String`, non i loro riferimenti. Questi ultimi possono cambiare valore.
- Anche i tipi wrapper sono immutabili



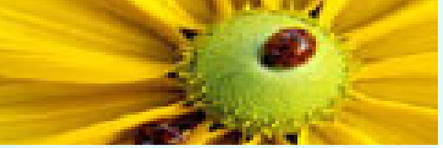
Esempi


```
String s = "Walter";
```



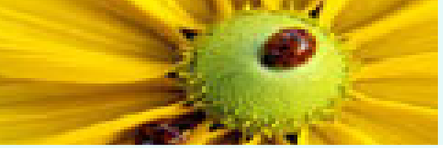
Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
```



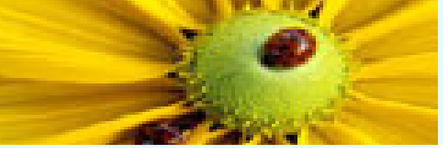
Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
```



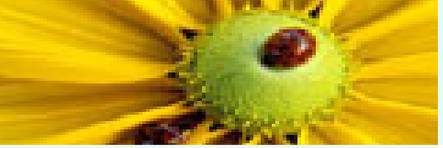
Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);    // cosa stampa?
```



Esempi

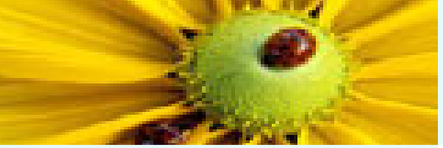

```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```



Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

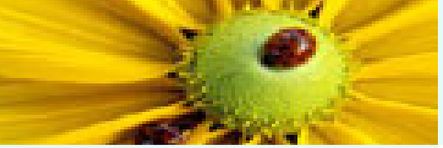
```
String x = "Walter";
```



Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

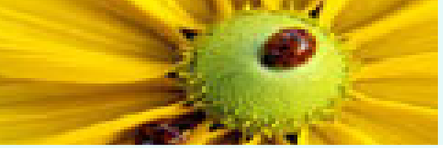
```
String x = "Walter";
x.concat("␣White");
```



Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

```
String x = "Walter";
x.concat("␣White");
System.out.println(x);   // cosa stampa?
```

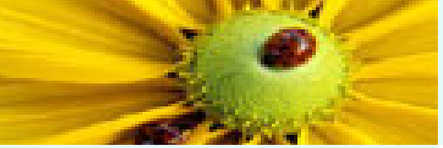


Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

```
String x = "Walter";
x.concat("␣White");
System.out.println(x);   // cosa stampa?
```

```
String s1 = "A";
String s2 = s1 + "B";
s1.concat("C");
s2.concat(s1);
s1 += "D";                      // Quanti oggetti in gioco?
System.out.println(s1 + s2); // Cosa stampa?
```



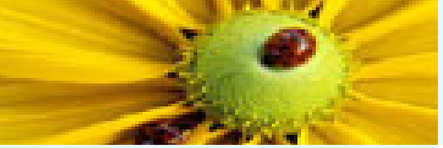
Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

```
String x = "Walter";
x.concat("␣White");
System.out.println(x);   // cosa stampa?
```

```
String s1 = "A";
String s2 = s1 + "B";
s1.concat("C");
s2.concat(s1);
s1 += "D";                      // Quanti oggetti in gioco?
System.out.println(s1 + s2); // Cosa stampa?
```

```
String s1 = "abc";
String s2 = s1 + "";
String s3 = "abc";
System.out.println(s1 == s2);
```



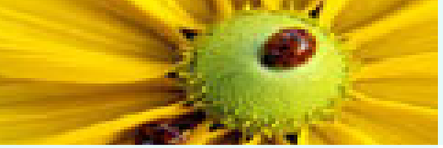
Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

```
String x = "Walter";
x.concat("␣White");
System.out.println(x);   // cosa stampa?
```

```
String s1 = "A";
String s2 = s1 + "B";
s1.concat("C");
s2.concat(s1);
s1 += "D";                      // Quanti oggetti in gioco?
System.out.println(s1 + s2); // Cosa stampa?
```

```
String s1 = "abc";
String s2 = s1 + "";
String s3 = "abc";
System.out.println(s1 == s2);  // false!
System.out.println(s1 == s3);
```



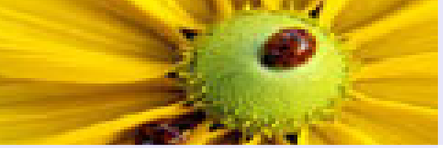
Esempi


```
String s = "Walter";
String s2 = s;
s = s.concat("␣White");
System.out.println(s);   // cosa stampa?
System.out.println(s2);  // e qui?
```

```
String x = "Walter";
x.concat("␣White");
System.out.println(x);   // cosa stampa?
```

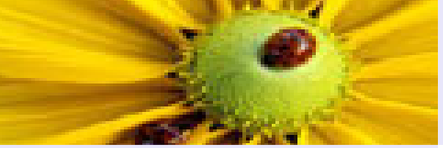
```
String s1 = "A";
String s2 = s1 + "B";
s1.concat("C");
s2.concat(s1);
s1 += "D";                      // Quanti oggetti in gioco?
System.out.println(s1 + s2); // Cosa stampa?
```

```
String s1 = "abc";
String s2 = s1 + "";
String s3 = "abc";
System.out.println(s1 == s2);  // false!
System.out.println(s1 == s3);  // true!
```



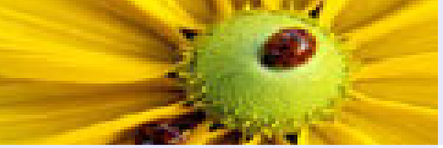
`String` **pool**

- Per motivi di efficienza, poichè nelle applicazioni i letterali `String` occupano molta memoria, la JVM riserva un'area speciale di memoria ad essi: la *String constant pool*.



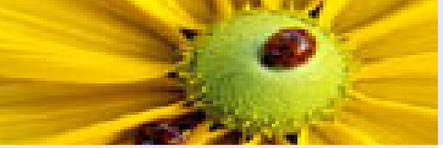
`String` **pool**

- Per motivi di efficienza, poichè nelle applicazioni i letterali `String` occupano molta memoria, la JVM riserva un'area speciale di memoria ad essi: la *String constant pool*.
- Quando il compilatore incontra un letterale `String`, esso controlla se è già presente nel pool.



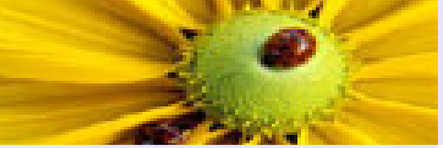
`String` **pool**

- Per motivi di efficienza, poichè nelle applicazioni i letterali `String` occupano molta memoria, la JVM riserva un'area speciale di memoria ad essi: la *String constant pool*.
- Quando il compilatore incontra un letterale `String`, esso controlla se è già presente nel pool.
  - Se è presente, allora il letterale viene interpretato come un riferimento all'oggetto `String` esistente
  - Altrimenti, viene creato un nuovo oggetto `String` e aggiunto al pool.



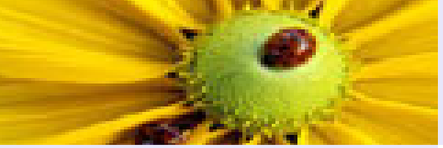
`String` **pool**

- Per motivi di efficienza, poichè nelle applicazioni i letterali `String` occupano molta memoria, la JVM riserva un'area speciale di memoria ad essi: la *String constant pool*.
- Quando il compilatore incontra un letterale `String`, esso controlla se è già presente nel pool.
  - Se è presente, allora il letterale viene interpretato come un riferimento all'oggetto `String` esistente
  - Altrimenti, viene creato un nuovo oggetto `String` e aggiunto al pool.
- Questo meccanismo di condivisione può funzionare perché gli oggetti `String` sono immutabili.



`String` **pool**

- Per motivi di efficienza, poichè nelle applicazioni i letterali `String` occupano molta memoria, la JVM riserva un'area speciale di memoria ad essi: la *String constant pool*.
- Quando il compilatore incontra un letterale `String`, esso controlla se è già presente nel pool.
  - Se è presente, allora il letterale viene interpretato come un riferimento all'oggetto `String` esistente
  - Altrimenti, viene creato un nuovo oggetto `String` e aggiunto al pool.
- Questo meccanismo di condivisione può funzionare perché gli oggetti `String` sono immutabili. Se lo stesso letterale compare in punti diversi del codice, l'eventuale modifica di un letterale modificherebbe anche l'altro

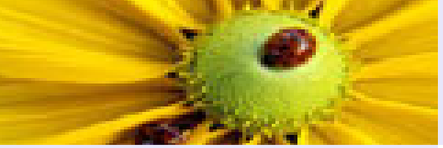


`String` **pool**

- Per motivi di efficienza, poichè nelle applicazioni i letterali `String` occupano molta memoria, la JVM riserva un'area speciale di memoria ad essi: la *String constant pool*.
- Quando il compilatore incontra un letterale `String`, esso controlla se è già presente nel pool.
  - Se è presente, allora il letterale viene interpretato come un riferimento all'oggetto `String` esistente
  - Altrimenti, viene creato un nuovo oggetto `String` e aggiunto al pool.
- Questo meccanismo di condivisione può funzionare perché gli oggetti `String` sono immutabili. Se lo stesso letterale compare in punti diversi del codice, l'eventuale modifica di un letterale modificherebbe anche l'altro
- Qual è quindi la differenza tra i due enunciati?

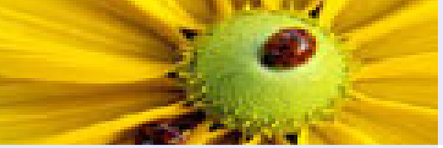
```
String s = "abcdef";
```

```
String s = new String("abcdef");
```



`StringBuffer` (1)

- Se si deve fare un uso intensivo di manipolazione di stringhe, allora è opportuno usare le classi `StringBuilder` e `StringBuffer`: esse sono simili a `String`, ma sono *mutabili*
- La differenza tra le due è che StringBuffer è *thread-safe*

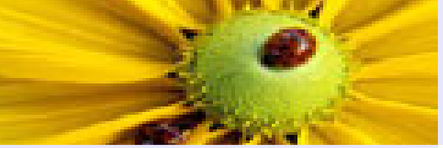


StringBuffer (1)

- Se si deve fare un uso intensivo di manipolazione di stringhe, allora è opportuno usare le classi `StringBuilder` e `StringBuffer`: esse sono simili a `String`, ma sono *mutabili*
- La differenza tra le due è che StringBuffer è *thread-safe*
- Per esempio:

```
StringBuffer s = new StringBuffer("Walter");
s.append("␣White");
System.out.println(s); // cosa stampa?

String contenuto = s.toString();
```



StringBuffer (1)

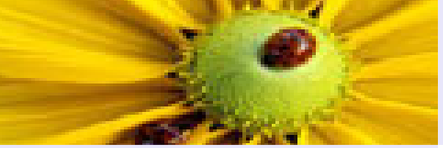
- Se si deve fare un uso intensivo di manipolazione di stringhe, allora è opportuno usare le classi StringBuilder e StringBuffer: esse sono simili a String, ma sono *mutabili*
- La differenza tra le due è che StringBuffer è *thread-safe*
- Per esempio:

```
StringBuffer s = new StringBuffer("Walter");
s.append("␣White");
System.out.println(s); // cosa stampa?

String contenuto = s.toString();
```

- Attenzione:

```
StringBuffer s = "abc";
  // Illegale: String e StringBuffer
  // non sono auto-convertibili!
```



StringBuffer (1)

- Se si deve fare un uso intensivo di manipolazione di stringhe, allora è opportuno usare le classi StringBuilder e StringBuffer: esse sono simili a String, ma sono *mutabili*
- La differenza tra le due è che StringBuffer è *thread-safe*
- Per esempio:

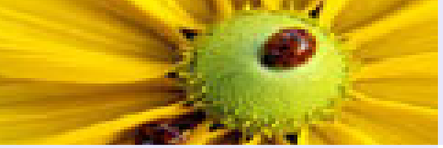
```
StringBuffer s = new StringBuffer("Walter");
s.append("␣White");
System.out.println(s); // cosa stampa?

String contenuto = s.toString();
```

- Attenzione:

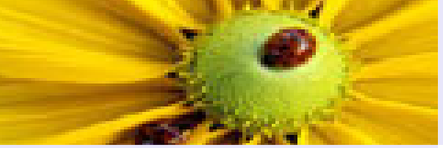
```
StringBuffer s = "abc";
  // Illegale: String e StringBuffer
  // non sono auto-convertibili!

StringBuffer s = (StringBuffer) "abc";
  // Illegale: neanche con cast!
```



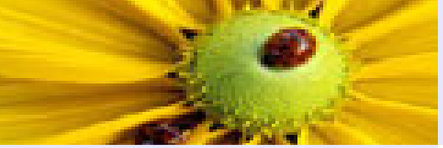
Uguaglianza

- ATTENZIONE: mentre la classe `String` sovrascrive il metodo `equals` in modo da controllare l'uguaglianza del contenuto dei due oggetti (quello corrente e quello ricevuto come parametro), le classi `StringBuffer` e `StringBuilder` non lo sovrascrivono ed usano quello ereditato da `Object`, che funziona come l'operatore == (cioè compara i riferimenti).

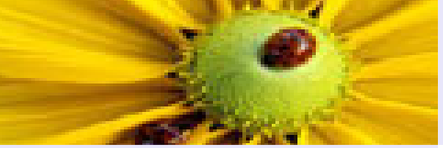


Uguaglianza

- ATTENZIONE: mentre la classe `String` sovrascrive il metodo `equals` in modo da controllare l'uguaglianza del contenuto dei due oggetti (quello corrente e quello ricevuto come parametro), le classi `StringBuffer` e `StringBuilder` non lo sovrascrivono ed usano quello ereditato da `Object`, che funziona come l'operatore == (cioè compara i riferimenti).
- Le classi `String`, `StringBuffer` e `StringBuilder` sono `final`. Esse non possono essere specializzate: sovrascriverne i metodi potrebbe creare problemi di sicurezza.



Garbage collection



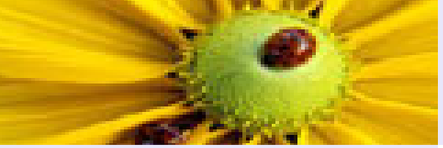
Definizioni

- Rilascio automatico della memoria non più accessibile dal programma
- Un data object è "eleggibile" per la GC se non è più accessibile dal programma

Esempio:

```
public static void main(String[] args) {
   StringBuffer sb = new StringBuffer("Ciao");
   System.out.println(sb);
   sb = null;
   // ora l'oggetto StringBuffer e' eleggibile per la GC
}
```

Nota: tranne casi eccezionali, le stringhe nello string pool non sono mai eleggibili per la GC



Algoritmo di GC

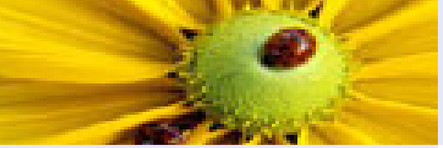
Algoritmo *mark-and-sweep*

1. Fase *mark*: a partire dallo stack e dalla regione statica, esplorare tutti gli oggetti accessibili (direttamente o indirettamente) e marcarli come tali
2. Fase *sweep*: rilasciare tutti i data object dello heap che non sono stati marcati come accessibili

La fase mark è analoga alla visita di un grafo: i nodi sono oggetti e gli archi sono riferimenti tra oggetti

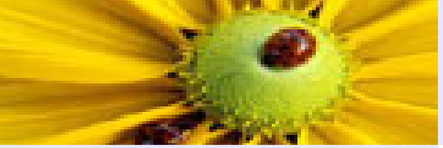
I nodi di partenza sono tutti i riferimenti che si trovano sullo stack (variabili locali) o nella regione statica (attributi statici di classi)

Nota: mark-and-sweep è solo uno dei tanti algoritmi possibili di GC; la JVM contiene diversi algoritmi di GC alternativi, selezionabili con opzioni da riga di comando



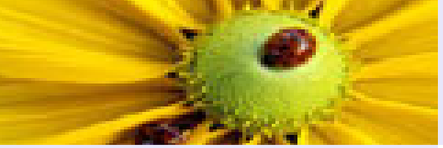
Esempio (2)


```
public static void main(String[] args) {
   StringBuffer s1 = new StringBuffer("Ciao");
   StringBuffer s2 = new StringBuffer("Addio");
   System.out.println(s1);
   // l'oggetto riferito da s1 non e' ancora
   // eleggibile per GC
```



Esempio (2)

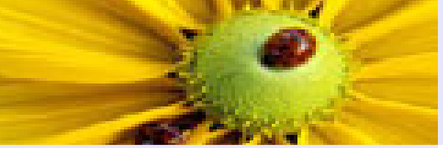

```
public static void main(String[] args) {
   StringBuffer s1 = new StringBuffer("Ciao");
   StringBuffer s2 = new StringBuffer("Addio");
   System.out.println(s1);
   // l'oggetto riferito da s1 non e' ancora
   // eleggibile per GC
   s1 = s2;
   // qui e' eleggibile
   ...
}
```



Esempio (3)


```
 1. import java.util.Date;
 2. public class TestGC {
 3.   public static void main(String[] args) {
 4.     Date d = getDate();
 5.     System.out.println(d);
 6.   }
 7.
 8.   public static Date getDate() {
 9.     Date d2 = new Date();
10.     String now = d2.toString();
11.     System.out.println(now);
12.     return d2;
13.   }
14. }
```

Tracciare il codice con riferimento alla eleggibilità per GC degli oggetti
(Simulare l'esecuzione e indicare quali oggetti sono eleggibili ad ogni passo)



Esempio (4)

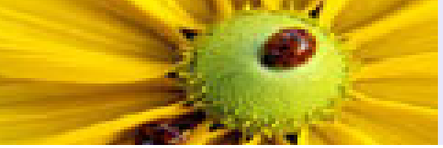

```
public class Isola {
  Isola i;

  public static void main(String[] args) {
    Isola i1 = new Isola();
    Isola i2 = new Isola();
    Isola i3 = new Isola();

    i1.i = i2;
    i2.i = i3;
    i3.i = i1;

    i1 = null;
    i2 = null;
    i3 = null;

    // qui quali oggetti sono eleggibili?
  }
}
```

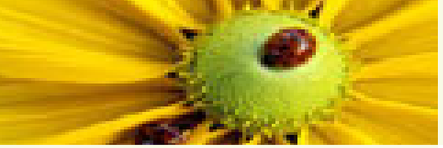


Esempio (5)

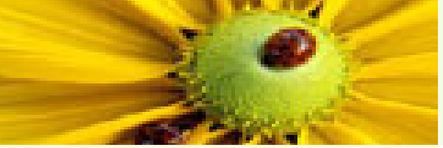
Simulare la procedure di GC mark-and-sweep nel punto segnato nel seguente programma:

```
class Employee {
   private String name;
   private Employee boss;
   public final static Employee CEO = new Employee("Gustavo", null);
   ...

   public static void main(String[] args) {
      Employee w = new Employee("Walter", CEO);
      f();
   }
   public static void f() {
      Employee j = new Employee("Jesse", CEO),
               p = new Employee("Pete", j);
      ArrayList<Employee> l = new ArrayList<>();
      l.add(j);
      j = null;
      p = null;
      // simulare la GC a questo punto
   }
}
```



Questionario



D 1

Data la stringa costruita mediante `s = new String("xyzzy")`, quali delle seguenti invocazioni di metodi modificherà la stringa?

A. `s.append("aaa");`

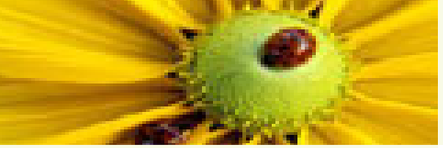
B. `s.trim();`

C. `s.substring(3);`

D. `s.replace('z', 'a');`

E. `s.concat(s);`

F. Nessuna delle precedenti.



D 1

Data la stringa costruita mediante `s = new String("xyzzy")`, quali delle seguenti invocazioni di metodi modificherà la stringa?

A. `s.append("aaa");`

B. `s.trim();`

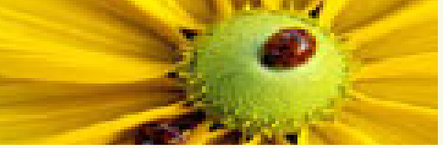
C. `s.substring(3);`

D. `s.replace('z', 'a');`

E. `s.concat(s);`

F. Nessuna delle precedenti.

F. – Gli oggetti `String` sono immutabili.



D 2

Qual è l'output del seguente brano di codice?

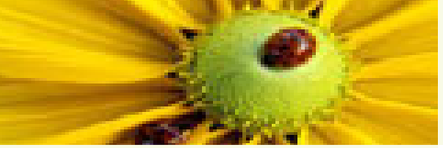
```
1. String s1 = "abc" + "def";
2. String s2 = new String(s1);
3. if (s1 == s2)
4.     System.out.println("A");
5. if (s1.equals(s2))
6.     System.out.println("B");
```

A. `AB`

B. `A`

C. `B`

D. Nessun output.



D 2

Qual è l'output del seguente brano di codice?

```
1. String s1 = "abc" + "def";
2. String s2 = new String(s1);
3. if (s1 == s2)
4.     System.out.println("A");
5. if (s1.equals(s2))
6.     System.out.println("B");
```

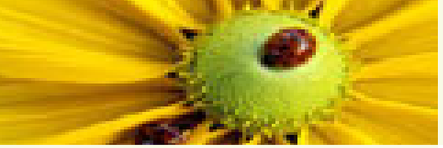
A. `AB`

B. `A`

C. `B`

D. Nessun output.

C.



D 3

Quanti oggetti sono prodotti nel seguente frammento di codice?

```
1. StringBuffer sbuf = new StringBuffer("abcde");
2. sbuf.insert(3, "xyz");
```

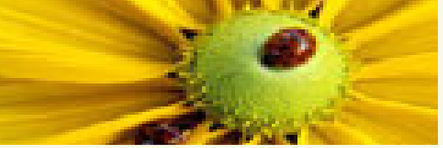
A. 1

B. 2

C. 3

D. 4

E. 5



D 3

Quanti oggetti sono prodotti nel seguente frammento di codice?

```
1. StringBuffer sbuf = new StringBuffer("abcde");
2. sbuf.insert(3, "xyz");
```

A. 1

B. 2

C. 3

D. 4

E. 5

C.