

# 《面向对象设计与构造》课程

## Lec3-继承、多态与抽象

2019

OO课程组

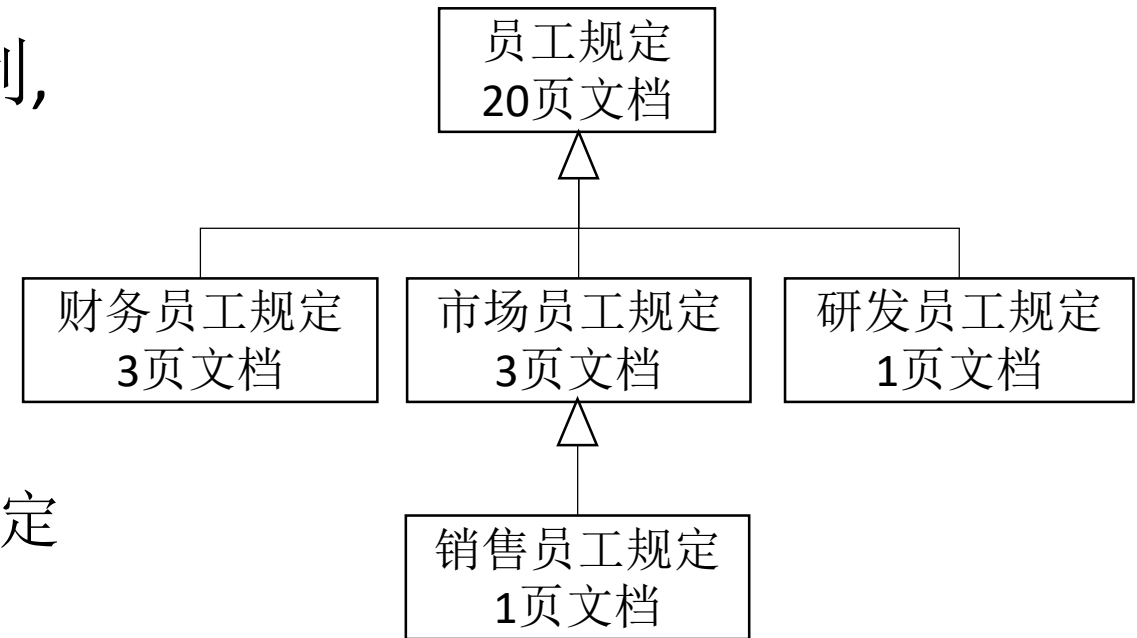
北京航空航天大学

# 内容提要

- 为什么需要继承
- 与父类的交互
- 对象状态比较
- 多态
- 接口
- 抽象方法与抽象类
- 作业

# 为什么需要继承机制

- 以公司雇员规定为例
- 基本规定: 工作时间安排, 假期, 福利, 工作守则 ...
  - 所有新招聘员工都要学习基本规定
  - 基本规定手册(比如20页)
- 每个部门都有自己具体的规定
  - 相应部门的员工要学习相应的具体规定(一般1~3页)
  - 这些具体规定会增加一些新的要求, 也可能可能会对基本规定中的条款做出修订



# 针对不同类的行为分离

- 为什么不针对财务员工直接制定23页的员工规定？ 24页的市场销售员工规定， 21页的研发员工规定？
- 采用多个有侧重点的员工规定的优点：
  - 便于维护：如果公司员工基本规定发生变化，只需修改一次
  - 局部化：市场销售员工的相关规定是局部规定，不对其他员工产生影响
- 领域事实
  - 一般性的员工规定本身就有意义（统一培训等）
  - 部门具体规定 also 具有重要意义

# 员工规定

- 考虑下面的员工规定
  - 一周工作40小时
  - 普通员工工资年薪80000, 研发人员增加50000, 市场人员增加30000, 销售人员增加50000
  - 每年2周假期, 销售人员额外增加一周
  - 销售人员使用粉色表格, 其他所有员工报销使用黄色表格
- 每个部门的员工都有特定的职责
  - 财务人员审查报销单据
  - 市场人员负责收集产品的市场反馈
  - 研发人员负责按照客户需求研制产品
  - 销售人员负责产品宣传和销售

# Employee类

```
public class Employee {  
    public int getHours() {  
        return 40;           // 一周工作40小时  
    }  
  
    public double getSalary() {  
        return 80000.0;      // 年薪RMB80000  
    }  
  
    public int getVacationDays() {  
        return 10;           // 2周带薪假  
    }  
  
    public String getReimbursementForm() {  
        return "yellow";     // 报销使用黄色表格  
    }  
}
```

- 如何实现财务人员(FinancialOfficer)类？

# 冗余的实现方案

```
// A redundant class to represent FinancialOfficer.
public class FinancialOfficer {
    public int getHours() {
        return 40;           // 一周工作40小时
    }

    public double getSalary() {
        return 80000.0;      // 年薪RMB80000
    }

    public int getVacationDays() {
        return 10;           // 2周带薪假
    }

    public String getReimbursementForm() {
        return "yellow";     // 报销使用黄色表格
    }

    public boolean inspect(Bill[] b) { // 审查报销单据
        ...
    }
}
```

# 基于共享的实现方案

- 只有FinancialOfficer才提供inspect，其他的操作与Employee一致

```
// A class to represent FinancialOfficer.
```

```
public class FinancialOfficer {
```

```
    Employee em; //accessing all the contents defined the Employee class
```

```
    public boolean inspect(Bill[] b) { //审查报销单据
```

```
        ...
```

```
    }
```

```
}
```



# 继承

- **inheritance**: 基于已有类来构造新类的机制，可以重用已有的属性和行为
  - 能够把相关的类按照层次组织起来
  - 能够在类之间共享设计与实现
- 继承层次
  - **Superclass**: 被扩展的父类
  - **subclass**: 扩展了superclass的子类
    - 子类自动获得了父类的所有属性和方法
    - 但不见得可以直接访问所有的属性和方法

```
public class subclass extends superclass {}
```

# 基于继承的FinancialOfficer

```
// A class to represent FinancialOfficer.  
public class FinancialOfficer extends Employee {  
    public boolean inspect(Bill[] b) { //审查报销单据  
        ...  
    }  
}
```

- 通过使用继承机制，可以只描述专属于子类的属性和方法
  - FinancialOfficer从Employee继承 getHours, getSalary, getVacationDays和getReimbursementForm方法
  - FinancialOfficer增加了一个专有方法inspect

# 市场人员类

- 市场人员的相关规定：
  - 多获得30000的年薪
  - 有特定职责：收集市场反馈
- 要求：从Employee继承已有的方法，并对方法细节进行调整

# 对父类方法的重写

- **重写(override):** 针对父类中的给定方法，在子类中提供一个新的实现，以取代从父类通过继承获得的实现

```
public class Marketer extends Employee {  
    // 重写getSalary方法  
    public double getSalary() {  
        return 110000;  
    }  
    ...  
}
```

# 继承层次

- 如果需要，可以构造多个层次的继承，从而形成一棵继承树
  - 销售人员继承市场人员

```
public class Seller extends Marketer {  
    // 重写getReimbursementForm方法  
    public String getReimbursementForm() {  
        return "pink";  
    }  
  
    // 重写getVacationDays方法  
    public int getVacationDays() {  
        return 15; // 3周带薪假  
    }  
  
    // 重写getSalary方法  
    public double getSalary() {  
        return 130000;  
    }  
  
    public void advertise(Product p) {  
        ...  
    }  
}
```

Seller类中有几个getSalary方法？

# 与父类的交互

- 有时候需要对superclass的行为进行调整
  - 如给所有员工加薪5000
    - 研发人员薪水： 135000
    - 市场人员： 115000
    - 销售人员： 135000
    - 其他所有： 85000
- 哪些类的行为需要调整？
  - Employee, ...

# 修改公共父类

```
public class Employee {  
    public int getHours() {  
        return 40;           // 一周工作40小时  
    }  
    public double getSalary() {  
        return 85000.0;      // 年薪RMB85000.00  
    }  
    ...  
}
```

- Employee 的多个子类也需要修改
  - 它们重写Employee的getSalary

# 繁琐的解决方案

```
public class Developer extends Employee {  
    public double getSalary() {  
        return 135000.0;  
    }  
    ...  
}  
  
public class Marketer extends Employee {  
    public double getSalary() {  
        return 115000.0;  
    }  
    ...  
}
```

子类重写父类方法时应该建立与父类相应方法的联系，但是目前的解决方案却割裂了！



# 优化的方案

- 在子类方法中调用父类被重写方法：建立与父类方法的逻辑连接

`super.method(parameters)`

- Example:

```
public class Seller extends Marketer {
    public String getReimbursementForm() {
        return "pink";
    }

    public int getVacationDays() {
        return super.getVacationDays() + 5;
    }

    public double getSalary() {
        return super.getSalary() + 20000.0;
    }
    ...
}
```

重用父类方法的计算  
修正/调整父类方法的计算

# 关于继承的讨论

- 使用继承来解决哪几个问题？
- 继承与类型层次
  - 继承的结果形成了类层次，但不见得是类型层次
  - 实际项目中如何识别和构造类型层次？

# 继承带来的潜在构造方法问题

- 如果不显式为类定义构造方法，则会有默认的非参数构造方法
  - 按照语言定义的默认规则来初始化成员属性的取值
- 在默认构造方法中会自动调用父类构造方法
  - 通过`super()`调用
  - 确保所有成员属性都得到初始化
- 一旦定义显式构造方法，则默认规则失效
- 如果给Employee类增加一个Employee(int)方法，会有什么结果？
  - `public class Employee{...Employee(int years){...}...}`
  - `public class Developer extends Employee{...} //不定义Developer构造方法`

# 继承带来的潜在构造方法问题

- 会导致子类编译出现错误

```
Developer.java:2: cannot find symbol
symbol   : constructor Employee()
location: class Employee
public class Developer extends Employee {
        ^
```

- 原因：我们没有为Developer定义显式构造方法，因此其默认构造方法是Developer()，且同时会调用super()。然而没有Employee()这个方法
- ==》子类不会继承父类的构造器

# 对父类构造方法的调用

语法: `super(parameters);`

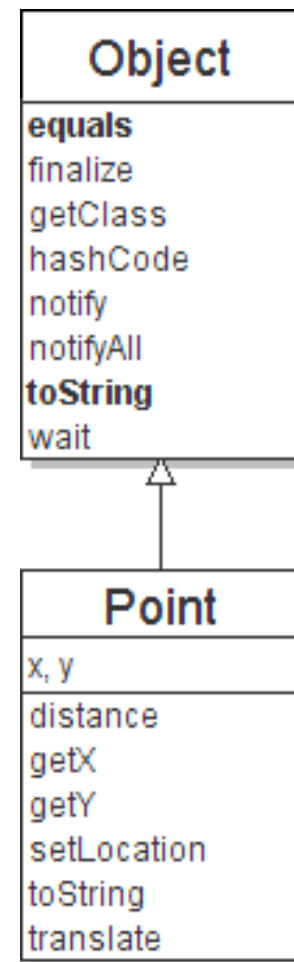
- Example:

```
public class Developer extends Employee {  
    public Developer(int years) {  
        super(years); // calls Employee constructor  
    }  
    ...  
}
```

- `super`调用必须是子类构造方法的第一条语句(为什么?)

# Java的Object类

- Object是Java定义的根类
  - 每个类都会默认继承Object
- Object类提供的方法包括
  - `public String toString()`  
返回相应对象的文本表示
  - `public boolean equals(Object other)`  
比较对象的状态是否相同



# Object类型对象

- 可以通过Object类型变量来访问任何对象

```
Object o1 = new Point(5, -3);  
Object o2 = "hello there";  
Object o3 = new Scanner(System.in);
```

- 使用Object类型变量只能访问Object类所定义的方法

```
String s = o1.toString();           // ok  
int len = o2.length();              // error  
String line = o3.nextLine();        // error
```

- 为了达到处理的一般性，可以在方法中使用类型为Object的参数

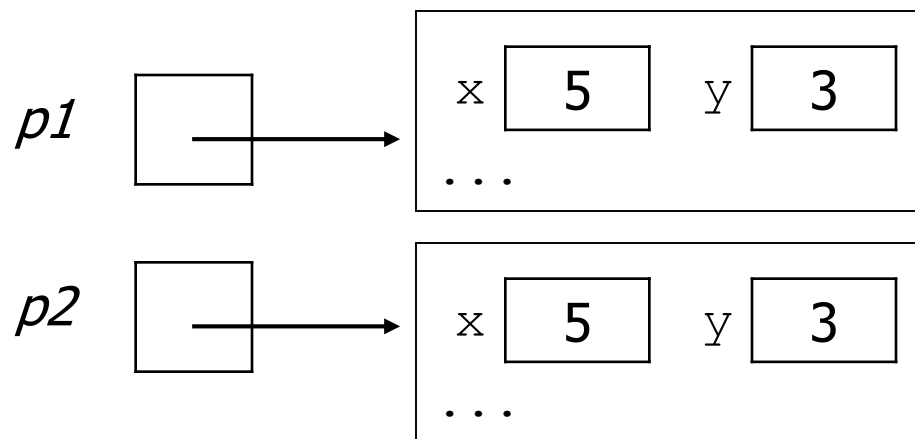
```
public void checkForNull(Object o) {  
    if (o == null) {  
        throw new IllegalArgumentException();  
    }  
}
```

# 对象比较回顾

- ‘==’ 操作符

- 比较的是两个对象的引用，而不是对象的状态
- 只有两个变量指向的是同一个对象时，才返回true

```
Point p1 = new Point(5, 3);  
Point p2 = new Point(5, 3);  
if (p1 == p2) {    // false  
    System.out.println("identical");  
}
```





# 对象比较回顾

- equals方法比较两个对象的状态

```
if (str1.equals(str2)) {  
    System.out.println("the strings are equal");  
}
```

- 默认情况下，Object提供的equals方法就是比较对象的引用，因为它不拥有任何比较状态的知识

```
if (p1.equals(p2)) {    // false :- (  
    System.out.println("equal");  
}
```

# 使用equals的对象状态比较

- 如果是一个不可变对象，则需要重写实现equals方法
  - 比较两个对象的状态是否一致
  - 如对Point对象，当两个Point对象拥有相同的x和y坐标位置，则返回true
- 一种方案：

```
public boolean equals(Point other) {  
    if (x == other.x && y == other.y) {  
        return true;  
    } else {  
        return false;  
    }  
}
```

问题：Object类的equals规格是boolean equals(Object)

# 使用equals的对象状态比较

```
public boolean equals(Object other) {  
    if (x == other.x && y == other.y) {  
        return true;  
    } else {  
        return false;  
    }  
}
```

- 这个实现有什么错误？

# 类型转换

- 把Object对象转换(type-cast)为关注的对象，如Point.

```
public boolean equals(Object o) {  
    Point other = (Point) o;  
    return x == other.x && y == other.y;  
}  
(other is Point对象) && (x == other.x) &&  
(y == other.y)
```

- 如果调用时输入了一个不是Point类型的对象会如何？
- 转换对象的类型只是改变对象引用的规格假设，不改变所指向的对象内存本身

# 类型转换

```
Point p = new Point(7, 2);  
if (p.equals("hello")) {  
    ...  
}
```

- **Point other = (Point)** o会抛出异常

```
Exception in thread "main"  
java.lang.ClassCastException: java.lang.String  
    at Point.equals(Point.java:xx)
```

# 使用instanceof来做类型检查

```
if (variable instanceof type)  
{  
    statement(s);  
}
```

- 该关键词用于查询一个变量所引用的对象是否为某个特定类型

```
String s = "hello";  
Point p = new Point();
```

- 变量类型和对象类型

表达式	结果
s instanceof Point	false
s instanceof String	true
p instanceof Point	true
p instanceof String	false
p instanceof Object	true
s instanceof Object	true
null instanceof String	false
null instanceof Object	false

# 最终的equals方法重写结果

```
// Returns whether o refers to a Point object with
// the same (x, y) coordinates as this Point.
public boolean equals(Object o) {
    if (o instanceof Point) {
        // o is a Point; cast and then compare
        Point other = (Point) o;
        return x == other.x && y == other.y;
    } else {
        // o is not a Point; no chance to be equal
        return false;
    }
}
```

# 对象类型转换的限制

- 可以往上转换
- 往下转换必须非常小心

```
Employee eric = new Marketer();  
((Marketer) eric).collect (...);           // ok  
((Seller) eric).advertise(...);          // exception  
// ClassCastException: Marketer object doesn't know how to advertise
```

- 不可以水平转换

```
Developer linda = new Developer();  
((FinancialOfficer) linda).inspect(...);    // error
```



# 多态

- **polymorphism**: 对于给定的方法，获得**不同**但可**归一化的**对象行为设计与实现机制
  - 通过overload机制而获得的可归一化方法（重载）
  - 通过override机制而获得的可归一化方法（重写）
- 多态机制为表达复杂设计逻辑提供了简化手段
  - **Overload**: 区分不同场景来重载方法，避免一个方法处理多种场景而导致其逻辑复杂
  - **Override**: 让每个类根据其功能要求来重写所继承的方法，使用者无需区别对待通过统一方式即可获得相应的功能

# 基于重载的静态多态

- 从设计角度看，一个方法规范了类的一种能力
- 随着功能的扩展或演化，这种能力也需要演化来处理多种不同的场景，即处理不同的输入情况
- 这时需要对原方法进行**overload**扩展，从而演化相应能力
  - 求和(add)是一个类math的方法，`int add(int, int)`
  - 现在希望扩展该方法的能力，能够支持整数、实数的综合加法：`int add(int, double)`, `int add(double, double)`
  - 更进一步扩展以支持对不定长集合元素求和：`int add(int[])`, `int add(int[], int[])`
- 重载发生在一个类内部，编译时解析方法的多态性（静态）

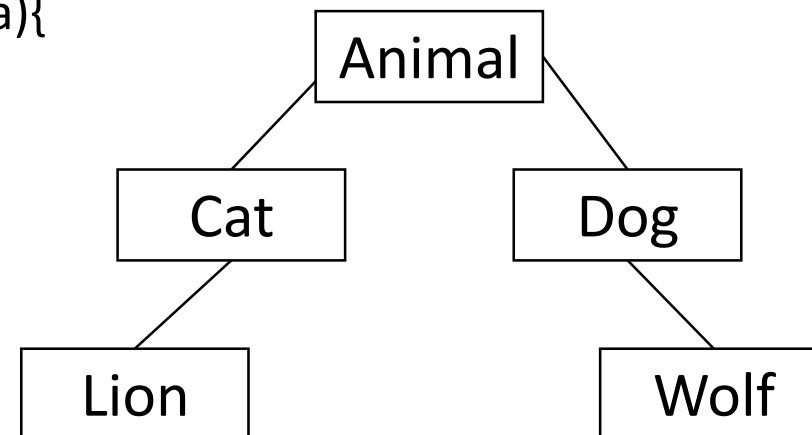
# 基于重写的动态多态

重写发生在父类与子类间，子类重新实现从父类继承的方法。

调用一个对象的重写方法时，具体调用哪个则要在运行时通过**dispatch**机制来确定（动态）

想了解动物如何叫的？每个动物都实现自己的talk方法。

```
void Hear(Animal a){  
    a.talk();  
}
```



```
public class EmployeeMain {  
    public static void main(String[] args) {  
        Developer lisa = new Developer();  
        Seller steve = new Seller();  
        printInfo(lisa);  
        printInfo(steve);  
    }  
  
    public static void printInfo(Employee empl) {  
        System.out.println("salary: " + empl.getSalary());  
        System.out.println("v.days: " + empl.getVacationDays());  
        System.out.println("r.form: " + empl.getReimbursementForm());  
        System.out.println();  
    }  
}
```

OUTPUT:

salary: 130000.0	salary: 130000.0
v.days: 10	v.days: 15
r.form: yellow	r.form: pink

# 通过父类对象来归一化使用重写方法

- 通过一个父类型的数组来存储所有可能的子类型对象，从而组织简洁的代码

```
public class EmployeeMain2 {  
    public static void main(String[] args) {  
        Employee[] e = { new Developer(),    new Marketer(),  
                        new Seller(), new FinancialOfficer() };  
  
        for (int i = 0; i < e.length; i++) {  
            System.out.println("salary: " + e[i].getSalary());  
            System.out.println("v.days: " + e[i].getVacationDays());  
            System.out.println();  
        }  
    }  
}
```

Output:

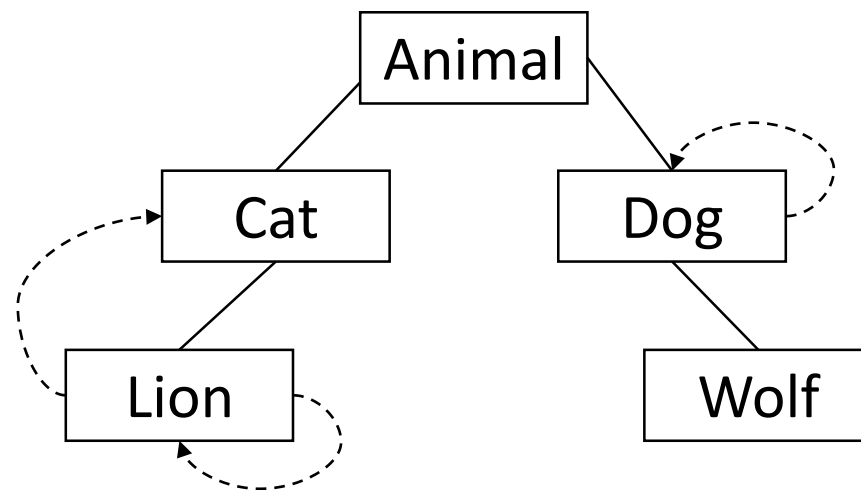
salary:	130000.0
v.days:	<b>10</b>
salary:	110000.0
v.days:	10
salary:	<b>130000.0</b>
v.days:	15
salary:	<b>80000.0</b>
v.days:	10

如何统一管理不同类型的项，从而按照统一的方式来求导和化简？

# 重写多态的调用分析

- 给定类型层次
  - 不同层次的类会选择性重写某些方法
  - 一个类的方法可能会调用该类自身或上面层次类的方法
  - 需要根据具体对象的类型来分析具体调用哪个方法

```
void Hear(Animal a){  
    a.talk();  
}
```



# 例子分析

```
public class Foo {
    public void method1() {
        System.out.println("foo 1");
    }

    public void method2() {
        System.out.println("foo 2");
    }

    public String toString() {
        return "foo";
    }
}

public class Bar extends Foo {
    public void method2() {
        System.out.println("bar 2");
    }
}
```

```
Foo[] pity = {new Baz(), new Bar(), new
    Mumble(), new Foo()};
for (int i = 0; i < pity.length; i++) {
    System.out.println(pity[i]);
    pity[i].method1();
    pity[i].method2();
    System.out.println();
}
```

```
public class Baz extends Foo {
    public void method1() {
        System.out.println("baz 1");
    }

    public String toString() {
        return "baz";
    }
}

public class Mumble extends Baz {
    public void method2() {
        System.out.println("mumble 2");
    }
}
```

用5分钟时间给出执行结果，注意  
先梳理类的层次关系和方法调用

# 重写方法执行分析表

<b>method</b>	<b>Foo</b>	<b>Bar</b>	<b>Baz</b>	<b>Mumble</b>
method1	foo 1	<i>foo 1</i>	baz 1	<i>baz 1</i>
method2	foo 2	bar 2	<i>foo 2</i>	mumble 2
toString	foo	<i>foo</i>	baz	<i>baz</i>

## 更复杂的例

```
Ham[] food = {new Lamb(), new Ham(), new Spam(), new Yam()};
for (int i = 0; i < food.length; i++) {
    System.out.println(food[i]);
    food[i].a();
    System.out.println();
    food[i].b();
    System.out.println();
}
```

- 一个方法会调用另外一个方法，且混杂着方法的重写

```
public class Ham {
    public void a() {
        System.out.print("Ham a    ");
        b();
    }
    public void b() {
        System.out.print("Ham b    ");
    }
    public String toString() {
        return "Ham";
    }
}
```

```
public class Lamb extends Ham {
    public void b() {
        System.out.print("Lamb b    ");
    }
}
```

```
public class Yam extends Lamb {
    public void a() {
        System.out.print("Yam a    ");
        super.a();
    }
    public String toString() {
        return "Yam";
    }
}
```

```
public class Spam extends Yam {
    public void b() {
        System.out.print("Spam b    ");
    }
}
```



# 更复杂的例子

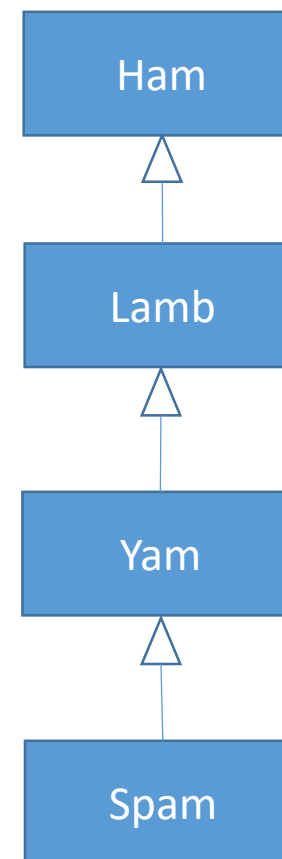
- Lamb继承了Ham的方法a，a调用b，但是Lamb重写了方法b...

```
public class Ham {  
    public void a() {  
        System.out.print("Ham a    ");  
        b();  
    }  
    public void b() {  
        System.out.print("Ham b    ");  
    }  
    public String toString() {  
        return "Ham";  
    }  
}  
  
public class Lamb extends Ham {  
    public void b() {  
        System.out.print("Lamb b    ");  
    }  
}
```

- Lamb对象的方法a执行结果（为什么不是Ham b?）：  
Ham a      **Lamb b**

# 表格分析法

method	Ham	Lamb	Yam	Spam
a	Ham a <b>b()</b>	<i>Ham a</i> <b><i>b()</i></b>	Yam a Ham a <b>b()</b>	<i>Yam a</i> <i>Ham a</i> <b><i>b()</i></b>
b	Ham b	Lamb b	Lamb b	Spam b
toString	Ham	<i>Ham</i>	Yam	<i>Yam</i>



# 最终结果

```
Ham[] food = {new Lamb(), new Ham(), new Spam(), new Yam()};  
for (int i = 0; i < food.length; i++) {  
    System.out.println(food[i]);  
    food[i].a();  
    food[i].b();  
    System.out.println();  
}
```

- 输出

```
Ham  
Ham a    Lamb b  
Lamb b
```

```
Ham  
Ham a    Ham b  
Ham b
```

```
Yam  
Yam a    Ham a    Spam b  
Spam b
```

```
Yam  
Yam a    Ham a    Lamb b  
Lamb b
```

# 接口

- 有些类虽然没有层次关系，但可以有共性行为
  - Circle, Rectangle和Triangle
  - 它们需要的共性行为包括
    - 计算几何形状的外周长(perimeter)
    - 计算几何形状的面积(area)
- 对于不同的几何类型，这些共性行为的内涵解释(即计算方式)可能都不同
  - 使用接口，而不是公共父类(因为没什么具体计算行为可复用)

# 接口

- Rectangle (宽 $w$ , 高 $h$ ):

$$\text{area} = w h$$

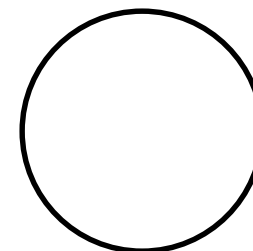
$$\text{perimeter} = 2w + 2h$$



- Circle (半径 $r$ ):

$$\text{area} = \pi r^2$$

$$\text{perimeter} = 2 \pi r$$

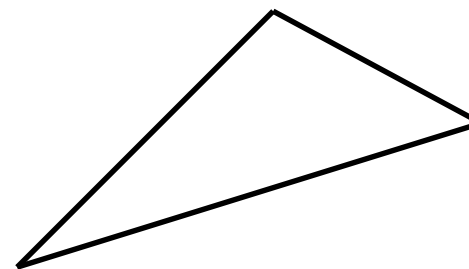


- Triangle (边长 $a, b, c$ )

$$\text{area} = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$\text{其中 } s = \frac{1}{2}(a + b + c)$$

$$\text{perimeter} = a + b + c$$



# 接口

- 为不同几何类型实现相应的方法`perimeter`和`area`.
- 目标：客户代码无需区分不同的几何类型
  - 直接获得任意几何形状的面积和周长
  - 能够创建数组来管理各种可能的几何对象
  - 能够在屏幕上画出几何形状

# 接口

- **interface:** 对一组类共性行为的抽取结果，使得设计规格和实现相分离
  - 继承是一种层次抽象和代码复用机制
  - 接口是一种行为层次抽象，无关代码复用
  - 行为职责类比：
    - “我是授课老师。这表明我知道如何设置课程大纲、如何设置作业、如何出考试卷”
    - “我是一个封闭的几何形状。这表明我知道如何计算我的面积和周长”

# 接口

```
public interface name {  
    public type name(type name, ..., type name);  
    public type name(type name, ..., type name);  
    ...  
}
```

Example:

```
public interface Vehicle {  
    public double speed();  
    public void setDirection(int direction);  
}
```

- 接口中的方法是抽象方法(**abstract method**), 即不提供实现的方法
  - 允许/要求相应的类来实现相应的接口



# 接口的实现

```
public class name implements [interface1], [interface2]... {  
    ...  
}
```

- Example:

```
public class Bicycle implements Vehicle {  
    ...  
}
```

- 如果一个类实现(*implements*)一个接口
  - 这个类必须包括接口中规定的所有方法，否则无法通过编译

# 接口及其实现举例

```
// Represents circles.
public class Circle implements ClosedShape {
    private double radius;

    // Constructs a new circle with the given radius.
    public Circle(double radius) {
        this.radius = radius;
    }

    // Returns the area of this circle.
    public double area() {
        return Math.PI * radius * radius;
    }

    // Returns the perimeter of this circle.
    public double perimeter() {
        return 2.0 * Math.PI * radius;
    }
}
```

```
public interface ClosedShape {
    public double area();
    public double perimeter();
}
```

# Interface + polymorphism

- 接口可规范一组具有共性特征类的共同行为，客户代码结合多态机制可简化实现

```
public static void printInfo(ClosedShape s) {  
    System.out.println("The shape: " + s);  
    System.out.println("area : " + s.area());  
    System.out.println("perim: " + s.perimeter());  
}
```

- 任何*实现了相应接口的对象*都可以传递进行处理

```
Circle circ = new Circle(12.0);  
Rectangle rect = new Rectangle(4, 7);  
Triangle tri = new Triangle(5, 12, 13);  
printInfo(circ);  
printInfo(tri);  
printInfo(rect);
```

就该例子而言，比较使用  
继承与接口的区别！

# Interface + polymorphism

- 实现多个接口，但是有同名方法

```
public interface IA{  
    public int m();  
}
```

```
public interface IB{  
    public void m();  
}
```

```
public class Test implements IA, IB{  
    public int m(){  
        return 0;  
    }  
  
    public void m(){  
        System.out.println("hello");  
    }  
}
```

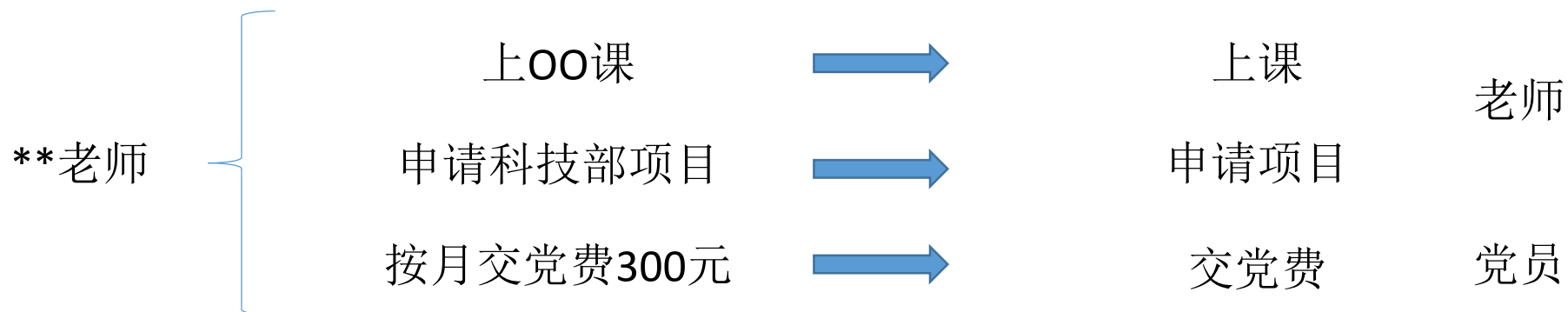
# 继承与接口实现的差异

- 从机制的角度:

- 继承: 关注类型抽象, 建立对象内在属性和行为的抽象层次

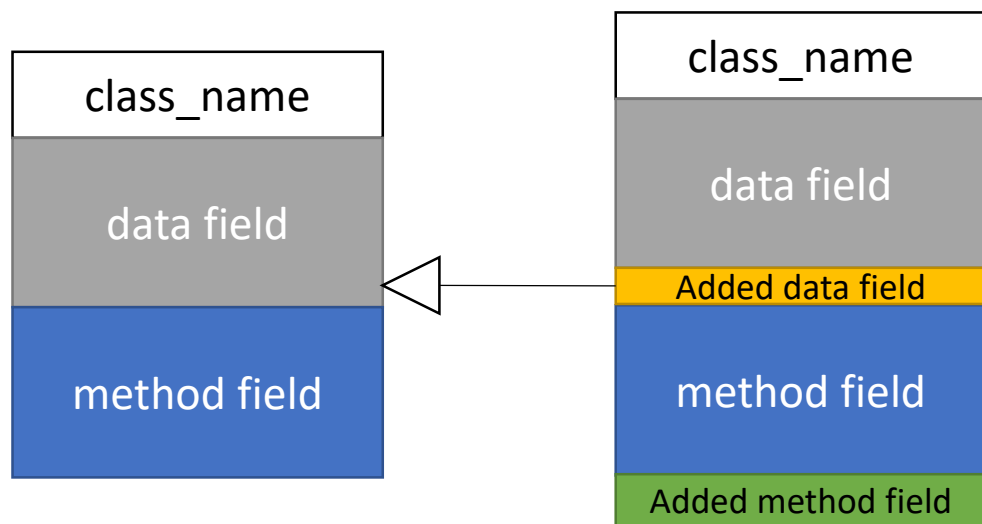
生物    ➡    动物    ➡    人    ➡    课程老师

- 接口实现: 针对共性行为抽象 (接口), 把对象纳入到共性行为层次中

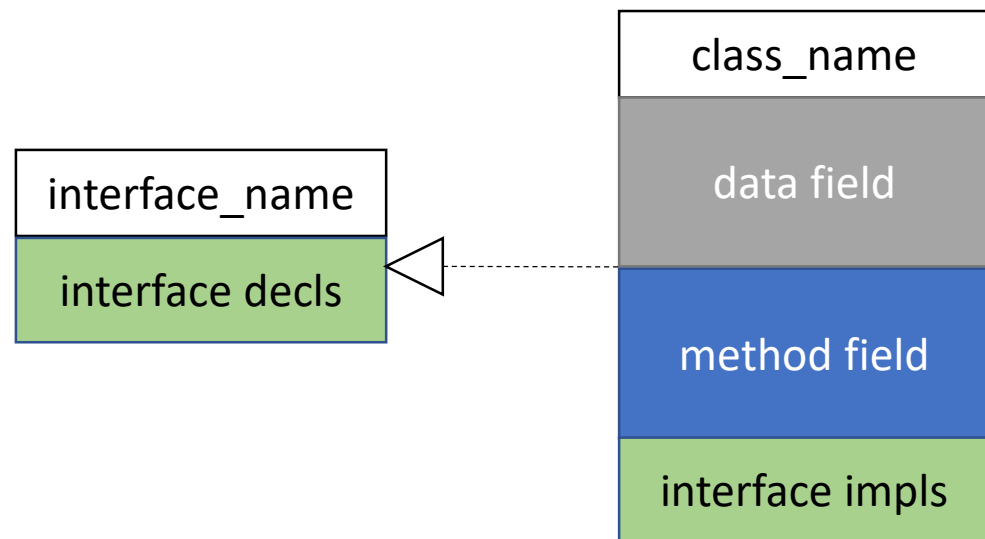


# 类型抽象与接口抽象

- 类型抽象关注数据以及在数据状态上的操作行为
- 接口抽象关注具有外在统一语义的操作行为



- 给定两个类B和C，都继承自A
  - 你能对B和C做什么概括？



- 给定两个类D和E，都实现接口Y
  - 你能对D和E做什么概括？

# 继承与接口实现的差异

- 从设计的角度：
  - 继承：“is a”的关系，子类“是一个”父类
  - 接口实现：“can do”的关系，实现类可以做接口规定的行为
- 从两个方向进行设计：
  - top-down: 如果不关心下层和上层在数据上是否有共性，应该使用接口与接口实现机制，否则就应使用继承机制。
  - bottom-up: b-u方向，如果下层没必要从上层获得重用数据（定义），则应使用接口及接口实现机制；否则应使用继承机制

# 继承与接口实现的差异

- 从使用的角度：
  - 继承：一个类只能继承一个父类
    - 当子类重写父类方法或覆盖父类属性时，**Java**根据所引用对象的实际类型来确定所要访问的具体方法和属性
  - 接口实现：一个类可以实现多个接口
    - 接口中只有抽象操作
    - 一个类实现多个接口，编译时可确定哪个方法被调用



# 抽象方法与抽象类

- 接口类中定义的方法都是抽象方法
- 也可以在普通类中声明抽象的方法  
`public abstract void draw(int size);`
- 任何一个包括抽象方法的类都是抽象类，必须使用**abstract**关键词  
`abstract class MyClass {...}`
- 抽象类是一个不完整的类，因而不能实例化

# 抽象方法与抽象类

- 抽象类可以通过继承机制被扩展
  - 如果子类提供了抽象类中所有抽象方法的实现，则子类可以被实例化
  - 否则，子类仍然是抽象类(使用**abstract**关键词)
- 即便一个类不拥有抽象方法，仍然可以声明它为抽象类，从而阻止对该类进行实例化

# 抽象方法与抽象类

- 对照前面介绍的接口类ClosedShape，也可声明为普通类，它的子类包括Oval, Rectangle, Triangle, Hexagon等
- ClosedShape是一种抽象的概念，需要阻止程序员来直接实例化
  - 把ClosedShape声明为抽象类
  - 用户可以实例化Oval和Rectangle等对象，并通过其父类型ClosedShape来引用

```
public abstract class ClosedShape {  
    abstract int draw();  
    abstract double perimeter();  
    abstract double area();  
}
```

# 抽象类与接口

- 共同点：
  - 都是上层的抽象层
  - 都不能被实例化
  - 都能包含抽象的方法，这些抽象的方法用于描述具备的功能，但是不提供具体的实现
- 不同点：抽象类用于继承，接口用于实现
  - 在抽象类中可以写非抽象的方法，从而避免在子类中重复书写他们，这样可以提高代码的复用性
  - 接口中只能有抽象的方法

# 作业分析

- 本次作业的复杂度主要在于引入了嵌套规则
  - $f(h(x))$ :  $\sin(3x^2+2x)$ ;  $(x^3 + \sin(x)*x)^2$
- 嵌套规则是一种组合规则
  - 第一次作业就出现了组合规则:  $x^6+x^2+1$
- 有哪些组合规则?
  - 加线性组合规则:  $f(x)+h(x)$
  - 乘组合规则:  $f(x)*h(x)$
  - 除组合规则:  $f(x)/h(x)$
  - 嵌套组合规则:  $f(h(x))$
- 可以按照任意次序和层次来应用组合规则
  - 任意一个输入的函数表达式, 必然是在基础函数上应用组合规则的结果

# 作业分析

项的化简是否也可以借鉴求导一样设计规则？项的内容输出呢？

- 两种设计策略
  - 面向函数类的继承层次设计
    - 每个函数类都提供求导方法
  - 面向求导接口的实现层次设计
    - 函数和组合规则都实现相应的求导接口
- 如何扫描输入判断输入函数的结构，并构造相应类型的对象也是一个挑战点

