# Проектирование реляционных БД на основе принципов нормализации

# проект реляционной базы данных

- Это набор взаимосвязанных отношений, в которых
- определены все атрибуты,
- заданы первичные ключи отношений и
- заданы еще некоторые дополнительные свойства отношений, которые относятся к принципам поддержки целостности.

# Уровни моделирования

- Сама предметная область
  Модель предметной области
  Логическая модель данных
  Физическая модель данных
  Собственно база данных и приложения

# Критерии оценки качества логической модели данных

- Адекватность базы данных предметной области
- Легкость разработки и сопровождения базы данных
- Скорость выполнения операций обновления данных (вставка, обновление, удаление кортежей)
- Скорость выполнения операций выборки данных

# Адекватность базы данных предметной области

- Состояние базы данных в каждый момент времени должно соответствовать состоянию предметной области.
- Изменение состояния предметной области должно приводить к соответствующему изменению состояния базы данных
- Ограничения предметной области, отраженные в модели предметной области, должны некоторым образом отражаться и учитываться базе данных.

# Легкость разработки и сопровождения базы данных

- Практически любая база данных, за исключением совершенно элементарных, содержит некоторое количество программного кода в виде триггеров и хранимых процедур.
- Очевидно, что чем больше программного кода в виде триггеров и хранимых процедур содержит база данных, тем сложнее ее разработка и дальнейшее сопровождение.

# Скорость операций обновления данных (вставка, обновление, удаление)

- Основными операциями, изменяющими состояние базы данных, являются операции вставки, обновления и удаления записей.
- скорость выполнения операций вставки, обновления и удаления также ***уменьшается при увеличении количества индексов*** у таблицы и ***мало зависит от числа строк*** в таблице.

# Скорость операций выборки данных

- Одной из наиболее дорогостоящих операций при выполнении оператора SELECT является операция соединение таблиц.
- Таким образом, увеличение количества отношений приводит к замедлению выполнения операций выборки данных, особенно, если запросы заранее неизвестны.

# Результаты Исследования OASIG

- • Примерно 80-90% компьютеризованных систем не обладают требуемой производительностью.
- • При разработке около 80% систем были превышены установленные для этого временные и бюджетные рамки.
- • Разработка около 40% систем закончилась неудачно или была прекращена до завершения работы.
- • Менее чем 40% систем предусматривали профессиональное обучение и повышение квалификации пользователей во всем необходимом объеме.
- • Гармонично интегрировать интересы бизнеса и используемой технологии удалось не более чем в 25% систем.
- • Только 10-20% систем отвечают всем критериям достижения успеха.

# Неудачи при создании программного обеспечения были вызваны следующими причинами:

- а отсутствием полной спецификации всех требований;
- • отсутствием приемлемой методологии разработки;
- • недостаточной степенью разделения общего глобального проекта на отдельные компоненты, поддающиеся эффективному контролю и управлению.

# Этапы разработки ИС

- Планирование разработки базы данных
- Определение требований к системе
- Сбор и анализ требований пользователей
- Проектирование базы данных
- Выбор целевой СУБД (необязательный этап)
- Разработка приложений
- Создание прототипов (необязательный этап)
- Реализация
- Преобразование и загрузка данных
- Тестирование
- Эксплуатация и сопровождение

# Модель предметной области

- Сотрудники организации выполняют проекты.
- Проекты состоят из нескольких заданий.
- Каждый сотрудник может участвовать в одном или нескольких проектах, или временно не участвовать ни в каких проектах.
- Над каждым проектом может работать несколько сотрудников, или временно проект может быть приостановлен, тогда над ним не работает ни один сотрудник.
- Над каждым заданием в проекте работает ровно один сотрудник.
- Каждый сотрудник числится в одном отделе.
- Каждый сотрудник имеет телефон, находящийся в отделе сотрудника

# Ввод дополнительных аттрибутов

- О каждом сотруднике необходимо хранить табельный номер и фамилию. Табельный номер является уникальным для каждого сотрудника.
- Каждый отдел имеет уникальный номер.
- Каждый проект имеет номер и наименование. Номер проекта является уникальным.
- Каждая работа из проекта имеет номер, уникальный в пределах проекта. Работы в разных проектах могут иметь одинаковые номера.

# Проектирование схемы БД

- Проектирование схемы БД может быть выполнено двумя путями:
- *путем декомпозиции (разбиения),* когда исходное множество отношений, входящих в схему БД заменяется другим множеством отношений (число их при этом возрастает), являющихся проекциями исходных отношений;
- *путем синтеза,* то есть путем компоновки из заданных исходных элементарных зависимостей между объектами предметной области схемы БД.

# Процесс проектирования с использованием декомпозиции

- **Процесс проектирования с использованием декомпозиции представляет собой процесс последовательной нормализации схем отношений, при этом каждая по следующая итерация соответствует нормальной форме более высокого уровня и обладает лучшими свойствами по сравнению с предыдущей.**

# 1НФ (Первая Нормальная Форма)

- В отношении нет одинаковых кортежей.
- Кортежи не упорядочены.
- Атрибуты не упорядочены и различаются по наименованию.
- Все значения атрибутов атомарны.

# *Потенциальный ключ*

- *Потенциальным ключом* отношения называется набор атрибутов отношения, кото рый полностью и однозначно (функционально полно) определяет значения всех остальных атрибутов отношения, то есть возможный ключ — это набор атрибутов, однозначно определяющий кортеж отношения
- Среди всех возможных ключей отношения обычно выбирают один, который считается главным и который называют *первичным ключом отношения.*

# СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ_ПРОЕКТЫ

- ***Н_СОТР*** - табельный номер сотрудника
- **ФАМ - фамилия сотрудника**
- **Н_ОТД - номер отдела, в котором числится сотрудник**
- **ТЕЛ - телефон сотрудника**
- ***Н_ПРО*** **- номер проекта, над которым работает сотрудник**
- **ПРОЕКТ - наименование проекта, над которым работает сотрудник**
- **Н_ЗАДАН - номер задания, над которым работает сотрудник**
- Т.к. каждый сотрудник в каждом проекте выполняет ровно одно задание, то в качестве потенциального ключа отношения необходимо взять пару атрибутов {***Н_СОТР***, ***Н_ПРО***}.

# Отношение

| ***Н_СОТР*** | **ФАМ** | **Н_ОТД** | **ТЕЛ** | ***Н_ПРО*** | **ПРОЕКТ** | **Н_ЗАДАН** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | Иванов | 1 | 11-22-33 | *1* | Космос | 1 |
| *1* | Иванов | 1 | 11-22-33 | *2* | Климат | 1 |
| *2* | Петров | 1 | 11-22-33 | *1* | Космос | 2 |
| *3* | Сидоров | 2 | 33-22-11 | *1* | Космос | 3 |
| *3* | Сидоров | 2 | 33-22-11 | | Климат | 2 |

# Аномалии обновления

- *неадекватность модели данных* предметной области, либо некоторые *дополнительные трудности в реализации ограничений* предметной области
- Аномалии вставки (INSERT)
- Аномалии обновления (UPDATE)
- Аномалии удаления (DELETE

# Аномалии вставки (INSERT)

- В отношение **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ_ПРОЕКТЫ** нельзя вставить данные о сотруднике, который пока не участвует ни в одном проекте.
- Точно также нельзя вставить данные о проекте, над которым пока не работает ни один сотрудник.
- Причина аномалии - хранение в одном отношении разнородной информации (и о сотрудниках, и о проектах, и о работах по проекту).

# Аномалии обновления (UPDATE)

- если сотрудник меняет фамилию, или проект меняет наименование, или меняется номер телефона, то такие изменения необходимо *одновременно* выполнить во всех местах, где эта фамилия, наименование или номер телефона встречаются, иначе отношение станет некорректным.
- Причина аномалии - избыточность данных, также порожденная тем, что в одном отношении хранится разнородная информация.

# Аномалии удаления (DELETE)

- При удалении некоторых данных может произойти потеря другой информации.
- Вывод - логическая модель данных неадекватна модели предметной области. База данных, основанная на такой модели, будет работать неправильно.

# Определение функциональной зависимости

*Определение 1.* Пусть $R$ - отношение. Множество атрибутов $Y$ ***функционально зависимо*** от множества атрибутов $X$ ($X$ ***функционально определяет*** $Y$) тогда и только тогда, когда *для любого состояния* отношения $R$ для любых кортежей $r_1, r_2 \in R$ из того, что $r_1.X = r_2.X$ следует что $r_1.Y = r_2.Y$ (т.е. во всех кортежах, имеющих одинаковые значения атрибутов $X$, значения атрибутов $Y$ также совпадают *в любом состоянии* отношения $R$). Символически функциональная зависимость записывается

$$X \to Y.$$

Множество атрибутов $X$ называется ***детерминантом функциональной зависимости***, а множество атрибутов $Y$ называется ***зависимой частью***.

# примеры функциональных зависимостей:

- **Зависимость атрибутов от ключа отношения**
- **{*Н_СОТР*, *Н_ПРО*} ФАМ**
- **{*Н_СОТР*, *Н_ПРО*} Н_ОТД**
- **{*Н_СОТР*, *Н_ПРО*} ТЕЛ**
- **{*Н_СОТР*, *Н_ПРО*} ПРОЕКТ**
- **{*Н_СОТР*, *Н_ПРО*} Н_ЗАДАН**
- Зависимость атрибутов, характеризующих сотрудника от табельного номера сотрудника:
- ***Н_СОТР*** **ФАМ**
- ***Н_СОТР*** **Н_ОТД**
- ***Н_СОТР*** **ТЕЛ**
- Зависимость наименования проекта от номера проекта:
- ***Н_ПРО*** **ПРОЕКТ**
- Зависимость номера телефона от номера отдела:
- **Н_ОТД ТЕЛ**

# Математическое определение

*Определение 2.* Функциональная зависимость (***функция***) - это тройка объектов $(X, Y, f)$, где

$X$ - множество (***область определения***),

$Y$ - множество (***множество значений***),

$f$ - правило, согласно которому каждому элементу $x \in X$ ставится в соответствие один и только один элемент $y \in Y$ (***правило функциональной зависимости***).

Функциональная зависимость обычно обозначается как $f : X \to Y$ или $y = f(x)$.

Замечание. Правило $f$ может быть задано любым способом - в виде формулы (чаще всего), при помощи таблицы значений, при помощи графика, текстовым описанием и т.д.

# 2НФ (Вторая Нормальная Форма)

- *Определение 3*. Отношение находится во ***второй нормальной форме*** **(*2НФ*) тогда и только тогда, когда отношение находится в 1НФ и *нет неключевых атрибутов, зависящих от части сложного ключа*.**

- ***Неключевой атрибут*** **- это атрибут, не входящий в состав никакого потенциального ключа.**

# Пример

- Отношение **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ_ПРОЕКТЫ** не находится в 2НФ, т.к. есть атрибуты, зависящие от части сложного ключа:
- Зависимость атрибутов, характеризующих сотрудника от табельного номера сотрудника является зависимостью от части сложного ключа:
- ***Н_СОТР*** **ФАМ**
- ***Н_СОТР*** **Н_ОТД**
- ***Н_СОТР*** **ТЕЛ**
- Зависимость наименования проекта от номера проекта является зависимостью от части сложного ключа:
- ***Н_ПРО*** **ПРОЕКТ**

- Отношение **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ_ПРОЕКТЫ** декомпозируем на три отношения - **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ**,
- **ПРОЕКТЫ**,
- **ЗАДАНИЯ**.

# Отношение СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ

| ***Н_СОТР*** | **ФАМ** | **Н_ОТД** | **ТЕЛ** |
|---|---|---|---|
| *1* | Иванов | 1 | 11-22-33 |
| *2* | Петров | 1 | 11-22-33 |
| *3* | Сидоров | 2 | 33-22-11 |

# Отношение ПРОЕКТЫ и ЗАДАНИЯ

| *Н_ПРО* | **ПРОЕКТ** |
|---|---|
| *1* | Космос |
| *2* | Климат |

| *Н_СОТР* | *Н_ПРО* | Н_ЗАДАН |
|---|---|---|
| *1* | *1* | 1 |
| *1* | *2* | 1 |
| *2* | *1* | 2 |
| *3* | *1* | 3 |
| *3* | *2* | 2 |

# Анализ декомпозированных отношений

- Отношения, полученные в результате декомпозиции, находятся в 2НФ. **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ** и **ПРОЕКТЫ** имеют простые ключи, следовательно автоматически находятся в 2НФ
- отношение **ЗАДАНИЯ** имеет сложный ключ, но единственный неключевой атрибут **Н_ЗАДАН** функционально зависит от всего ключа {***Н_СОТР***, ***Н_ПРО***}.

# Оставшиеся аномалии вставки (INSERT)

- В отношение **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ** нельзя вставить кортеж (4, Пушников, 1, 33-22-11), т.к. при этом получится, что два сотрудника из 1-го отдела (Иванов и Пушников) имеют разные номера телефонов, а это противоречит модели предметной области.

# Оставшиеся аномалии удаления (DELETE)

- При удалении некоторых данных по-прежнему может произойти потеря другой информации. Например, если удалить сотрудника Сидорова, то будет потеряна информация о том, что в отделе номер 2 находится телефон 33-22-11.

# 3НФ (Третья Нормальная Форма)

- *Определение 4*. Атрибуты называются ***взаимно независимыми*, если ни один из них не является функционально зависимым от другого.**
- ***Определение 5*. Отношение находится в *третьей нормальной форме* (*3НФ*) тогда и только тогда, когда отношение находится в 2НФ и *все неключевые атрибуты взаимно независимы*.**
- Отношение **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ** не находится в 3НФ, т.к. имеется функциональная зависимость неключевых атрибутов (зависимость номера телефона от номера отдела):
- **Н_ОТД ТЕЛ**

# Пример

- Отношение **СОТРУДНИКИ_ОТДЕЛЫ** декомпозируем на два отношения - **СОТРУДНИКИ**, **ОТДЕЛЫ**.

| ***Н_СОТР*** | **ФАМ** | **Н_ОТД** |
|---|---|---|
| *1* | Иванов | 1 |
| *2* | Петров | 1 |
| *3* | Сидоров | 2 |

| ***Н_ОТД*** | **ТЕЛ** |
|---|---|
| *1* | 11-22-33 |
| *2* | 33-22-11 |

# Пример

- Рассмотрим отношение, моделирующее сдачу студентами текущей сессии. Структура этого отношения определяется следующим набором атрибутов:
- (ФИО, Номер зач.кн, Группа, Дисциплина, Оценка)

# Приведение ко 2НФ

- Для приведения данного отношения ко второй нормальной форме следует разбить его на проекции, при этом должно быть соблюдено условие восстановления исходного отношения без потерь.
- Такими проекциями могут быть два отношения
- (ФИО, Номер зач.кн, Группа)
- (Номер зач.кн,  Дисциплина, Оценка)

# Приведение к 3НФ

- Рассмотрим отношение, связывающее студентов с группами, факультетами и специальностями
- (ФИО, Номер зач.кн, Группа, Факультет, Специальность, Выпускающая кафедра)

# Функциональные зависимости

- Номер зач.кн. -> ФИО
- Номер зач.кн. -> Группа
- Номер зач.кн. -> Факультет
- Номер зач.кн. -> Специальность
- Номер зач.кн. -> Выпускающая кафедра
- Группа -> Факультет
- Группа -> Специальность
- Группа -> Выпускающая кафедра
- Выпускающая кафедра -> Факультет

# Декомпозиция

И эти зависимости образуют транзитивные группы. Для того чтобы избежать этого, мы можем предложить следующий набор отношений

- (Номер.зач.кн., ФИО, Специальность, Группа)
- (Группа, Выпускающая кафедра)
- (Выпускающая кафедра, Факультет)

Первичные ключи отношений выделены.

# Алгоритм нормализации

- *Шаг 1 (Приведение к 1НФ)*. На первом шаге задается одно или несколько отношений, отображающих понятия предметной области.
- По модели предметной области (не по внешнему виду полученных отношений!) выписываются обнаруженные функциональные зависимости.
- Все отношения автоматически находятся в 1НФ.

- *Шаг 2 (Приведение к 2НФ)*. Если в некоторых отношениях обнаружена зависимость атрибутов от части сложного ключа, то проводим декомпозицию этих отношений на несколько отношений следующим образом:
- те атрибуты, которые зависят от части сложного ключа выносятся в отдельное отношение вместе с этой частью ключа.
- В исходном отношении остаются все ключевые атрибуты

Исходное отношение: $R(K_1, K_2, A_1, .., A_n, B_1, ..., B_m)$.

Ключ: $(K_1, K_2)$ - сложный.

Функциональные зависимости:

$(K_1, K_2) \rightarrow (A_1, .., A_n, B_1, ... B_m)$ - зависимость всех атрибутов от ключа отношения.

$(K_1) \rightarrow (A_1, .., A_n)$ - зависимость некоторых атрибутов от части сложного ключа.

Декомпозированные отношения:

$R_1(K_1, K_2, B_1, ..., B_m)$ - остаток от исходного отношения. Ключ $(K_1, K_2)$.

$R_2(K_1, A_1, .., A_n)$ - атрибуты, вынесенные из исходного отношения вместе с частью сложного ключа. Ключ $K_1$.

- *Шаг 3 (Приведение к 3НФ)*. Если в некоторых отношениях обнаружена зависимость некоторых неключевых атрибутов других неключевых атрибутов, то проводим декомпозицию этих отношений следующим образом:
- те неключевые атрибуты, которые зависят других неключевых атрибутов выносятся в отдельное отношение.
- В новом отношении ключом становится детерминант функциональной зависимости:

Исходное отношение: $R(K, A_1, .., A_n, B_1, ..., B_m)$.

Ключ: $K$.

Функциональные зависимости:

$K \to (A_1, .., A_n, B_1, ..., B_m)$ - зависимость всех атрибутов от ключа отношения.

$(A_1, .., A_n) \to (B_1, ..., B_m)$ - зависимость некоторых неключевых атрибутов других неключевых атрибутов.

Декомпозированные отношения:

$R_1(K, A_1, .., A_n)$ - остаток от исходного отношения. Ключ $K$.

$R_2(A_1, .., A_n, B_1, ..., B_m)$ - атрибуты, вынесенные из исходного отношения вместе с детерминантом функциональной зависимости. Ключ $(A_1, .., A_n)$.

# Анализ критериев для нормализованных и ненормализованных моделей данных

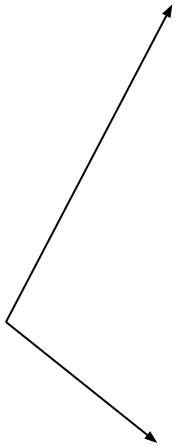
| **Критерий** | **Отношения слабо нормализованы (1НФ, 2НФ)** | **Отношения сильно нормализованы (3НФ)** |
|---|---|---|
| Адекватность базы данных предметной области | ХУЖЕ (-) | ЛУЧШЕ (+) |
| Легкость разработки и сопровождения базы данных | СЛОЖНЕЕ (-) | ЛЕГЧЕ (+) |
| Скорость выполнения вставки, обновления, удаления | МЕДЛЕННЕЕ (-) | БЫСТРЕЕ (+) |
| Скорость выполнения выборки данных | БЫСТРЕЕ (+) | МЕДЛЕННЕЕ (-) |

# Корректность процедуры нормализации - декомпозиция без потерь

- *Определение*. Проекция R[X] отношения R на множество атрибутов X называется ***собственной*, если множество атрибутов X является *собственным подмножеством* множества X атрибутов отношения R (т.е. множество атрибутов X не совпадает с множеством *всех* атрибутов отношения R ).**
- ***Определение*. *Собственные* проекции R1 и R2 отношения R называются *декомпозицией без потерь*, если отношение R *точно восстанавливается* из них при помощи естественного соединения *для любого состояния* отношения R:**
- **R1 JOIN R2 = R**

# Пример декомпозиции с потерями

| НОМЕР | ФАМИЛИЯ | ЗАРПЛАТА |
|---|---|---|
| 1 | Иванов | 1000 |
| 2 | Петров | 1000 |



| НОМЕР | ЗАРПЛАТА |
|---|---|
| 1 | 1000 |
| 2 | 1000 |

| ФАМИЛИЯ | ЗАРПЛАТА |
|---|---|
| Иванов | 1000 |
| Петров | 1000 |

# Естественное соединение

| НОМЕР | ФАМИЛИЯ | ЗАРПЛАТА |
|---|---|---|
| 1 | Иванов | 1000 |
| 1 | Петров | 1000 |
| 2 | Иванов | 1000 |
| 2 | Петров | 1000 |

# Теорема Хеза

***Теорема (Хеза)***. Пусть $R(A,B,C)$ является отношением, и $A,B,C$ - атрибуты или множества атрибутов этого отношения. Если имеется функциональная зависимость $A \to B$, то проекции $R_1 = R[A,B]$ и $R_2 = R[A,C]$ образуют декомпозицию без потерь.

*Доказательство*. Необходимо доказать, что $R_1 \text{ JOIN } R_2 = R$ *для любого состояния* отношения $R$. В левой и правой части равенства стоят *множества* кортежей, поэтому для доказательства достаточно доказать два включения для двух *множеств* кортежей: $R_1 \text{ JOIN } R_2 \supseteq R$ и $R_1 \text{ JOIN } R_2 \subseteq R$.

*Докажем первое включение*. Возьмем произвольный кортеж $r = (a,b,c) \in R$. Докажем, что он включается также и в $R_1 \text{ JOIN } R_2$. По определению проекции, кортежи $r_1 = (a,b) \in R_1$ и $r_2 = (a,c) \in R_2$. По определению естественного соединения кортежи $r_1$ и $r_2$, имеющие одинаковое значение $a$ общего атрибута $A$, будут соединены в процессе естественного соединения в кортеж $(a,b,c) \in R_1 \text{ JOIN } R_2$. Таким образом, включение доказано.

# доказательство

*Докажем первое включение.* Возьмем произвольный кортеж $r = (a,b,c) \in R$. Докажем, что он включается также и в $R_1 \text{ JOIN } R_2$. По определению проекции, кортежи $r_1 = (a,b) \in R_1$ и $r_2 = (a,c) \in R_2$. По определению естественного соединения кортежи $r_1$ и $r_2$, имеющие одинаковое значение $a$ общего атрибута $A$, будут соединены в процессе естественного соединения в кортеж $(a,b,c) \in R_1 \text{ JOIN } R_2$. Таким образом, включение доказано.

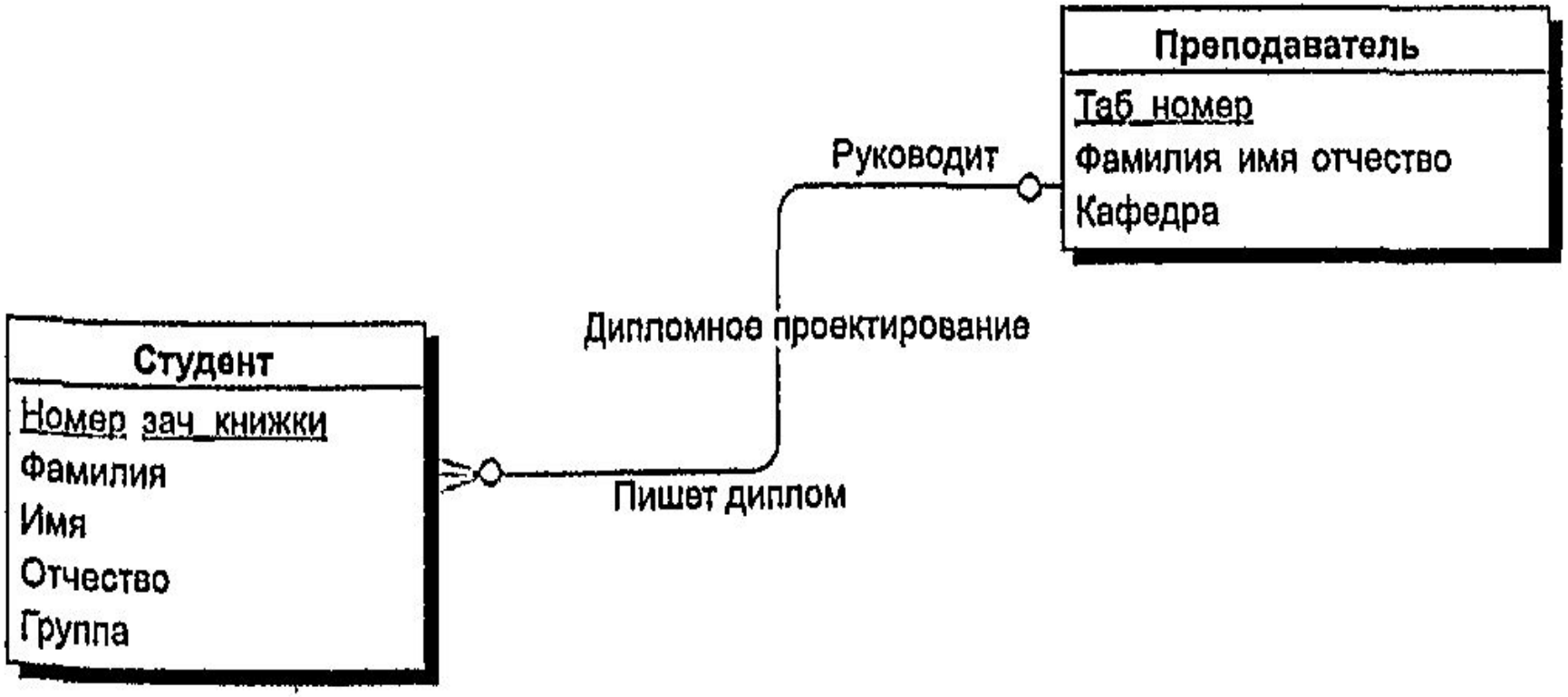
*Докажем обратное включение.* Возьмем произвольный кортеж $r = (a,b,c) \in R_1 \text{ JOIN } R_2$. Докажем, что он включается также и в $R$. По определению естественного соединения получим, что в имеются кортежи $r_1 = (a,b) \in R_1$ и $r_2 = (a,c) \in R_2$. Т.к. $R_1 = R[A,B]$, то существует некоторое значение $c_1$, такое что кортеж $r_1 = (a,b,c_1) \in R$. Аналогично, существует некоторое значение $b_1$, такое что кортеж $r_2 = (a,b_1,c) \in R$. Кортежи $r_1$ и $r_2$ имеют одинаковое значение атрибута $A$, равное $a$. Из этого, в силу функциональной зависимости $A \to B$, следует, что $b = b_1$. Таким образом, кортеж $r_2 = (a,b,c) \in R$. Обратное включение доказано. *Теорема доказана.*

# Инфологическое проектирование

# Модель «сущность—связь»

- *Основные понятия:*
- *Сущность, с* помощью которой моделируется класс однотипных объектов.
- Объект, которому соответствует понятие сущности, имеет свой набор *атрибутов* — характеристик, определяющих свойства данного представителя класса.
- Набор атрибутов, однозначно идентифицирующий конкретный экземпляр сущности, называют *ключевым.*
- сущностями могут быть установлены *связи* - бинарные ассоциации, показывающие, каким образом сущности соотносятся или взаимодействуют между собой.

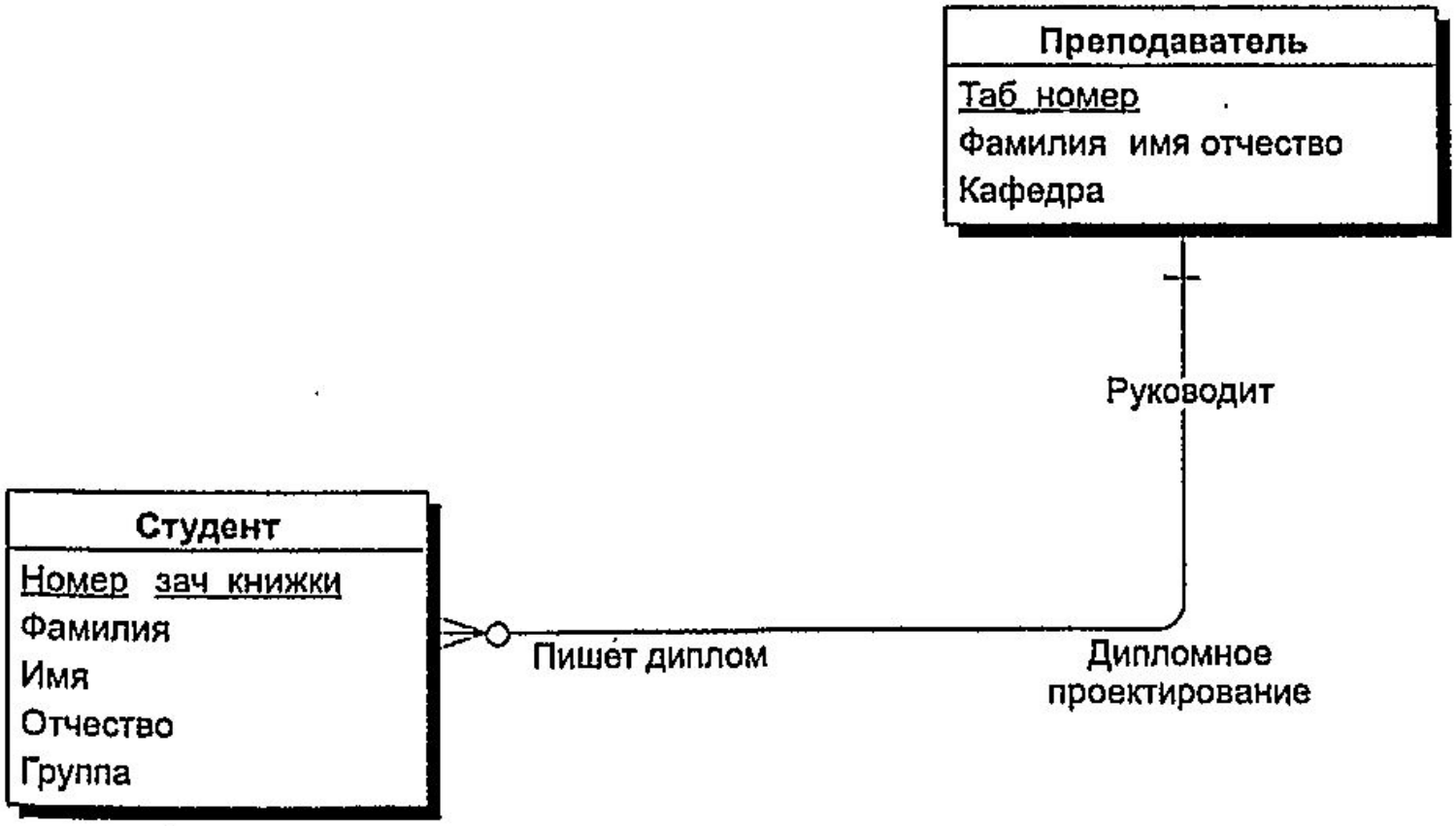
# Пример


Преподаватель
Таб_номер
Фамилия имя отчество
Кафедра
Руководит
Дипломное проектирование
Студент
Номер зач_книжки
Фамилия
Имя
Отчество
Группа
Пишет диплом

# Обязательные и необязательные связи

- Связь любого из этих типов может быть *обязательной,* если в данной связи должен участвовать каждый экземпляр сущности, *необязательной* — если не каждый экземпляр сущности должен участвовать в данной связи. При этом связь может быть *обязательной с одной стороны и необязательной с другой стороны.*

# Обозначения



# Типы связей

- Связи делятся на три типа по множественности:
- *один-к-одному* (1:1),
- *один-ко-многим* (1:M),
- *многие-ко-многим* (M:M).
- Между двумя сущностями может быть задано сколько угодно связей с разными смысловыми нагрузками.

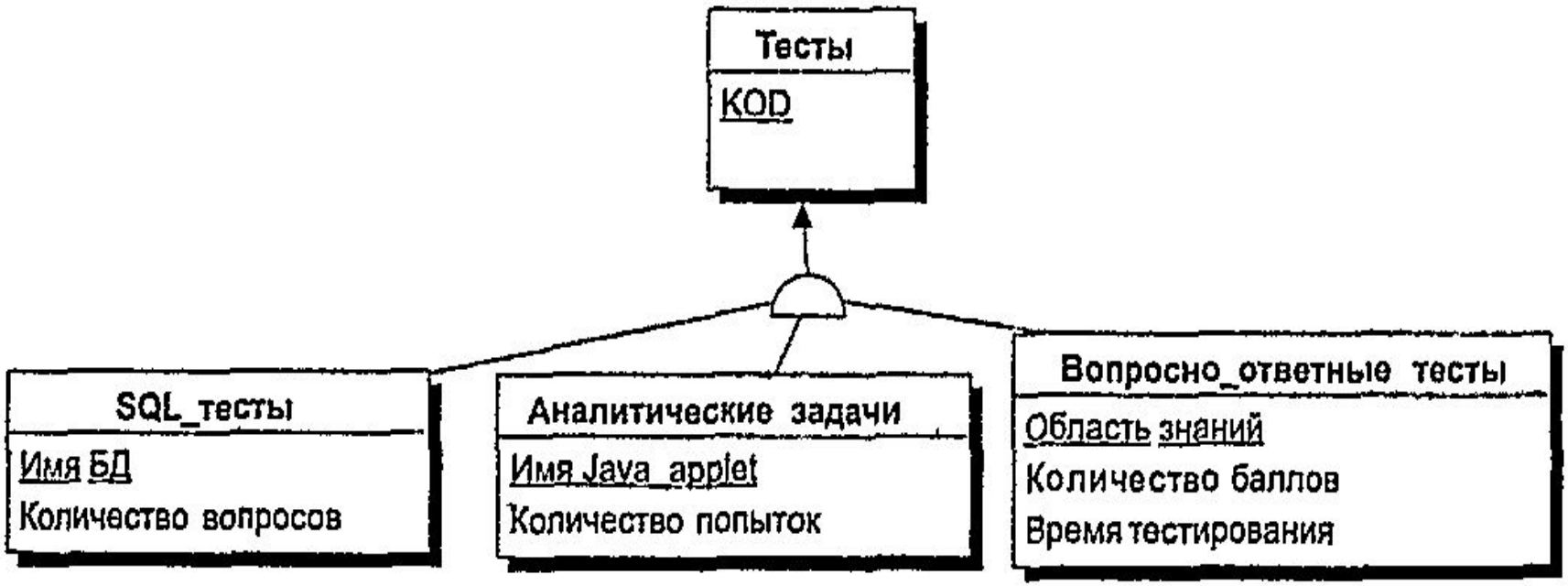
# принцип категоризации сущностей

- Подтип сущности -- *сущности,* каждая из которых может иметь общие атрибуты и отношения и/или атрибуты и отношения, которые определяются однажды на верхнем уровне и наследуются на нижнем уровне.
- Все подтипы одной сущности рассматриваются как взаимоисключающие, и при разделении сущности на подтипы она должна быть представлена в виде полного набора взаимоисключающих подтипов.

# *супертип*

- Сущность, на основе которой строятся подтипы, называется *супертипом.* Любой экземпляр супертипа должен относиться к конкретному подтипу.

# Пример супертипа и подтипов



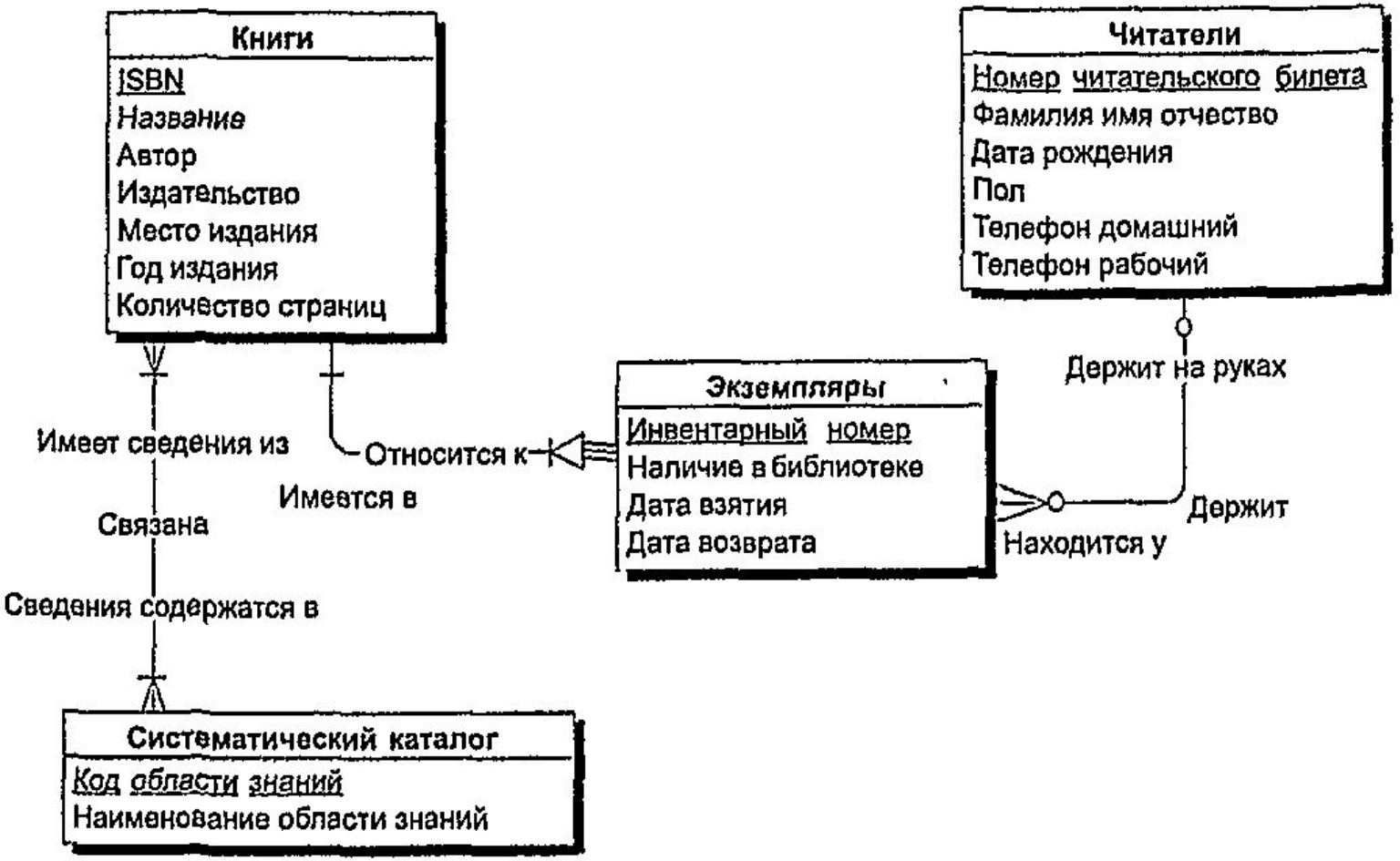
# Результат проектирования

- В результате построения модели предметной области в виде набора сущностей и связей получаем связный граф. В полученном графе необходимо избегать циклических связей — они выявляют некорректность модели.

# Пример инфологического проектирования

- В качестве примера спроектируем инфологическую модель системы, предназначенной для хранения информации о книгах и областях знаний, представленных в библиотеке.
- Разработку модели начнем с выделения основных сущностей.

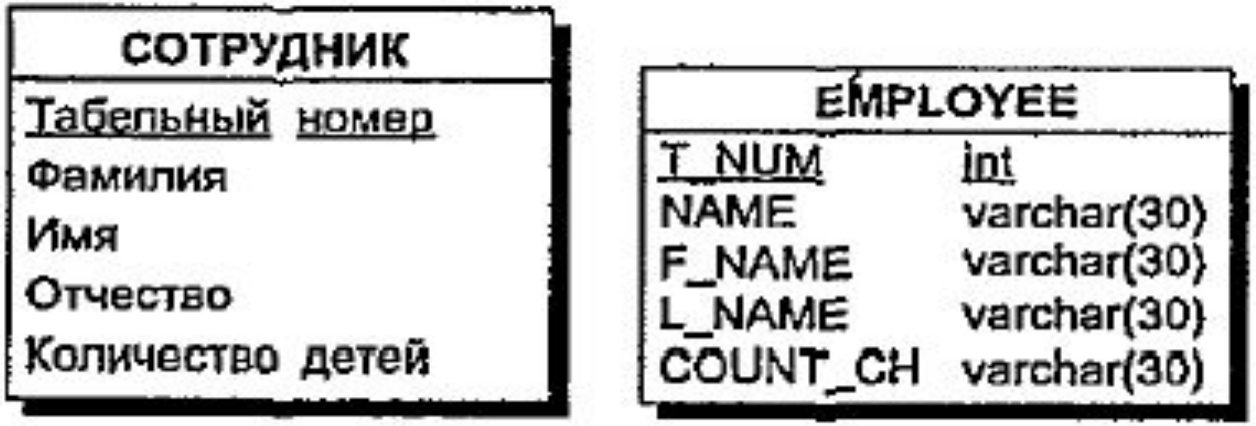
# Пример ER-модели



# Преобразование ER-модели в реляционную

# правила преобразования ER-модели в реляционную.

- 1. Каждой сущности ставится в соответствие отношение реляционной модели данных.
- 2. Каждый атрибут сущности становится атрибутом соответствующего отношения.




Преобразование сущности СОТРУДНИК к отношению EMPLOYEE

# Преобразование ключей

- 4. В каждое отношение, соответствующее подчиненной сущности, добавляется набор атрибутов основной сущности, являющейся первичным ключом основной сущности. В отношении, соответствующем подчиненной сущности, этот набор атрибутов становится внешним ключом (FOREING KEY).

# Связи

- 5. Для моделирования необязательного типа связи на физическом уровне у атрибутов, соответствующих внешнему ключу, устанавливается свойство допустимости неопределенных значений (признак NULL).
- При обязательном типе связи атрибуты получают свойство отсутствия неопределенных значений (признак NOT NULL).

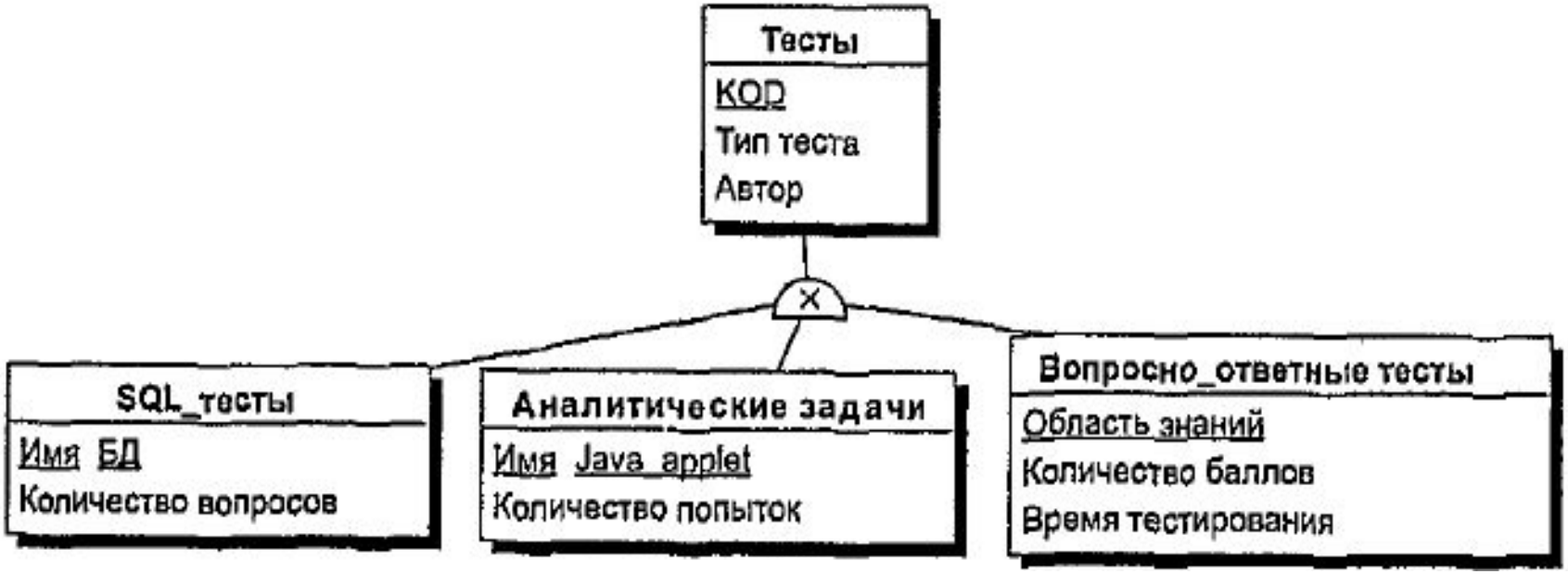
# Категоризация типов

- Для отражения Категоризации сущностей при переходе к реляционной модели возможны несколько вариантов представления.
- Возможно создать только одно отношение для всех подтипов одного супертипа

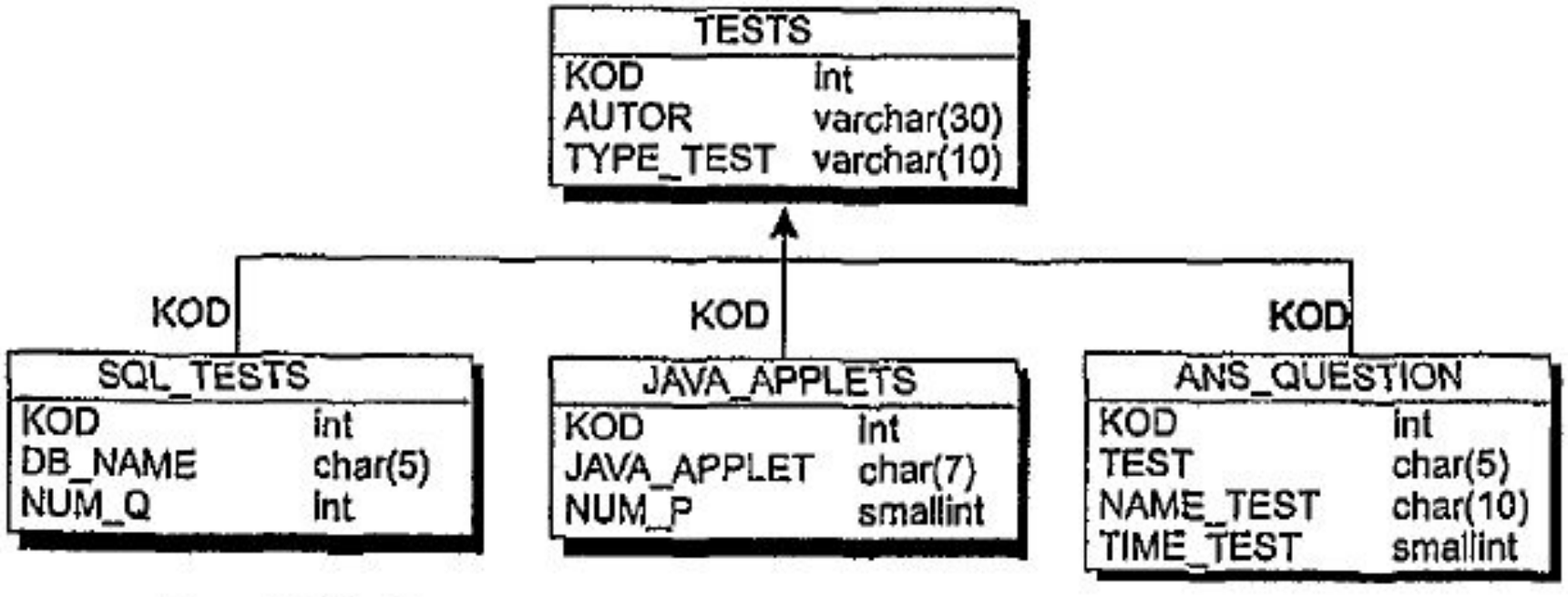
- При втором способе для каждого подтипа и для супертипа создаются свои отдельные отношения.
- Для возможности переходов к подтипам от супертипа необходимо в супертип включить идентификатор связи.

# дискриминаторы

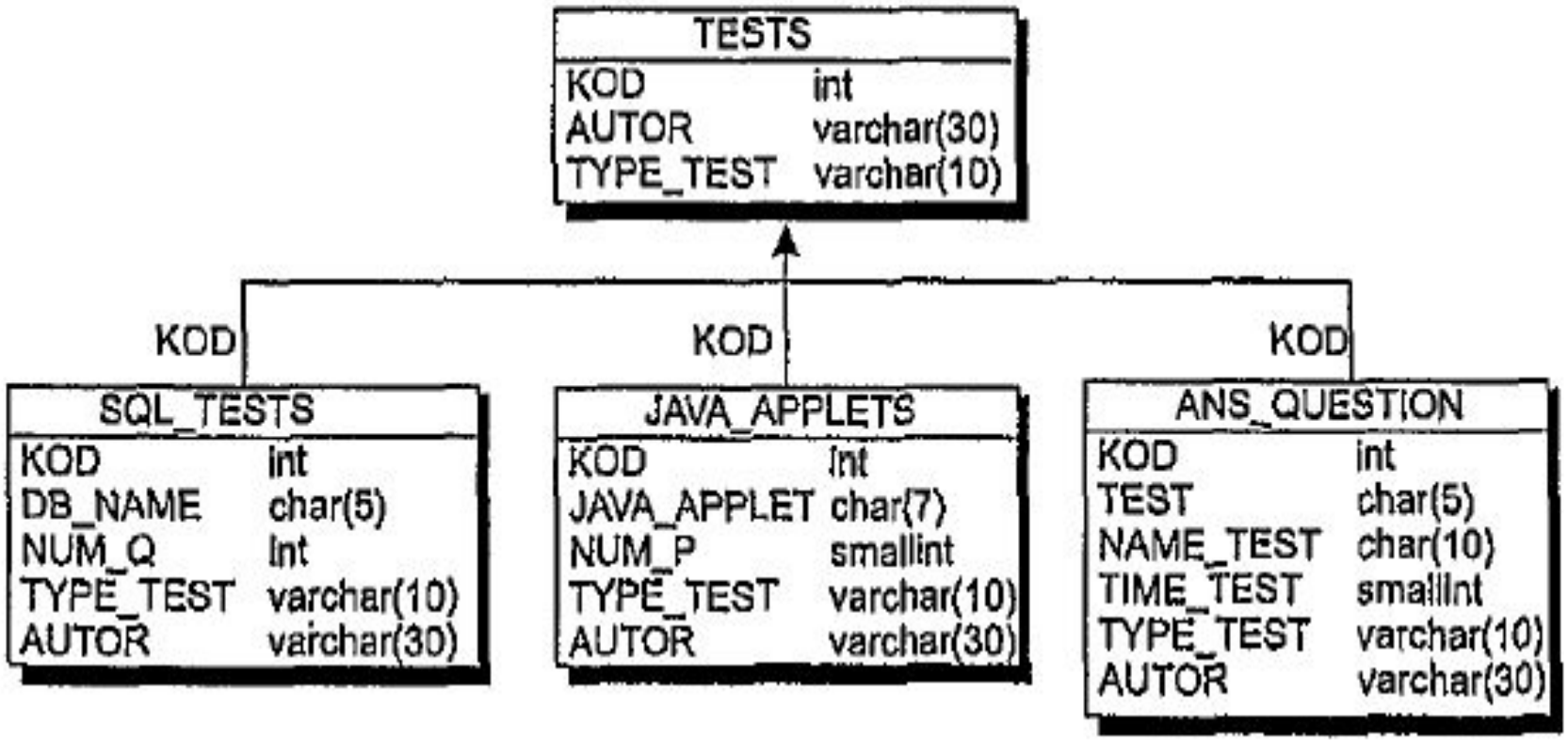
- Дополнительно при описании отношения между типом и подтипами необходимо указать тип дискриминатора
- Дискриминатор может быть взаимоисключающим или нет



# Пример – наследование идентификатора суперсущности



# Наследование всех атрибутов суперсущности

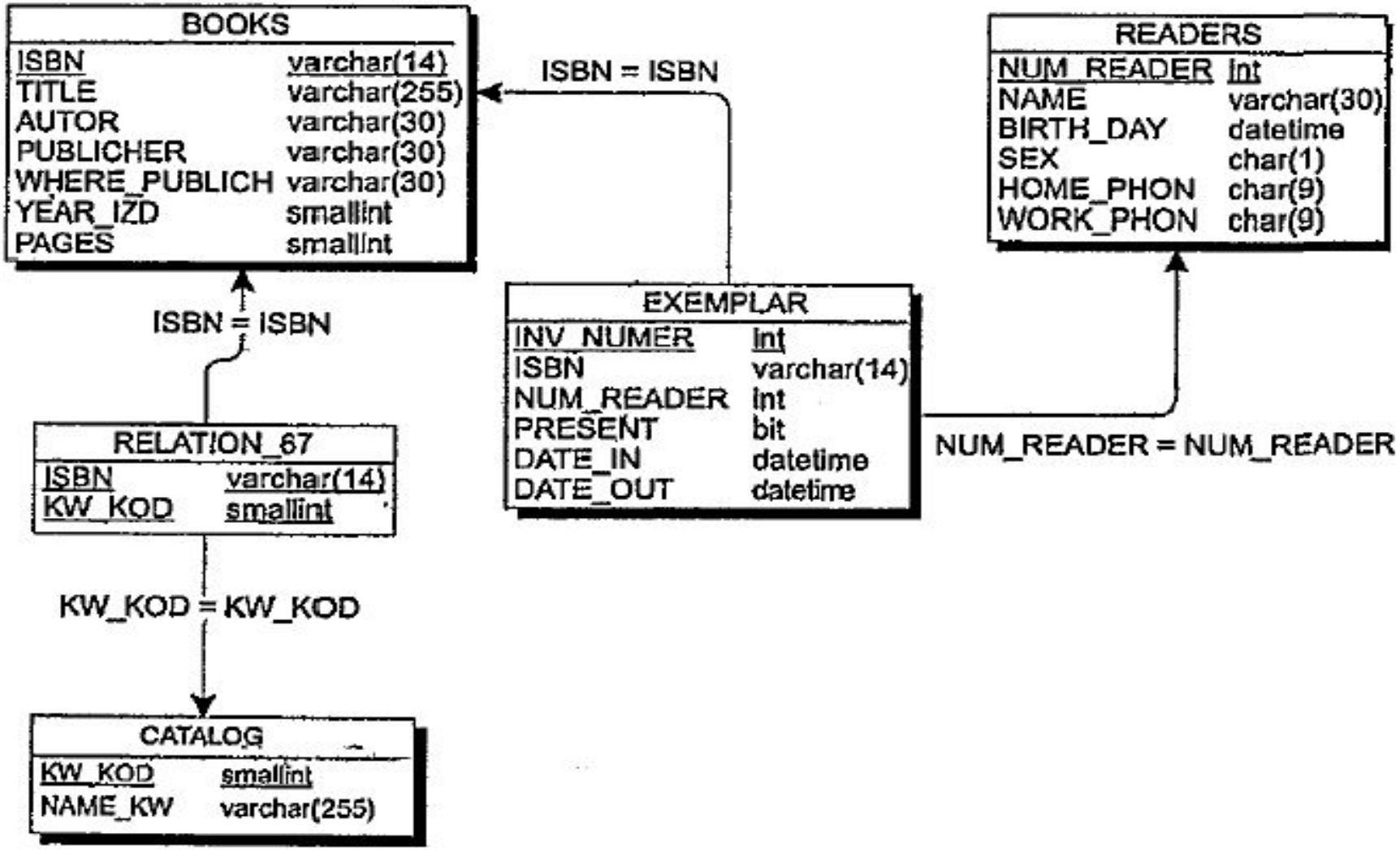


# Разрешение связей типа «многие-ко-многим».

- Это делается введением специального дополнительного связующего отношения, которое связано с каждым исходным связью «один-ко-многим», атрибутами этого отношения являются первичные ключи связываемых отношений.
- например» в схеме «Библиотека» присутствует связь такого типа между сущностью «Книги» и «Системный каталог». Для разрешения этой неспецифической связи при переходе к реляционной модели, должно быть введено специальное дополнительное отношение, которое имеет всего два атрибута;
- ISBN (шифр книги) и KOD (код области знаний).

При этом каждый из атрибутов нового отношения является внешним ключом (FORKING KEY), а вместе они образуют первичный ключ (PRIMARY KEY) повой связующей сущности.

# Библиотека


BOOKS
ISBN varchar(14)
TITLE varchar(255)
AUTOR varchar(30)
PUBLICHER varchar(30)
WHERE_PUBLICH varchar(30)
YEAR_IZD smallint
PAGES smallint
ISBN = ISBN
READERS
NUM_READER int
NAME varchar(30)
BIRTH_DAY datetime
SEX char(1)
HOME_PHON char(9)
WORK_PHON char(9)
ISBN = ISBN
EXEMPLAR
INV_NUMER int
ISBN varchar(14)
NUM_READER int
PRESENT bit
DATE_IN datetime
DATE_OUT datetime
NUM_READER = NUM_READER
RELATION_67
ISBN varchar(14)
KW_KOD smallint
KW_KOD = KW_KOD
CATALOG
KW_KOD smallint
NAME_KW varchar(255)