Тема 2. Проектирование баз данных. Нормализация.

Цель занятия:

Ознакомиться с концепциями работы с несколькими таблицами в базах данных, с видами связей между таблицами, понятиями первичных и внешних ключей, а также операциями объединения таблиц.

Учебные вопросы:

1. Введение в проектирование баз данных.
2. Этапы проектирования базы данных.
3. ER-диаграммы.
4. Оптимизация структуры базы данных.
5. Нормализация данных.
6. Нормальные формы.
7. Процесс нормализации.
8. Типы связей между таблицами

Введение в проектирование БД.

Задачи проектирование баз данных:

- **Эффективное хранение данных**. Проектирование помогает структурировать данные таким образом, чтобы минимизировать их дублирование и избыточность. Это позволяет сократить объёмы хранимых данных и избежать ненужных повторений, что снижает затраты на хранение.
- **Обеспечение целостности данных**. В процессе проектирования определяются правила и ограничения для поддержания корректности данных (например, внешние ключи, уникальные индексы). Это гарантирует, что в базе данных не будут присутствовать некорректные или противоречивые данные.
- **Обеспечение производительности**. Правильно спроектированная база данных позволяет ускорить выполнение запросов за счет оптимальной организации таблиц, индексов, а также грамотного распределения данных между ними. Это особенно важно при работе с большими объемами данных и сложными запросами.

- **Масштабируемость и поддержка роста данных**. Проектирование учитывает возможное увеличение объема данных и нагрузки на базу данных, что позволяет предусмотреть механизмы масштабирования и обеспечить стабильную работу системы при росте данных.
- **Удобство в администрировании и поддержке**. Хорошо спроектированная база данных упрощает её дальнейшее сопровождение, добавление новых функций и поддержание в актуальном состоянии.

Т.о., проектирование базы данных — это критический этап, который позволяет создать надежную, эффективную и устойчивую систему для управления данными.

2. Этапы проектирования базы данных.

Этапы проектирования базы данных:

1. Анализ требований
2. Проектирование концептуальной модели
3. Проектирование логической модели
4. Физическое проектирование

1. Анализ требований:

Цель: понять бизнес-процессы, для которых создается база данных, и определить, какие данные необходимо хранить и обрабатывать.

Действия:

- Общение с заказчиками и пользователями для сбора информации о том, какие задачи должна решать система.
- Определение объема данных, частоты их обновления и основных операций (чтение, запись, обновление).
- Формулирование целей системы и ключевых требований, например, объем данных, скорость обработки запросов, безопасность и масштабируемость.

Результат: четкое понимание, как база данных будет поддерживать бизнес-процессы, какие данные будут обрабатываться и какие требования к ней предъявляются.

2. Проектирование концептуальной модели:

Цель: создание наглядной модели данных, которая отражает ключевые сущности и их связи без учета специфики СУБД.

Действия:

- Определение сущностей (например, "Клиент", "Заказ", "Продукт"), атрибутов (свойства сущностей, такие как имя клиента, дата заказа) и связей между сущностями.
- Создание ER-диаграммы для отображения всех сущностей, их атрибутов и связей между ними.
- Определение типов связей (один к одному, один ко многим, многие ко многим).

Результат: ER-диаграмма, которая является концептуальной моделью базы данных, предоставляющей общее представление о структуре данных.

3. Проектирование логической модели:

Цель: преобразование концептуальной модели в логическую модель, которая уже учитывает требования нормализации и особенности реляционных баз данных.

Действия:

- Преобразование сущностей из ER-диаграммы в таблицы, где каждая сущность становится таблицей, а атрибуты — полями таблицы.
- Применение нормализации для устранения избыточности данных (приведение к 1NF, 2NF, 3NF, при необходимости — BCNF).
- Определение первичных и внешних ключей для таблиц.

Результат: логическая модель базы данных, включающая структуры таблиц, ключи и связи между таблицами.

4. Физическое проектирование:

Цель: реализация логической модели на уровне конкретной СУБД с учетом производительности, безопасности и будущих изменений.

Действия:

- Выбор конкретной СУБД (например, MySQL, PostgreSQL, SQL Server), учитывая требования системы (масштабируемость, стоимость, доступные функции).
- Проектирование таблиц, включая выбор типов данных для каждого поля, с учетом их объема и типа информации (например, INT для чисел, VARCHAR для текста).
- Создание индексов для ускорения поиска и выполнения сложных запросов.
- Определение стратегии управления транзакциями и обеспечения безопасности данных.

Результат: готовая к реализации физическая структура базы данных, которая оптимизирована для выбранной СУБД и учитывает требования по производительности и надежности.

3. ER-диаграммы.

Понятие ER-диаграммы:

ER-диаграмма (Entity-Relationship диаграмма) — это графическая модель, которая используется для представления данных и взаимосвязей между ними. Она помогает проектировщикам баз данных наглядно представить структуру данных, их взаимосвязь и основные атрибуты сущностей.

Пример. ER-диаграмма. Нотация Мартина.

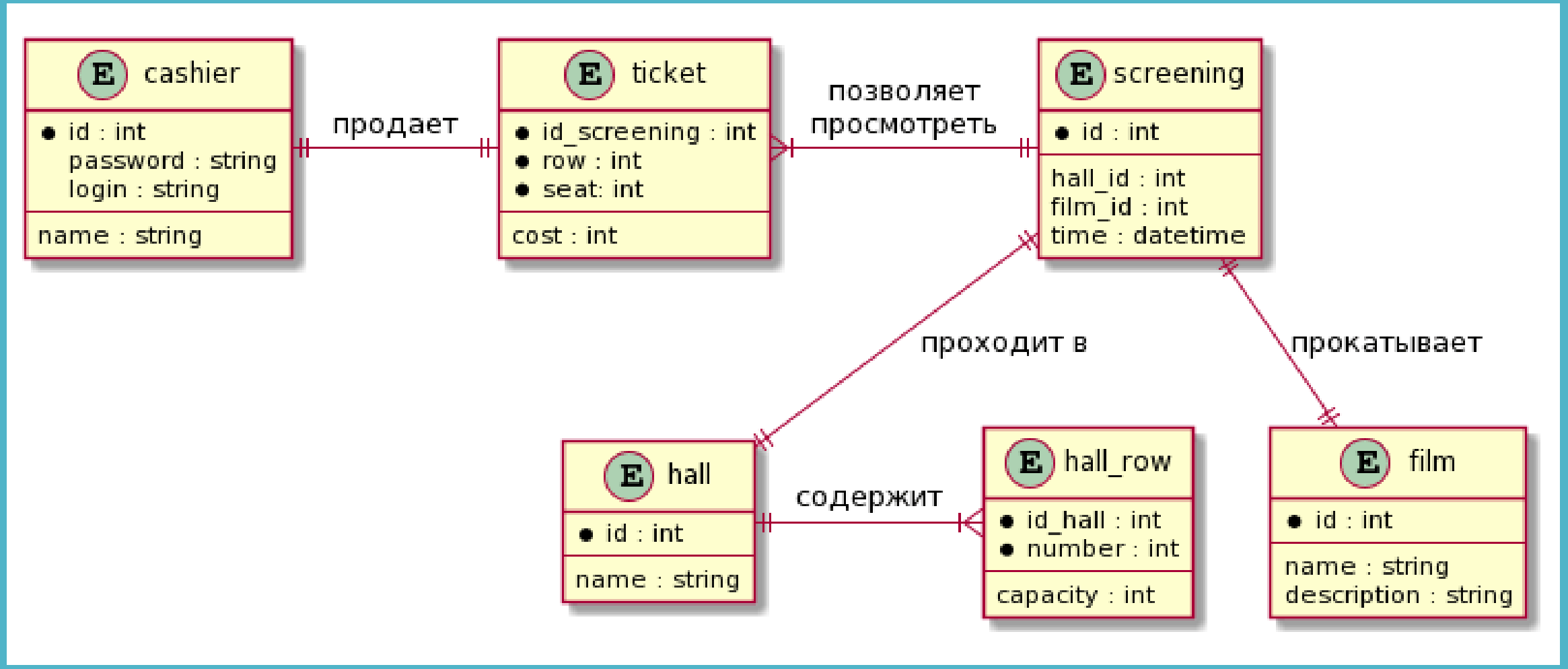
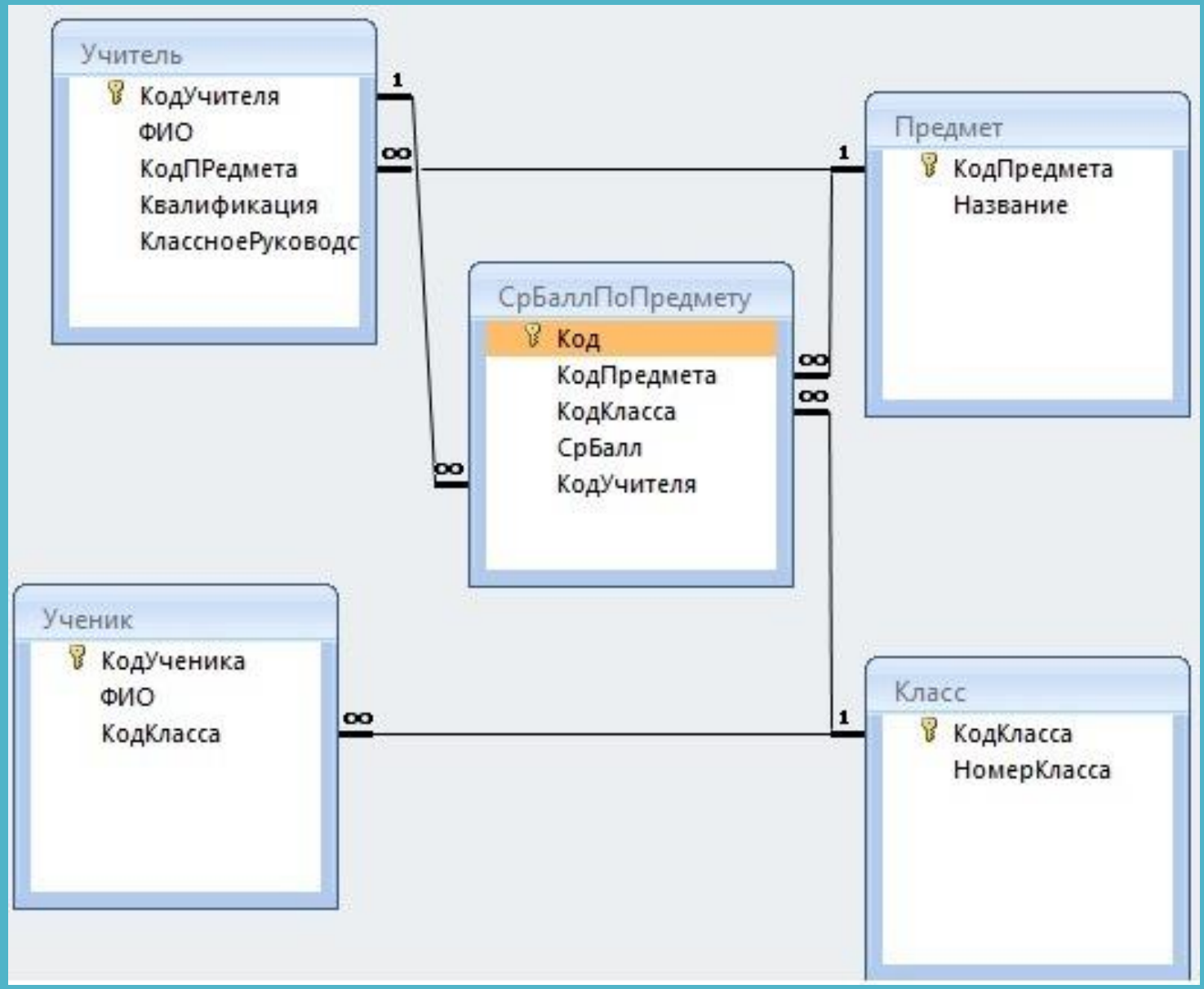


Диаграмма классов UML.



Основные элементы ER-диаграммы:

Сущности (таблицы): Объекты, для которых необходимо хранить данные. Сущности обычно представлены прямоугольниками. Примеры сущностей: "Студент", "Курс", "Преподаватель".

Атрибуты (поля): Свойства или характеристики сущности, которые содержат данные. Атрибуты находятся внутри прямоугольника класса. Примеры атрибутов для сущности "Студент": "Имя", "Дата рождения", "Номер студенческого билета".

Связи (отношения): Отражают взаимодействие или ассоциации между сущностями. Связи изображаются линиями, которые соединяют сущности. Например, связь между сущностями "Клиент" и "Заказ" может означать, что один клиент может разместить несколько заказов.

Типы связей:

- **Один к одному**. Каждая сущность A может быть связана только с одной сущностью B, и наоборот. Пример: каждый человек имеет один паспорт, и каждый паспорт принадлежит только одному человеку.
- **Один ко многим.** Одна сущность A может быть связана с несколькими сущностями B, но каждая сущность B может быть связана только с одной сущностью A. Пример: один преподаватель ведет несколько курсов, но каждый курс преподается только одним преподавателем.
- **Многие ко многим.** Несколько сущностей A могут быть связаны с несколькими сущностями B. Пример: студенты могут посещать несколько курсов, и каждый курс может быть посещён несколькими студентами.

Популярные инструменты для построения ER-диаграмм:

- **MySQL Workbench**: Интегрированная среда разработки для MySQL, которая поддерживает создание ER-диаграмм и автоматическое преобразование их в схемы базы данных. Поддерживает реверс-инжиниринг для анализа существующих баз данных.
- **Microsoft Visio**: Мощный инструмент для создания диаграмм, включая ER-диаграммы. Предлагает шаблоны для моделирования баз данных с возможностью настройки сущностей, атрибутов и связей.
- **Lucidchart**: Онлайн-инструмент для создания различных диаграмм, включая ER-диаграммы. Поддерживает совместную работу в реальном времени, шаблоны и удобный интерфейс для моделирования баз данных.
- **Draw.io** (diagrams.net): Бесплатный онлайн-инструмент для создания диаграмм, включая ER-диаграммы. Поддерживает интеграцию с Google Drive, OneDrive и другими облачными сервисами для хранения проектов.
- **dbdiagram.io**: Простое и удобное онлайн-решение для создания ER-диаграмм с поддержкой синтаксиса для описания таблиц и связей. Предлагает экспорт моделей в различные форматы, такие как SQL и PDF.
- **и другие**.

4. Оптимизация структуры БД.

Зачем нужна оптимизация?

- **Устранение избыточности.** Оптимизация помогает минимизировать повторяющиеся данные в базе, что уменьшает объем хранимой информации и снижает риск ошибок при обновлении данных.
- **Улучшение производительности.** Оптимизация ускоряет выполнение запросов, снижает нагрузку на сервер и повышает общую эффективность работы базы данных. Это особенно важно при работе с большими объемами данных или высокой частоте операций.

Методы оптимизации:

- **Выбор правильных типов данных**. Подбор оптимальных типов данных для полей таблиц позволяет сократить объем хранимой информации и ускорить обработку запросов. Например, использование типа INT вместо BIGINT для числовых полей, когда это возможно, или выбор VARCHAR с оптимальной длиной для текстовых данных. **Пример**: если поле содержит данные о возрасте, вместо использования VARCHAR лучше выбрать TINYINT, что позволит сэкономить место и ускорить обработку данных.
- **Применение индексов**. Индексы значительно ускоряют поиск и выборку данных по определённым столбцам. Однако индексы также могут замедлить операции вставки и обновления данных, поэтому их следует применять разумно. **Пример**: индексирование поля "email" в таблице "Пользователи" позволит быстрее находить пользователей по их электронной почте.

- Р**азбиение таблиц** (партиционирование). Партиционирование разделяет большие таблицы на меньшие сегменты (разделы) по определённым критериям, что ускоряет доступ к данным и упрощает управление ими. **Пример**: если таблица "Заказы" содержит данные за несколько лет, её можно разделить на части по году, что ускорит выборку данных за конкретный период.
- **Применение внешних ключей** для поддержания ссылочной целостности. Внешние ключи обеспечивают связь между таблицами и помогают поддерживать целостность данных, предотвращая создание «осиротевших» записей (например, заказов, связанных с несуществующими клиентами). **Пример**: связь между таблицами "Заказы" и "Клиенты", где внешний ключ в "Заказы" указывает на первичный ключ в "Клиенты", обеспечивает, что каждая запись о заказе всегда связана с существующим клиентом.

5. Нормализация данных.

Нормализация — это процесс организации структуры базы данных, направленный на минимизацию избыточности данных и предотвращение аномалий при обновлении, удалении или добавлении данных.

Нормализация разбивает большие, дублирующиеся таблицы на более маленькие связанные таблицы, что делает базу данных более логичной и управляемой.

Роль нормализации: Нормализация играет ключевую роль в проектировании базы данных, обеспечивая, что структура данных будет соответствовать принципам правильного хранения и организации. Она помогает предотвратить избыточное хранение данных и ошибки при обновлении информации, делая базы данных гибкими и согласованными.

Цели нормализации:

- **Устранение избыточности данных.** Избыточные данные занимают лишнее место и могут привести к несогласованным записям. Нормализация помогает избежать дублирования, распределяя данные по нескольким связанным таблицам. Например, вместо хранения информации о клиенте в каждой записи о заказе, создается отдельная таблица клиентов, на которую ссылаются заказы.
- **Обеспечение целостности данных.** Нормализация позволяет поддерживать целостность данных, то есть гарантирует, что данные всегда будут корректными и непротиворечивыми. Это достигается за счет четкой структуры и разделения данных по смысловым категориям. Например, если номер клиента изменяется, достаточно обновить информацию в одной таблице, а не во всех связанных таблицах.
- **Улучшение производительности запросов.** Хотя нормализация изначально направлена на структурную целостность, в некоторых случаях она также может способствовать улучшению производительности запросов, особенно при работе с обновлениями и удалением данных. Меньшие таблицы с четкими связями позволяют быстрее выполнять выборки данных и избегать лишних операций.

Пример избыточных и несогласованных данных:

Customers			
id	**email**	**name**	**city**
1	ivanoff@bk.ru	Иванов	Алматы
2	sidorov@gmail.com	Сидоров	Алма-Ата
3	dtepanof@ya.ru	Степанова	Алмата
4	egorova@list.ru	Егорова	Almaty
5	petrovv@gmail.com	Петров	Астана
6	zuev@bk.com	Зуев	Актау

Пример без избыточных и несогласованных данных:

Customers			
id	**email**	**name**	**city_id**
1	ivanoff@bk.ru	Иванов	1
2	sidorov@gmail.com	Сидоров	1
3	dtepanof@ya.ru	Степанова	1
4	egorova@list.ru	Егорова	1
5	petrovv@gmail.com	Петров	2
6	zuev@bk.com	Зуев	3

Cities	
id	**title**
1	Алматы
2	Астана
3	Актау

6. Нормальные формы.

В теории нормализации данных существует несколько нормальных форм, которые используются для улучшения структуры базы данных. Основные нормальные формы включают:

1. Первая нормальная форма (1NF) — Гарантирует, что все данные в таблице атомарны (неделимы).
2. Вторая нормальная форма (2NF) — Устраняет частичные зависимости от первичного ключа, обеспечивая, что каждый неключевой атрибут полностью зависит от всего первичного ключа.
3. Третья нормальная форма (3NF) — Устраняет транзитивные зависимости, обеспечивая, что все неключевые атрибуты зависят только от первичного ключа и не зависят друг от друга.
4. Бойс-Кодд нормальная форма (BCNF) — Дополняет 3NF, устраняя случаи, когда определение функциональных зависимостей нарушает целостность данных, хотя она уже находится в 3NF.
5. Четвертая нормальная форма (4NF) — Устраняет многозначные зависимости, обеспечивая, что каждая независимая многозначная зависимость должна находиться в отдельной таблице.
6. Пятая нормальная форма (5NF) — Устраняет случаи, когда таблица может быть разделена на несколько таблиц, не теряя информацию о связях между данными, и предотвращает проблемы с проекцией данных.
7. Шестая нормальная форма (6NF) — Используется для обработки временных зависимостей и изменения данных, которые могут быть разделены по времени.

На практике чаще всего рассматривают первые три нормальные формы. Почему?

- **Практическая применимость.** 1NF, 2NF и 3NF покрывают большинство случаев в проектировании баз данных и решают основные проблемы избыточности и целостности данных, что делает их достаточными для большинства бизнес-приложений.
- **Сложность и избыточность.** BCNF и 4NF и последующие нормальные формы предназначены для более специализированных случаев и могут вводить дополнительную сложность, которая не всегда оправдана в реальных приложениях. Например, 4NF и 5NF часто применяются в теоретических исследованиях или очень сложных системах, где многозначные зависимости и проектирование данных играют ключевую роль.

Первая нормальная форма (1NF).

Определение: Таблица находится в первой нормальной форме, если все её поля содержат только **атомарные** (неделимые) значения и каждая ячейка содержит только одно значение.

Требования:

- Каждое поле таблицы должно содержать только **одно значение** (например, не должно быть списков или наборов значений в одной ячейке).
- Каждая строка таблицы должна быть **уникальной**, что достигается использованием первичного ключа.

Пример. Таблица, содержащая информацию о студентах и их курсах:

Students_Courses		
id	**name**	**courses**
1	Иванов	Python, Java
2	Сидоров	Python, CSharp

Students_Courses		
id	**name**	**courses**
1	Иванов	Python
2	Иванов	Java
3	Сидоров	Python
4	Сидоров	CSharp

Вторая нормальная форма (2NF).

Определение: Таблица находится во второй нормальной форме, если она уже находится в 1NF и все неключевые атрибуты полностью функционально зависят от всего первичного ключа.

Требования:

- Таблица должна быть в 1NF.
- Все атрибуты, не входящие в первичный ключ, должны **зависеть** от всего первичного ключа, а не от его части.

Пример. Таблица с данными о студентах и их факультетах:

Students_faculties			
Student_ID	StudentName	faculty	Dean_of_th_Faculty
1	Иванов	программирование	ДТН Егорова
2	Сидоров	кибербезопасность.	КТН Петров
3	Степанова	робототехника	КТН Зуев

Поле **Dean_of_th_Faculty** (декан факультета) зависит только от **Faculty** (Факультет), а не от первичного ключа. Это означает, что знание **Faculty** позволяет определить **Dean_of_th_Faculty**, независимо от значения StudentID.

Преобразование в 2NF. Для приведения таблицы в 2NF нужно устранить частичные зависимости и разделить данные на несколько таблиц:

Students_faculties		
Student_ID	StudentName	faculty
1	Иванов	программирование
2	Сидоров	кибербезопасность.
3	Степанова	робототехника

faculties	
faculty	Dean_of_th_Faculty
программирова	ДТН Егорова
кибербезопасно	КТН Петров
робототехника	КТН Зуев

Пример. Таблица с данными о заказах:

Orders			
OrderID	**ProductID**	**ProductName**	**Quantity**
1	101	Widget	10
1	102	Gadget	5
2	101	Widget	20

В данной таблице первичный ключ составной, состоящий из двух полей: OrderID и ProductID.

Поле ProductName зависит только от ProductID, а не от всего первичного ключа (OrderID и ProductID).

Это означает, что знание ProductID позволяет определить ProductName, независимо от значения OrderID.

Из-за этой частичной зависимости данные о продукте (например, ProductName) повторяются для каждого заказа, в котором этот продукт появляется.

Если название продукта изменится, его нужно будет обновить в каждой строке таблицы, что может привести к ошибкам и несогласованности.

Чтобы привести таблицу в 2NF, нужно устранить частичные зависимости и разделить данные на несколько таблиц:

Orders		
OrderID	ProductID	Quantity
1	101	10
1	102	5
2	101	20

Products	
ProductID	ProductName
101	Widget
102	Gadget

Третья нормальная форма (3NF).

Определение: Таблица находится в третьей нормальной форме, если она уже находится во 2NF и все неключевые атрибуты не зависят транзитивно от первичного ключа.

Требования:

- Таблица должна быть в 2NF.
- Никакой неключевой атрибут не должен зависеть от другого неключевого атрибута.

Предположим, у нас есть таблица с информацией о сотрудниках и их проектах:

Projects				
EmployeeID	EmployeeName	ProjectID	ProjectName	ProjectManager
1	John Doe	101	Alpha	Sarah Lee
1	John Doe	102	Beta	Mike Brown
2	Jane Smith	101	Alpha	Sarah Lee
3	Alice Johnson	103	Gamma	Emma Davis

Нарушение 3NF: Третья нормальная форма требует, чтобы все неключевые атрибуты зависели только от первичного ключа и не имели транзитивных зависимостей.

В этом примере, ProjectManager транзитивно зависит от EmployeeID, через ProjectID и ProjectName.

Чтобы привести таблицу в 3NF, нужно устранить транзитивные зависимости и разделить данные на несколько таблиц:

EmployeeProjects	
EmployeeID	ProjectID
1	101
1	102
2	101
3	103

Projects		
ProjectID	ProjectName	ProjectManager
101	Alpha	Sarah Lee
102	Beta	Mike Brown
103	Gamma	Emma Davis

Пошаговое преобразование базы данных от 1NF до 3NF на конкретном примере базы данных магазина:

Orders					
OrderID	CustomerName	Product	Quantity	Price	CustomerAddress
1	Иван Иванов	Товар1	2	200	Адрес1
1	Иван Иванов	Товар2	1	100	Адрес1
2	Петр Петров	Товар1	1	200	Адрес2

Приведение к 2NF. 2NF требует устранения частичных зависимостей. Мы разделяем таблицу на две:

Orders		
OrderID	CustomerName	CustomerAddress
1	Иван Иванов	Адрес1
2	Петр Петров	Адрес2

OrderDetails			
OrderID	Product	Quantity	Price
1	Товар1	2	200
1	Товар2	1	100
2	Товар1	1	200

3NF требует устранения транзитивных зависимостей. Добавляем таблицы для клиентов и продуктов:

Customers		
CustomerID	CustomerName	CustomerAddress
1	Иван Иванов	Адрес1
2	Петр Петров	Адрес2

Products		
ProductID	ProductName	Price
1	Товар1	200
2	Товар2	100

Orders	
OrderID	CustomerID
1	1
2	2

OrderDetails		
OrderID	ProductID	Quantity
1	1	2
1	2	1
2	1	1

Пример проектирования БД для онлайн-магазина:

1. Анализ требований

На этапе анализа требований проводится сбор данных о том, как будет использоваться база данных, какие процессы она должна поддерживать, и какие данные должны храниться.

В нашем случае цель — разработать базу данных для интернет-магазина, которая должна:

- Хранить информацию о продуктах (название, категория, цена, описание).
- Хранить данные о клиентах (имя, email, телефон).
- Хранить заказы клиентов (заказ, продукты в заказе, дата заказа).
- Обеспечивать целостность данных и эффективные запросы для выполнения основных операций (просмотр товаров, создание заказов и т. д.).

2. Проектирование концептуальной модели

2.1 Определение сущностей и атрибутов

Сущности — это ключевые объекты в системе. В нашем случае выделим три основные сущности:

- Product (Продукт) — продукт, продаваемый в интернет-магазине.
- Customer (Клиент) — человек, совершающий покупку.
- Order (Заказ) — заказ, который делает клиент.

Для каждой сущности определяются основные атрибуты:

- Product: ProductID, ProductName, Category, Price, Description.
- Customer: CustomerID, Name, Email, Phone.
- Order: OrderID, OrderDate, CustomerID (ссылка на сущность Customer), ProductID (ссылка на сущность Product), Quantity.

2.2 Определение связей

Связь между Customer и Order: один клиент может сделать много заказов. Связь «Один ко многим».

Связь между Order и Product: один заказ может содержать много продуктов, и один продукт может входить в разные заказы. Связь «Многие ко многим».

2.3 Построение ER-диаграммы (Entity-Relationship диаграмма)

На ER-диаграмме сущности изображаются в виде прямоугольников, атрибуты внутри прямоугольников, а связи — в виде линий.

8. Типы связей между таблицами.

Типы связей между таблицами в базе данных описывают, как данные в одной таблице связаны с данными в другой таблице.

Понимание этих связей необходимо для правильного проектирования структуры базы данных и организации данных.

Основные типы связей:

- Связь "Один-к-одному" (One-to-One)
- Связь "Один-ко-многим" (One-to-Many)
- Связь "Многие-ко-многим" (Many-to-Many)

Связи между отношениями

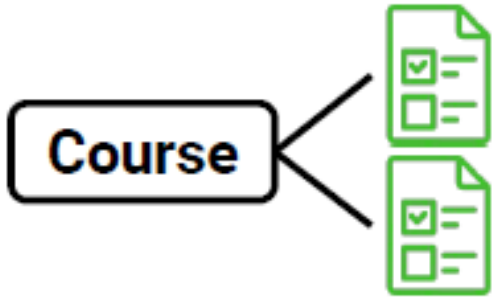
Типы связей

один к одному

пользователь и дополнительная информация о нём

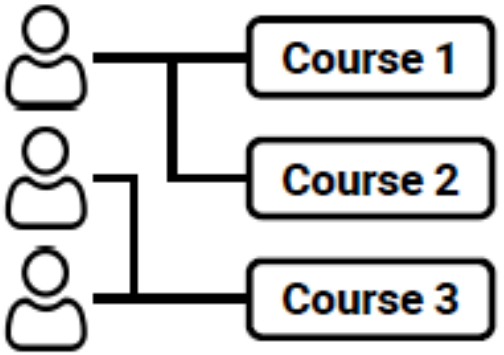
один ко многим

домашние задания на курсе



многие ко многим

пользователи и курсы



> Связи, как и первичный ключ, можно попросить контролировать СУБД.
> Для этого используется ограничение **foreign key**.

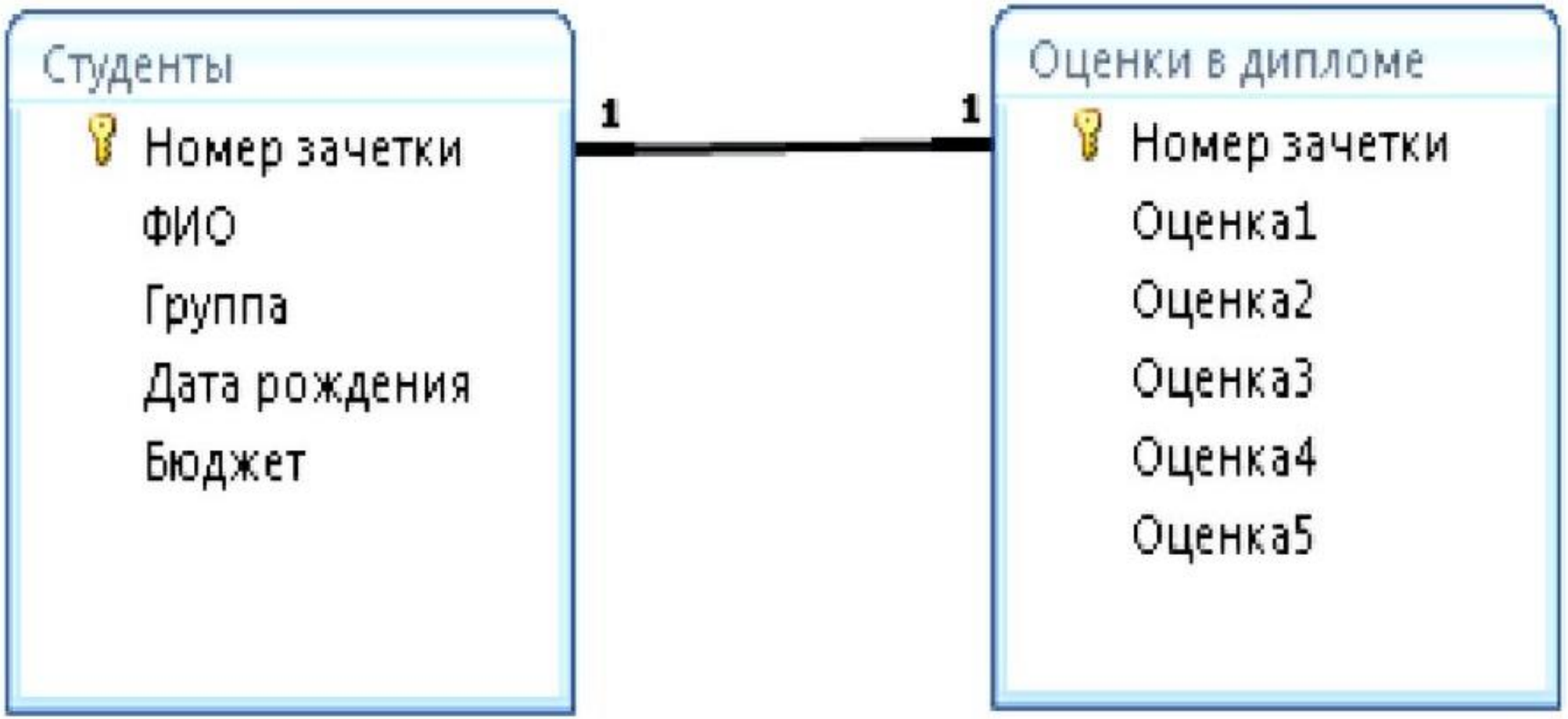
Связь "Один-к-одному" (One-to-One)

Определение: Каждый элемент в одной таблице связан не более чем с одним элементом в другой таблице, и наоборот.

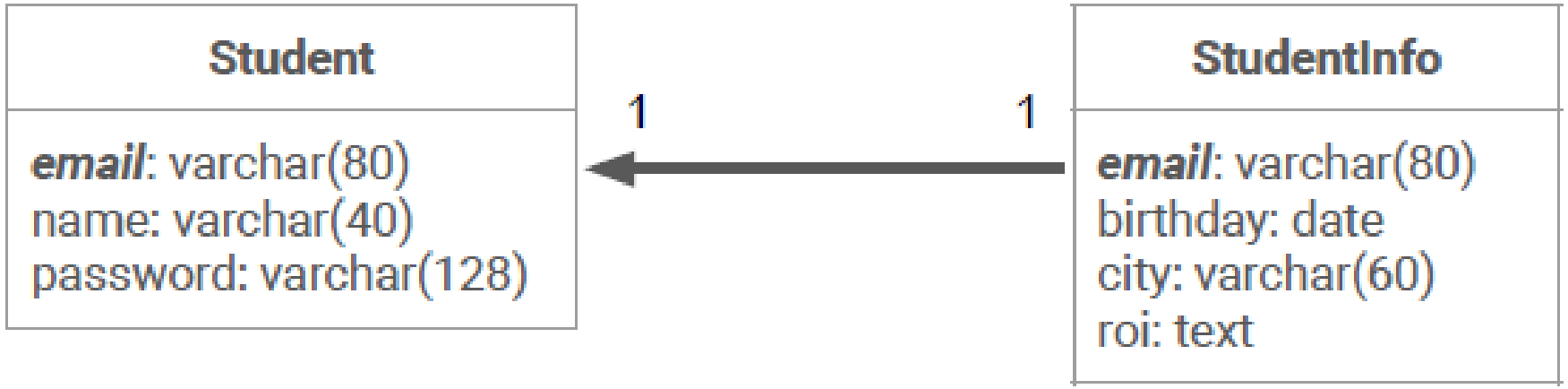
Пример: В базе данных о сотрудниках и их паспортных данных можно иметь таблицу Employees (Сотрудники) и таблицу Passports (Паспорта), где каждый сотрудник имеет один уникальный паспорт, а каждый паспорт относится к одному сотруднику.

Реализация: Связь может быть реализована через внешний ключ в одной из таблиц, который ссылается на первичный ключ другой таблицы. В некоторых случаях можно объединить обе таблицы в одну, если данные тесно связаны и не требуют разделения.

Связь один к одному

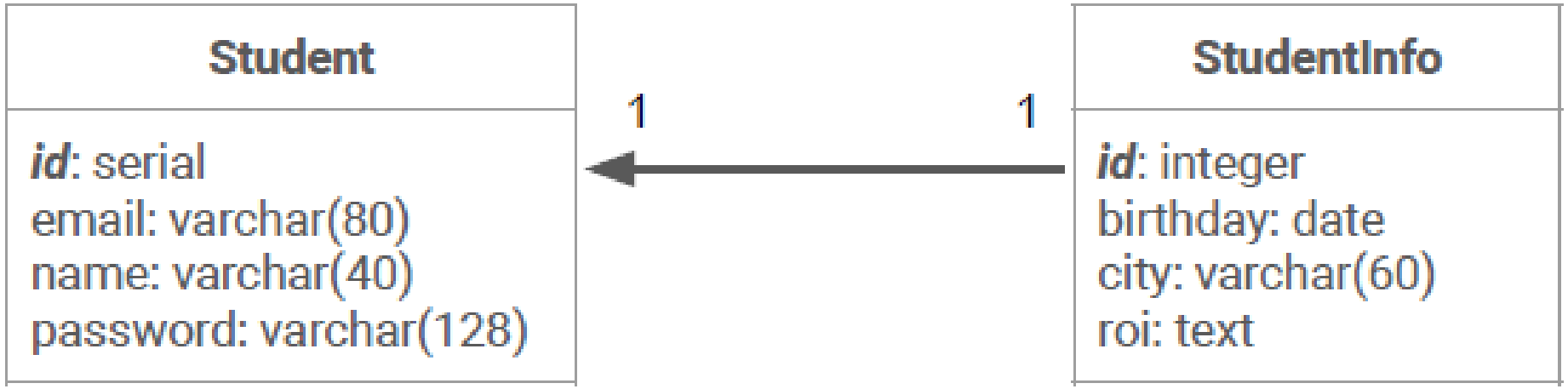


Связываем студента и дополнительную информацию о нём.




```
create table if not exists Student (
     email varchar(80) primary key,
     name varchar(40) not null,
     password varchar(128) not null
);

create table if not exists StudentInfo (
     email varchar(80) primary key references Student(email),
     birthday date,
     city varchar(60),
     roi text
);
```




```
create table if not exists Student (
     id serial primary key,
     email varchar(80) unique not null,
     name varchar(40) not null,
     password varchar(128) not null
);

create table if not exists StudentInfo (
     id integer primary key references Student(id),
     birthday date,
     city varchar(60),
     roi text
);
```

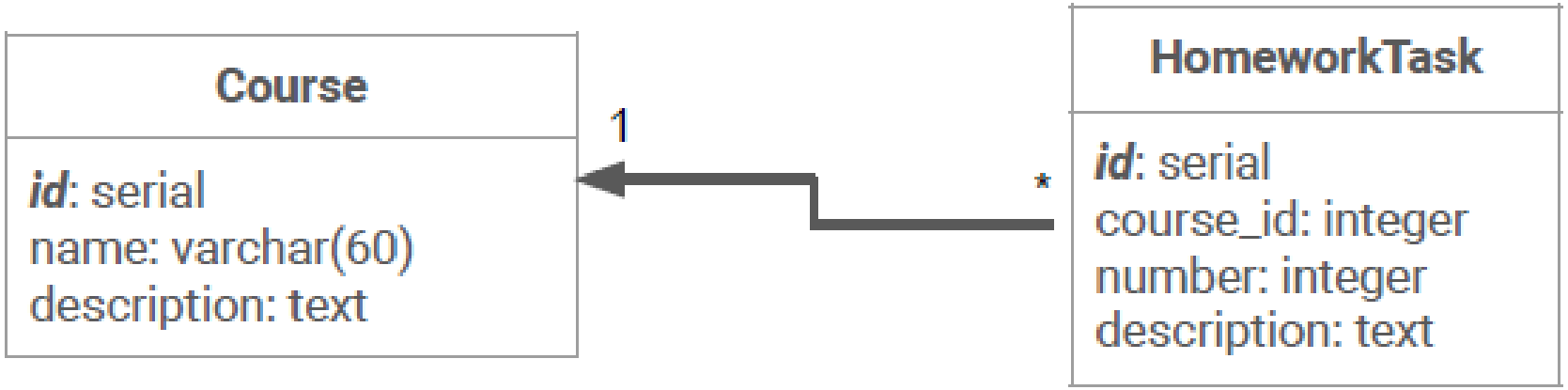
Связь "Один-ко-многим" (One-to-Many)

Определение: Один элемент в одной таблице может быть связан с несколькими элементами в другой таблице, но каждый элемент в другой таблице связан только с одним элементом в первой таблице.

Пример: В базе данных интернет-магазина одна таблица Customers (Клиенты) может быть связана с несколькими записями в таблице Orders (Заказы), так как один клиент может сделать много заказов, но каждый заказ связан с конкретным клиентом.

Реализация: В таблице, представляющей "многие" (например, Orders), используется внешний ключ, который ссылается на первичный ключ в таблице "один" (например, Customers).

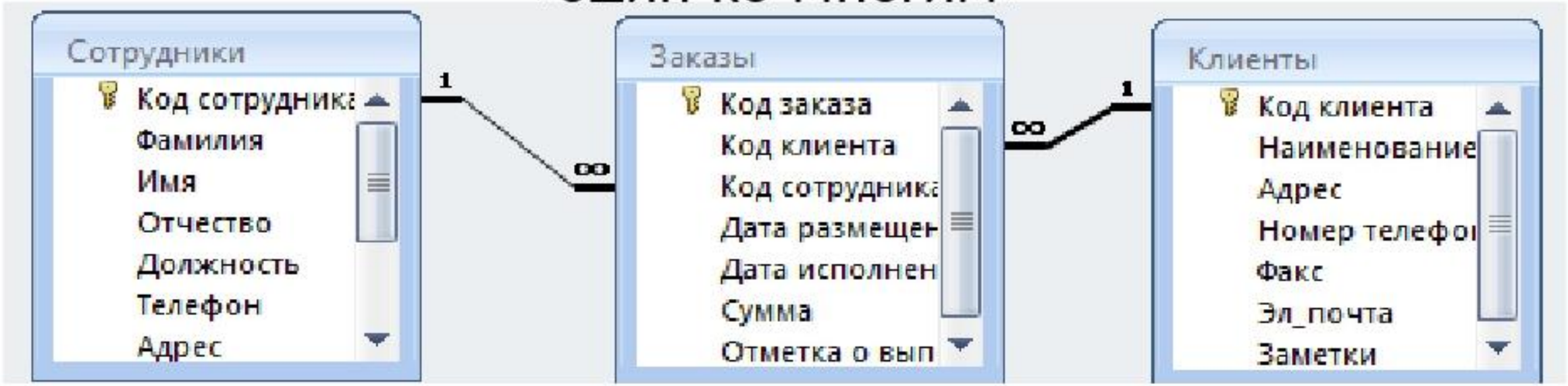
Связываем описание домашних заданий с курсами, к которым они относятся.




```
create table if not exists Course (
     id serial primary key,
     name varchar(60) not null,
     description text
);

create table if not exists HomeworkTask (
     id serial primary key,
     course_id integer not null references Course(id),
     number integer not null,
     description text not null
);
```

«один-ко-многим»



- Связь на схеме данных они отображаются в виде соединительных линий со специальными значками около таблиц: **«1»** вблизи главной таблицы (имеющей первичный ключ) и **«∞»** вблизи подчиненной таблицы (имеющей внешний ключ).

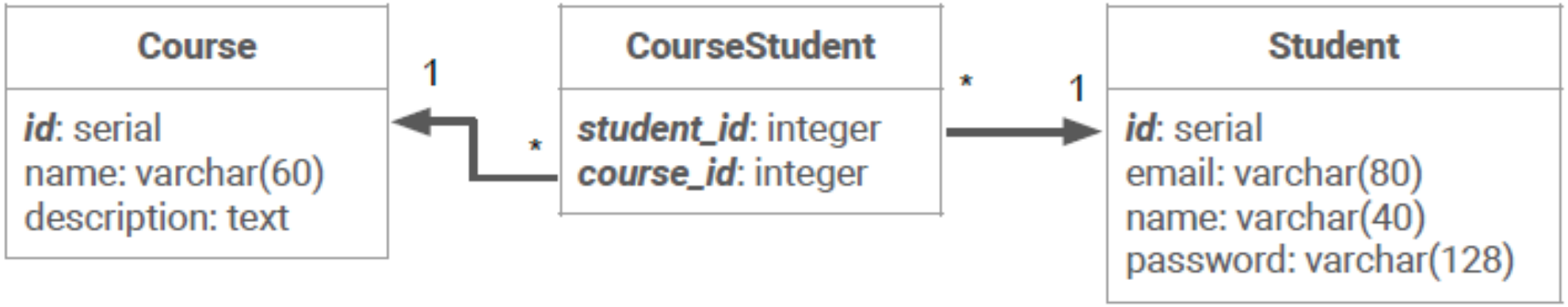
3. Связь "Многие-ко-многим" (Many-to-Many)

Определение: Один элемент в первой таблице может быть связан с несколькими элементами в другой таблице, и наоборот.

Пример: В учебной базе данных один студент может записаться на несколько курсов, а каждый курс может включать нескольких студентов. В этом случае связь между таблицами Students (Студенты) и Courses (Курсы) будет "многие-ко-многим".

Реализация: Для реализации такой связи требуется создание промежуточной таблицы (часто называемой таблицей связи или junction table), которая содержит внешние ключи, ссылающиеся на первичные ключи из обеих таблиц. Например, таблица StudentCourses может содержать два поля: StudentID и CourseID, которые будут ссылаться на соответствующие таблицы.

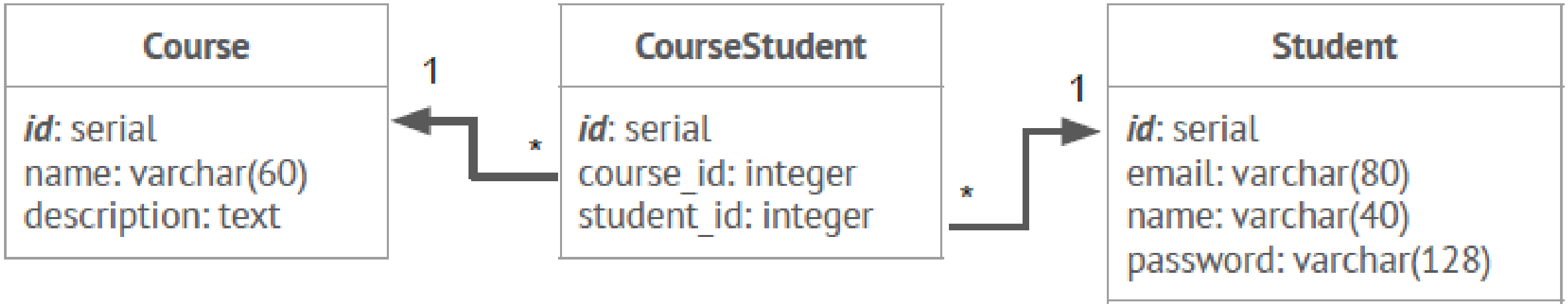
Связываем студентов и курсы, на которые они записаны.




```
create table if not exists CourseStudent (
     course id integer references Course(id),
     student id integer references Student(id),
     constraint pk primary key (course_id, student_id)
);
```

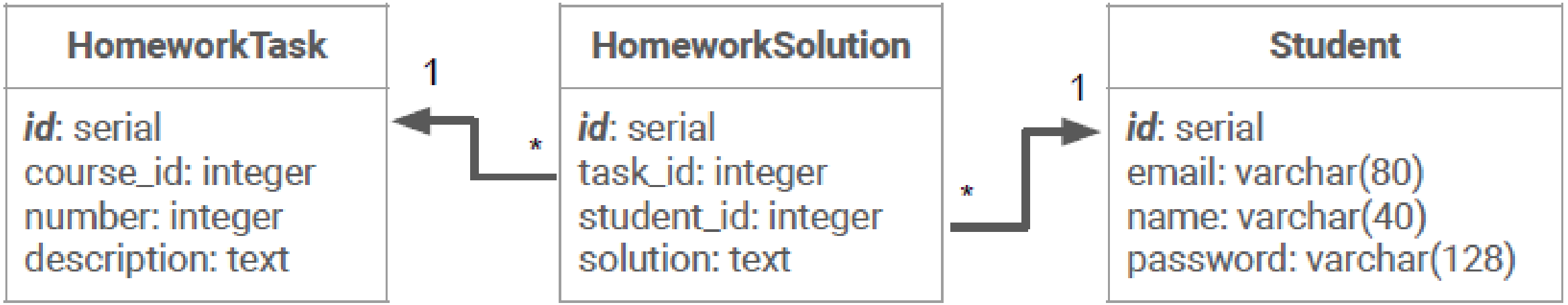
student_id	course_id
1 (Вова)	1 (Python)
1 (Вова)	2 (Java)
2 (Дима)	1 (Python)

Многие ко многим. Вариант 2




```
create table if not exists CourseStudent (
     id serial primary key,
     course_id integer not null references Course(id),
     student_id integer not null references Student(id)
);
```

Связываем студента и домашние работы, которые он отправил в систему.




```
create table if not exists HomeworkSolution (
      id serial primary key,
      task_id integer not null references HomeworkTask(id),
      student_id integer not null references Student(id),
      solution text not null
);
```

Контрольные вопросы:

- Что такое нормализация и какова её основная цель?
- Какие этапы включает в себя проектирование базы данных?
- Что такое ER-диаграмма и какие элементы она включает?
- Какие существуют нормальные формы и чем они отличаются друг от друга?
- Почему важно определять первичные и внешние ключи в таблицах?
- Как нормализация помогает устранить избыточность данных?
- Что такое транзитивные зависимости и как их устраняют в процессе нормализации?
- Какую роль играют индексы в оптимизации базы данных?
- Как ER-диаграммы используются в процессе проектирования базы данных?
- Какие типы связей между таблицами вы знаете и как они отражаются в ER-диаграммах?

Список литературы:

1. В. Ю. Кара-ушанов SQL — язык реляционных баз данных
2. А. Б. ГРАДУСОВ. Введение в технологию баз данных
3. А.Мотеев. Уроки MySQL