

תוכנה 1 בשפת Java

שיעור מספר 8: "ירושה נכונה"

(הורשה II)

בית הספר למדעי המחשב
אוניברסיטת תל אביב



היום בשיעור

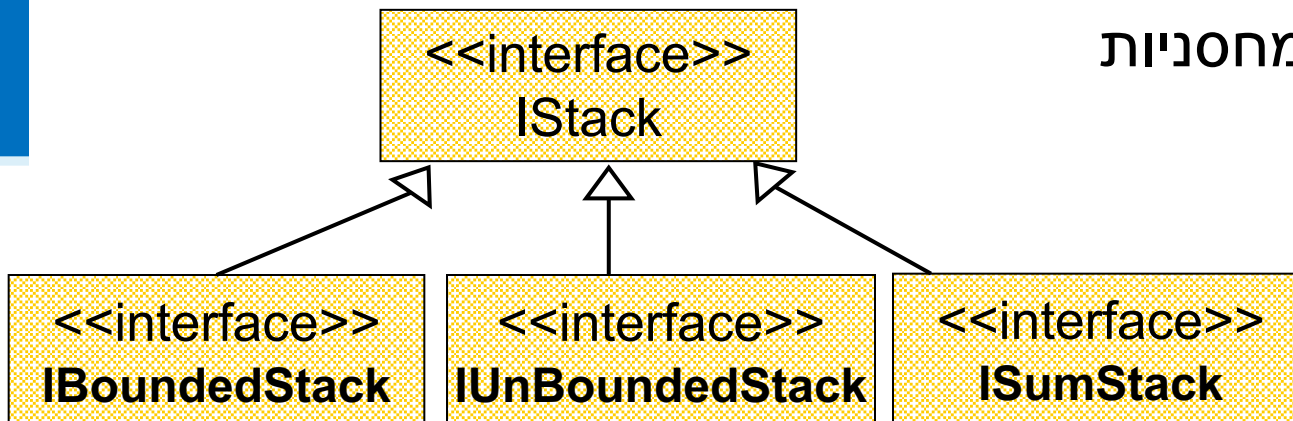
■ מחלקות מופשטות

■ טיפוס זמן ריצה

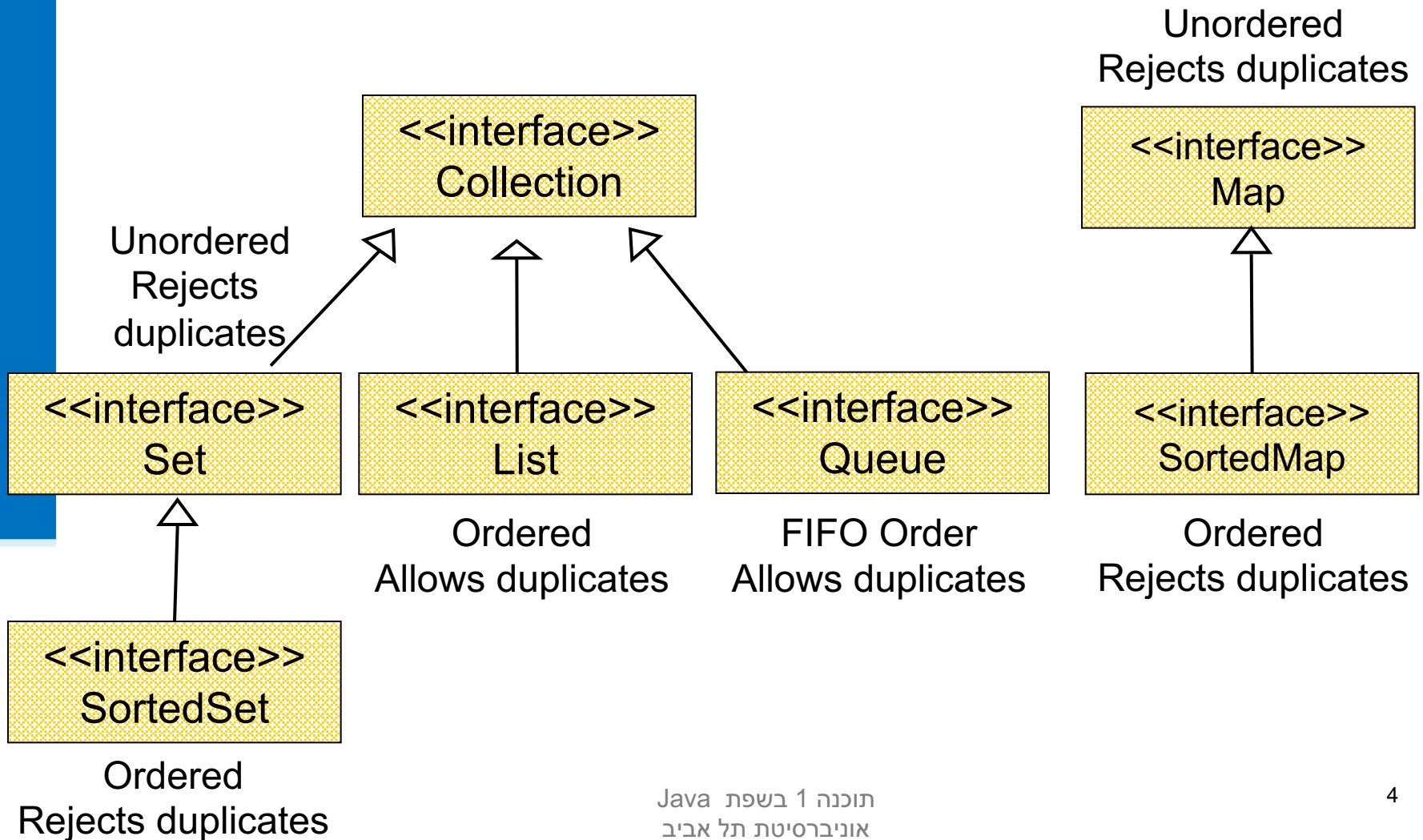
■ מבוא לחריגים

מנשקים ויחס ירושה

- כשם ששתי מחלקות מקיימות יחס ירושה כך גם שני מנשקים יכולים לקיים את אותו היחס
- מנשק, לעומת מחלקה רגיל, כן יכול לרשת מספר מנשקים.
 - בדיוק כשם שמחלקה יכולה לממש מספר מנשקים
- מחלקה המממשת מנשק מחויבת לממש את כל המתודות של אותו מנשק וכל המתודות שהוגדרו בהוריו
- לדוגמא: סוגי מחסניות



Collection Interfaces (partial)



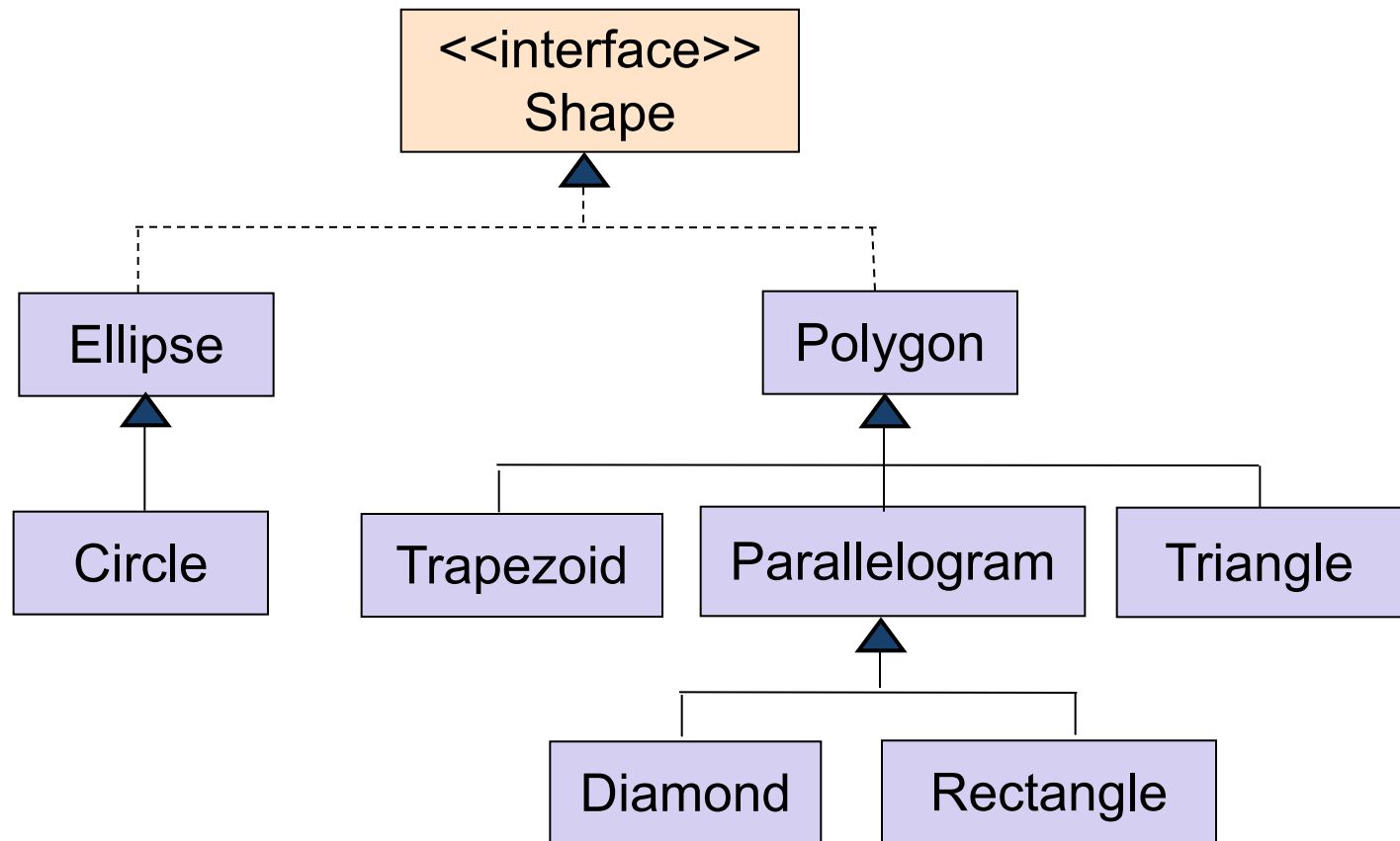
היררכיות ירושה

- מחלקות רבות במערכות מונחות עצמים הן חלק מ"עצי ירושה" או "היררכיות ירושה"
- שורש העץ מבטא קונספט כללי וככל שיורדים במורד עץ הירושה המחלקות מייצגות רעיונות צרים יותר
- למרות שבשפת Java בחרו לאמר שמחלקה יורשת **מרחיבה** מחלקת בסיס, הרי שבמובן מסוים היא **מצמצמת** את קבוצת העצמים שהיא מתארת

אמא יש רק אחת

- נדגיש, כי לכל מחלקה יש מחלקת בסיס אחת בדיוק, ועל כן גרף הירושה הוא בעצם עץ (ששורשו המחלקה Object)
- מימוש מנשקים אינו חלק ממנגנון הירושה
- זאת על אף שבין מנשקים לבין עצמם יש יחסי ירושה
- דוגמא לעץ ירושה: צורות גיאומטריות במישור

היררכית מחלקות ומנשקים



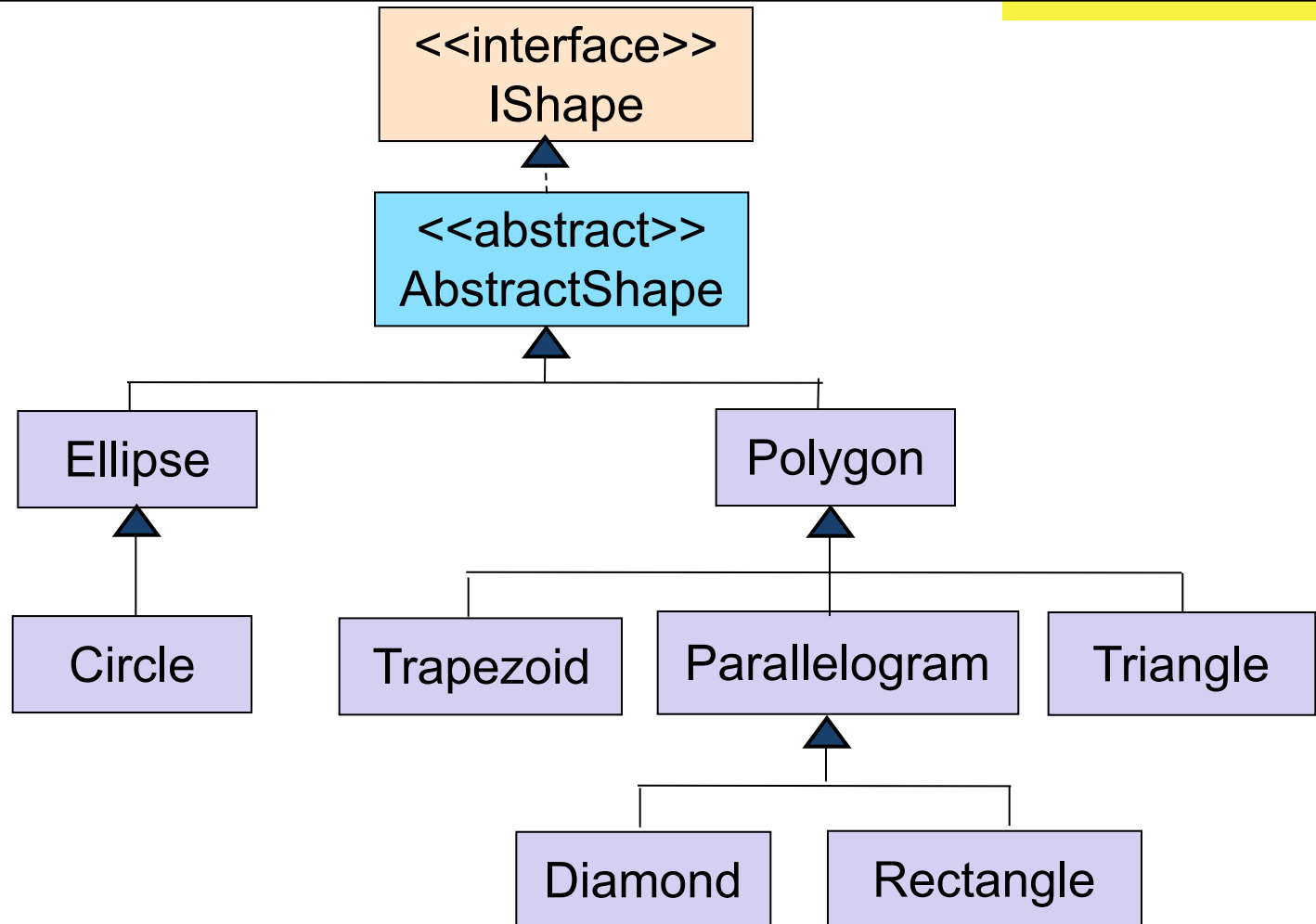
abstract classes

- למצולע (polygon) ולאליפסה יש צבע
- עץ הירושה כפי שמצויר בשקף הקודם, יגרום לשכפול קוד (השדה color והמתודות ישוכפלו ויתוחזקו פעמיים)
- מחד, לא ניתן להוסיף למנשק שדות (מה שמגביל מאוד את המימושים האפשריים בתוך מנשק)
- מאידך, אם ניצור לשתיה המחלקות מחלקה שהיא אב משותף מה יהיו מימושיו עבור היקף (דרך חישוב ההיקף עבור מצולע כלשהו ועבור אליפסה כלשהי שונה בתכלית)
- לשם כך קיימת המחלקה המופשטת (abstract class) מחלקה עם מימוש חלקי

abstract classes

- מחלקה מופשטת דומה למחלקה רגילה עם הסייגים הבאים:
 - ניתן לא לממש מתודות שהגיעו בירושה ממחלקת בסיס או מנשקים
 - ניתן להכריז על מתודות חדשות ולא לממשן
 - לא ניתן ליצור מופעים של מחלקה מופשטת
- במחלקה מופשטת ניתן לממש מתודות ולהגדיר שדות
- מחלקות מופשטות משמשות כבסיס משותף למחלקות יורשות לצורך חיסכון בשכפול קוד
- נגדיר את המחלקה **AbstractShape**

היררכית מחלקות ומנשקים



המונשק Shape

```
public interface IShape {  
  
    public double perimeter();  
    public void display();  
    public void rotate(IPoint center, double angle);  
    public void translate(IPoint p);  
    public Color getColor();  
    public void setColor(Color c);  
    //...  
  
}
```

המחלקה המופשטת AbstractShape

```
public abstract class AbstractShape implements IShape {
```

```
    protected Color color ;
```

```
    public Color getColor() {  
        return color ;  
    }
```

```
    public void setColor(Color c) {  
        color = c ;  
    }
```

```
    public abstract void display();  
    public abstract double perimeter();  
    public abstract void rotate(IPoint center, double angle);  
    public abstract void translate(IPoint p);  
}
```

- המחלקה מממשת רק חלק מן המתודות של המנשק כדי לחסוך שכפול קוד ב"מורד ההיררכיה"
- את המתודות הלא ממומשות היא מציינת ב **abstract**

המחלקה המופשטת AbstractShape

```
public abstract class AbstractShape implements IShape {
```

```
    protected Color color ;
```

```
    public Color getColor() {  
        return color ;  
    }
```

```
    public void setColor(Color c) {  
        color = c ;  
    }
```

```
}
```

אפשר לוותר על ההצהרה על מתודות לא ממומשות המחלקה שתירש מ AbstractShape תצטרך לממש את המתודות של Shape שהיא לא מימשה.

הגדרת בנאי במחלקה מופשטת

```
public abstract class AbstractShape implements IShape {
```

```
    protected Color color ;
```

```
    public AbstractShape (Color c) {  
        this.color = c ;  
    }
```

```
    public Color getColor() {  
        return color ;  
    }
```

```
    public void setColor(Color c) {  
        color = c ;  
    }
```

```
}
```

ניתן (ורצווי!) להגדיר בנאים
במחלקה מופשטת

על אף שלא ניתן לייצר מופעים
של המחלקה, הבנאי יקרא מתוך
בנאים של המחלקות היורשות
(קריאות super) ויחסכו בשכפול
קוד בין היורשות.

המחלקה Polygon

```
public class Polygon extends AbstractShape {  
  
    public Polygon(Color c, IPoint ... vertices) {  
        super(c);  
        // add vertices to this.vertices...  
    }  
  
    public double perimeter() {...}  
    public void display() {...}  
    public void rotate(IPoint center, double angle) {...}  
    public void translate(IPoint p) {...}  
  
    public int count() { return vertices.size(); }  
  
    private List<IPoint> vertices;  
}
```

דיון: מדוע צריך מחלקות אבסטרקטיות ב Java 8?

- החל מ Java 8, מנשק יכול להכיל מתודות מופע ממומשות (מתודות default).
- על פניו – יש עדיפות לשימוש במנשקים ובמתודות default: לעומת ירושה, אין הגבלה על מספק המנשקים שאותם מחלקה יכולה לממש.
- היתרון הגדול של מחלקה אבסטרקטית – שדות!
 - ניתן להגדיר בנאים, וכן מתודות שמשמשות בשדות.
 - יתרון נוסף – ניתן לממש מתודות בכל הניראוויות הקיימות, לעומת מנשק אשר מוגבל ל public ול private.

תפסת מרובה לא תפסת

```
public class MyClass implements I1, I2{  
  
}
```

```
public interface I1{  
    default void func() {  
        System.out.println("I1");  
    }  
}
```

```
public interface I2{  
    default void func() {  
        System.out.println("I2");  
    }  
}
```

המחלקה MyClass אינה מתקמפלת. אמנם אין אף מתודה אבסטרקטית שהיא צריכה לממש, אבל יש התנגשות בין שני המימושים של func.

```

public class MyClass implements I1, I2{

    @Override
    public void func() {
        System.out.println("MyClass");
        I1.super.func();
        I2.super.func();
    }
}

```

```

public interface I1{
    default void func() {
        System.out.println("I1");
    }
}

```

```

public interface I2{
    default void func() {
        System.out.println("I2");
    }
}

```

הפתרון: המחלקה
MyClass חייבת לפתור את
העמימות בכך שתממש
בעצמה את השירות func.
במימוש זה ניתן להשתמש
במימושים של I1 ו־I2
(או להתעלם מהם לחלוטין).

מחלקות מופשטות ומנשקים

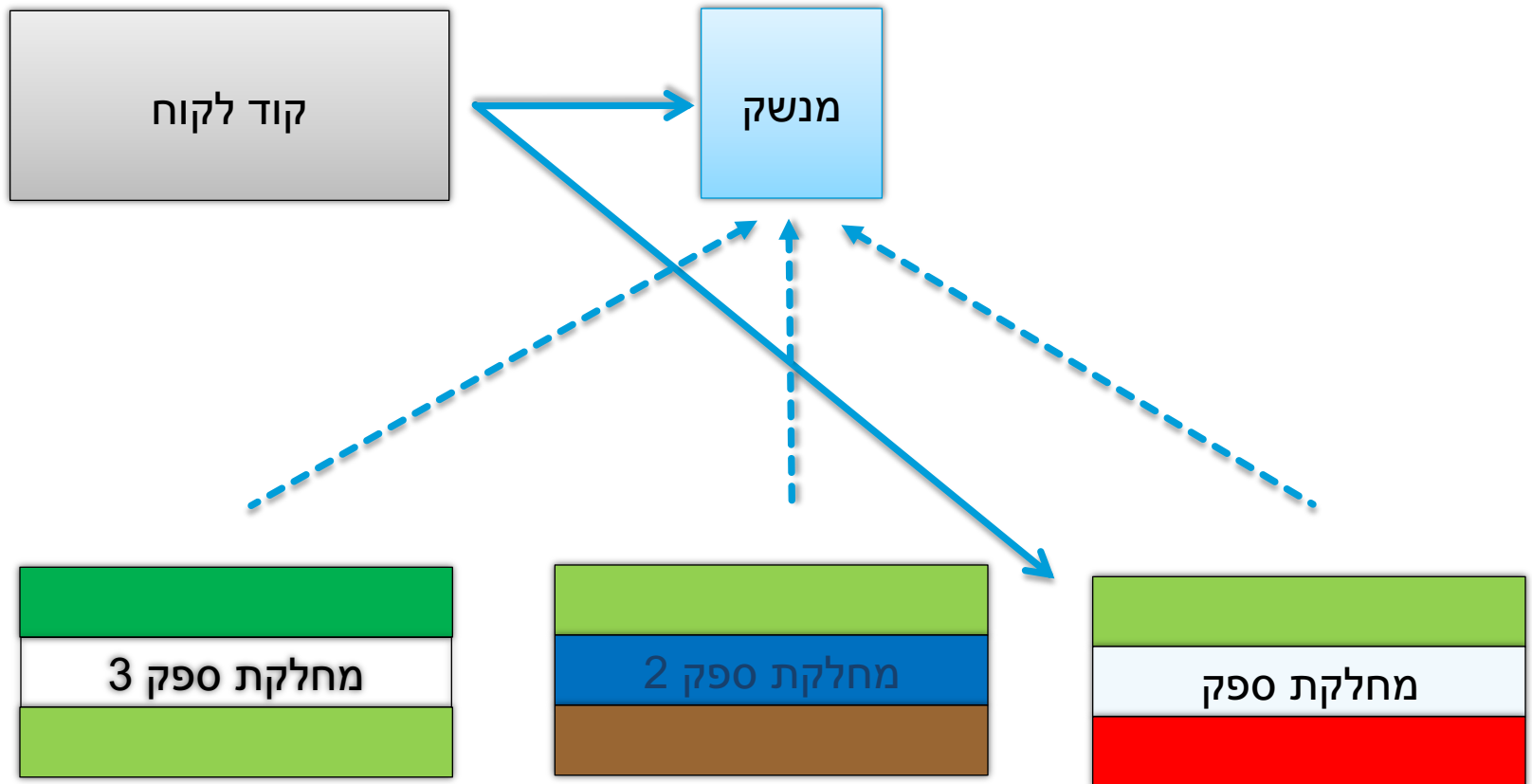
מנשקים:

- כאשר מגדירים מנשק ניתן **למקבל** את תהליך הפיתוח: צוות **שיממש** את המנשק במקביל לצוות **שישתמש** במנשק
 - בפרט ניתן להגדיר תקנים על בסיס אוסף של מנשקים (למשל: JDBC)
- קוד לקוח שנכתב לעבוד עם מנשק כלשהו ימשיך לרוץ גם אם יועבר לו כארגומנט עצם ממחלקה חדשה המממשת את אותו המנשק
- כאשר מחלקה מממשת מנשק אחד או יותר, היא נהנית מכל פונקציות השרות אשר כבר נכתבו עבור אותם מנשקים (למשל: Comparable)

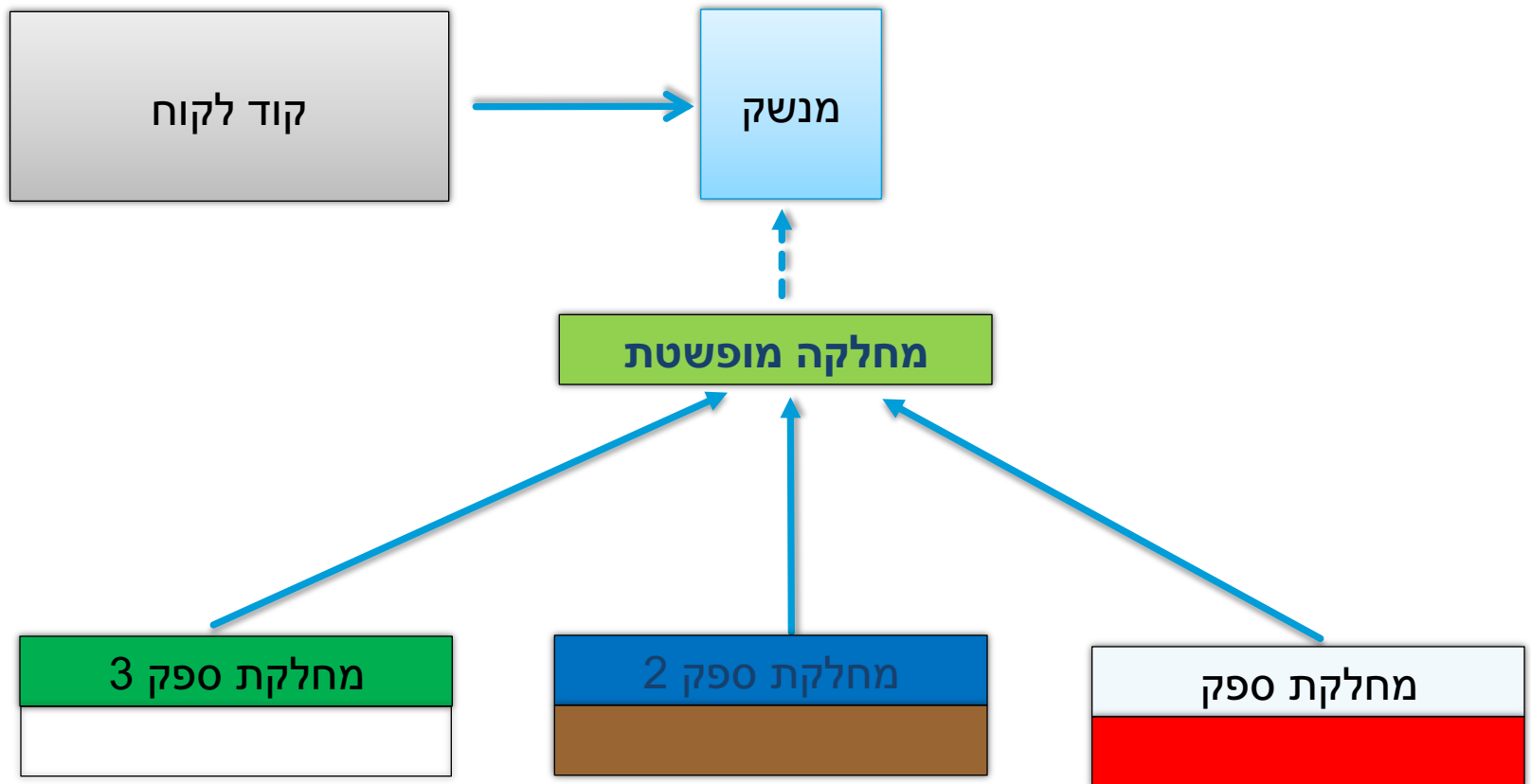
הורשה:

- שימוש חוזר בקוד של מחלקה קיימת לצורך הוספה או שינוי פונקציונליות (למשל: ColoredRectangle, SmartTurtle)
- יצירת היררכיית טיפוסים, כאשר קוד משותף לכמה טיפוסים נמצא בהורה משותף שלהם (למשל AbstractShape)

לסיכום



לסיכום



טיפוסי זמן ריצה

- בשל הפולימורפיזם ב Java אנו לא יודעים מה הטיפוס המדויק של עצמים
 - הטיפוס הדינאמי עשוי להיות שונה מהטיפוס הסטטי
- בהינתן הטיפוס הדינאמי עשויות להיות פעולות נוספות שניתן לבצע על העצם המוצבע (פעולות שלא הוגדרו בטיפוס הסטטי)
- כדי להפעיל פעולות אלו עלינו לבצע המרת טיפוסים (Casting) על ההפניה

המרת טיפוסים Cast

■ המרת טיפוסים בג'אווה נעשית בעזרת אופרטור אונרי שנקרא Cast ונוצר על ידי כתיבת סוגריים מסביב לשם הטיפוס אליו רוצים להמיר.

`(Type) <Expression>`

■ (הדיון כאן אינו מתייחס לטיפוסים פרימיטיביים).

■ הוא מייצר ייחוס מטיפוס `Type` עבור העצם שהביטוי `<Expression>` מחשב, אם העצם **מתאים** לטיפוס.

■ הפעולה מצליחה אם הייחוס שנוצר מתייחס לעצם **מתאים** לטיפוס `Type`

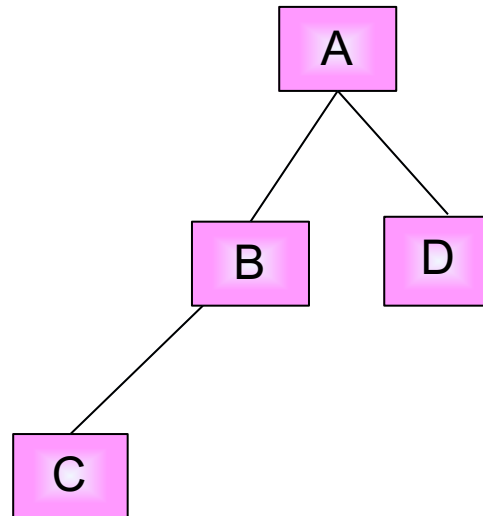
■ המרה למטה (downcast): המרה של ייחוס לטיפוס פחות כללי, כלומר הטיפוס `Type` הוא צאצא של הטיפוס הסטטי של העצם.

■ המרה למעלה (upcast): המרה של ייחוס לטיפוס יותר כללי (מחלקה או ממשק)

■ כל המרה אחרת גוררת שגיאת קומפילציה.

המרת טיפוסים Cast

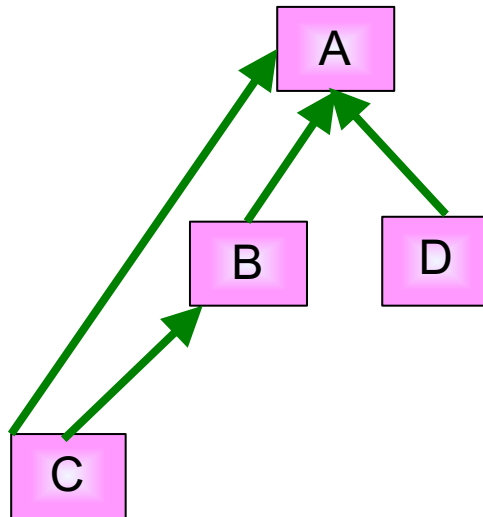
```
public class A  
public class B extends A  
public class C extends B  
public class D extends A
```



המרת טיפוסים Cast

- המרה למעלה תמיד מצליחה, ובדרך כלל לא מצריכה אופרטור מפורש; היא פשוט גורמת לקומפיילר לאבד מידע

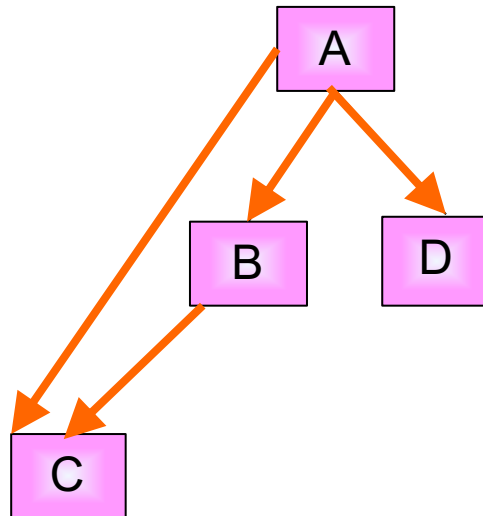
```
C c = ...  
A a = (A)c
```



המרת טיפוסים Cast

- המרה למטה עלולה להיכשל: אם בזמן ריצה טיפוס העצם המוצבע לא תואם לטיפוס Type התוכנית תעוף (ייזרק חריג ClassCastException)

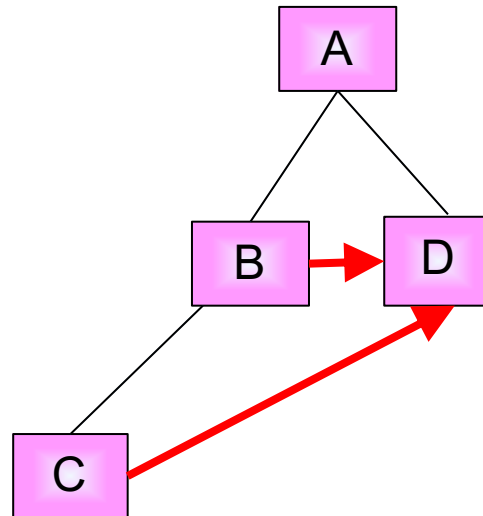
```
A a = ...  
C c = (C)a
```



המרת טיפוסים Cast

- כל המרה אחרת גוררת שגיאת קומפילציה.
- ההגיון מאחורי זה: לא ניתן "לצמצם" אותו גם ל B וגם ל D. מכיוון ש B אינו אב קדמון של D ולהיפך, האפשרות היחידה שבה זה יעבור היא אם קיימת מחלקה אשר יורשת גם מ B וגם מ D, שזה כידוע לא יתכן.

```
B b = ...  
D d = (D)b
```



טיפוסי זמן ריצה

- תעופת תוכנית היא דבר לא רצוי – לפני כל המרה נרצה לבצע בדיקה, שהטיפוס אכן מתאים להמרה
- יש לשים לב כי ההמרה ב Java אינה מסירה או מוסיפה שדות לעצם המוצבע
- בזמן קומפילציה נבדק כי ההסבה אפשרית (compatible types)
- ואולי מתבצע שינוי בטבלאות השרותים שמחזיק העצם
- כאמור, בזמן ריצה המרה לא חוקית תיכשל ותזרוק חריג
- בדוגמא הבאה השאילתא (`maxSide()` מוגדרת רק למצולעים) ומחזירה את אורך הצלע הגדולה ביותר). אין כמובן שאילתא כזאת במחלקה `Shape` (גם לא מופשטת).
- כשהלקוח רוצה לחשב את אורך הצלע הגדולה ביותר מבין כל הצורות במערך, על הלקוח לברר את טיפוס העצם שהועבר לו בפועל ולבצע המרה בהתאם

טיפוסי זמן ריצה

- דרך אחת לבצע זאת היא ע"י המתודה `getClass` המוגדרת ב- `Object` והשדה הסטטי `class` הקיים בכל מחלקה:

```
IShape [] shapeArr = ....
double maxSide = 0.0;
double tmpSide;
for (IShape shape : shapeArr) {
    if (shape.getClass() == Polygon.class) {
        tmpSide = ((Polygon) shape).maxSide();
        if (tmpSide > maxSide)
            maxSide = tmpSide;
    }
}
```

מה לגבי צורות מטיפוס
Rectangle או Triangle ?

עצמים אלה אינם מהמחלקה
Polygon ולכן לא ישתתפו

instanceof

- האופרטור `instanceof` בודק האם הפנייה `is-a` מחלקה כלשהי - כלומר האם היא מטיפוס אותה המחלקה או ירשיה או מממשיה

```
IShape [] shapeArr = ....
double maxSide = 0.0;
double tmpSide;
for (IShape shape : shapeArr) {
    if (shape instanceof Polygon){
        tmpSide = ((Polygon) shape).maxSide();
        if (tmpSide > maxSide)
            maxSide = tmpSide;
    }
}
```

instanceof

- שימוש ב-Casting בתוכניות מונחות עצמים מעיד בדר"כ על בעיה בתכנון המערכת ("באג ב design") שנובעת לרוב משימוש לא נכון בפולימורפיזם
- לעיתים אין מנוס משימוש ב-Casting כאשר משתמשים בספריות תוכנה כלליות אשר אין לנו שליטה על כותביהן , או כאשר מידע הלך לאיבוד כאשר נכתב כפלט ואחר כך נקרא כקלט בריצה עתידית של התכנית.

Pattern Matching

```
public interface Shape {
    public static double getPerimeter(Shape shape)
        throws IllegalArgumentException {
        if (shape instanceof Rectangle) {
            Rectangle r = (Rectangle) shape;
            return 2 * r.length() + 2 * r.width();
        }
        else if (shape instanceof Circle) {
            Circle c = (Circle) shape;
            return 2 * c.radius() * Math.PI;
        }
        else {
            throw new IllegalArgumentException("Unrecognized shape");
        }
    }
}
```

האם ניתן לפשט את הכתיבה?

```
public record Rectangle(float length, float width) implements Shape {}
```

```
public record Circle(double radius) implements Shape {}
```


Pattern Matching

```
public interface Shape {  
    public static double getPerimeter(Shape shape)  
        throws IllegalArgumentException {  
        if (shape instanceof Rectangle r) {  
            return 2 * r.length() + 2 * r.width();  
        }  
        else if (shape instanceof Circle c) {  
            return 2 * c.radius() * Math.PI;  
        }  
        else {  
            throw new IllegalArgumentException("Unrecognized shape");  
        }  
    }  
}
```

תחביר מיוחד החל מ Java17!

```
public record Rectangle(float length, float width) implements Shape {}
```

```
public record Circle(double radius) implements Shape {}
```

Pattern Matching

ניתן לשלב עם ביטויים בוליאנים נוספים: ■

```
if (shape instanceof Rectangle r && r.length() > 5) {  
    // ...  
}
```

זה עובד רק כיוון שמגיעים לביטוי `r.length() > 5` רק אם החלק הראשון מתקיים. ■

האם הביטוי הבא יתקמפל? ■

```
if (shape instanceof Rectangle r || r.length() > 5) {  
    // ...  
}
```

טיפוסי זמן ריצה

- הקוד בדוגמא הבאה אופייני ל"תרגום" קוד משפת C לשפת Java. הלקוח (כותב הפונקציה `rotate`) מקבל כארגומנט צורה גיאומטרית, ומנסה לסובב אותה
- בדוגמא זו, לא הוגדר שרות סיבוב במחלקה `Shape` (גם לא שרות מופשט)
- מכיוון שלכל צורה שרות סיבוב שונה, על הלקוח לברר את טיפוס העצם שהועבר לו בפועל ולבצע המרה בהתאם

```
void rotate(IShape s, double degree) {  
    if (s instanceof Polygon p) {  
        p.rotatePolygon(degree);  
        return;  
    }  
    if (s instanceof Ellipse e) {  
        e.rotateEllipse(degree);  
        return;  
    }  
    assert false : "Error: Unknown Shape Type";  
}
```

המחלקות `Ellipse` ו-`Polygon` מממשות כל אחת פונקציה אחרת לסיבוב

instanceof

כדי לתרגם את הקוד לא רק ל-Java אלא גם ל-OO נשתמש במחלקה מופשטת (או מנשק) אשר תספק מנשק אחיד לעבודה נוחה עם כל צאצאי ההיררכיה

```
abstract class AbstractShape implements IShape {  
    //...  
    abstract void rotate(double degree);  
}
```

instanceof

```
abstract class AbstractShape implements IShape {  
    //...  
    abstract void rotate(double degree);  
}
```

```
class Polygon extends AbstractShape {  
    //...  
    void rotate(double degree) {  
        rotatePolygon(degree);  
    }  
}
```

```
class Ellipse extends AbstractShape {  
    //...  
    void rotate(double degree) {  
        rotateEllipse(degree);  
    }  
}
```

instanceof

כדי לתרגם את הקוד לא רק ל-Java אלא גם ל-OO נשתמש במחלקה מופשטת (או מנשק) אשר תספק מנשק אחיד לעבודה נוחה עם כל צאצאי ההיררכיה

```
abstract class AbstractShape implements IShape {  
    //...  
    abstract void rotate(double degree);  
}
```

וכך יוכל הלקוח להשתמש באותו קוד עבור כל הצורות:

```
void rotateShape(AbstractShape s, double degree) {  
    s.rotate(degree);  
}
```

טיפוסי זמן ריצה

מימוש מתוקן ■

```
void rotate(IShape s, double degree) {  
    if (s instanceof AbstractShape aS) {  
        aS.rotate(degree);  
        return;  
    }  
    assert false : "Error: Unknown Shape Type";  
}
```

ביצוע Casting ל AbstractShape וקריאה
למתודה rotate. מתודה זו מומשה במחלקות
Ellipse ו Polygon

Dynamic dispatch vs. static binding

■ הפעלת שרותי מופע ב Java היא דינאמית:

- הקומפיילר לא מציין ל-JVM איזו פונקציה יש להפעיל (רק את החתימה שלה)
- בזמן ריצה ה-JVM מפעיל את השרות המתאים לפי הטיפוס הדינאמי, כלומר לפי טיפוס העצם המוצבע בפועל

■ הפעלה דינאמית מכונה לפעמים **וירטואלית**

■ הפעלה דינאמית שכזו **איטית יותר** מתהליך שבו הקומפיילר, כחלק מתהליך הקומפילציה, היה מציין איזו פונקציה יש להפעיל ואז לא היה צורך לברר בזמן ריצה מהו הטיפוס הדינאמי ולהסיק מכך מהי הפונקציה שיש להפעיל

■ מקרים שבהם הקומפיילר קובע איזו פונקציה תרוץ נקראים **static binding** (קישור סטטי)

אופטימיזציה: devirtualization

■ במקרים מסוימים, כבר בזמן קומפילציה ברור שהטיפוס הדינאמי של הפנייה זהה לטיפוס הסטאטי שלה, ואז אין צורך בהפעלה וירטואלית

■ למשל, בקוד:

```
MyClass o = new MyClass();  
o.method1(5); // clearly o is a member of MyClass
```

■ ואולם לא את כל המקרים האלה יודע הקומפיילר לזהות

■ יש מקרים שכן:

- אם `MyClass` מוגדר `final`
- או שהשירות `method1` מוגדר במחלקה `final`; זה מונע דריסה שלו
- הפעלת שרות `private`
- הפעלת בנואים
- הפעלת שרות `super`
- הפעלת שרותי מחלקה (`static method`, כפי שמרמז שמם...)

■ במקרים כאלה, הקומפיילר יכול לבצע `devirtualization` ולהורות ל `JVM` איזו פונקציה להפעיל

```
public class Animal {
    public static void hide() {
        System.out.format("The hide method in Animal.%n");
    }
    public void override() {
        System.out.format("The override method in Animal.%n");
    }
}
```

```
public class Cat extends Animal {
    public static void hide() {
        System.out.format("The hide method in Cat.%n");
    }
    public void override() {
        System.out.format("The override method in Cat.%n");
    }
}
```

```
public class Client{
    public static void main(String[] args) {
        Cat myCat = new Cat();
        Animal myAnimal = myCat;
        //myAnimal.hide(); //BAD STYLE
        Animal.hide(); //Better!
        myAnimal.override();
    }
}
```

מה יודעת?

The hide method in Animal.
The override method in Cat.

```
public class Base {
    private void priv() { System.out.println("priv in Base"); }
    public void pub() { System.out.println("pub in Base"); }

    public void foo() {
        priv();
        pub();
    }
}
```

```
public class Sub extends Base {
    private void priv() { System.out.println("priv in Sub"); }
    public void pub() { System.out.println("pub in Sub"); }
}
```

```
public class Test {

    public static void main(String[] args) {
        Base b = new Sub();
        b.foo();
    }
}
```

מה יודפס?

```
priv in Base
pub in Sub
```

```
public class Base {
    private void priv() { System.out.println("priv in Base"); }
    public void pub() { System.out.println("pub in Base"); }

    public void foo() {
        this.priv();
        this.pub();
    }
}
```

קריאה ל `priv()` שקולה לקריאה ל `.this.priv()`
 המצביע `this` מצביע גם הוא לאובייקט שאליו מצביע
`b`, אבל הטיפוס הסטטי של `this` הוא תמיד `Base` –
 הטיפוס של המחלקה שבה כתוב הקוד.

```
public class Sub extends Base {
    private void priv() { System.out.println("priv in Sub"); }
    public void pub() { System.out.println("pub in Sub"); }
}
```

```
public class Test {
    public static void main(String[] args) {
        Base Sub b = new Sub();
        b.foo();
    }
}
```

ואם נשנה את
 הטיפוס הסטטי
 של `b` ל `Sub`?

```
priv in Base
pub in Sub
```

שדות, הורשה וקישור סטטי

- גם קומפילציה של התייחסויות לשדות מתבצעת בצורה סטטית
- מחלקה יורשת יכולה להגדיר שדה גם אם שדה בשם זה היה קיים במחלקת הבסיס (מאותו טיפוס או טיפוס אחר)

```
public class Base {  
    public int i = 5;  
}
```

```
public class Sub extends Base {  
    public String i = "five";  
}
```

```
5  
five  
5
```

```
public class Test {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        Base bb = new Base();  
        Sub ss = new Sub();  
        Base bs = new Sub();  
  
        System.out.println(bb.i);  
        System.out.println(ss.i);  
        System.out.println(bs.i);  
    }  
}
```

מה יודפס?

מבוא לחריגים – hands on

זריקת חריג: ■

```
public class Fib {  
    public static long fib(int n) throws Exception{  
        if (n <= 0){  
            throw new Exception(  
                "Cannot calculate fib for a negative int");  
        }  
        long prev = 1, prevPrev = 0;  
        if (n < 2){ return n; }  
        while (n >= 2){  
            long tmp = prev+ prevPrev;  
            prevPrev = prev;  
            prev = tmp;  
            n--;  
        }  
        return prev;  
    }  
}
```

חריגים – hands on

■ שימוש בשירותים המצהירים על חריג

```
public static void main(String[] args){  
    ☒ System.out.println(fib(5));  
}
```

■ מכיוון ש `fib` מצהירה על חריג, הקוד לא יתקמפל אם לא נבחר באחד משני פתרונות:

■ הצהירי – גם `main` תצהיר על חריג.

■ טפלי – עלינו "לטפל" בחריג

■ שימו לב שבפועל, לא חייב להיזרק חריג (בדוגמת הקוד הזו הוא לא יזרק, אבל הקומפיילר מצריך או הצהרה או טיפול. כזכור, הוא עובד בצורה סטטית ולכן לא יודע איזה פרמטר נשלח בפועל.

חריגים – hands on

מה יקרה כשלא נזרק חריג? ■

```
public static void main(String[] args){  
    try{  
        System.out.println(fib(5));  
    }  
    catch (Exception exp){  
        System.out.println("An exception has occurred");  
    }  
    System.out.println("after try/catch block");  
}
```

5
after try/catch block

חריגים – hands on

מה יקרה כשכן נזרק חריג? ■

```
public static void main(String[] args){
    try{
        System.out.println(fib(-5));
    }
    catch (Exception exp){
        System.out.println("An exception has occurred");
    }
    System.out.println("after try/catch block");
}
```

An exception has occurred
after try/catch block

חריגים - בהמשך

- בלוק `finally` ומספר בלוקי `catch`.
- למה צריך בכלל לזרוק חריג?
- אילו חריגים שונים יש?
- האם כולם מתנהגים אותו הדבר?
- הם חריגים הם אובייקטים?
- האם ניתן להגדיר חריגים חדשים בעצמנו?

מבוא לחריגים – hands on

זריקת חריג: ■

```
public class Fib {  
    public static long fib(int n) throws Exception{  
        if (n <= 0){  
            throw new Exception(  
                "Cannot calculate fib for a negative int");  
        }  
        long prev = 1, prevPrev = 0;  
        if (n < 2){ return n; }  
        while (n >= 2){  
            long tmp = prev+ prevPrev;  
            prevPrev = prev;  
            prev = tmp;  
            n--;  
        }  
        return prev;  
    }  
}
```