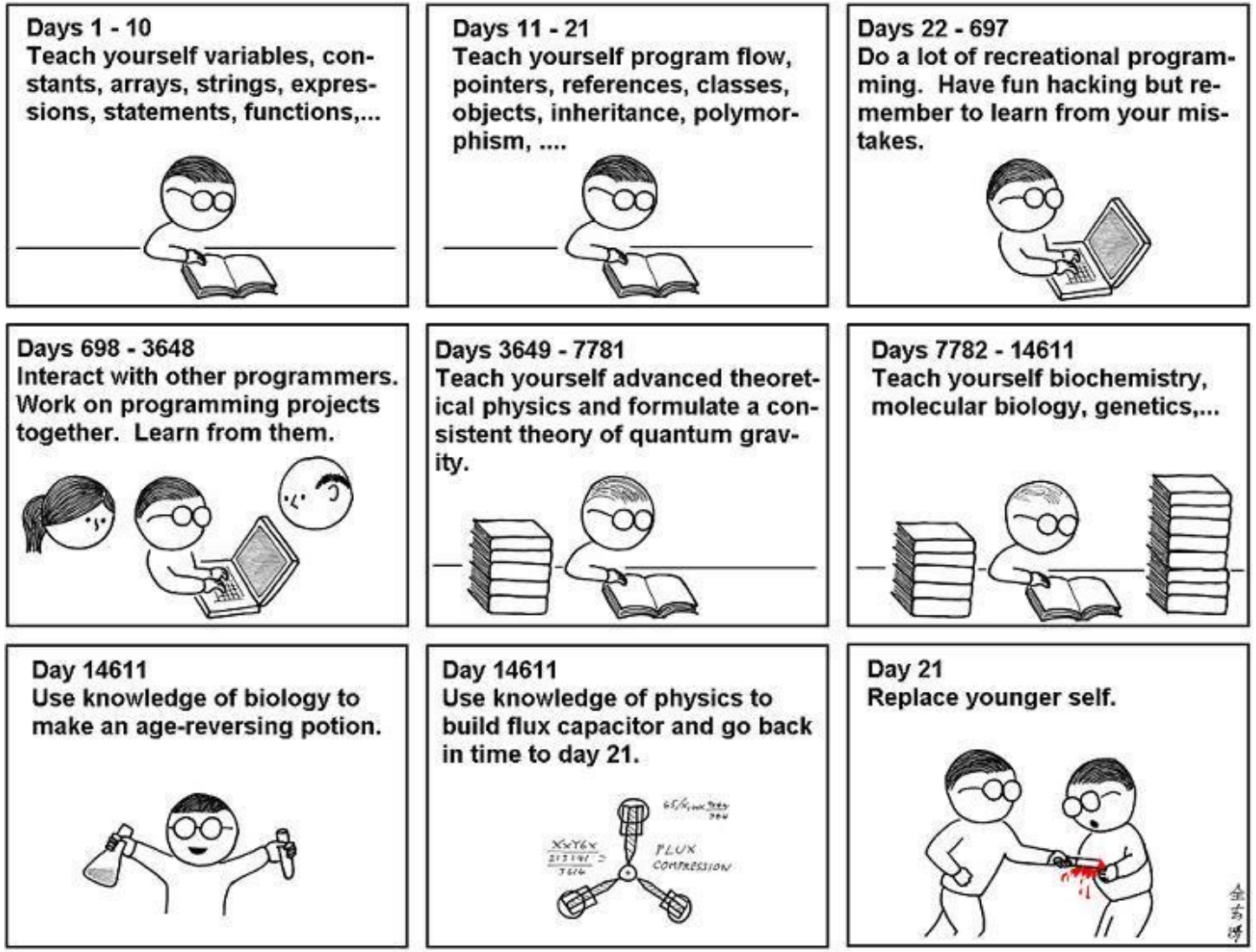
Объектно-ориентированное программирование

2023



As far as I know, this is the easiest way to "Teach Yourself C++ in 21 Days".

Почему важно хорошее проектирование?

Martin Fowler

Any fool can write code that a computer can understand. Good programmers write code that humans can understand.

***Refactoring: Improving the Design of Existing Code*, 1999**

Хорошо спроектированную программу:

1. Проще и быстрее написать.
2. В него быстрее вносить изменения.
3. И главное, оно позволяет писать простой и понятный программный код!

Почему, вообще, появляются плохо спроектированные приложения?

Плохой дизайн классов появляется не только из-за неправильных решений принятых при написании программы. Он имеет особенность накапливаться при внесении рутинных изменений, таких как исправления ошибок.

Он как мусор, который выбрасывают из автомобилей: каждый выбрасывает по чуть-чуть и через какое-то время не видно обочины.

Можно ли качество программы померить?

- **Жесткость** - Как просто поменять структуру кода?
- **Хрупкость** – Как сложно испортить структуру программы?
- **Повторное использование**– Как сложно переиспользовать готовую структуру классов в других программах?

Общие практики

Cpp Core Guideline

P.1: Express ideas directly in code

P.2: Write in ISO Standard C++

P.3: Express intent

P.4: Ideally, a program should be statically type safe

P.5: Prefer compile-time checking to run-time checking

P.6: What cannot be checked at compile time should be checkable at run time

P.7: Catch run-time errors early

P.8: Don’t leak any resources

P.9: Don’t waste time or space

P.10: Prefer immutable data to mutable data

P.11: Encapsulate messy constructs, rather than spreading through the code

P.12: Use supporting tools as appropriate

P.13: Use support libraries as appropriate

https://isocpp.github.io/CppCoreGuidelines/CppCoreGuidelines

Coding Standarts

Руководствуйтесь стилями написания кода, принятыми в вашей компании. Например в Google
https://habr.com/ru/articles/480422/

Coupling

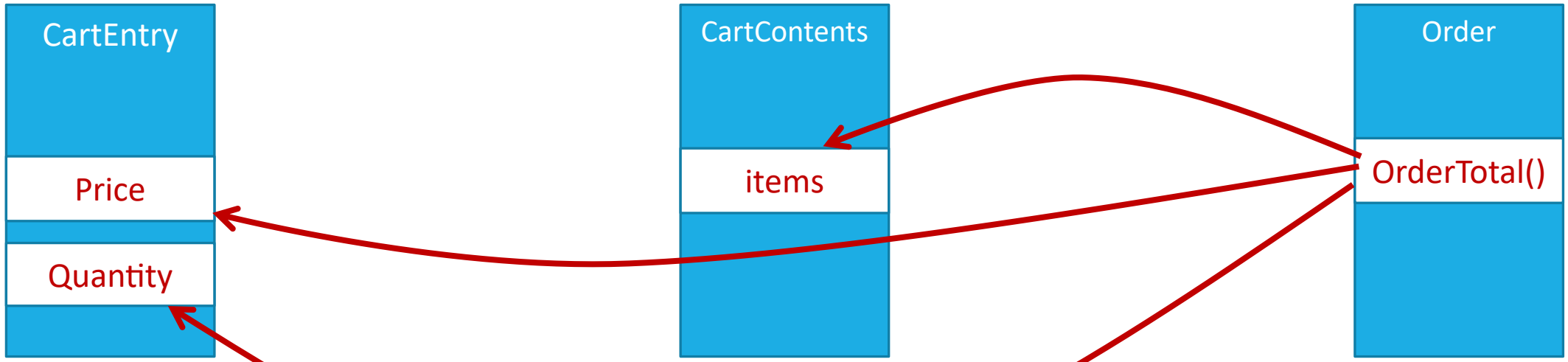
Сильно связанный код

```
struct CartEntry
{
    float Price;
    int Quantity;
};
struct CartContents
{
    std::vector<CartEntry> items;
};
class Order
{
private:
    CartContents _cart;
    float _salesTax;

public:
    Order(CartContents cart, float salesTax) : _cart(cart),
    _salesTax(salesTax) {}

    float OrderTotal()
    {
        float cartTotal = 0;
        for (auto item : _cart.items)
            cartTotal += item.Price * item.Quantity;
        cartTotal += cartTotal * _salesTax;
        return cartTotal;
    }
};
```

Связи



- Класс Order связан с несколькими классами;
- Класс Order связан с атрибутами классов;
- При изменении атрибутов в CartEntry или CartContents – придется менять Order;

Не так сильно связанный код

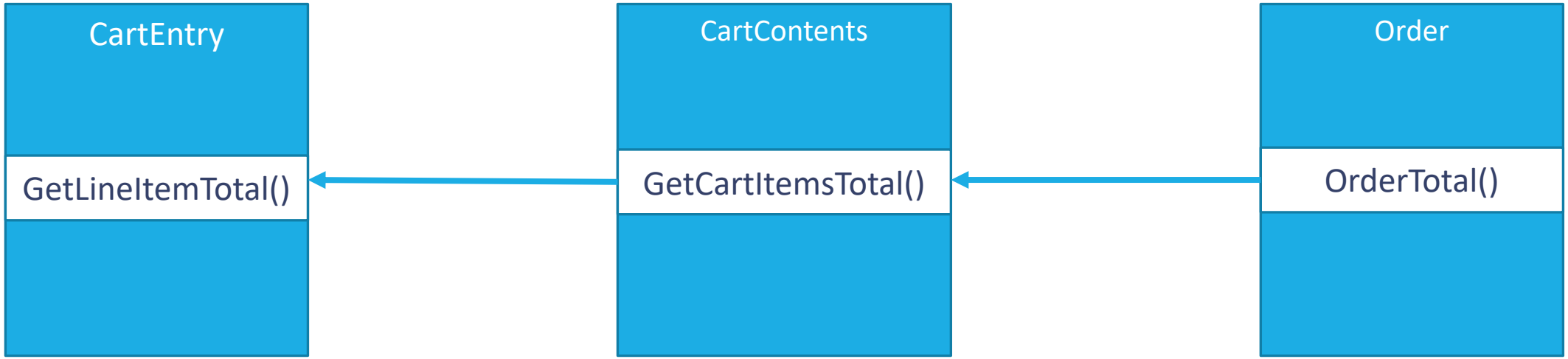
```
struct CartEntry
{
     float Price;
     int Quantity;
     float GetLineItemTotal() { return Price * Quantity; }
};

struct CartContents
{
     std::vector<CartEntry> items;
     float GetCartItemsTotal()
     {
          float cartTotal = 0;
          for (auto item : items)
               cartTotal += item.GetLineItemTotal();
          return cartTotal;
     }
};

class Order
{
private:
     CartContents _cart;
     float _salesTax;

public:
     Order(CartContents cart, float salesTax) :
      _cart(cart), _salesTax(salesTax) {}
     float OrderTotal() {
     return _cart.GetCartItemsTotal() * (1.0f + _salesTax); }
};
```

Связи

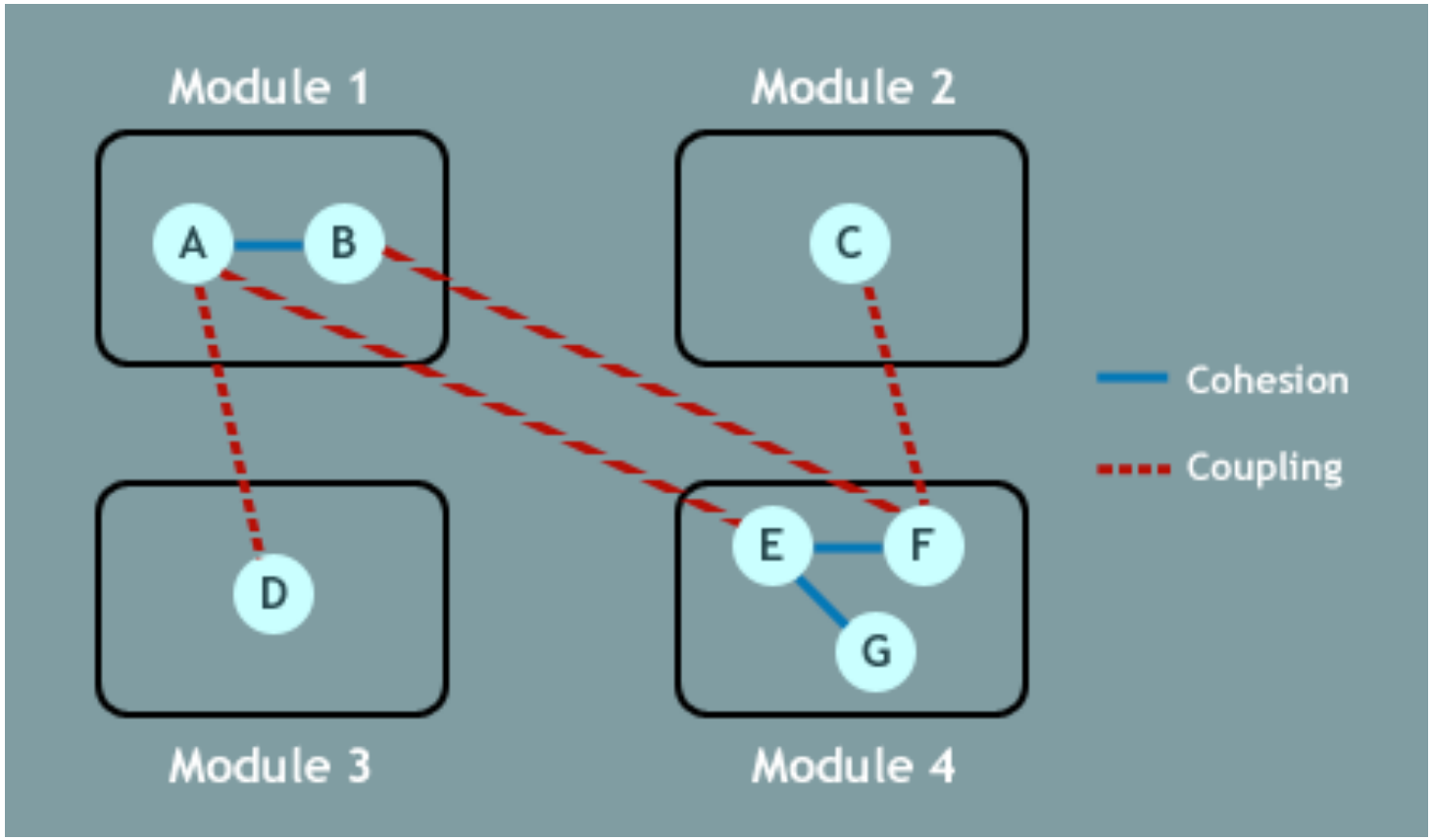


- Каждый класс связан только с одним классом;
- Классы связанны с методами, а не с атрибутами;
- При изменении атрибутов любого класса нужно менять только методы самого класса;

Связанность (coupling)

1. **Связанность (coupling)** – степень того, насколько сильно модули зависят друг от друга.
2. **Как измерять:** можно посчитать количество и исходящих связей (вместе или по отдельности) между пакетами, классами, отдельными функциями.
3. **Loose coupling** (принцип): связанность должны быть слабой, т.е. связей между программными сущностями должно быть как можно меньше, и они должны быть как можно слабее.
4. **Сильно связанный код** приводит к тому, что изменения в одном классе/методе ведут к необходимости вносить изменения в другие классы/методы.

Cohesion



Cohesion vs Coupling

Метрики качества программного кода
Cohesion – согласованность

Cohesion это свойство объекта / класса, определяющие насколько объект / класс занят своим делом.

Если **cohesion** низкое, то у класса слишком много ответственности, класс делает слишком много различных операций, отчего становится большим, а большой класс тяжело читать, тяжело расширять и т. д.

Чем выше **cohesion** (согласованность) – тем класс проще для понимания и изменения!

Виды cohesion: 1

Функционально согласованный класс/функция содержит атрибуты/переменные, предназначенные для решения одной единственной задачи.

Виды cohesion: 2

В **последовательно согласованном классе** его объекты охватывают подзадачи, для которых выходные данные одной из подзадач являются входными для другой (открыть файл – прочитать запись – закрыть файл).

Виды cohesion: 3

Информационно согласованный класс содержит объекты, использующие одни и те же входные или выходные данные. Так, по ISBN книги, можно узнать ее название, автора и год издания. Эти три процедуры (определить название, определить автора, определить год издания) связаны между собой тем, что все они работают с одним и тем же информационным объектом – ISBN

Виды cohesion: 4

Процедурно согласованный класс – это такой класс, объекты которого включены в различные (возможно, несвязанные) подзадачи, в которых управление переходит от одной подзадачи к следующей (сделать зарядку, принять душ, позавтракать, одеться, отправится на работу). В отличие от последовательно связанного модуля, в котором осуществляется передача данных, в процедурно связанном модуле выполняется передача управления.

Виды cohesion: 5

Класс с временной согласованностью – это такой класс, в котором объекты модуля привязаны к конкретному промежутку времени. Примером может являться класс, осуществляющий инициализацию системы. Элементы данного класса почти не связаны друг с другом за исключением того, что должны выполняться в определенное время.

Виды cohesion: 6

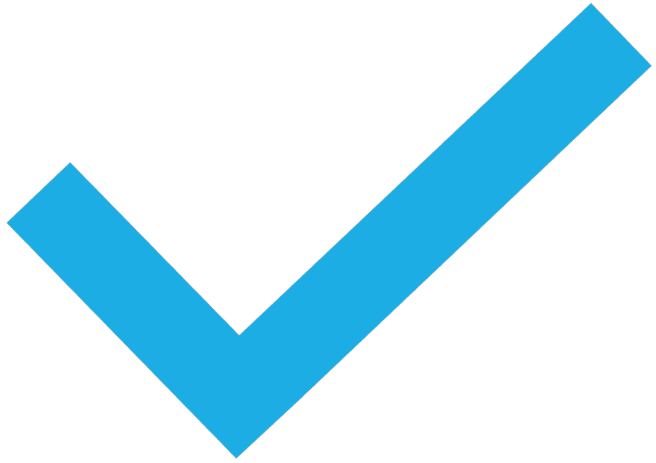
Класс с логической согласованностью – это такой класс, объекты которого содействуют решению одной общей подзадачи, для которой эти объекты отобраны во внешнем по отношению к классу мире. Так, например, альтернативы: поехать на автомобиле, на метро, на автобусе – являются средством достижения цели: добраться в какое-то определенное место, из которых нужно выбрать одну.

Виды cohesion: 7

Класс со согласованностью по совпадению содержит объекты, которые слабо связаны друг с другом (сходить в кино, поужинать, посмотреть телевизор, проверить электронную почту).

Какие «**согласованности**» хорошие?

В программных системах должны присутствовать модули, имеющие следующие три меры согласованности: **функциональная, последовательная и информационная**, так как другие типы связности являются крайне нежелательными и осложняют понимание и сопровождение системы.



Как найти плохую согласованность?

1. В классе есть методы, которые не вызывают других методов класса;
2. Атрибуты класса используются только в одном методе класса;
3. Класс приходится изменять, при любых изменениях в требованиях;

PiMPL

Зачем Pimpl?

- Для того, что бы была возможность изменять реализацию скрываемого класса без перекомпиляции остального кода, так как закрытые члены хоть и недоступны извне никому, кроме функций-членов и друзей, но видимы всем, кто имеет доступ к определению класса. Изменение определения класса приводит к необходимости перекомпиляции всех пользователей класса
- Для сокрытия имен из области видимости. Закрытые члены хоть и не могут быть вызваны кодом вне класса, тем не менее они участвуют в поиске имен и разрешении перегрузок
- Для ускорения времени сборки, так как компилятору не нужно обрабатывать лишние определения закрытых типов

В чем идея?

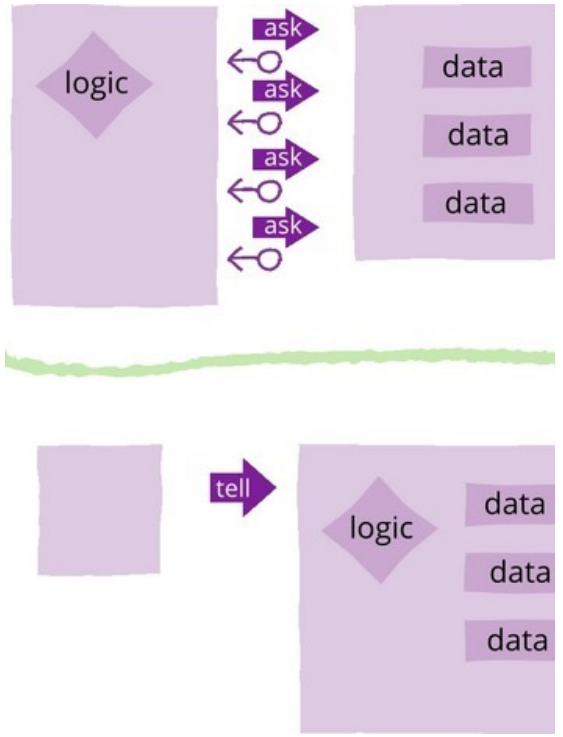
```
struct PaymentMachineImpl;
class PaymentMachine{
private:
    PaymentMachineImpl* pimpl;
public:
    PaymentMachine(int balance, int account_number);
    int make_payment(int amount);
    ~PaymentMachine();
};
```

Реализация в отдельном классе, который
не подключается в header!

Tell Don’t Ask

Tell Don’t Ask
tda.cpp

Один из основополагающих принципов ООП: Необходимо делегировать объекту действия, вместо того, что запрашивать его детали реализации. Это помогает достичь многократного использование класса (поскольку ни кто не знает его деталей реализации).



Command Query Separation

Принцип Command Query Separation

Операция либо имеет побочные эффекты (команда), либо возвращает значение (запрос), являясь чистой функцией.

(Б. Мейер, 1988)

Принцип говорит о том, что не должно быть функций, которые и возвращают результат запроса и меняют состояние объекта (имеют побочный эффект).

Пример: «одноразовое» хранилище

```
1. class MessageStore {
2. public:
3.  const std::string Save(size_t index, const char* msg) {
4.    …
5.  }
6.  void Read(size_t index) {
7.   …
8.  }
9. }
```

Где commad? Где query?

Пример: исправляем ситуацию

```
1. class MessageStore {
2. public:
3.  void Save(size_t index, const char* msg) {
4.    …
5.  }
6.  const std::string Read(size_t index) {
7.   …
8.  }
9. }
```

В Read не должно быть побочного эффекта

Принцип надежности

Принцип также известен как **закон Постеля** после интернет-пионера **Джона Постеля**, который написал в ранней спецификации протокола TCP что:

TCP должны следовать за общим принципом надежности: будьте консервативны в том, что Вы делаете, быть либеральными в том, что Вы принимаете от других.

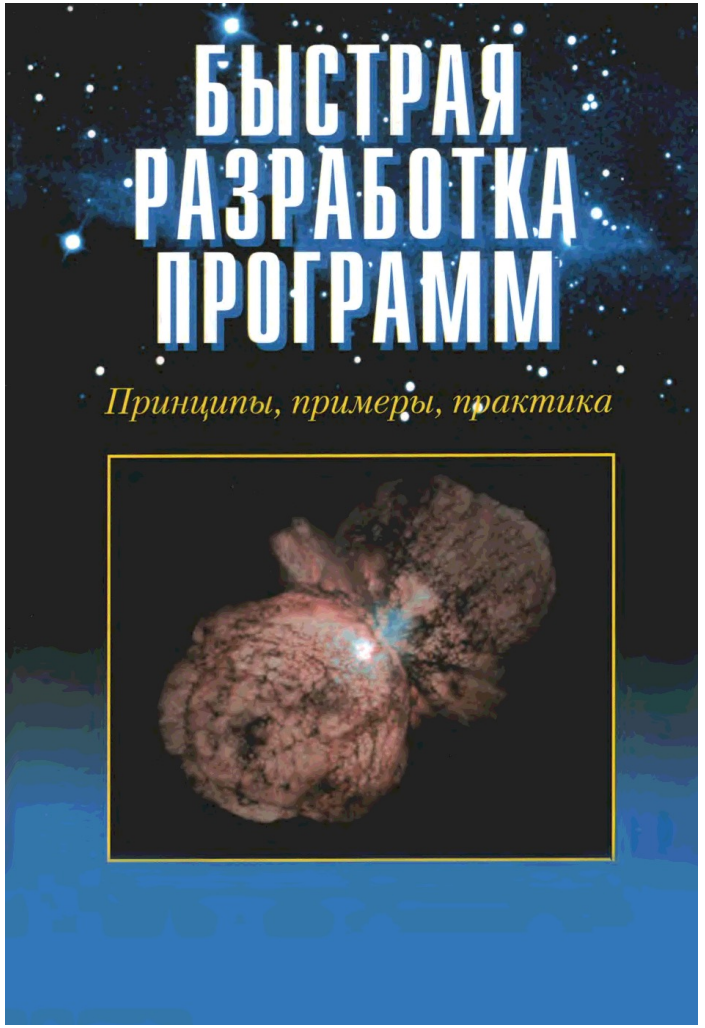
Другими словами, кодекс, который посылает команды или данные к другим машинам (или к другим программам на той же самой машине) должен соответствовать полностью техническим требованиям, но кодекс, который получает вход, должен принять вход non-conformant, пока значение четкое.

Среди программистов, чтобы произвести совместимые функции, принцип популяризирован в форме **быть контравариантом во входном типе и ковариантный в типе продукции**.

Роберт Сесил Мартин

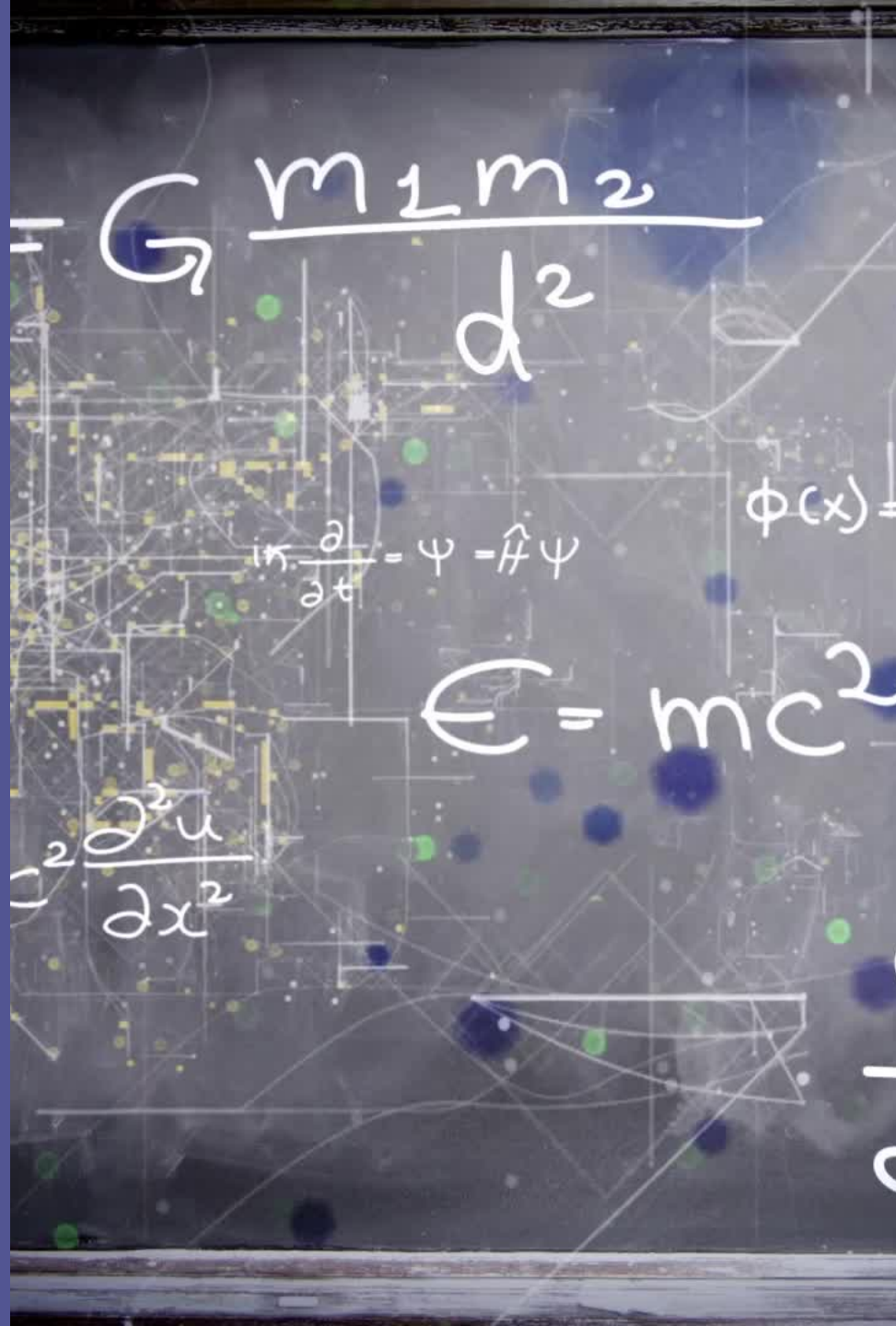
Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика. — Вильямс, 2004.

Разработал несколько прагматичных принципов проектирования программ, известных нам как SOLID.



SOLID
пять принципов хорошей структуры программы

1. **S**ingle Responsibility Principle
2. **O**pen/Close Principle
3. **L**iskov Substitution Principle
4. **I**nterface Segregaton Principle
5. **D**ependency Inversion Principle



Single Responsibility Principle
Принцип единственной обязанности.

- На каждый программный объект (это может быть как функция так и класс) должна быть возложена одна единственная ответственность.
- Ответственность это то какую работу выполняет код, с точки зрения пользователя. Т.е. Это элементарная осмысленная под-задача в программе.

1. Требования к программе реализуются с помощью набора классов/функций.
2. У каждого класса/функции есть «ответственность» в решении задачи.
3. Чем больше ответственностей у класса/функции тем больше вероятность что его придется менять при изменении требований.
4. Таким образом, появляется вероятность что при изменении одного класса мы повлияем на реализацию нескольких требований. Это может быть причиной ошибок.

Пример программируем модем

1. Позволяет звонить;
2. Позволяет передавать данные;
3. Позволяет принимать данные;
4. В конце сеанса связи – нужно разъединится;

Простой модем, для отправки текста
09_Srp

```
1. class Modem {
2. protected:
3. …
4. public:
5. Modem() {…}
6. // Установка соединения
7. bool Deal(const char* value) {…}
8. // Проверка соединения
9. bool Connected() {…}
10.// Разрыв соединения
11.void Hangup() {…}
12.// Отправка данных
13.void Send(char Data) {…}
14.// Получение данных
15.char Receive() {…}
16.};
```

В классе есть две ответственности:

- Работа с соединением
- Передача и прием данных

Добро пожаловать, в реальный мир!

Изменяем задачу:

Вышла новая версия модема!
Теперь есть модемы, которые умеют посылать сразу целые числа!

Вторая версия программы 10_Srp

```
1. class Modem {
2. protected:
3. …
4. public:
5. Modem() {…}
6. bool Deal(const char* value) {…}
7. bool Connected() {…}
8. void Hangup() {…}
9. // Поменялась сигнатура и реализация метода
10.void Send(int Data) {…}
11.// Новый метод (т.к. Мы теперь не можем определять конец по char == -1)
12.bool NotEmpty (){…}
13.// Поменялась сигнатура и реализация метода
14.int  Receive() {…}
15.};
```

Ретроспектива

1. Пришлось **поменять** сигнатуру двух методов в классе Modem;
2. Пришлось **поменять** атрибуты класса модем;
3. Пришлось **поменять** реализацию конструктора ;
4. Пришлось **добавить** новый метод;
5. Пришлось **изменить** код проверки модема в функции main;

Изменения в коде, а тем более в сигнатуре метода приводят к тому, что мы ломаем существующие алгоритмы. Они перестают работать и требуют полной перепроверки! Это долго и сложно!

Основной метод ООП

СОЗДАЕМ НОВЫЙ СЛОЙ АБСТРАКЦИИ

Рефакторинг: применяем SRP
11_Srp

```
1.  // Ответственность 1
2.  class IConnection {
3.  protected:
4.  …
5.  public:
6.  IConnection() {…}
7.  virtual bool Deal(const char* value) {…}
8.  virtual bool Connected() {…}
9.  virtual void Hangup() {…}
10. }
```

```
1.  // Ответственность 2
2.  class ICharModem {
3.  protected:
4.  …
5.  public:
6.  virtual void Send(char Data) {…}
7.  virtual bool NotEmpty() {…}
8.  virtual char Receive() {…}
9.  };
```

```
class Modem : public IConnection, public ICharModem {};
```

После внесения изменений
12_Srp

```
class IIntModem {
protected:
…
public:
virtual void Send(int Data) {…}
virtual bool NotEmpty() {…}
virtual int  Receive() {…}
};
```

1. Добавляем новый класс
2. Добавляем новую функцию для тестирования класса
3. Единственный код, который меняем:

```
class Modem : public IConnection, public IIntModem {};
```

Open/Closed Principle (OCP)
Принцип открытости/закрытости

Программные сущности (классы, модули, функции и т.д.) должны быть открыты для расширения и закрыты для модификации. (Б. Мейер, 1988)

В случае изменения требований, мы не должны закапываться в программе для поиска места где внести изменения, вместо этого мы должны добавлять новые классы, расширяющие функциональность программ.

Какие цели преследует OCP?

1. Помогает делать базовые алгоритмы – неизменными, т.е. независящими от вносимых изменений.
2. Новые классы-расширения вряд ли добавят ошибок в существующие алгоритмы.
3. Уменьшается количество проверок, которые нужно сделать для новых тестов.

Смысл метода в управлении алгоритмами через параметры-контексты. Расширяя такие параметры (например, через наследование) мы будем добиваться необходимых изменений в программе.

Пример с модемом

Теперь нам нужно уметь подключаться не только по номеру телефона, но и по IPv4 адресу. А это уже не строка, а 4 байта.

Нам придется менять IConnection, либо изменяя логику Deal (например, запрятов IP адрес в строку “10.1.12.45”) или добавлять еще один метод в интерфейс и менять структуру хранения данных в IConnection.

У нас плохой дизайн!

```
class IConnection {

…

virtual bool Deal(const char* value) {

number = value;

connected = true;

return connected;

};

…

}
```

OCP: Выносим адрес в контекст!
13_Ocp

1. Создаем отдельный класс IAddress;
2. Делаем в нем виртуальную функцию для получения адреса в виде удобном для драйвера модема (воображаемого);
3. Делаем у него два наследника AddressPhone и AddressIP;
4. В наследниках описываем структуру хранения адреса;
5. Теперь изменение типа адреса сводится просто к добавлению нового класса-наследника. Алгоритмы не меняются!

```
class IConnection {

…

virtual bool Deal(std::shared_ptr<IAddress> value) {

number = value;

connected = true;

return connected;

};

…

}
```

Open/Close Principle

1. Помогает упростить внесение изменений в код.
2. Усложняет программу.
3. Стратегия применения: Если понадобилось внести изменение в код – просто его вносим. Если потребовалось внести изменение второй раз – переделываем код под OCP.

Два раза на одни грабли не наступим!

Liskov Substitution Principle
Принцип подстановки Барбары Лисков

Объекты в программе могут быть заменены их наследниками без изменения свойств принципов работы программы.

Т.е. Классы наследники должны наследовать не только сигнатуры но и поведение класса- родителя!

1. Классы-наследники не должны убирать/скрывать поведение базового класса.
2. Классы-наследники не должны нарушать инварианты классов-родителей.
3. Классы-наследники не должны генерировать новых исключений по отношению к классам-родителям.
4. Классы-наследники могут свободно добавлять новые методы, которые расширяют поведение класса-родителя.

Смысл принципа достаточно прост:

Пример нарушения LSP
14_Lsp

```
class Rectangle {
protected:
int width, height;
public:
Rectangle(int w, int h) : width(w), height(h) {};
virtual void SetWidth(int value) {
 width = value;}
virtual void SetHeight(int value) {
 height = value;}
virtual int GetSquare() {return width * height;}};
```

```
class Square: public Rectangle {
public:
Rectangle(int w, int h) : Rectangle(w,w) {};
virtual void SetWidth(int value) {
 width = height =value;}
virtual void SetHeight(int value) {
 height = width = value;}
virtual int GetSquare() {return width * height;}};
```

Что же тут не так?

1. Square определяет новый инвариант, равенство сторон прямоугольника.
2. Проблема вызвана наличием мутаторов в контракте Rectangle.
3. С точки зрения геометрии (в математики все объекты неизменяемы) наследование корректно.

Инвариант

1. Утверждение о классе, выраженное пред или пост-условием
2. Условия которые описаны не в коде, а в тестах программы.
3. Безусловные утверждения о коде

Как избежать нарушения принципа?

1. **Tell, Don’t Ask**
   Не нужно запрашивать у объектов их внутреннее состояние, вместо этого – его нужно передавать в качестве параметра. Это делает объекты более универсальными.
2. **Создавайте новые базовые типы.**
   Когда два объекта кажутся похожими но не являются наследниками друг-друга, то нужно создать общий родительский класс.
3. **Создавайте тесты на проверку пост-условий выполнения методов!**
   Именно тест на проверку площади фигуры и нашел нашу ошибку.

Исправляем ситуацию 15_Lsp

```
class Figure {
public:
virtual int GetSquare() = 0;
};

class Rectangle : public Figure {...}
class Square : public Figure { ... }
```

Interface Segregation Principle

Принцип разделения интерфейса.
Много специализированных интерфейсов лучше, чем один универсальный.

Пользователи вашего класса не должны зависить от методов, которые им не нужно использовать для решения своих задач.

Что плохого в «больших интерфейсах»?

1. Интерфейсы с большим числом методов трудно переиспользовать.
2. Ненужные методы приводят к увеличению связанности кода.
3. Дополнительные методы усложняют понимание кода.

Зато если у Вас много небольших интерфейсов можно быть уверенным, что каждый из них реализует одну ответственность!

Как найти «ненужный код»?

Что бы найти нарушения принципа нужно просто искать «неиспользуемый код»

1. **Утилизация интерфейса**
   Если клиент, который использует класс, пользуется только частью методов – то скорее всего ваш класс предоставляет слишком «раздутые» интерфейсы.

2. **Пустая реализация**
   Если есть методы, которые не реализованы (ни чего не делают) – то это то же признак раздутости интерфейса.

Следствие
Для каждого (типичного вида) клиента должны быть отдельная проекция контракта (т.е. свой интерфейс)

Пример: меню в ресторане
16_Isp

```
class IBusinessMenu{
protected:
virtual const char* GetFirstItem()=0;
virtual const char* GetSecondItem()=0;
virtual const char* GetCompot()=0;
public:
 void PrintMenu()          {
  …
 }
};
```

- Нам нужно создавать меню для ресторана.
- Решаем что всегда меню состоит из трех блюд.
- А всегда ли это удобно? Что если блюда два или четыре?

Собираем меню из простых интерфейсов 17_lsp

```
template <class... Tail> class Menu {
public:
   void print() {}
};

template <class A, class ... Tail>
class Menu<A, Tail...> : public Menu<Tail ...> {
public:
 A value;
 Menu(A a, Tail ... tail) : value(a), Menu<Tail...>(tail...) {}
 void print() {
  std::cout << "Item:" << value.Value() << std::endl;
  Menu < Tail...> &next = static_cast<Menu < Tail...>&> (*this);
  next.print();
 }
};
```

Dependency Inversion Principle
зависимость от абстракции, а не от реализации

Принцип инверсии зависимостей. Зависимости внутри системы строятся на основе абстракций. Модули верхнего уровня не зависят от модулей нижнего уровня. Абстракции не должны зависеть от деталей. Детали должны зависеть от абстракций.

Уменьшаем сильные связи между классами:

1. Два класса сильно связанны, если они зависят друг от друга;
2. Изменения в одном, ведут к изменениям в другом;
3. Сильно связанные классы не могут работать отдельно друг от друга;

Пример: опять меню
18_Dip

```
1. class ItemBulka : public IItem {
2. ...
3. };
4. class ItemCoffe : public IItem {
5. public:
6. void print() override {
7.  std::cout << "Item coffe ";
8.  bool hasBulka = false;
9.  for (auto i : items) {
10.  if (dynamic_cast<ItemBulka*> (i.get()))
11.    std::cout << " for your cookie”;
12. }
13. std::cout << std::endl;
14. }
15. };
```

Печатаем меню в ресторане.

Классы ItemBulka и ItemCoffe – элементы меню.

Если кофе подается с булкой то в названии кофе это отображаем.

Что тут не так:

1. **А что если выпечка это не только ItemBulka?**
   Зависимость от класса ItemBulka.
2. **А откуда взялась коллекция items?**
   Зафисимость от реализации класса Menu.

Убираем зависимости
19_Dip

```
class ISearchItem {
public:
virtual bool isCookie() {return false;}
virtual bool accept(IItem*) {       return false;}
};
class ISearchInterface {
Public:
virtual bool SearchMenu(ISearchItem *item) = 0;
};
class IItem : public ISearchItem {
public:
virtual void print(ISearchInterface *search) = 0;
};
```

Убираем зависимости в абстрактные классы:

1. **ISearchItem** – класс для осуществления поиска элементов
2. Новое свойство базового класса – является ли он выпечкой (нарушили ли мы ISP?)
3. **ISearchInterface** – убираем зависимость от внутренней реализации коллекции (теперь это может быть не только vector)

Creational Patterns

1. Abstract Factory
2. Builder
3. Factory Method
4. Prototype
5. Singleton

Structural Patterns

1. Adapter
2. Bridge
3. Composite
4. Decorator
5. Façade
6. Flyweight
7. Proxy

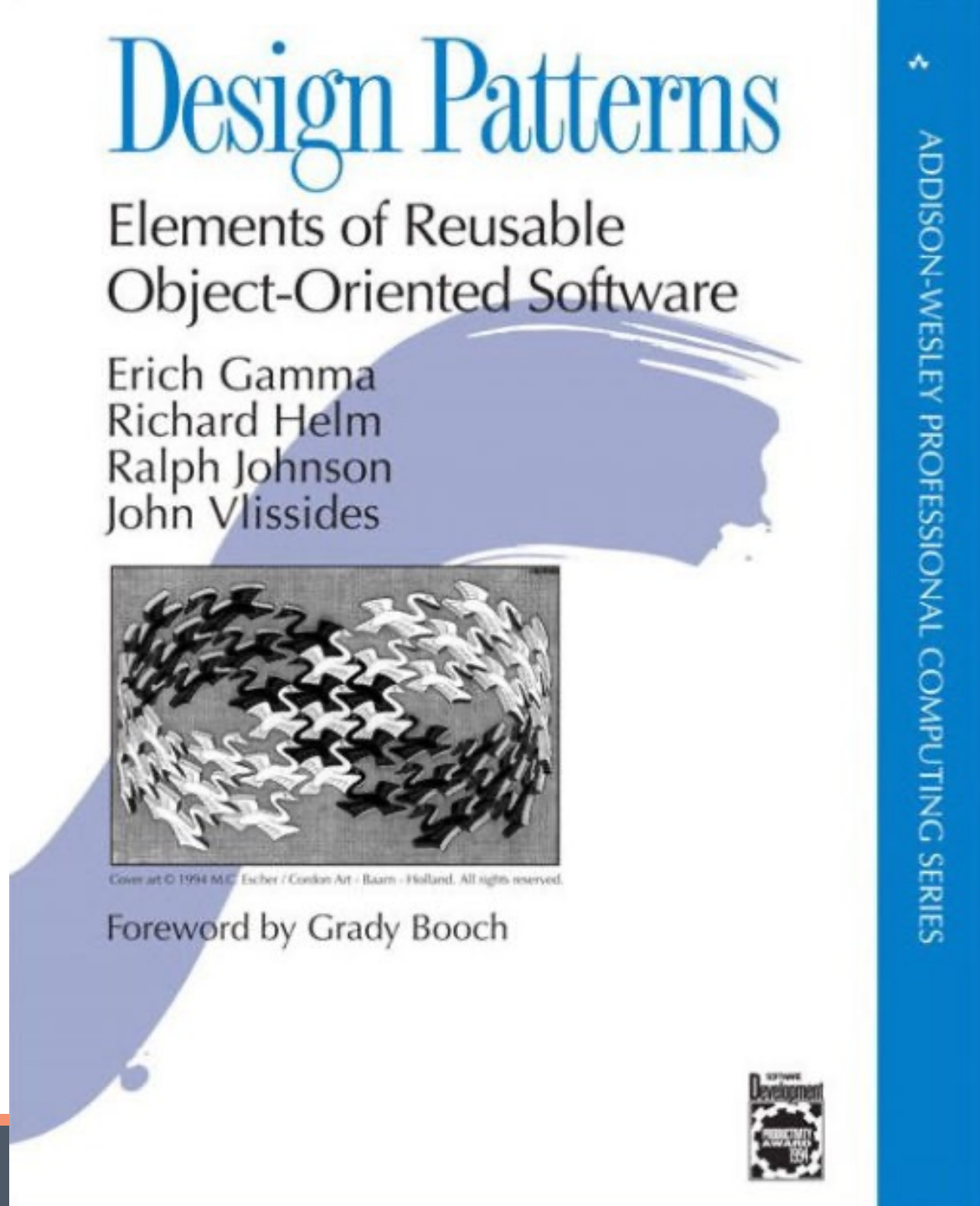
Behavioral Patterns

1. Chain of Responsibility
2. Command
3. Interpreter
4. Iterator
5. Mediator
6. Memento
7. Observer
8. State
9. Strategy
10. Template Method
11. Visitor

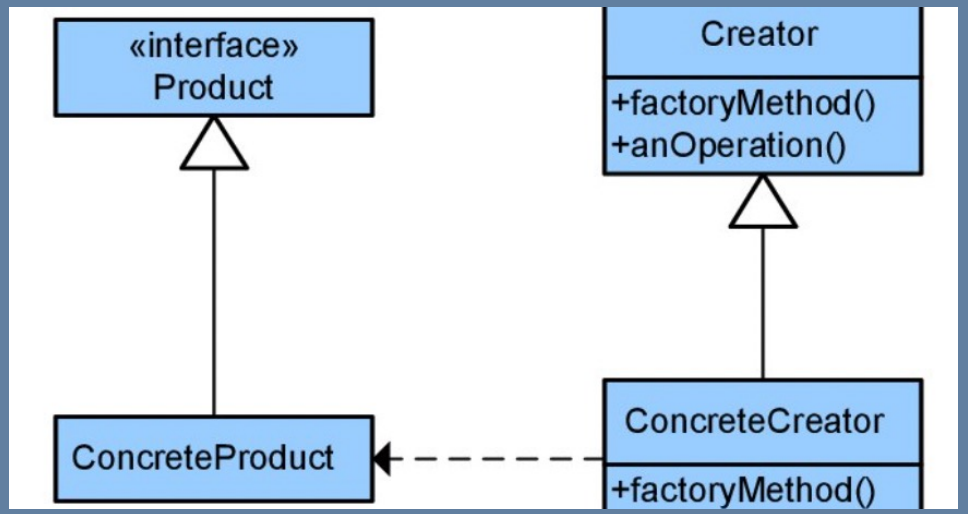
Gang of Four (GoF) Design Patterns

https://habr.com/ru/articles/210288/

http://www.mcdonaldland.info/files/designpatterns/designpatternscard.pdf

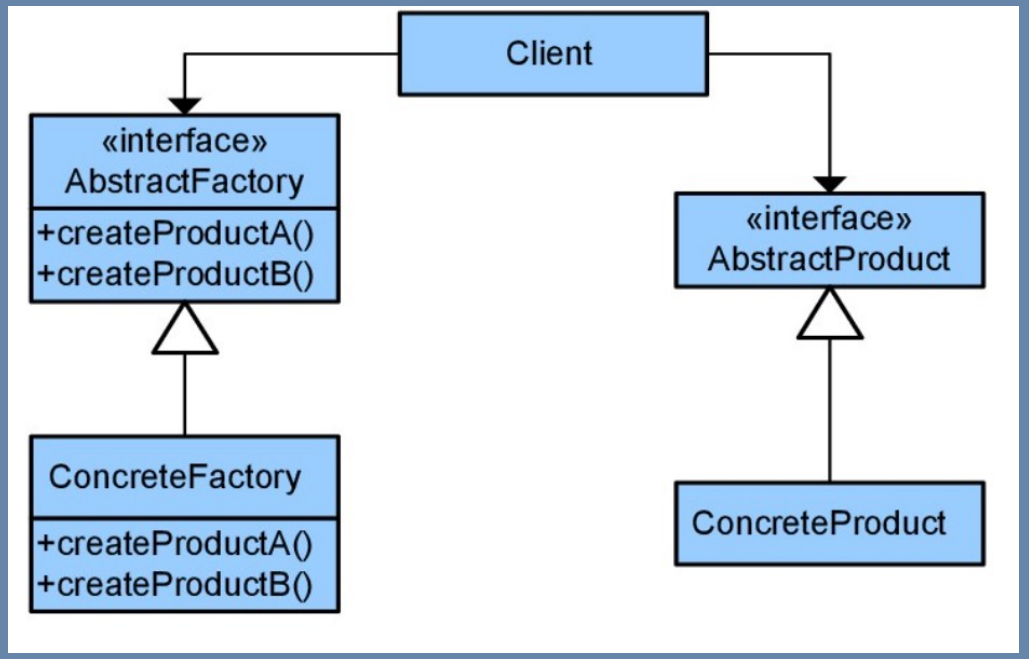


Factory Method

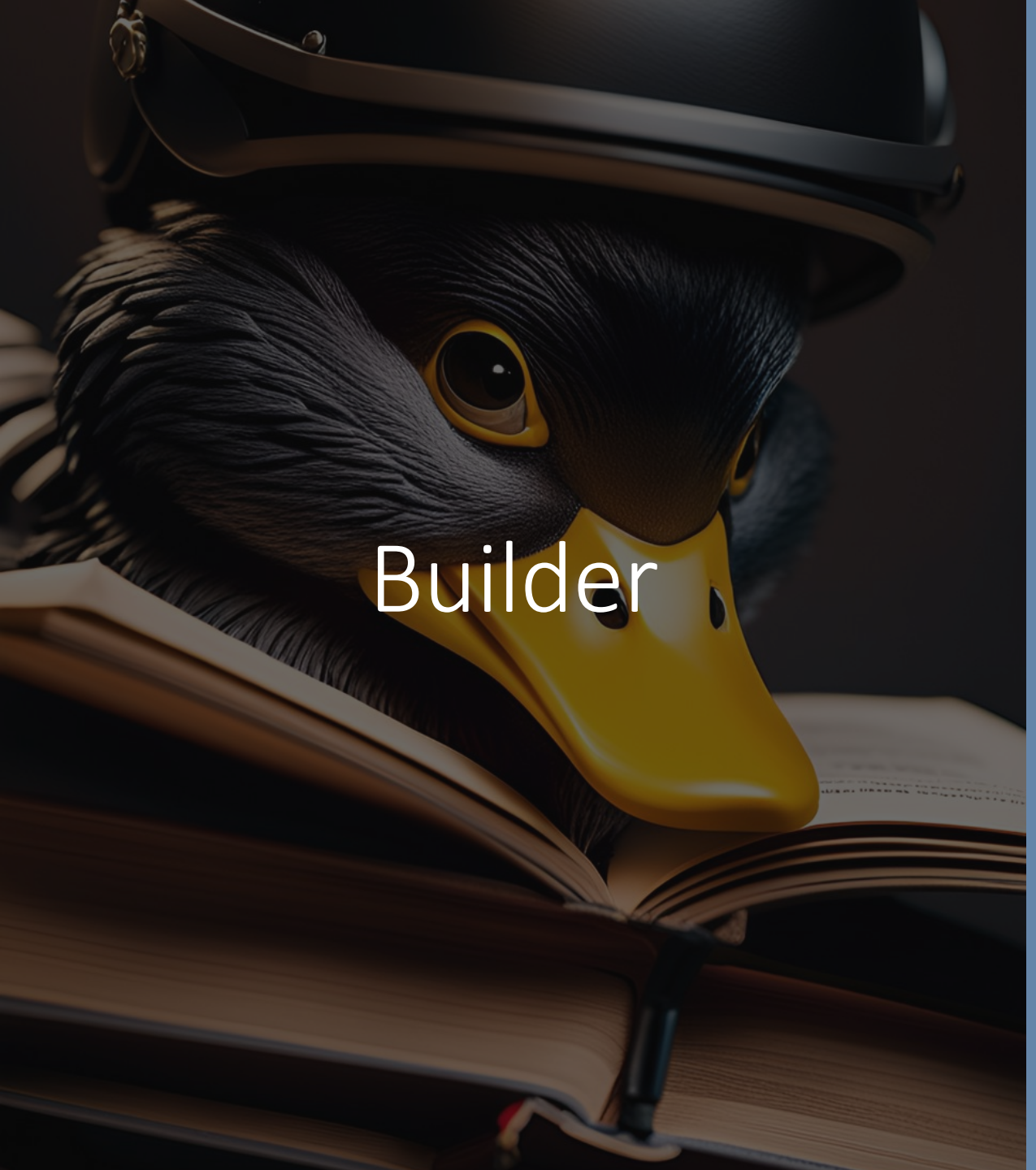


Определяет интерфейс для создания объекта, но позволяет подклассам решать какой класс инистанцировать. Позволяет делегировать создание объекта подклассам.

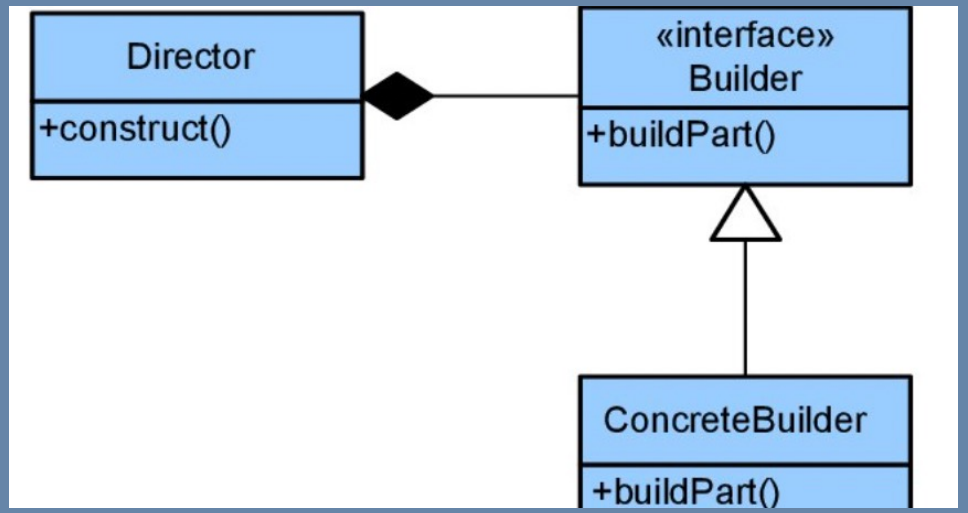
Abstract Factory



Предоставляет интерфейс для создания групп связанных или зависимых объектов, не указывая их конкретный класс.

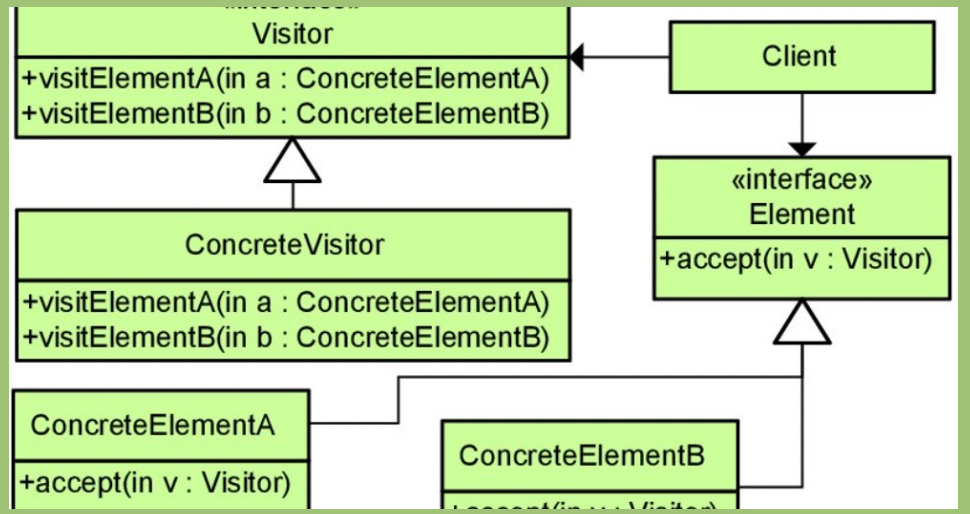


Builder

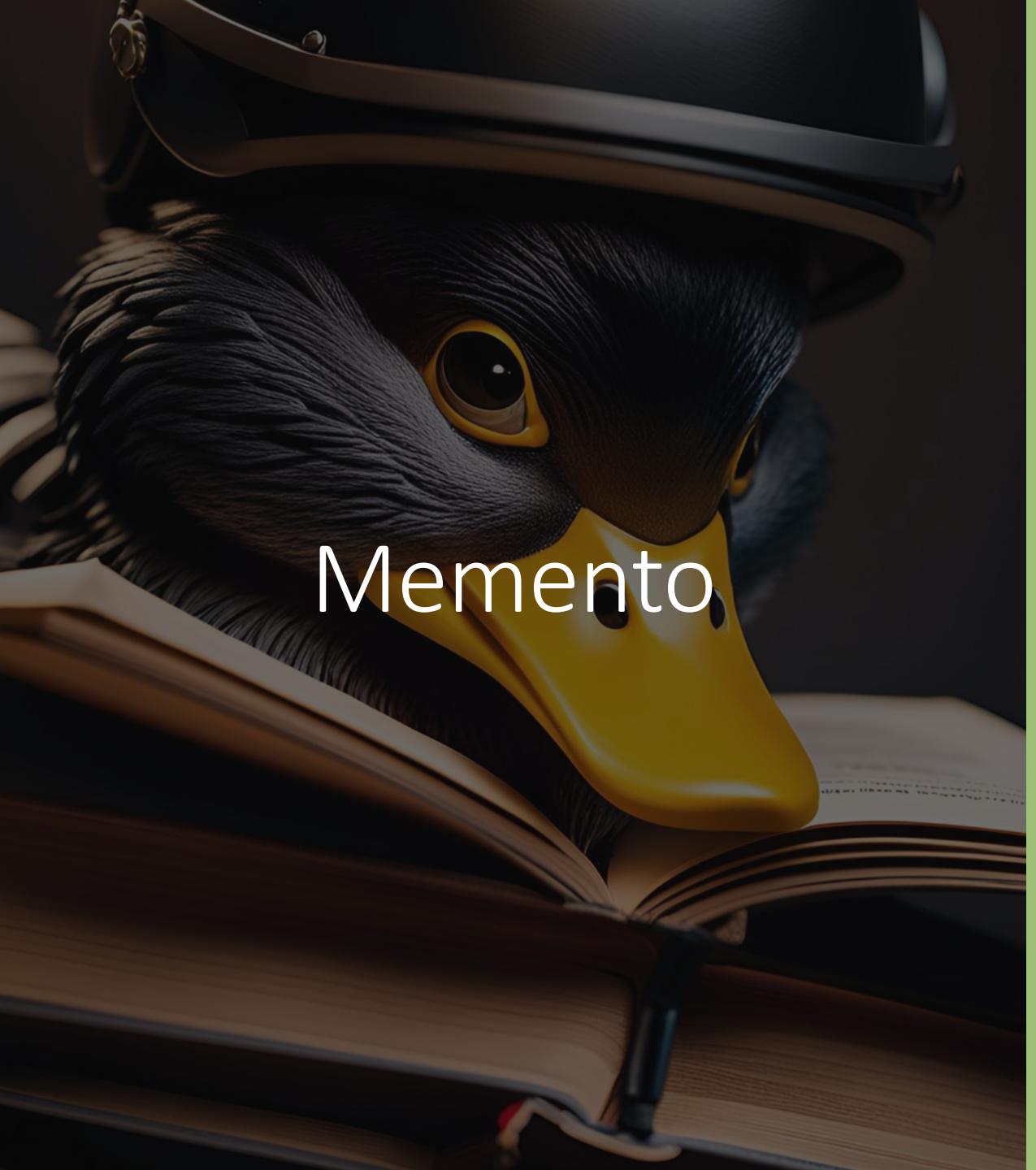


Разделяет создание сложного объекта и инициализацию его состояния так, что одинаковый процесс построения может создать объекты с разным состоянием.

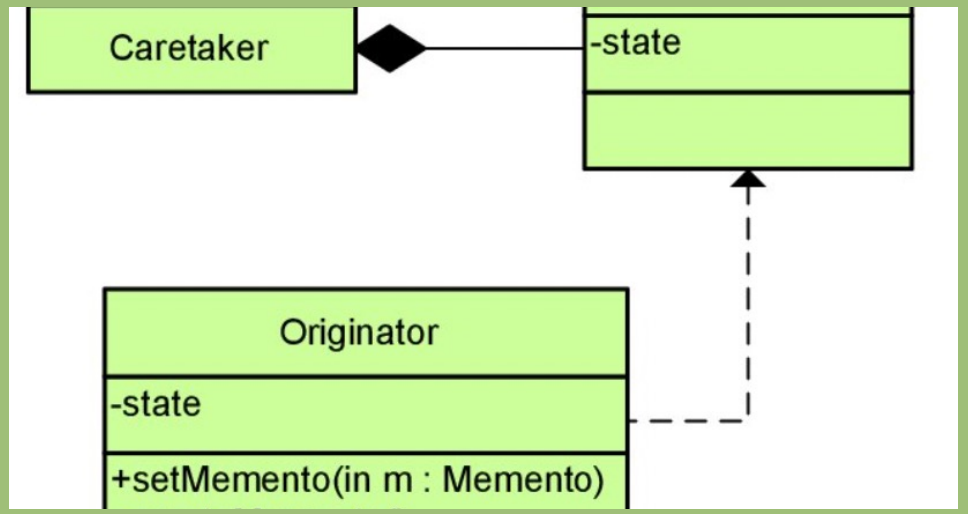
Visitor



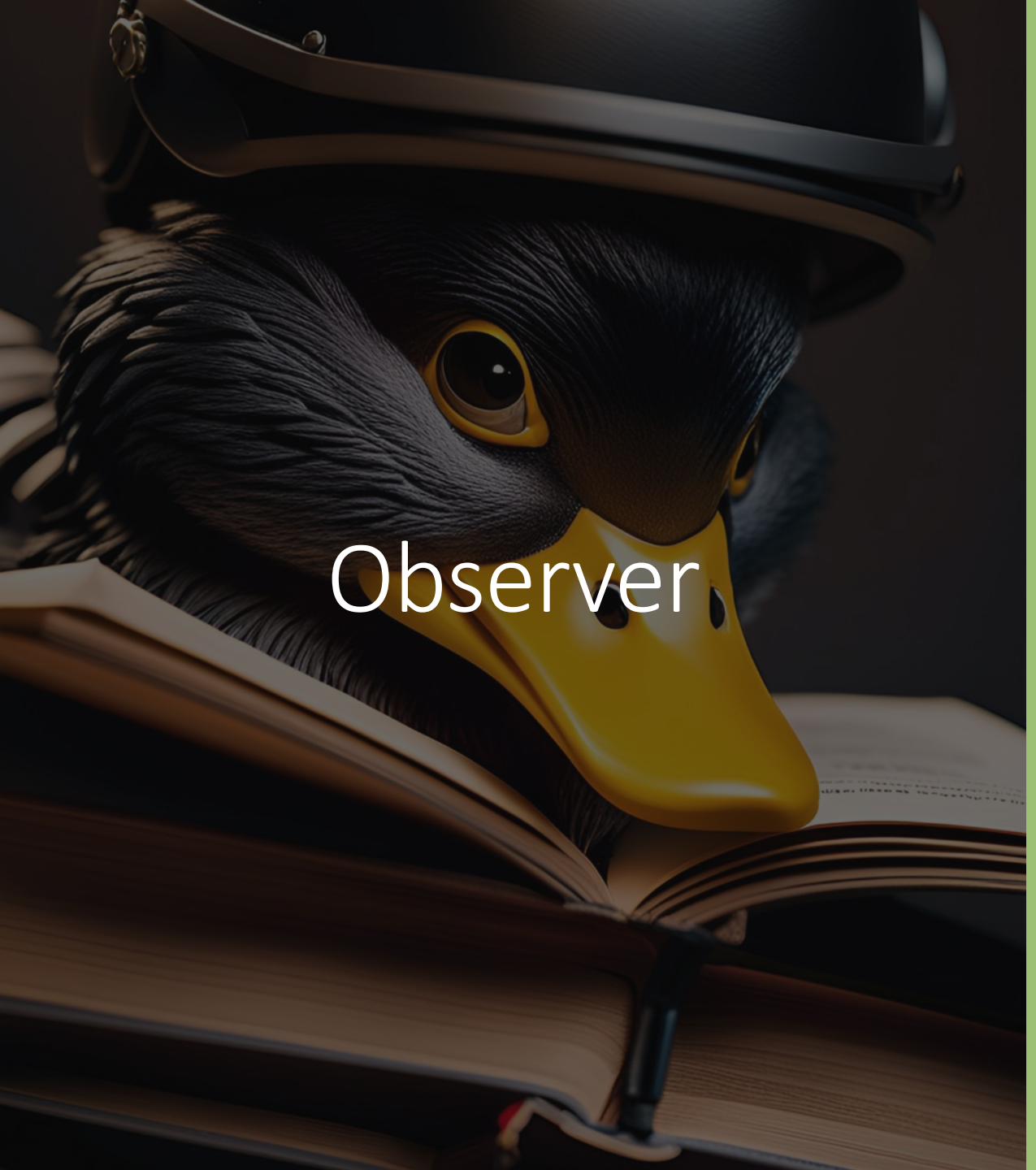
Реализует операцию, которая будет выполнена над группой объектов класса.
Дает возможность определить новую операцию, не меняя кода классов , над которыми она выполняется.



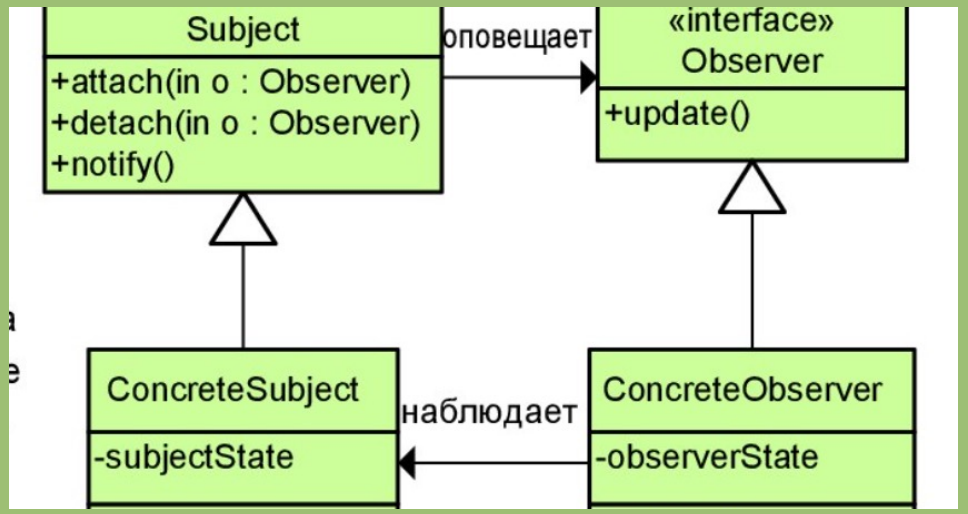
Memento



Не нарушая инкапсуляцию, сохраняет внутреннее состояние объекта и позволяет позже восстановить объект



Observer



Определяет зависимость «Один ко многим» между объектами так, что когда один объект меняет свое состояние, все зависимые объекты оповещаются и обновляются автоматически.

Спасибо!

НА СЕГОДНЯ ВСЕ