תוכנה 1 בשפת Java

שיעור מספר 6: מקושרים

בית הספר למדעי המחשב

אוניברסיטת תל אביב

על סדר היום

- נתחיל בדוגמא נאיבית של מבנה מקושר
- נכליל את המבנה ע"י הכללת טיפוסים (Generics)
- נדון בייצוג הכרות אינטימית בשפת התכנות
- נדון בהפשטת מעבר סידרתי על נתונים והשלכותיו

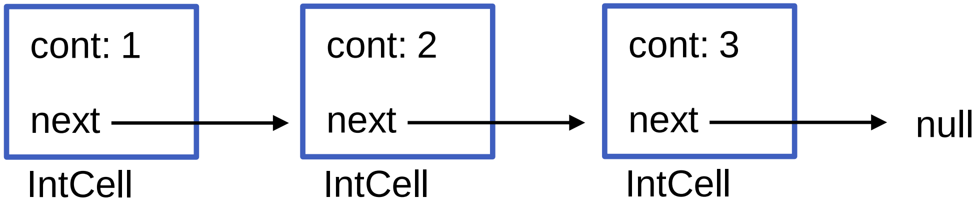
מבנים מקושרים

- כדי לייצג מבנים מקושרים, כגון רשימה מקושרת, עץ, וכדומה, מגדירים מחלקות שכוללות שדות שמתייחסים לעצמים נוספים מאותה מחלקה (ולפעמים גם למחלקות נוספות)

- כדוגמא פשוטה ביותר, נגדיר מחלקה `IntCell` שעצמים בה מייצגים אברים ברשימות מקושרות של שלמים
  - המחלקה מייצאת **בנאי** ליצירת עצם כאשר התוכן (שלם) והאבר הבא הם פרמטרים.
  - המחלקה מייצאת **שאילתות** עבור התוכן והאבר הבא, **ופקודות** לשינוי האבר הבא, ולהדפסת תוכן הרשימה מהאבר הנוכחי
  - השדות מוגדרים כפרטיים – מוסתרים מהלקוחות

class IntCell

```java
public class IntCell {

   private int cont;
   private IntCell next;

   public IntCell(int cont, IntCell next) {
      this.cont = cont;
      this.next = next;
   }

   public int cont() {
      return cont;
   }
```



class IntCell

```
public IntCell next() {
    return next;
}

public void setNext(IntCell next) {
    this.next = next;
}

public void printList() {
    System.out.print("List: ");

    for (IntCell y = this; y != null; y = y.next())
        System.out.print(y.cont() + " ");

    System.out.println();
}
}
```

משתנה העזר של הלולאה
הוא מטיפוס IntCell

מחלקה לביצוע בדיקות

- כדי לבדוק שהמחלקה שכתבנו פועלת כנדרש, נכתוב מחלקה התחלתית לבדיקה, שתכיל השרות הראשי **`main`**
- עלינו לבחור מקרי בדיקה שמכסים אפשרויות שונות כדי שנוכל לגלות שגיאות (אם יש)
- חשוב! שגיאות של מחלקה או שרות מוגדרות בהקשר של *החוזה* של המחלקה. אם למחלקה (או לשרות שלה) אין חוזה מפורש לא ברור מהי ההתנהגות ה"נכונה" במקרי קצה
- בהרצאה היום נסתפק באינטואיציה שיש לנו לגבי רשימות מקושרות (בדיקות הן נושא נרחב)

מחלקה לביצוע בדיקות

```
public class Test {

   public static void main(String[] args)
      {
      IntCell x = null;
      IntCell y = new IntCell(5,x);
      y.printList();
      IntCell z = new IntCell(3,y);
      z.printList();
      z.setNext(new IntCell(2,y));
      z.printList();
      y.printList();
   }
}
```

מחלקה לביצוע בדיקות – הפלט

```
List: 5
List: 3 5
List: 3 2 5
List: 5
```

- איך ניצור מבנה מקושר של תווים? או של מחרוזות?
- יצירת מחלקה חדשה כגון `StringCell` או `CharCell` תשכפל הרבה מהלוגיקה הקיימת ב `IntCell`
- יש צורך **בהפשטת** הטיפוס `int` מטיפוס הנתונים `Cell`
- היינו רוצים **להכליל** את הטיפוס `Cell` לעבוד עם כל סוגי הטיפוסים

מחלקות ושרותים מוכללים (גנריים)

- החל מגירסא 1.5 (נקראת גם 5.0) ג'אווה מאפשרת הגדרת מחלקות גנריות ושרותים גנריים (Generics)

- מחלקה גנרית מגדירה **טיפוס גנרי**, שמציין אחד או יותר **<u>משתני טיפוס</u>** (type variables) בתוך סוגריים משולשים

- עקב ההוספה המאוחרת לשפה (והדרישה שקוד שנכתב קודם יוכל לעבוד ביחד עם קוד חדש), ומשיקולים של יעילות המימוש, כללי השפה לגבי טיפוסים גנריים הם מורכבים

מחלקות ושרותים מוכללים (גנריים)

- רעיון דומה קיים גם בשפת התכנות ++C
  - ב ++C נקראת תכונה זו תבנית (template)
- אנחנו נציג רק את המקרה הפשוט
- דוגמא ראשונה – הכללה של המחלקה **`IntCell`** לייצוג תא שתוכנו מטיפוס פרמטרי **`T`**, כך שכל התאים ברשימה הם מאותו הטיפוס

Cell <T>

```
public class Cell <T> {
    private T cont;
    private Cell <T> next;

    public Cell (T cont, Cell <T> next) {
        this.cont = cont;
        this.next = next;
    }
```

Cell <T>

```
public T cont() {
    return cont;
}

public Cell <T> next() {
    return next;
}

public void setNext(Cell <T> next) {
    this.next = next;
}
```

Cell <T>

```
public void printList() {
    System.out.print("List: ");
    for (Cell <T> y = this; y != null; y = y.next())
            System.out.print(y.cont() + " ");
    System.out.println();
  }
}
```

מה השתנה במחלקה?

- לכותרת המחלקה נוסף משתנה הטיפוס **T**
  - מקובל ששמות משתני טיפוס הם אות גדולה אחת אולם זו אינה דרישה תחבירית, ניתן לקרוא למשתנה הטיפוס בשם משמעותי

- הטיפוס שמוגדר הוא `Cell <T>`

- הטיפוס של כל שדה, פרמטר, משתנה זמני, וכל טיפוס מוחזר של שרות שהיה **int** יוחלף ב **T**

- הטיפוס של כל שדה, פרמטר, משתנה זמני, וכל טיפוס מוחזר של שרות שהיה `IntCell` יוחלף ב `Cell<T>`

שימוש בטיפוס גנרי

- כדי להשתמש בטיפוס גנרי יש לספק, בהצהרה על משתנה ובקריאה לבנאי(*), טיפוס קונקרטי עבור כל משתנה טיפוס שלו.
  - לדוגמא: `Cell <String>`
- באנלוגיה להגדרת שרות וקריאה לו, משתנה טיפוס בהגדרת המחלקה מהווה מעין פרמטר פורמלי, והטיפוס הקונקרטי הוא מעין פרמטר אקטואלי.

(*) בהמשך הקורס ניראה שאפשר להימנע מהגדרת הפרמטר הגנרי בקריאה לבנאי.

שימוש בטיפוס גנרי

- הטיפוס הקונקרטי חייב להיות **טיפוס הפנייה**, כלומר אינו יכול להיות פרימיטיבי

- אם רוצים ליצור למשל תאים שתוכנם הוא מספר שלם, **לא ניתן** לכתוב **`Cell <int>`**

- לצורך זה נזדקק לטיפוסים עוטפים (wrapper type)

טיפוסים עוטפים (wrappers)

- לכל טיפוס פרימיטיבי קיים בג'אווה טיפוס הפנייה מתאים:
  - ל- **float** העוטף **Float** , ל- **double** העוטף **Double** וכו'
  - יוצאי דופן (מבחינת מוסכמת השמות): **int** המתאים ל **Integer** , ו- **char** המתאים ל- **Character**
- כל הטיפוסים העוטפים מקובעים (immutable)
- הטיפוסים העוטפים שימושיים כאשר יש צורך בעצם (למשל ביצירת אוספים של ערכים, ובשימוש בטיפוס גנרי)

Boxing and Unboxing

- ניתן לתרגם טיפוס פרימיטיבי לטיפוס העוטף שלו (boxing) ע"י קריאה לבנאי המתאים:

```
char pc = 'c';
Character rc = new Character(pc);
```

- ניתן לתרגם טיפוס עוטף לטיפוס הפרימיטיבי המתאים (unboxing) ע"י שימוש במתודות xxxValue המתאימות:

```
Float rf = new Float(3.0);
float pf = rf.floatValue();
```

- ג'אווה מאפשרת **מעבר אוטומטי** בין טיפוס פרימיטיבי לטיפוס העוטף שלו:

```
Integer i = 0;// autoboxing
int n = i;    // autounboxing
if(n==i)      // true
    i++;      // i==1
System.out.println(i+n); // 1
```

בחזרה לשימוש בטיפוס גנרי

- נראה מחלקה שמשתמשת ב <T> Cell , שהיא אנלוגית למחלקה שהשתמשה ב IntCell :

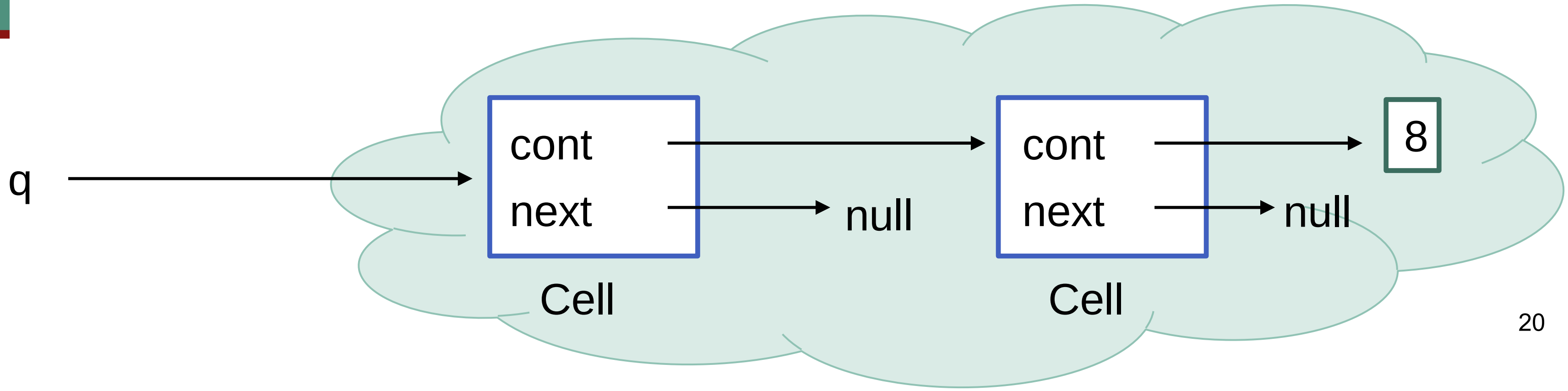
```
public class TestGen {

    public static void main(String[] args) {
        Cell <Integer> x = null;
        Cell <Integer> y = new Cell<Integer>(5,x);
        y.printList();
        Cell<Integer> z = new Cell<Integer>(3,y);
        z.printList();
        z.setNext(new Cell <Integer>(2,y));
        z.printList();
        y.printList();
    }
}
```

עוד על שימוש בטיפוס גנרי

- ניתן להגדיר משתנה (שדה, משתנה זמני, פרמטר) גם מהטיפוס **`Cell <Cell <Integer>>`**
  - מה מייצג הטיפוס הזה?

- דוגמא של הצהרה עם אתחול:

```
Cell <Cell <Integer> > q =
   new Cell <Cell <Integer>>
      (new Cell<Integer> (8,null), null);
```



מי אתה Cell<T> ?

- האם **`Cell<T>`** באמת מייצג רשימה מקושרת?
- ב Java יש בשפה אמצעים טובים יותר להפשטת טיפוסים
- **`Cell`** אינו רשימה – הוא תא
  - ניתן (וצריך!) לבטא את שני הרעיונות **רשימה** ו**תא** כטיפוסים בשפה עם תכונות המתאימות לרמת ההפשטה שלהן
- נציג את המחלקה **`MyList<T>`** המייצגת רשימה

קרוב ראשון ל- MyList<T>

```
public class MyList <T> {

    private Cell <T> head;

    public MyList (Cell <T> head) {
       this.head = head;
    }

    public Cell<T> getHead() {
       return head;
    }

    public void printList() {
         System.out.print("List: ");
         for (Cell <T> y = head; y != null; y = y.next())
           System.out.print(y.cont() + " ");
         System.out.println();
    }
}
```

המחלקה נקראת **MyList** ולא **List**
כדי שלא נתבלבל בינה ובין
java.util.List מהספרייה
הסטנדרטית של Java

חסרונות המימוש

- מימוש הרשימה אמור להיות חלק **מהייצוג הפנימי** שלה **ומוסתר מהלקוח**
- במימוש המוצע **לקוחות** המחלקה **`MyList`** צריכים להכיר גם את המחלקה **`Cell`**

```
Cell<Integer> x = null;
Cell<Integer> y = new Cell<Integer>(5,x);
Cell<Integer> z = new Cell<Integer>(3,y);

MyList<Integer> l = new MyList<Integer>(z);
l.printList();
```

- הדבר פוגע **בהפשטת** רשימה מקושרת
  - למשל, אם בעתיד ירצה ספק **`MyCell`** להחליף את המימוש לרשימה דו-כיוונית

MyList<T> - קרוב שני

```
public class MyList<T> {

    private Cell <T> head;
    private Cell <T> curr;

    public MyList (T... elements) {
        this.head = null;
        for (int i = elements.length-1; i >= 0; i--) {
            head = new Cell<T>(elements[i], head);
        }
        curr = head;
    }

    public boolean atEnd(){
      return curr == null;
    }

    /** @pre !atEnd() */
    public void advance() {
      curr = curr.next();
    }
```

המשך - MyList<T>

```
/** @pre !atEnd() */
public T cont() {
   return curr.cont();
}

/** @pre !atEnd() */
public void addNext(T elem) {
      Cell<T> temp = new Cell<T>(elem, curr.next());
      curr.setNext(temp);
}

public void printList() {
    System.out.print("List: ");
    for (Cell <T> y = head; y != null; y = y.next())
        System.out.print(y.cont() + " ");
    System.out.println();
}
}
```

השרות אינו מחזיר את התא הנוכחי (טיפוס Cell) אלא את **התוכן** של התא הנוכחי (T)

ידפיס את תוצאת הפעלת השרות toString של הטיפוס T על **y.cont()**

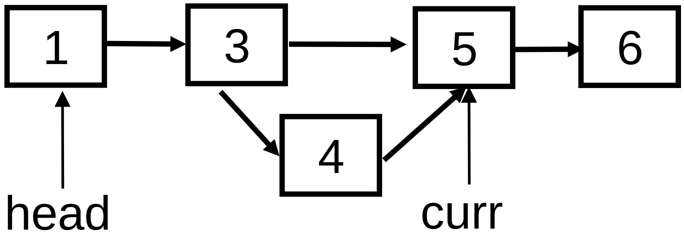
MyList<T>

- כעת לקוח הרשימה (**MyList**) אינו מודע לקיום מחלקת העזר **Cell<T>**:

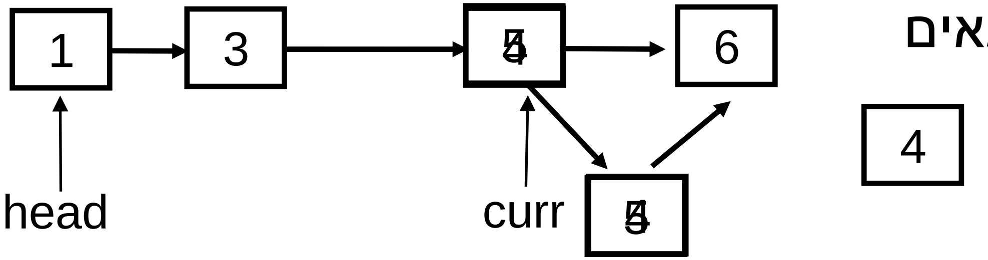
```
MyList<Integer> l = new MyList<Integer>(3,5);
l.printList();
l.advance();
l.addNext(4);
l.printList();
```

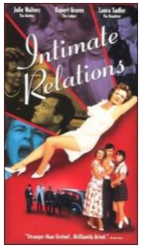
MyList<T>

- איך נממש את השרות **addHere(int x)** – שרות המוסיף את האיבר x למקום הנוכחי ברשימה:



- בשונה מהשרות **addNext()** אנו צריכים לשנות את ההצבעה לתא **curr**. לשם כך ניתן לנקוט כמה גישות:
  - **<u>גישה א'</u>**: תחזוקה של **prev** נוסף על **curr**
  - **<u>גישה ב'</u>**: נרוץ מתחילת הרשימה עד המקום אחד לפני הנוכחי (ע"י השוואת **next()** של כל תא ל **curr**)
  - **<u>גישה ג':</u>** החלפת תכני התאים

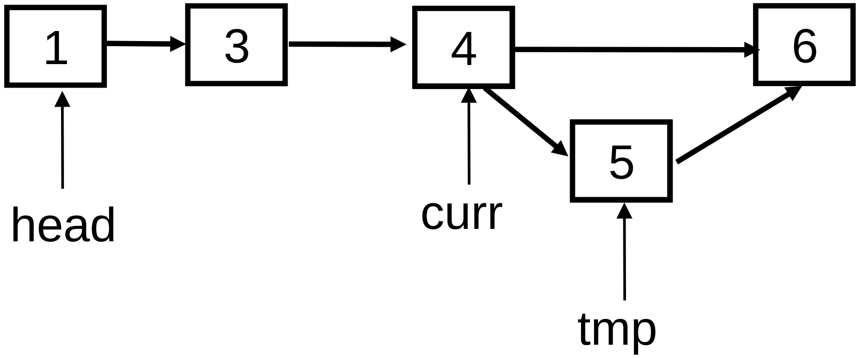




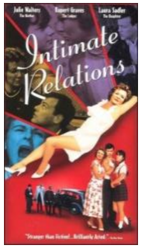
יחסים אינטימיים

- גישות א' ו- ב' פשוטות יותר רעיונית אך פחות אלגנטיות (תחזוקה, ביצועים)
- ננסה לממש את גישה ג'

```
/** @pre !atEnd() */
public void addHere(T elem) {
    Cell<T> temp = new Cell<T>(elem, curr.next());
    curr.setNext(temp);
    temp.cont = curr.cont();
    curr.cont = elem;
}
```



יחסים אינטימיים



- גישות א' ו- ב' פשוטות יותר רעיונית אך פחות אלגנטיות (תחזוקה, ביצועים)
- נכנסו לממש את גישה ג'

```
/** @pre !atEnd() */
public void addHere(T elem) {
    addNext(elem);
    curr.next().cont = curr.cont();
    curr.cont = elem;
}
```

בעיה! השדה `cont` הוא שדה פרטי של `Cell`, ולכן לא נגיש ל `MyList`

- אולי במקרה זה דרישת הפרטיות של נראות של השדה **`cont`** היא מוגזמת?
  - הקלת הנראות של שדה אינה מוצדקת
  - ואולם, המחלקה **`Cell<T>`** היא **מחלקת עזר** של **`MyList<T>`** ולכן יש הצדקה למתן הרשאות גישה חריגות ל- **`MyList<T>`** לשדותיה הפרטיים של **`Cell<T>`**

- גם לו היתה ל **`Cell`** המתודה **`setCont()`** ניתן היה לומר כי לאור השימוש התכוף שעושה הרשימה בשרותי התא, ניתן היה **משיקולי יעילות** לאפשר לה גישה ישירה לשדה זה

יחסים אינטימיים ב Java

- אם **`Cell`** ו **`MyList`** באותה חבילה אפשר להשתמש בנראות חבילה - אבל אז כל מחלקה אחרת בחבילה תוכל גם היא לגשת לפריטים האלה של **`Cell`**
- ניתן להגדיר **אינטימיות** בין מחלקות ב Java ע"י הגדרת אחת המחלקות **כמחלקה פנימית** של המחלקה האחרת
- מחלקות פנימיות הן מבנה תחבירי בשפת Java המבטא **בין השאר** הכרות אינטימית
- הערה על דרגות נראות:
  - דרגת הנראות ב Java היא **ברמת המחלקה**. כלומר עצם מטיפוס כלשהו יכול לגשת גם לשדות הפרטיים של עצם אחר מאותו הטיפוס
  - ניתן היה לחשוב גם על נראות **ברמת העצם** (לא קיים ב Java)

מחלקות פנימיות (מקוננות)

Inner (Nested) Classes

Inner Classes

- מחלקה פנימית היא מחלקה שהוגדרה בתחום (Scope – בין המסולסליים) של מחלקה אחרת

- דוגמא:

```
public class House {
    private String address;

    public class Room {
        private double width;
        private double height;
    }
}
```

<u>שימו לב!</u>

- Room אינה **שדה** של המחלקה House

Inner Classes

- מחלקה פנימית היא מחלקה שהוגדרה בתחום (Scope – בין המסולסליים) של מחלקה אחרת

- דוגמא:

```
public class House {
    private String address;
    private Room[] rooms;
    public class Room {
        private double width;
        private double height;
    }
}
```

<u>שימוש לב!</u>

- Room אינה **שדה** של המחלקה House
- אם רוצים ליצור שדה כזה יש לעשות זאת <u>במפורש</u>

מחלקות פנימיות

- הגדרת מחלקה כפנימית מרמזת על היחס בין המחלקה הפנימית והמחלקה העוטפת:
  - למחלקה הפנימית יש משמעות רק בהקשר של המחלקה החיצונית
  - למחלקה הפנימית יש הכרות אינטימית עם המחלקה החיצונית
  - המחלקה הפנימית היא מחלקת עזר של המחלקה החיצונית

- דוגמאות:
  - `Collection` ו- `Iterator`
  - `Body` ו- `Brain`
  - מבני נתונים המוגדרים ברקורסיה: `List` ו- `Cell`

סוגי מחלקות פנימיות

- ב Java כל מופע של עצם מטיפוס המחלקה הפנימית משויך לעצם מטיפוס המחלקה העוטפת

- השלכות
  - תחביר מיוחד לבנאי (פרטים בתרגול).
  - לעצם מטיפוס המחלקה הפנימית יש שדה הפנייה שמיוצר אוטומטית לעצם מהמחלקה העוטפת
  - כתוצאה מכך יש למחלקה הפנימית גישה לשדות ולשרותים (אפילו פרטיים!) של המחלקה העוטפת **ולהיפך**

סוגי מחלקות פנימיות

```
public class House {
    private String address;

    public class Room {
        private double width;
        private double height;

        public String toString(){
            return "Room " + address;
        }
    }
}
```

גישה לשדה פרטי של המחלקה העוטפת

מחלקות פנימיות סטטיות

- ניתן להגדיר מחלקה פנימית כ **`static`** ובכך לציין שהיא אינה קשורה למופע מסוים של המחלקה העוטפת

- הדבר אנלוגי למחלקה שכל שרותיה הוגדרו כ **`static`** והיא משמשת כספריה עבור מחלקה מסוימת

- בשפת ++C יחס זה מושג ע"י הגדרת יחס **`friend`**

מחלקות פנימיות סטטיות

```
public class House {
    private String address;

    public static class Room {
        private double width;
        private double height;

        public String toString(){
            return "Room " + address;
        }
    }
}
```

מחלקות פנימיות בתוך מתודות

- ניתן להגדיר מחלקה פנימית <u>בתוך מתודה</u> של המחלקה החיצונית
- הדבר מגביר את תחום ההכרה של אותה מחלקה לתחום אותה המתודה בלבד.
- המחלקה הפנימית תוכל להשתמש במשתנים מקומיים של המתודה רק אם הם הוגדרו כ **`final`**,
  - החל מ Java 8 ניתן לגשת גם למשתנים ש"מתנהגים" כמו משתנים שהוגדרו כ **`final`**, כלומר, מקבלים השמה <u>פעם אחת בלבד </u>לאורך חייהם (effectively final).

מחלקות פנימיות בתוך מתודות

```
public class Test {
    public void test(int num) {
        final int x = num+3;
        int y = num*2;
        int z= num-1;
        class Info{
            public String toString() {
                return "**" + x + "**" + y + "**" + z;
            }
        }
        z = 4;
        System.out.println(new Info());
    }

    public static void main(String[] args) {
        Test t = new Test();
        t.test(5);
    }
}
```

האם toString יכולה לגשת גם ל num?

מה יקרה לקוד לאחר הוספת שורה זו?

מחלקות אנונימיות

- בעזרת מחלקות פנימיות ניתן להגדיר מחלקות אנונימיות – מחלקות ללא שם.
- מחלקות אנונימיות שימושיות מאוד במערכות מונחות ארועים (כמו GUI) וילמדו בהמשך הקורס.

הידור של מחלקות פנימיות

- המהדר (קומפיילר) יוצר קובץ class. עבור כל מחלקה. מחלקה פנימית אינה שונה במובן זה ממחלקה רגילה.
- שם המחלקה הפנימית `Outer$Inner.class`.
- אם המחלקה הפנימית אנונימית, שם המחלקה שיוצר הקומפיילר יהיה `Outer$1.class`.

חזרה ל MyList ו Cell

- כדי להסתיר מהלקוח של הרשימה את הייצוג הפנימי, וכדי לאפשר גישה לשדות הפרטיים של **Cell** נכתוב את **Cell** כמחלקה מקוננת, פרטית בתוך **MyList**

- האם מחלקה פנימית סטטית או לא?
  - אפשרות אחת: **Cell** אינה סטטית
    - אז כל עצם מסוג **Cell** משויך לעצם **MyList** כלומר לרשימה מסוימת, ומאפשר לעצם להכיר את הרשימה בה הוא מופיע.
    - אבל מה נעשה אם הוא יעבור לרשימה אחרת?
    - למעשה זה בלתי אפשרי! האבר (התוכן) יכול להיות מוכנס לרשימה אחרת, אבל לא העצם מטיפוס **Cell**
  - אפשרות שנייה: **Cell** סטטית
    - מה ההשלכות מבחינת הגנריות?

רשימה עם מחלקה מקוננת

- אם **Cell** מחלקה מקוננת לא סטטית בתוך **MyList** היא לא חייבת להיות מוגדרת כגנרית. טיפוס התוכן של ה **Cell** נקבע על פי הפרמטר האקטואלי של עצם ה **MyList** המתאים.
- כלומר הרשימה קובעת את סוג אבריה, וכל האברים שנוצרים עבור רשימה מסוימת שותפים לאותו סוג
- קצת יותר קל לכתוב את הקוד
- הערה: נראות השדות והשרותים של מחלקה מקוננת פרטית אינה משמעותית (בכל מקרה ידועים למחלקה העוטפת ורק לה).

```java
public class MyList<T> {

    private class Cell {
        private T cont;
        private Cell next;

        public T cont() { return cont; }
        public Cell next() { return next;}
        // ...
    }

    private Cell head;
    private Cell curr;

    public MyList(...) { ... }

    public boolean atEnd() { return curr == null; }

    /** @pre !atEnd() */
    public void advance() { curr = curr.next(); }

    // ...
```

רשימה עם מחלקה מקוננת סטטית

- אם Cell <u>סטטית</u> היא חייבת להיות גנרית, כי אחרת, עבור:

```
private T cont;
```

נקבל הודעת שגיאה:

Cannot make a static reference to the non-static type T

- כי אם **`Cell`** סטטית, היא לא מתייחסת לעצם מטיפוס **`MyList`**, שטיפוס האבר שלו נקבע ביצירתו, אלא למחלקה **`MyList <T>`** שבה לא נקבע טיפוס קונקרטי ל **`T`**
- אם כן, מה הפרמטר הגנרי שלה? **`T`** או אחר?
- שתי האפשרויות הן חוקיות, אבל צריך להבין שבכל מקרה אלה שני משתנים שונים, והשימוש עלול להיות מבלבל

```java
public class MyList<T> {

    private static class Cell<S> {
        private S cont;
        private Cell<S> next;

        public Cell(S cont, Cell<S> next) {
            this.cont = cont;
            this.next = next;
        }

        public S cont() { return cont; }
        public Cell next() { return next;}
        // ...
    }

    private Cell<T> head;
    private Cell<T> curr;

    public MyList(/* ... */) { ... }

    public boolean atEnd() { return curr == null; }

    // ...
}
```

דיון: printList()

```
public void printList() {
    System.out.print("List: ");
    for (Cell <T> y = head; y != null; y = y.next())
            System.out.print(y.cont() + " ");
    System.out.println();
}
```

- printList() היא שרות גרוע
- **בעיה:** השרות פונה למסך – זוהי החלטה שיש לשמור "לזמן קונפיגורציה". אולי הלקוח מעוניין להדפיס את המידע למקום אחר
- **פתרון:** שימוש ב toString – שרות זה יחזיר את אברי הרשימה כמחרוזת והלקוח יעשה במחרוזת כרצונו
- **בעיה:** השרות מכתיב את פורמט הדפסה (כותרות, רווחים, שורות חדשות) ומגביל את הלקוח לפורמט זה. הלקוח לא יכול לאסוף מידע זה בעצמו שכן הוא אפילו לא מכיר את המחלקה Cell

Iterator Design Pattern

- נפתור בעיה זו ע"י שימוש בתבנית התיכון (תבנית עיצוב Iterator)
- Iterator אינו חלק **משפת התכנות** אלא הוא מייצג קונספט, רעיון, קלישאה תכנותית שמאפשרת לייצג את הרעיון של סריקת מבנה נתונים כללי
- בשפות תכנות מוכוונות עצמים (C++, Java, C#) ממומשים איטרטורים שימושיים **כטיפוס** בספריה הסטנדרטית

איטרטור (סודר? אצן? סורק?)

- איטרטור הוא <u>הפשטה של מעבר</u> על מבנה נתונים כלשהו
- כדי לבצע פעולה ישירה על מבנה נתונים, יש לדעת כיצד הוא מיוצג
- גישה בעזרת איטרטור למבנה הנתונים מאפשרת למשתמש לסרוק מבנה נתונים ללא צורך להכיר את המבנה הפנימי שלו

- נדגים זאת על שני מבני נתונים המחזיקים תווים

הדפסת מערך (אינדקסים)

```
char[] letters = {'a','b','c','d','e','f'};

void printLetters() {
   System.out.print("Letters: ");

   for (int i=0 ; i < letters.length ; i++) {
       System.out.print(letters[i] + " ");
   }

   System.out.println();
}
```

גישה בעזרת
משתנה העזר
לנתון עצמו

הגדרת
משתנה עזר
ואתחולו

בדיקה:
האם גלשנו

קידום משתנה
העזר (מעבר לאיבר
הבא)

הדפסת רשימה מקושרת

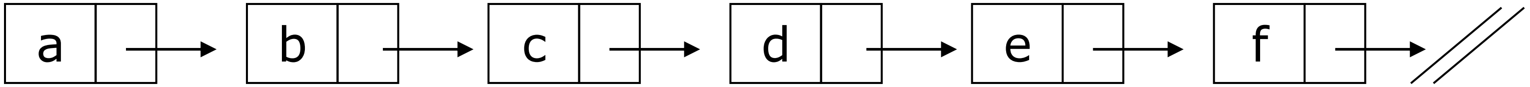
```
public class MyList<T> {
   ...

   public void printList() {
       System.out.print("Letters : ");

       for (Cell<T> y = head; y != null ; y = y.getNext()) {
            System.out.print(y.getCont() + " ");


       System.out.println();
   }
}
```

הגדרת משתנה עזר ואתחולו

בדיקה: האם גלשנו

גישה בעזרת משתנה העזר לנתון עצמו

קידום משתנה העזר (מעבר לאיבר הבא)



הכרות אינטימית עם מבנה הנתונים

- 2 הדוגמאות הקודמות חושפות ידע מוקדם שיש לכותבת פונקצית ההדפסה על מבנה הנתונים:
  - היא יודעת איפה הוא מתחיל ואיפה הוא נגמר
  - היא מכירה את מבנה הטיפוס שבעזרתו ניתן לקבל את המידע השמור במצביע
  - היא יודעת איך לעבור מאיבר לאיבר שאחריו

- בדוגמת הרשימה המקושרת כותבת המחלקה **`MyList`** (**הספקית**) היא זו שכתבה את מתודת ההדפסה printList()

- זה אינו מצב רצוי - זהו רק מקרה פרטי של פעולה אחת מני רבות ש**לקוחות** עשויים לרצות לבצע על מחלקה. על המחלקה לספק **כלים** ללקוחותיה לבצע פעולות כאלו בעצמם

האיטרטור

- איטרטור הוא בעצם **מנשק** (interface) המגדיר פעולות יסודיות שבעזרתן ניתן לבצע מגוון רחב של פעולות על אוספים

- ב Java טיפוס יקרא Iterator אם ניתן לבצע עליו את פעולות:
  - בדיקה האם גלשנו (`hasNext()`)
  - קידום (`next()`)
  - גישה לנתון עצמו (`next()`)
  - הסרה של נתון (`remove()`) – קיים מימוש דיפולטי.

  - פעולה נוספת: `forEachRemaining()` שגם לה קיים מימוש דיפולטי. אולי נראה דוגמאות שימוש בהמשך הקורס.

האיטרטור

- כן, זה נורא! `next()` היא גם פקודה וגם שאילתה
  - ממש כשם שמימושים מסוימים של `pop()` על מחסנית גם מסירים את האיבר העליון וגם מחזירים אותו

- בשפות אחרות (c++ או Eiffel):
  - יש הפרדה בין קידום משתנה העזר והגישה לנתון
  - `remove()` אינה חלק משרותי איטרטור (וכך גם אנו סבורים היה עדיף)

אלגוריתם כללי להדפסת אוסף נתונים

- נדפיס את האיברים השמורים במבנה נתונים **collection** כלשהו:

```
for (Iterator iter = collection.iterator();
        iter.hasNext( ); ) {
   System.out.println(iter.next());
}
```

גישה בעזרת
משתנה העזר לנתון
וקידומו לאיבר הבא

- מבנה הנתונים עצמו אחראי לספק ללקוח איטרטור תיקני (עצם ממחלקה שמממשת את ממשק **Iterator**) המאותחל לתחילת מבנה הנתונים

- אם נרצה שהמחלקה **MyList** תספק ללקוחותיה את האפשרות לסרוק את כל האיברים ב[illegible] עלינו לכ[illegible] **Iterator**

הגדרת
משתנה עזר
ואתחולו

בדיקה:
האם גלשנו

תקני MyListIterator

```
class MyListIterator<S> implements Iterator<S> {
    public MyListIterator(Cell<S> cell) {
        this.curr = cell;
    }

    public boolean hasNext() {
        return curr != null;
    }

    public S next() {
        S result = curr.getCont();
        curr = curr.getNext();
        return result;
    }

    private Cell<S> curr;
}
```

MyList<T> מספקת איטרטור ללקוחותיה

```
public class MyList<T> implements Iterable<T> {
   //...
   public Iterator<T> iterator() {
        return new MyListIterator<T>(head);
   }
}
```

- מחלקות המממשות את המתודה **iterator()** בעצם מממשות את המנשק **Iterable<T>** המכיל מתודה זו בלבד
- הצימוד בין **MyList** ו- **MyListIterator** חזק. על כן מקובל לממש את האיטרטור כמחלקה פנימית של האוסף שעליו הוא פועל
- כעת הלקוח יכול לבצע פעולות על כל אברי הרשימה בלי לדעת מהו המבנה הפנימי שלה

printSquares

```
public void printSquares( Iterable<Integer> ds )
{
   for (Iterator<Integer> iter =   ds .iterator();
        iter.hasNext();) {
        int i = iter.next();
        System.out.println(i*i);
   }
}
```

Autounboxing

What is the output for:

```
System.out.println(iter.next()*iter.next());
```

(שמרו לכן על הפרדה בין פקודות לשאילתות)

- הלקוח מדפיס את ריבועי אברי הרשימה בלי להשתמש בעובדה שזו אכן רשימה
- טיפוס הארגומנט `MyList<Integer>` יכול להיות מוחלף בשם המנשק `Iterable<Integer>`, ואז הלקוח לא ידע אפילו את **<u>שמו</u>** של טיפוס מבנה הנתונים

Iterable vs. Iterator

Interface Iterable<T>

Type Parameters:

T - the type of elements returned by the iterator

Iterator<T>	**iterator()** Returns an iterator over elements of type T.

Interface Iterator<E>

Type Parameters:

E - the type of elements returned by this iterator

boolean	**hasNext()** Returns true if the iteration has more elements.
E	**next()** Returns the next element in the iteration.
default void	**remove()** Removes from the underlying collection the last element returned by this iterator (optional operation).

מדוע יש צורך בשני מנשקים?

- המנשק Iterable
  - מתאר את האובייקט עליו נרצה לעבור בלולאה (בד"כ אוסף כלשהו).
  - משמעותו: ניתן לבצע על אובייקט זה מעבר באמצעות לולאת for each
  - המנשק Iterable מכיר את המנשק Iterator ומחויב להשתמש בו.
- המנשק Iterator
  - מתאר אובייקט **שונה** מהאוסף עליו נרצה לעבור בלולאה.
  - לכל אוסף ניתן להגדיר **מספר** איטרטורים, כל אחד יעבור בסדר\חוקיות אחרת
    - למשל, מהסוף להתחלה, בדילוגים, וכו'.
  - בפרט, ניתן לכתוב Iterator לאובייקט שאינו Iterable (אם זה הגיוני, כמובן)

`for/in` (foreach)

- לולאת for שמבצעת את <u>אותה פעולה</u> על <u>כל</u> אברי אוסף נתונים כלשהו כה שכיחה, עד שב Java 5.0 הוסיפו אותה לשפה בתחביר מיוחד (**`for/in`**)
- הקוד מהשקף הקודם שקול לקוד הבא:

```
public void printSquares(MyList<Integer> list) {
   for (int i : list)
       System.out.println(i*i);
}
```

- יש לקרוא זאת כך:
  - "לכל איבר **`i`** מטיפוס **`int`** שבאוסף הנתונים **`list`**..."

- אוסף הנתונים **`list`** חייב לממש את המנשק **`Iterable`**

for/in (foreach)

- ראינו כי מערכים מתנהגים כטיפוס Iterable:

```
int[] arr = {6,5,4,3,2,1};
for (int i : arr) {
  System.out.println(i*i);
}
```

- שימוש נכון במבנה for/in מייתר רבים משימושי האיטרטור