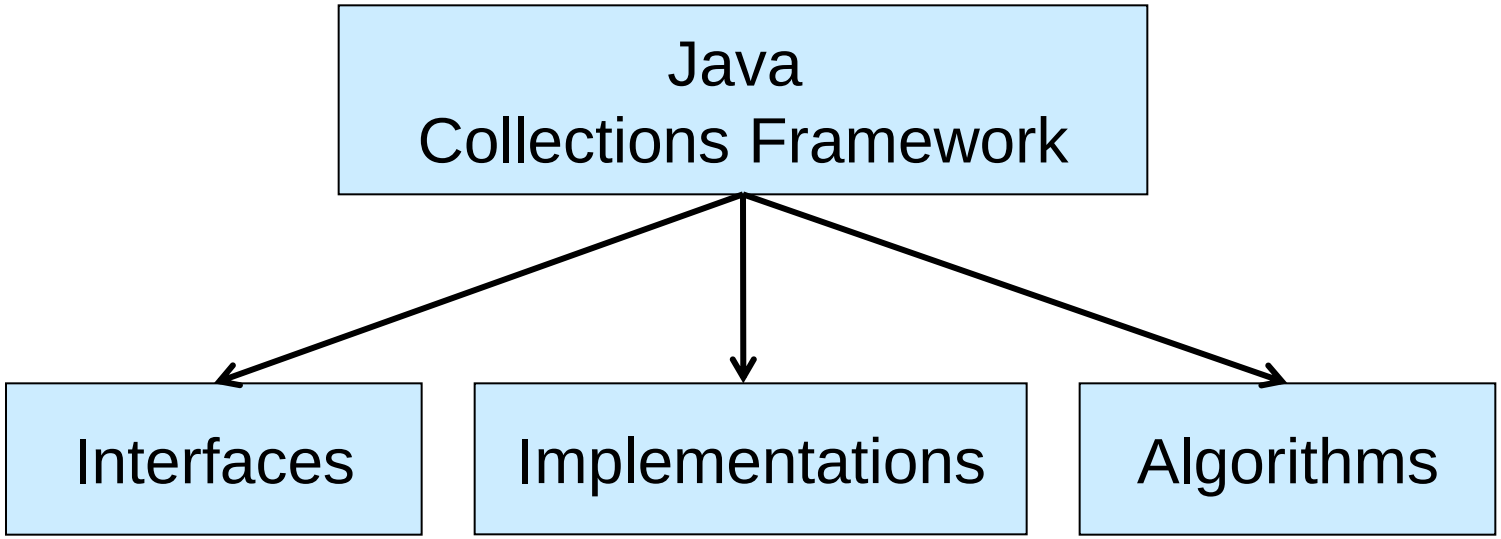
תוכנה 1

תרגול 7 – מבני נתונים גנריים

Java Collections Framework

- **Collection**:
  a group of elements

- Interface Based Design:

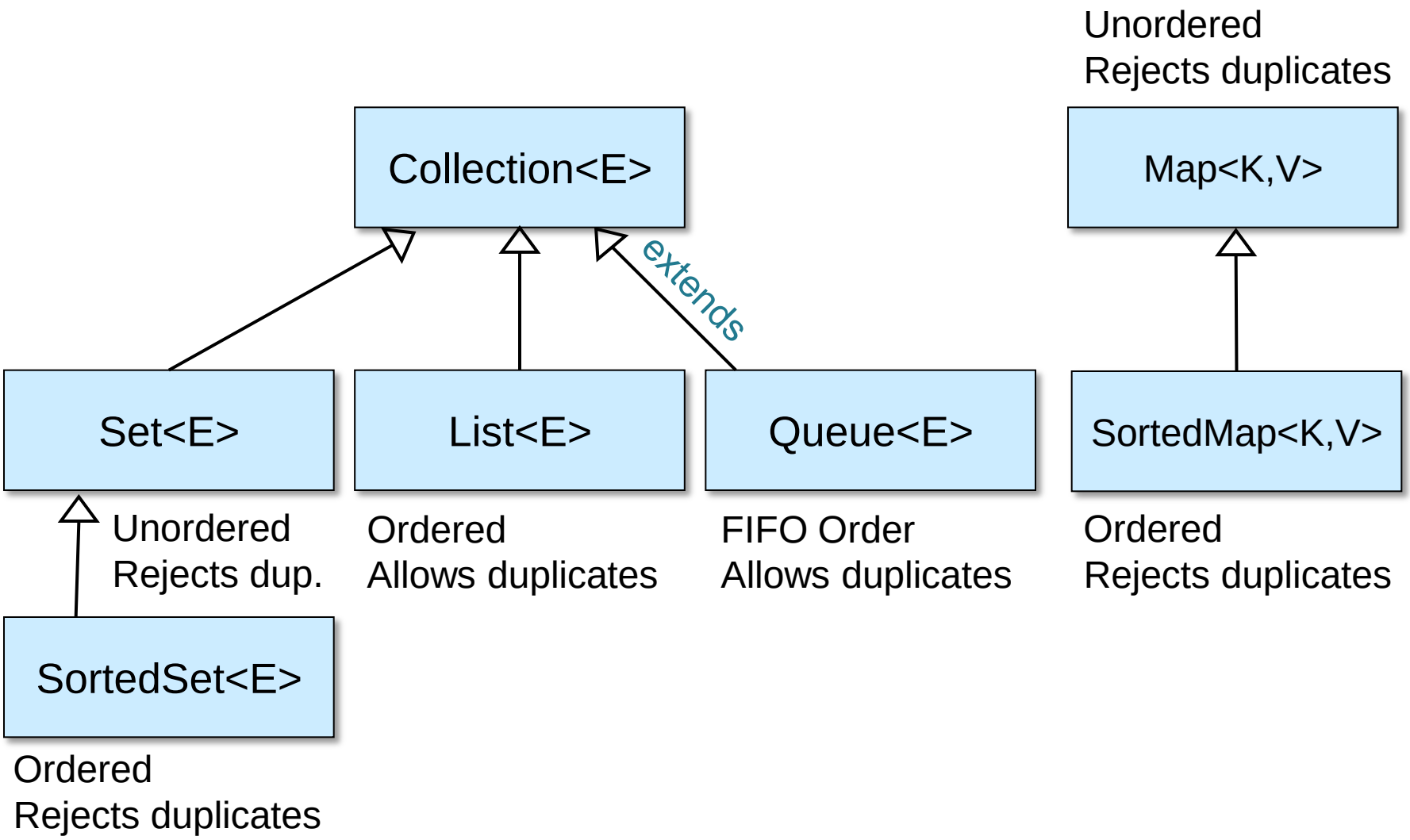


Online Resources

- Java 8 API Specification of the Collections Framework: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/collections/reference.html

- Oracle Tutorial: http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/

Collection Interfaces



A Simple Example

```
Collection<String> stringCollection = …
Collection<Integer> integerCollection = …

stringCollection.add("Hello");
integerCollection.add(5);
integerCollection.add(new Integer(6));
```

A Simple Example

```
Collection<String> stringCollection = …
Collection<Integer> integerCollection = …
```

- מצביעים ל Collection של מחרוזות ושל מספרים
- Collection אינו מחזיק טיפוסים פרימיטיביים, לכן נשתמש ב Integer, Double, Float וכדומה
- נראה בהמשך אילו מחלקות מממשות מנשק זה

```
stringColle
integerColl
integerCollection.add(new Integer(6));
```

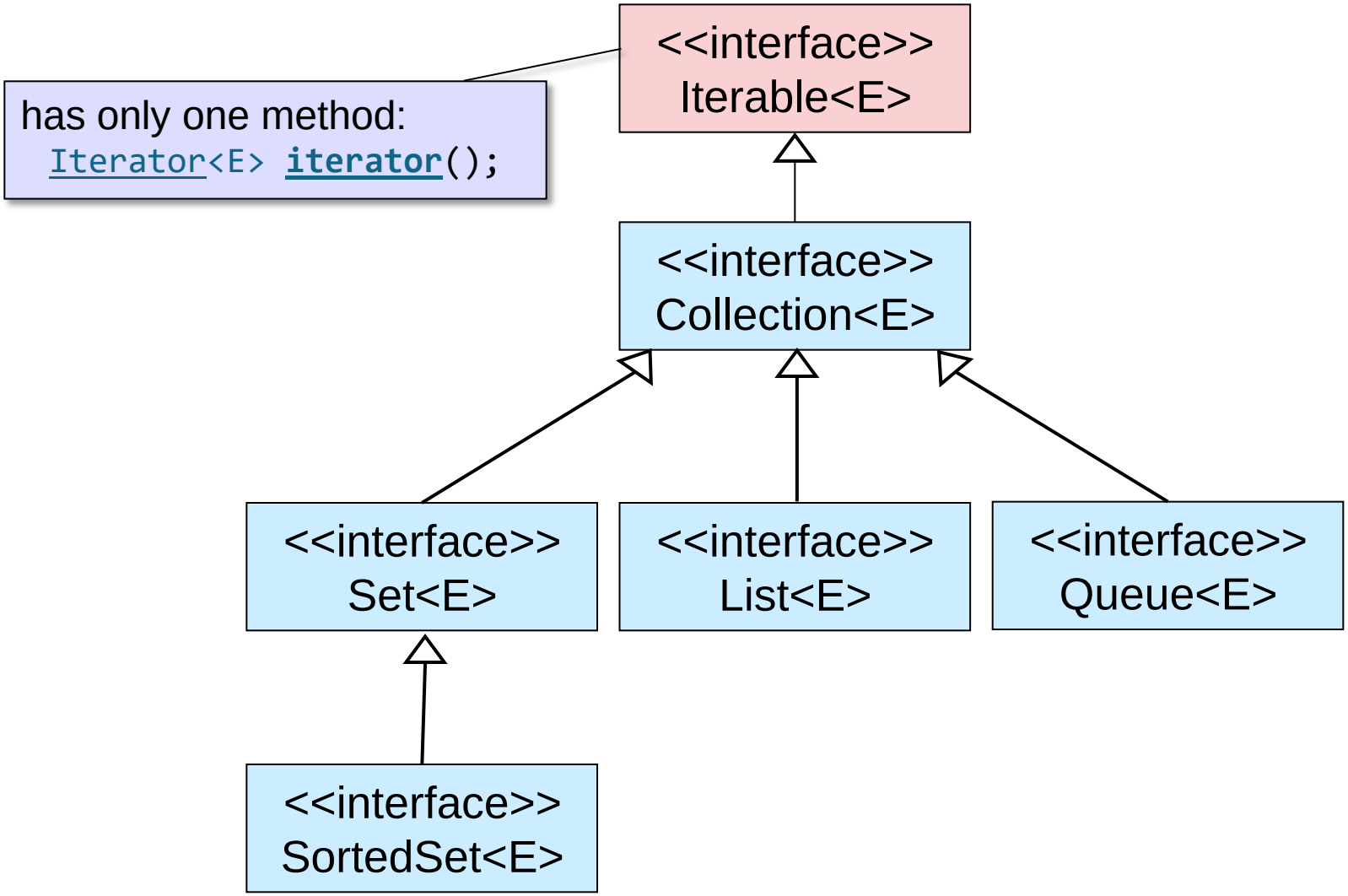
A Simple Example

```
Collection<String> stringCollection = …
Collection<Integer> integerCollection = …

stringCollection.add("Hello");
integerCollection.add(5);
integerCollection.add(new Integer(6));
```

- `stringCollection.add(7);`
- `integerCollection.add("world");`
- `stringCollection = integerCollection;`

Collection extends Iterable



המנשק Iterator

- מספק דרך לגשת לאיברים של אוסף (collection) מבלי לחשוף את המימוש שלו.
- שירותים:
  - hasNext()
    - מחזיר true אם יש עוד איברים שלא עברנו עליהם באוסף, false אחרת.
  - next()
    - מחזיר את האיבר הבא באוסף
    - גם שאילתא וגם פעולה, זאת כיוון ש next זו מקדם את האיטרטור.
  - remove()
    - מוחק את האיבר האחרון שהוחזר על ידי האיטרטור.
    - מתודה דיפולטית. מימוש ברירת מחדל הוא לזרוק UnsupportedOperationException.

Iterating over a Collection

- שימוש מפורש באיטרטור:

```
for (Iterator<String> iter = stringCollection.iterator();
     iter.hasNext(); ) {
    System.out.println(iter.next());
}
```

לולאת while:

```
while (iter.hasNext()){
}
```

- שימוש ב foreach

```
for (String str : stringCollection) {
    System.out.println(str);
}
```

Deleting an item inside a loop

- שימוש ב foreach עלול לגרום לשגיאה בעדכון האוסף

```
for (String str : stringCollection) {
        if (someCondition){
                stringCollection.remove(str);
                //can possible cause ConcurrentModificationException

        }
}
```

- שימוש ב iterator הוא בטוח יותר

```
for (Iterator<String> iter = stringCollection.iterator();
     iter.hasNext(); ) {
        iter.next(); /*we must advance the iterator, otherwise we will
                        get IllegalStateException */
        if (someCondition){
                iter.remove(); /*this is safe, unless remove is not
                                supported*/
        }
}
```

Incorrect usage of iterators

- מה לא בסדר בקוד הבא?

```
public static int getFirstNegativeNumInList(List<Integer> lst){
          Integer item = null;
          while (item > 0){
                    Iterator<Integer>it = lst.iterator();
                    item = it.next();
          }
          return item;
}
```

בכל איטרציה נקבל איטרטור שמתחיל מתחילת הרשימה, כך שלמעשה אנחנו בודקים את אותו האיבר בכל איטרציה

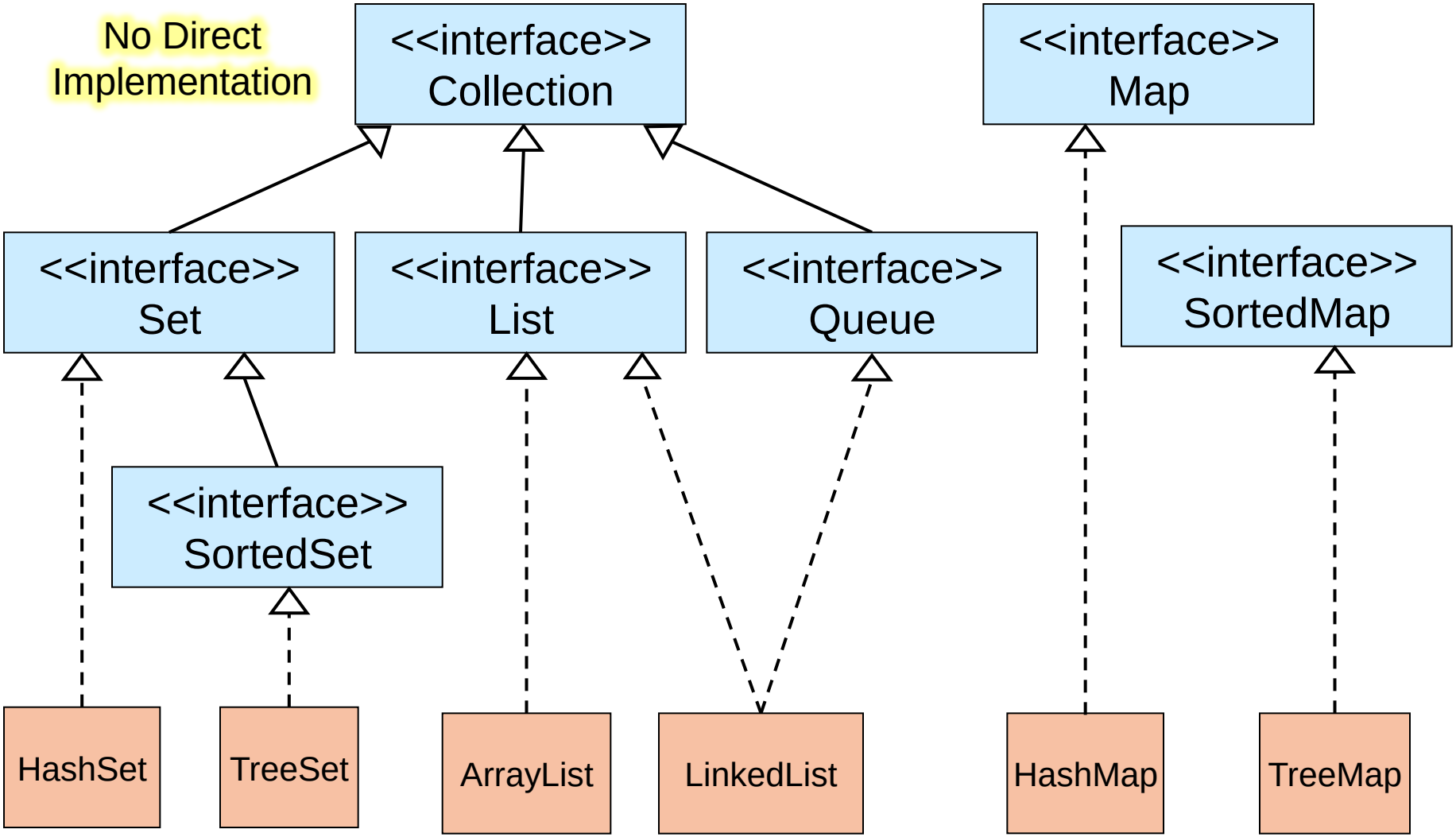
- אם האיבר הראשון ב lst הוא שלילי, הפונקציה תסתיים אחרי איטרציה אחת ותחזיר את האיבר הנכון.
- אחרת – לולאה אינסופית.

General Purpose Implementations

- Class Name Convention: <Data structure> <Interface>

General Purpose Implementations		Data Structures			
		Hash Table	**Resizable Array**	**Balanced Tree**	**Linked**
Interfaces	**Set**	HashSet		TreeSet (SortedSet)	LinkedHashSet
	Queue		ArrayDeque		LinkedList
	List		ArrayList		LinkedList
	Map	HashMap		TreeMap (SortedMap)	LinkedHashMap

Adding Implementations to the Picture



Collection interface

- מתודות שימושיות במנשק Collection<E>:

description	method name
ensures that this collection contains the specified element (optional operation)	`Boolean add(E e)`
Removes a single instance of the specified element from this collection, if it is present (optional operation).	`boolean remove(Object o)`
removes all elements in the Collection	`void clear()`
returns true if this collection contains the specified element	`boolean contains(Object o)`
returns true if this collection contains no elements	`boolean isEmpty()`
returns the number of elements in this collection.	`int size()`
returns an iterator over the elements in this collection.	`Iterator<E> iterator()`

- רשימת המתודות המלאה:

http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Collection.html

Map interface

- מתודות שימושיות במנשק Map<K,V> :

description	method name
associates the specified value with the specified key in this map (optional operation)	`boolean put(K key, V value)`
removes the mapping for a key from this map if it is present (optional operation).	`boolean remove(Object o)`
removes all of the mappings from this map (optional operation).	`void clear()`
returns true if this map contains a mapping for the specified key	`boolean containsKey(Object key)`
returns true if this collection contains no elements	`boolean isEmpty()`
returns the number of key-value mappings in this map.	`int size()`
returns a set view of the keys contained in this map	`Set<K> keySet()`
returns a Collection view of the values contained in this map.	`Collection<V> values()`

- רשימת המתודות המלאה:

http://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Map.html

List Example

```
List<Integer> list = new ArrayList<Integer>();
list.add(3);
list.add(1);
list.add(new Integer(1));
list.add(new Integer(6));
list.remove(list.size()-1);
System.out.println(list);
```

מנשק

מימוש

מבוצע auto-boxing כך שנשמרים אובייקטים מטיפוס Integer

ניתן להעביר ל remove את האינדקס של האובייקט שאנו רוצים למחוק, או המצביע אליו.

Output:

[3, 1, 1]

שימוש במתודה toString של ArrayList.
סדר האיברים הוא לפי סדר הכנסתם לרשימה

Set Example

```
Set<Integer> set = new HashSet<Integer>();
set.add(3);
set.add(1);
set.add(new Integer(1));
set.add(new Integer(6));
set.remove(6);
System.out.println(set);
```

- Set אינו מאפשר איברים כפולים.
- שני איברים x ו y יחשבו לאיברים כפולים אם:
  1. שניהם הם null
  2. x.equals(y) == true (בפרט מתקיים כאשר x ו y מצביעים לאותו האובייקט).

- remove() יכול לקבל רק אובייקט, כיוון שאין משמעות לאינדקס באוסף שלא שומר על סדר

Output: [1, 3] or [3, 1]

השתמשו ב
ב TreeSet או ב
LinkedHashSet
ע"מ להבטיח סדר

Map Example

```
Map<String, String> map = new HashMap<String, String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");
System.out.println(map);
```

Output:

```
{Leo=08-5530098, Dan=03-9516743, Rita=06-8201124}
```

Keys (names)	Values (phone numbers)
Dan	03-9516743
Rita	06-8201124
Leo	08-5530098

LinkedHashMap Example

```
Map<String, String> map = new LinkedHashMap<String, String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");
System.out.println(map);
```

מסודר לפי סדר הכנסת המפתחות
(הפעם הראשונה שבה מפתח מוכנס)

Output:

```
{Dan=03-9516743, Rita=06-8201124, Leo=08-5530098}
```

Keys (names)	Values (phone numbers)
Dan	03-9516743
Rita	06-8201124
Leo	08-5530098

SortedMap Example

```
SortedMap <String,String> map = new TreeMap<String,String> ();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");
System.out.println(map);
```

סדר לקסיקוגרפי של המפתחות

Output:

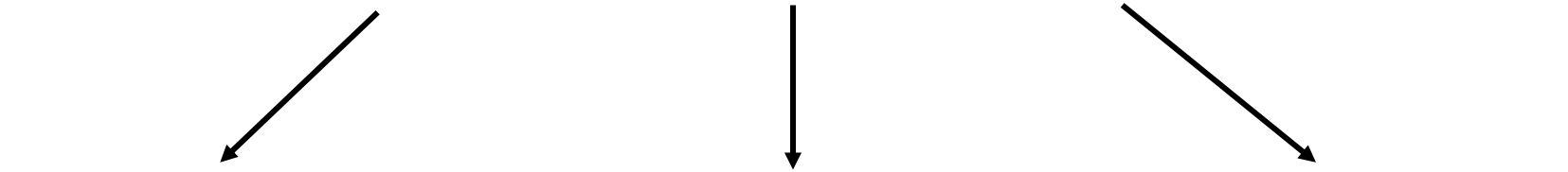
```
{Dan=03-9516743, Leo=08-5530098, Rita=06-8201124}
```

Keys (names)	Values (phone numbers)
Dan	03-9516743
Leo	08-5530098
Rita	06-8201124

Map Collection Views

A `Map` is not `Iterable`!

Three views of a `Map<K,V>` as a collection



`Set<K>`

`Collection<V>`

`Set<Map.Entry<K,V>>`

The `Set` of key-value pairs (implement `Map.Entry`)

Iterating Over the Keys of a Map

```
Map<String,String> map = new  HashMap<String,String> ();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");

for (String key : map.keySet()) {
  System.out.println(key);
}
```

Output:

```
Leo
Dan
Rita
```

Iterating Over the Key-Value Pairs of a Map

```
Map<String,String> map = new HashMap<String,String> ();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");

for (Map.Entry<String,String> entry: map.entrySet()) {
      System.out.println(entry.getKey() + ": " +
      entry.getValue());
}
```

מחזיר אובייקט מטיפוס
Set<Map.Entry<K,V>>
המכיל את כל המיפויים במילון.

Output:

```
Leo: 08-5530098
Dan: 03-9516743
Rita: 06-8201124
```

Collection Algorithms

- Defined in the Collections class
- Main algorithms:
  - sort
  - binarySearch
  - reverse
  - shuffle
  - min
  - max

Sorting

```
public class Sort {
  public static void main(String args[]) {
        List<String> list = Arrays.asList(args);
        Collections.sort(list);
        System.out.println(list);
  }
}
```

Returns a list view of the array

Arguments: A C D B
Output: [A, B, C, D]

How can we sort a list of objects?

1. `Collections.sort(myList)`
   - `myList`'s elements implement **Comparable<T>** interface.

```
public interface Comparable<T> {
          /**********************************
           * $ret < 0 if this < other       *
           * $ret = 0 if this.equals(other) *
           * $ret > 0 if this > other       *
           **********************************/
          public int compareTo(T other);
}
```

- Error when sorting a list whose elements
  - do not implement Comparable or
  - are not mutually comparable.

- String implements the interface Comparable<String> so we are able to sort a list of strings.

How can we sort a list of objects?

1. `Collections.sort(myList, myComparator)`
   - `myComparator` implement **Comparator<T>** interface.

```
public interface Comparator<T>{
          /**********************************
           * $ret < 0 if o1 < o2        *
           * $ret = 0 if o1.equals(o2) *
           * $ret > 0 if o1 > o2        *
           **********************************/
           public int compare(T o1, T o2);
}
```

- The comparator interface enables us to sort a list of the same object by different critiria, using different comparators.

Comparable and Comparator Example

- Write the class `Point` that represents a point in the plane
- How to sort List<Point>?

```
public class Point {
        private int x;
        private int y;
        ...
}
```

- Two options:
  - Make Point implement `Comparable<Point>`, and use `Collections.sort`
  - Write a class that implements `Comparator<Point>`, and pass it as an argument to `Collections.sort`.
  - **Don't:** write a sorting algorithm yourselves!

- **Recommended Tutorial:** http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/interfaces/order.html

Implementing Comparable

```
public class Point implements Comparable<Point>{
        …
        public int compareTo(Point other) {
                //comparison by the x axis
                Integer.compare(this.x, other.x);        }
}
```

- The program:

```
List<Point> pointList = new LinkedList<Point>();
pointList.add(new Point(1, 3));
pointList.add(new Point(0, 6));
Collections.sort(pointList);
System.out.println(pointList);
```

- Output: [(0,6), (1,3)]

Writing a Comparator

```
public class YAxisPointComparator implements Comparator<Point> {
        public int compare(Point p1, Point p2) {
                //comparison by the y axis
               return Integer.compare(p1.getY(), p2.getY());    }
}
```

- The program:

```
List<Point> pointList = new LinkedList<Point>();
pointList.add(new Point(1, 3));
pointList.add(new Point(0, 6));
Collections.sort(pointList, new YAxisPointComparator());
System.out.println(pointList);
```

- The output: [(1,3), (0,6)]
- Useful for sorting existing classes (e.g., String)

Best Practice <with generics>

- Specify an element type only when a collection is instantiated:

```
Set<String> s = new HashSet<String>();
```

Interface

Implementation

Works, but…

```
public void foo(HashSet<String> s){…}
public void foo(Set<String> s) {…}
```

s.add() invokes HashSet.add()

polymorphism

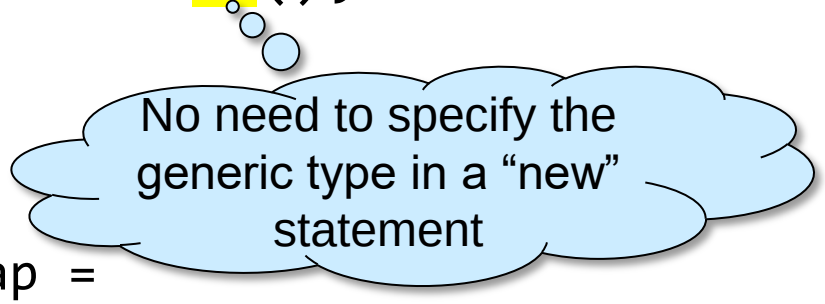
Better!

Diamond Notation

```
Set<String> s = new HashSet<String>();
```

➔

```
Set<String> s = new HashSet<>();
```




```
Map<String, List<String>> myMap =
        new HashMap<String, List<String>>();
```

➔

```
Map<String, List<String>> myMap = new HashMap<>();
```

Not the same as:

```
Map<String, List<String>> myMap = new HashMap();
```

(Compilation warning)

Queue Example

```
Queue<Integer> queue = new LinkedList<>();
queue.add(3);
queue.add(1);
queue.add(new Integer(1));
queue.add(new Integer(6));
queue.remove();
System.out.println(queue);
```

ממש גם את
המנשק List וגם את
Queue

כאשר remove לא מקבלת
ארגומנטים, האיבר שמוסר
מהרשימה הוא האיבר הראשון
שנכנס (הראשון בתור)

Output: `[1, 1, 6]`

האיברים מסודרים לפי סדר ההכנסה

LinkedHashSet Example

```
Set<Integer> set = new LinkedHashSet<>();
set.add(3);
set.add(1);
set.add(new Integer(1));
set.add(new Integer(6));
set.remove(6);
System.out.println(set);
```

Set אינו מאפשר איברים כפולים.

Output: [3, 1]

מסודר ע"פ סדר ההכנסה (הכנסה ראשונה של כל אובייקט).

TreeSet Example

```
Set<Integer> set = new TreeSet<>();
set.add(3);
set.add(1);
set.add(new Integer(1));
set.add(new Integer(6));
set.remove(6);
System.out.println(set);
```

Set אינו מאפשר איברים כפולים.

```
Output: [1, 3]
```

סדר האיברים הוא הסדר ה"טבעי" שלהם.
ניתן להעביר Comparator בבנאי ע"מ
להשתמש בקריטריון סידור שונה