

Реляционная модель данных

ЛЕКЦИЯ №4

Вопросы

1. Основные определения
2. Представление сущностей и связей в отношениях
3. Преобразование отношений
4. Нормальные формы отношений
5. Реляционные операции

Модель данных

- Определяет абстракцию данных для приложений.
- Включает:
 - структуры данных;
 - операции;
 - зависимости;
 - ограничения.

Концептуальные модели данных

- иерархическая;
- сетевая;
- реляционная;
- объектно-реляционная.

Реляционная модель

- Первые публикации: 1969-1971 годы.
- Интенсивное развитие теории: 1970-е годы.
- Ранние попытки реализации: 1978 год.
- Стандарт SQL: 1986 год.
- Эффективные реализации SQL: 1990 год.

Структура реляционной модели

- Таблицы.
- Столбцы — атрибуты.
- Строки — данные.
- Шапка таблицы — имена атрибутов.

Пример: представление данных

Номер зачетки	ФИО студента	Номер группы
45477	Бусыгин Вячеслав	441
44676	Дубова Алина	646
44674	Зареков Михаил	646
46575	Федоров Никита	341

Структуры данных

- Домены — множества, элементы которых рассматриваются как скалярные значения.
- Отношения — предикаты, заданные на прямом произведении доменов.
- Атрибуты — аргументы отношений.

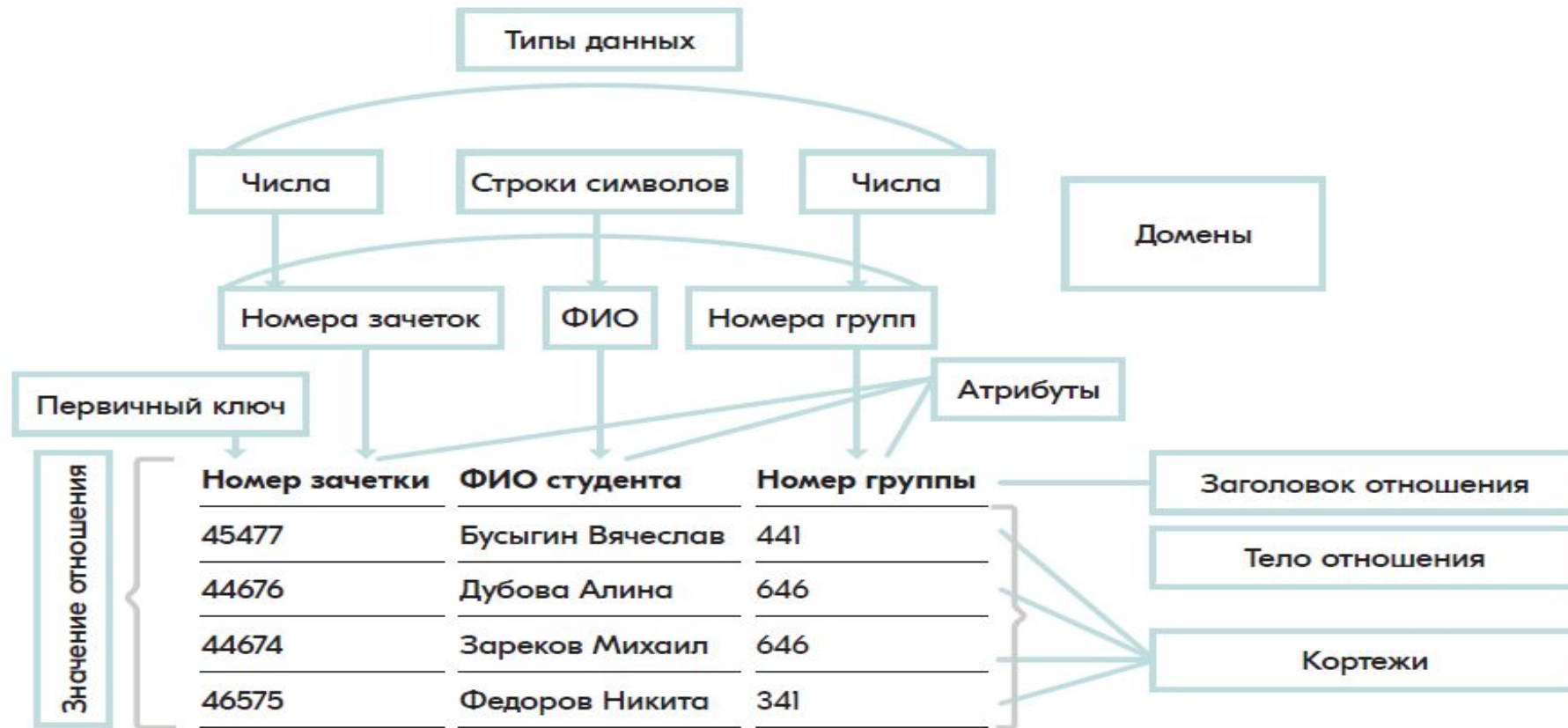
Обозначения реляционной алгебры

- Домены D_1, D_2, \dots, D_n
- Атрибуты A_1, A_2, \dots, A_n
- Кортежи $t = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle, a_i \in D_i$
- Формально $R \subset D_1 \times D_2 \dots D_n$

Терминология

- Экземпляр — конкретное наполнение базы данных.
- Конкретное наполнение таблицы — тело отношения.
- Совокупность атрибутов отношения — заголовок отношения (схема).
- Заголовок + тело = значение отношения.
- Строка таблицы — кортеж.

Пример



Типы данных атрибутов:

- Символьный;
- битовый;
- точные числа;
- округленные числа;
- денежный;
- дата/время;
- интервал.

Сущности

- Сущности — таблицы.
- Имя сущности — имя отношения.
- Атрибут — столбец.
- Уникальный идентификатор сущности — ключ отношения.

Преобразование сущности в таблицу



Номер зачетки	ФИО студента	Номер группы
45477	Бусыгин Вячеслав	441
44676	Дубова Алина	646
44674	Зареков Михаил	646
46575	Федоров Никита	341

Ключ

- **Возможный ключ** — минимальный набор атрибутов, от которого функционально зависят все остальные.
- **Первичный ключ** — один из возможных ключей.
- **Ключевые атрибуты** — атрибуты, входящие в состав возможного ключа.

СВЯЗИ

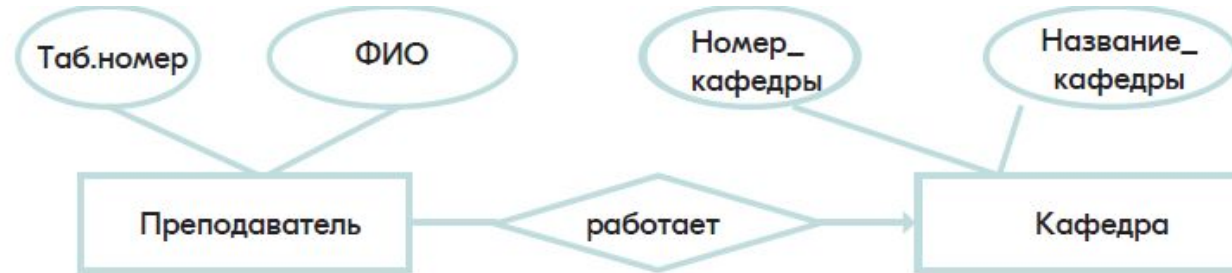
- Связи хранятся в отношениях.
- Схема отношения составляется из ключевых атрибутов объектов, участвующих в связи, и атрибутов самой связи (если такие есть).

Связи 1 : 1



Название	Юридический адрес	ИНН	ФИО ректора

Связи 1 : N



Кафедра

Номер_кафедры	Название_кафедры
1	Кафедра информационно-аналитических систем
2	Кафедра системного программирования

Преподаватель

Табельный_номер	ФИО	Номер_кафедры
457889	Михайлова Елена Георгиевна	1
455888	Графеева Наталья Генриховна	1
437878	Терехов Андрей Николаевич	2
437566	Новиков Борис Асенович	1

Слабые сущности



Сотрудник

Табельный_номер

ФИО

Адрес

Табельный_номер

Улица

Дом

Связи M : N



Предмет	Код_предмета	Название_предмета	
	1	Базы данных	
	2	Математическая физика	
Студент	Номер зачетки	ФИО	Номер группы
	45477	Бусыгин Вячеслав	441
	46575	Никита Федоров	341
Результаты экзаменов	Код предмета	Номер_зачетки	Отметка
	1	46575	5
	2	46575	4

«Плохие» отношения – пример 1:

Группы

Группа	Список группы
341	(5556, Федоров Никита); (5677,Шпар Софья);(5674, Пашкова Мария);...
441	(4677, Бусыгин Вячеслав); (4645, Лучков Александр); (4536, Кривоносова Нина);...
646	(3788, Дубова Алина); (3745,Заречев Михаил); (3755,Черняев Андрей);...

«Плохие» отношения – пример 2:

Товары и фирмы

Название фирмы	Адрес	Телефон	Товар	Цена (руб.)
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Винт большой	3
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Винт маленький	5
Винты-гайки	Ул.Ленина, 1	333-33-33	Винт	4
Стройтовары	Стройбаза № 1	444-44-44	Саморез	2
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Саморез	3

«Плохие» отношения – пример 3:

Студенты и предметы

Номер зачетки	ФИО студента	Номер группы	Предмет	Преподаватель
3677	Баринов Петр	646	алгебра	Иванов И.И.
3788	Дубова Алина	646	алгебра	Иванов И.И.
3788	Дубова Алина	646	геометрия	Ткач П.П.
3433	Чудин Андрей	112	физика	Сидоров А.А.
4536	Кривоносова Нина	441	геометрия	Никитенко В.М.

Недостатки «плохих» отношений:

- трудности с извлечением некоторых данных;
- избыточность;
- аномалии изменения;
- аномалии удаления;
- аномалии добавления.

Неатомарные значения

Группа

Группа	Список группы
341	(5556, Федоров Никита); (5677,Шпар Софья); (5674, Пашкова Мария); ...
441	(4677, Бусыгин Вячеслав); (4645, Лучков Александр); (4536, Кривоносова Нина); ...
646	(3788, Дубова Алина); (3745,Заречев Михаил); (3755,Черняев Андрей); ...

Как можно избавиться от неатомарных значений в отношении Группы?

Группа

Группа	Номер зачетки	ФИО студента
341	5556	Федоров Никита
341	5677	Шпар Софья
341	5674	Пашкова Мария
441	4677	Бусыгин Вячеслав
441	4645	Лучков Александр
441	4536	Кривоносова Нина
646	3788	Дубова Алина
646	3745	Заречев Михаил
646	3755	Черняев Андрей

Что плохого в таблице Товары и фирмы?

В отношении Товары и фирмы:

- Название фирмы → Адрес, Телефон;
- Название фирмы, Товар → Цена.

Название фирмы	Адрес	Телефон	Товар	Цена (руб.)
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Винт большой	3
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Винт маленький	5
Винты-гайки	Ул.Ленина, 1	333-33-33	Винт	4
Стройтовары	Стройбаза № 1	444-44-44	Саморез	2
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Саморез	3

Функциональные зависимости

- $R \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
- $X, Y \subset \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
- $X \rightarrow Y$, если любому значению X соответствует в точности одно значение Y

В отношении Товары и фирмы:

- Название фирмы \rightarrow Адрес, Телефон;
- Название фирмы, Товар \rightarrow Цена.

Ключ

- Ключ — минимальный набор атрибутов, который функционально определяет все остальные.
- $R \{A_1, A_2, \dots, A_n\}, X \subset \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
- $X \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$ для $\forall Y \subset X \ Y \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$

Полная функциональная зависимость

- Y полностью функционально зависит от X , если Y функционально зависит от всех атрибутов, входящих в состав X , а не от какой-то его части.
- В отношении Товары и фирмы:
 - Название фирмы, Товар \rightarrow Цена
(полная функциональная зависимость);
 - Название фирмы, Товар \rightarrow Адрес, Телефон
(неполная функциональная зависимость).

Как преобразовать отношение Товары и фирмы?

Товары и фирмы

Название фирмы	Адрес	Телефон	Товар	Цена (руб.)
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Винт большой	3
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Винт маленький	5
Винты-гайки	Ул.Ленина, 1	333-33-33	Винт	4
Стройтовары	Стройбаза № 1	444-44-44	Саморез	2
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99	Саморез	3

Разбить на два отношения

Фирма

Название фирмы	Адрес	Телефон
Чижиков & Со	Уткин проезд, 5	999-99-99
Винты-гайки	Ул.Ленина, 1	333-33-33
Стройтовары	Стройбаза № 1	444-44-44

Товар

Название фирмы	Товар	Цена (руб.)
Чижиков & Со	Винт большой	3
Чижиков & Со	Винт маленький	5
Винты-гайки	Винт	4
Чижиков & Со	Гайка	1
Стройтовары	Саморез	2
Чижиков & Со	Саморез	3

Транзитивные зависимости

Функциональная зависимость $A \rightarrow C$ называется транзитивной, если существует такой атрибут B , что имеются функциональные зависимости $A \rightarrow B$ и $B \rightarrow C$ и отсутствует функциональная зависимость $C \rightarrow A$.

Пример транзитивной зависимости

Транзитивные функциональные зависимости в отношении Студенты и предметы:

- Номер зачетки \rightarrow Группа;
- Группа, Предмет \rightarrow Преподаватель.
- Номер зачетки, Предмет \rightarrow Группа, Предмет \rightarrow Преподаватель.

Как преобразовать отношение Студенты и предметы?

Студенты и предметы

Номер зачетки	ФИО студента	Номер группы	Предмет	Преподаватель
3677	Баринов Петр	646	алгебра	Иванов И.И.
3788	Дубова Алина	646	алгебра	Иванов И.И.
3788	Дубова Алина	646	геометрия	Ткач П.П.
3433	Чудин Андрей	112	физика	Сидоров А.А.
4536	Кривоносова Нина	441	геометрия	Никитенко В.М.

Разбить на две таблицы

Студент

Номер зачетки	ФИО студента	Номер группы	Предмет
3677	Баринов Петр	646	алгебра
3788	Дубова Алина	646	алгебра
3788	Дубова Алина	646	геометрия
3433	Чудин Андрей	112	физика
4536	Кривоносова Нина	441	геометрия

Группа-предмет-преподаватель

Номер группы	Предмет	Преподаватель
646	алгебра	Иванов И.И.
646	геометрия	Ткач П.П.
112	физика	Сидоров А.А.
441	геометрия	Никитенко В.М.

Декомпозиция

Декомпозиция — это разбиение на множества, возможно, пересекающиеся, такие, что их объединение — это исходное отношение.

1 НФ

- 1-я нормальная форма (НФ) – атрибуты отношения не являются составными.

Нарушения 1 НФ:

- Фирма, {Город, Улица, Дом}, Товар.
- Имя {Телефон1, Телефон2...}.

2 НФ

- 2-я нормальная форма = 1 НФ + любой атрибут, не являющийся первичным, полностью зависит от любого его ключа, но не от подмножества ключа.
- Атрибут называется первичным, если входит в состав любого возможного ключа.

Пример: 2 НФ

T(Универмаг, Товар, Номер отдела, Заведующий)

Зависимости:

Универмаг, Товар → Номер отдела

Универмаг, Номер отдела → Заведующий

Ключ: (Универмаг, Товар)

2 НФ выполнена.

T(Фирма, Адрес, Телефон, Товар, Цена)

Ключ: (Фирма, Товар)

Зависимости: Фирма → Адрес, Телефон

2 НФ нарушена.

3 НФ

- A, B, C – атрибуты, $A \rightarrow B, B \rightarrow C$,
 A не зависит от B и B не зависит от C .
Тогда говорят, что C транзитивно
зависит от A .
- 3 нормальная форма = 2 НФ + любой
атрибут, не являющийся первичным,
нетранзитивно зависит от любого
возможного ключа.

Пример: 3 НФ

T(Город, Индекс, Адрес)

Зависимости:

Город, Адрес → Индекс, Индекс → Город

Ключ: (Город, Адрес) или (Индекс, Адрес)

3 НФ выполнена.

T(Универмаг, Товар, Номер отдела, Заведующий)

Зависимости:

Универмаг, Товар → Номер отдела УТ

Универмаг, Номер отдела → Заведующий

Ключ: (Универмаг, Товар).

2 НФ выполнена, но 3 НФ нарушена.

НФ Бойса-Кодда

Нормальная форма Бойса-Кодда — детерминанты (левая часть) всех функциональных зависимостей являются потенциальными ключами.

Пример: НФ Бойса-Кодда

T(Город, Индекс, Адрес)

Ключ: (Город, Адрес) или (Индекс, Адрес)

Зависимости:

Город, Адрес → Индекс

Индекс → Город

2 и 3 НФ выполнены, НФ Бойса-Кодда нарушена

Выводы:

- Отношение может быть приведено к 3 НФ с сохранением всех функциональных зависимостей.
- Отношение может быть приведено к НФ Бойса–Кодда, но некоторые функциональные зависимости могут быть потеряны.

Шаги при декомпозиции

- 1 Находим минимальное покрытие множества функциональных зависимостей.
- 2 Выделяем зависимость $X \rightarrow Y$, нарушающую нормальную форму (и нет атрибутов, зависящих от Y).
- 3 Находим зависимости с такой же левой частью. $X \rightarrow W, X \rightarrow Z$
- 4 Выделяем в отдельное отношение $XYWZ$.
- 5 Из исходного отношения удаляем YWZ .

Специальные реляционные операции

- 1 Ограничение отношения — горизонтальная вырезка.
- 2 Проекция отношения — вертикальная вырезка.
- 3 Соединение отношений.
- 4 Деление отношений.

Селекция

- Селекция — это «горизонтальный срез» отношения.
- Селекция (выборка) — это операция, которая выделяет множество строк в таблице, удовлетворяющих заданным условиям.
- Условием может быть любое логическое выражение.
- Синтаксис операции селекции: $R \text{ where } f$, где R - отношение, а f - логическое выражение.

Селекция

- Логическое выражение может состоять из простых операндов, заданных на атрибутах отношения.
- Операнды могут быть связаны *AND, NOT, OR*.
- Результат селекции — отношение, заголовок которого совпадает с заголовком отношения-операнда, а в тело входят те кортежи отношения-операнда, для которых значением условия ограничения является выполненным.

Пример: селекция

R

Номер зачетки	ФИО студента	Название_предмета
5556	Сидоров И. И.	Английский язык
5677	Иванов А. А.	Английский язык
5674	Петров В. В.	Английский язык
5556	Сидоров И. И.	Программирование
5677	Иванов А. А.	Программирование
5674	Петров В. В.	Программирование

R where [ФИО студента]= `Сидоров И.И.`

Номер зачетки	ФИО студента	Название_предмета
5556	Сидоров И. И.	Английский язык
5556	Сидоров И. И.	Программирование

Проекция

- Проекция — это «вертикальный срез» отношения.
- Выбор некоторых столбцов исходного отношения R.
- Атрибуты результирующего отношения являются подмножеством атрибутов исходного.
- Синтаксис операции проекции:
- $R[x, y, \dots, z] = S(x, y, \dots, z)$,
где $R(a_1, a_2, \dots, a_n)$ - исходное отношение,
 $\{x, y, \dots, z\} \subset \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ - подмножество атрибутов отношения

Пример: проекция

R

Номер зачетки	ФИО студента	Название_предмета
5556	Сидоров И. И.	Английский язык
5677	Иванов А. А.	Английский язык
5674	Петров В. В.	Английский язык
5556	Сидоров И. И.	Программирование
5677	Иванов А. А.	Программирование
5674	Петров В. В.	Программирование

R [Название_предмета]

Название_предмета
Английский язык
Программирование

Соединение по условию – JOIN Тэта-соединение

- Соединение двух отношений по некоторому условию.
- Синтаксис операции Селекция:
 $A \text{ JOIN } B \text{ WHERE } f = (A \times B) \text{ WHERE } f$

Пример: соединение по условию

R (Мальчики)

Имя	Рост
Вася	170
Петя	183
Степа	177

C (Девочки)

Имя	Рост
Инна	172
Таня	168
Маша	184

R JOIN C WHERE R.рост>C.рост

R.Имя	R.Рост	C.Имя	C.Рост
Вася	170	Таня	168
Петя	183	Инна	172
Петя	183	Таня	168
Степа	177	Инна	172
Степа	177	Таня	168

Естественное соединение

- Операция естественного соединения применяется к отношениям, у которых есть общий атрибут.
- Результат естественного соединения — отношение, атрибутами которого является объединение атрибутов исходных отношений.
- Строки результирующего отношения формируются на основе соединения строк исходных отношений по равенству совпадающих атрибутов.

Пример: естественное соединение

R

Номер зачетки	ФИО студента	Название_предмета
5556	Сидоров И.И	Английский язык
5677	Иванов А.А.	Английский язык
5674	Петров В.В.	Английский язык
5556	Сидоров И.И	Программирование
5677	Иванов А.А.	Программирование

C

Название_предмета	Аудитория
Английский язык	22
Программирование	105

R JOIN C

Номер зачетки	ФИО студента	Название_предмета	Аудитория
5556	Сидоров И.И	Английский язык	22
5677	Иванов А.А.	Английский язык	22
5674	Петров В.В.	Английский язык	22
5556	Сидоров И.И	Программирование	105
5677	Иванов А.А.	Программирование	105

Естественное соединение через другие операции

- Переименование.
- Декартово произведение.
- Селекция.
- Проекция.

Деление отношений

- Результатом деления $A(X, Y)$ на $B(Y)$ является отношение $C(X)$, тело которого состоит из кортежей $\langle x \rangle$, таких, что в теле отношения A содержатся кортежи $\langle x, y \rangle$ для любого $\langle y \rangle$ из B .
- Запросы, реализуемые с помощью операции деления, обычно в своей формулировке имеют слово «все».
- $(A : B) = C \quad C \times B \subset A$

Деление

- Пусть заданы два отношения:
 - A с заголовком $\{a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m\}$;
 - B с заголовком $\{b_1, b_2, \dots, b_m\}$.
- Будем считать, что атрибут b_i отношения A и атрибут b_i отношения B ($i = 1, 2, \dots, m$) не только обладают одним и тем же именем, но и определены на одном и том же домене.
- Назовем множество атрибутов $\{a_j\}$ составным атрибутом a , а множество атрибутов $\{b_j\}$ — составным атрибутом b .
- После этого будем говорить о реляционном делении «бинарного» отношения $A\{a, b\}$ на унарное отношение $B\{b\}$.

Пример: деление отношений

R

Номер зачетки	ФИО студента	Название_предмета
5556	Сидоров И.И	Английский язык
5677	Иванов А.А.	Английский язык
5674	Петров В.В.	Английский язык
5556	Сидоров И.И	Программирование
5677	Иванов А.А.	Программирование

C

Название_предмета
Английский язык
Программирование

R:C

Номер зачетки	ФИО студента
5556	Сидоров И.И
5677	Иванов А.А.

- Результатом деления R:C будут студенты, изучающие все предметы из отношения C и английский язык, и программирование