



# Базы данных

Реляционная модель данных



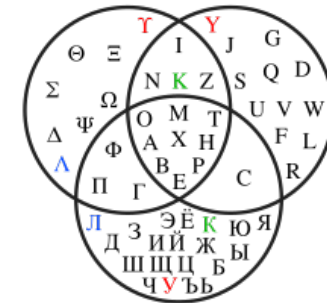
# Реляционная модель данных (РМД)

- В 1970 г. американский математик Э.Ф.Кодд опубликовал статью, с которой отсчитывается начало существования РМД.
- РМД основана на теории множеств.
- Домен,  $D$  – множество значений, которые может принимать элемент данных.
- Декартово произведение доменов – множество всех возможных комбинаций значений доменов:  
 $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n = \{(d_{1i}, d_{2i}, \dots, d_{ni})\}$ , где  $d_{ki} \in D_k$
- Пример:  $D_1 = (1, 2)$ ,  $D_2 = (a, b, c)$ .  
 $D_1 \times D_2 = \{(1,a), (1,b), (1,c), (2,a), (2,b), (2,c)\}$
- Отношение – подмножество декартова произведения доменов.

# Теория множеств - определения

- **Элементы множества** (или точки) - объекты, из которых состоит множество.

Множества обозначают заглавными буквами латинского алфавита, его элементы — строчными. Каждый элемент множества уникален.

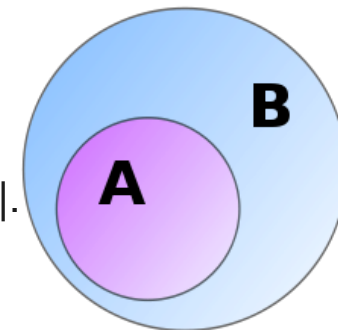


- **Специальные множества**

Пустое множество — множество, не содержащее ни одного элемента.

Универсум — множество, содержащее все мыслимые объекты.

- **Мощность множества** - характеристика множества, обобщающая понятие о количестве элементов. Обозначается  $|A|$ . Мощность пустого множества равна нулю, для конечных множеств мощность совпадает с числом элементов
- **Диаграммы Венна** — схематичное изображение всех возможных пересечений нескольких (часто — трёх) множеств ( $2^n$  комбинаций из  $n$  свойств).
- **Отношения между множествами**



Включение:  $A \subseteq B \Leftrightarrow \forall a \in A : a \in B$

Не пересечение, когда у A и B нет общих элементов:  $\Leftrightarrow \forall a \in A : a \notin B$

# Теория множеств - операции

Унарные операции над множествами

**дополнение:**  $\bar{A} := U \setminus A = \{x | x \notin A\}$ . Операция дополнения это разность множества  $A$  с универсумом  $U$ .

Бинарные операции над множествами

**пересечение:**  $A \cap B := \{x | x \in A \wedge x \in B\}$

**объединение:**  $A \cup B := \{x | x \in A \vee x \in B\}$ . Если множества  $A$  и  $B$  не пересекаются, то  $A \cap B = \emptyset$ .

**разность:**  $A \setminus B := A \cap \bar{B} = \{x | x \in A \wedge x \notin B\}$ .

**симметрическая разность:**

$$A \Delta B := (A \cup B) \setminus (A \cap B) = A \cap \bar{B} \cup \bar{A} \cap B = \{x | (x \in A \wedge x \notin B) \vee (x \notin A \wedge x \in B)\}$$

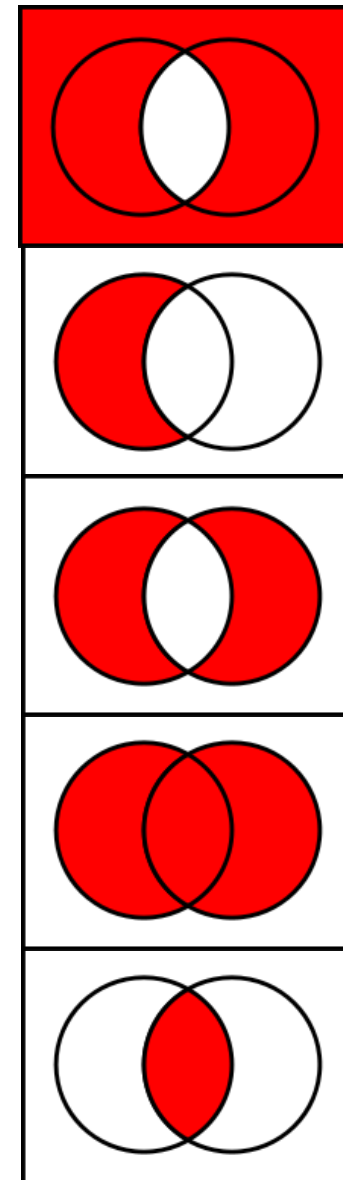
**декартово или прямое произведение:**  $A \times B = \{(a, b) | a \in A, b \in B\}$ .

Приоритет операций. Сначала выполняются унарные операции (дополнение), затем пересечения, затем объединения и разности, которые имеют одинаковый приоритет.

Последовательность выполнения операций может быть изменена скобками.

Задание — найдите диаграмму Венна для каждой приведенной операции.

Вопрос — сколько и какие еще диаграммы Венна можно изобразить для 2-х множеств?



# Пример декартова произведения

<i>Должность</i>
директор
инженер
экономист

<i>ФИО</i>
Белов С.Ю.
Рогов А.И.
Панина А.А.
Волкова Н.М.

<i>Оклад</i>
40000
75000

<i>ФИО</i>	<i>Должность</i>	<i>Оклад</i>
Белов С.Ю.	директор	40000
Белов С.Ю.	директор	75000
<b>Белов С.Ю.</b>	<b>инженер</b>	<b>40000</b>
Белов С.Ю.	инженер	75000
Белов С.Ю.	экономист	40000
Белов С.Ю.	экономист	75000
Рогов А.И.	директор	40000
<b>Рогов А.И.</b>	<b>директор</b>	<b>75000</b>
Рогов А.И.	инженер	40000
Рогов А.И.	инженер	75000
Рогов А.И.	экономист	40000
...	...	...
<b>Волкова Н.М.</b>	<b>экономист</b>	<b>40000</b>

Полужирным шрифтом выделены записи, имеющие соответствие в предметной области.

## Пример таблицы реляционной БД

<i>Табельный номер</i>	<i>ФИО сотрудника</i>	<i>Должность</i>	<i>Оклад</i>	<i>Год рождения</i>	<i>Отдел</i>
023	Волкова Елена Павловна	секретарь	26000	1985	2
113	Белов Сергей Юрьевич	инженер	39800	1980	1
101	Рогов Сергей Михайлович	директор	62000	1972	2
056	Панина Анна Алексеевна	инженер-программист	41800	1978	1
...	...	...	...	...	...
098	Фролов Юрий Вадимович	начальник отдела	49200	1971	9

Мощность отношения. Арность отношения.

# Термины. Свойства отношения

первичный ключ

Отношение, таблица

столбец, поле, атрибут

↓

<i>Табельный номер</i>	<i>ФИО сотрудника</i>	<i>Должность</i>	<i>Оклад</i>	<i>Год рождения</i>	← описание (схема отношения)
023	Волкова Елена Павловна	секретарь	26000	1985	
113	Белов Сергей Юрьевич	инженер	39800	1980	← строка, запись, кортеж

Отношение обладает двумя основными свойствами:

1. В отношении не должно быть одинаковых кортежей, т.к. это множество.
2. Порядок кортежей в отношении несущественен.



# Ключи отношения

- **Ключ** – атрибут (группа атрибутов), которые позволяют классифицировать кортеж (запись таблицы).
- **Потенциальный ключ (уникальный ключ)** – атрибут (группа атрибутов), которые позволяют идентифицировать кортеж (запись таблицы).
- **Первичный ключ** – обязательный уникальный ключ. Для каждой таблицы может быть определен только один первичный ключ.
- **Вторичный ключ** – любой другой ключ, кроме первичного. Может быть необязательным и неуникальным.
- **Внешний ключ** – служит для организации связей между таблицами.



# Организация связей между таблицами

## Связь один-ко-многим: Отделы – Сотрудники

Таблица «Сотрудники»

<i>Табельный номер</i>	<i>ФИО сотрудника</i>	<i>Отдел</i>
023	Волкова Елена Павловна	2
113	Белов Сергей Юрьевич	1
101	Рогов Сергей Михайлович	2
056	Панина Анна Алексеевна	1
...	...	...
098	Фролов Юрий Вадимович	9

Таблица «Отделы»

<i>Номер отдела</i>	<i>Название отдела</i>
1	Информационный отдел
2	Администрация
3	Отдел кадров
...	...
9	Проектный отдел

«Номер отдела» - первичный ключ в таблице «Отделы»

«Отдел» – внешний ключ в таблице «Сотрудники»

# Организация связей между таблицами

## Связь многие-ко-многим: Проекты – Сотрудники

Таблица «Сотрудники»

<i>ФИО</i>	<i>Номер</i>
Волкова Е.П.	023
Белов С.Ю.	113
Рогов С.М.	101
Панина А.А.	056
Фролов Ю.В.	098
...	...

Таблица «Участие»

<u><i>Участник</i></u>	<i>Роль</i>	<u><i>Проект</i></u>
113	исполнитель	23/Н
101	руководитель	18-К
056	исполнитель	18-К
101	консультант	09/Р
098	руководитель	23/Н
...	...	...

Таблица «Проекты»

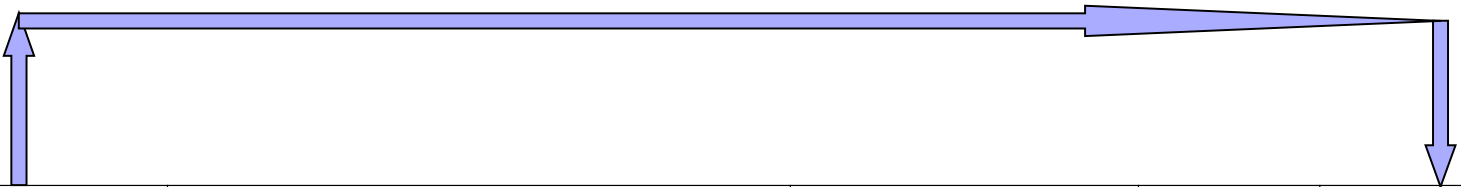
<i>Шифр</i>	<i>Название проекта</i>
23/Н	АИС "Налог"-2
18-К	ИПС "Жители"
09/Р	ГИС "Город"
...	...

В таблице «Участие»:

«Участник» – внешний ключ к таблице «Сотрудники»

«Проект» – внешний ключ к таблице «Проекты»

# Пример связи внутри таблицы



<i>Табельный номер</i>	<i>ФИО сотрудника</i>	<i>Должность</i>	<i>Оклад</i>	<i><u>Начальник</u></i>
023	Волкова Елена Павловна	секретарь	26000	101
113	Белов Сергей Юрьевич	инженер	39800	205
101	Рогов Сергей Михайлович	директор	62000	NULL
205	Махова Ольга Алексеевна	начальник отдела	51300	101
...	...	...	...	...



# Операции над данными в РМД

Операции применяются к кортежам отношений.

В РМД используются следующие операции:

- *запомнить*: внесение информации в БД (требует формирования значений уникального ключа и обязательных атрибутов кортежа);
- *извлечь*: чтение данных;
- *обновить*: модификация данных – изменение значений атрибутов кортежей;
- *удалить*: физическое или логическое удаление данных (кортежей).



## Сравнение структуризации данных в РМД и по версии CODASYL

<i>Термины версии CODASYL</i>	<i>Термины (и синонимы) РМД</i>
Элемент данных	Атрибут (поле)
Агрегат	—
Запись (группа)	Кортеж (запись, строка)
Совокупность записей одного типа	Отношение (таблица)
Набор (групповое отношение)	Таблицы, связанные внешним ключом
База данных	База данных



# Достоинства и недостатки РМД

- Достоинства:
  - ✓ наличие теоретического базиса;
  - ✓ максимальная степень независимости данных от программ;
  - ✓ наличие декларативного языка запросов.
  
- Недостатки:
  - ✓ низкая эффективность выполнения запросов;
  - ✓ отсутствие однозначного соответствия между сущностями предметной области и таблицами реляционной базы данных.



# Операции реляционной алгебры

- ✓ Язык SQL основан на операциях реляционной алгебры (РА).
- ✓ Операции РА применяются к отношениям и в результате применения операций РА получаются отношения (таблицы).
- ✓ Различают унарные и бинарные операции РА: унарные применяются к одному отношению (таблице), бинарные – к двум.

Существует пять основных операций РА:

- ✓ селекция;
- ✓ проекция;
- ✓ декартово произведение;
- ✓ объединение;
- ✓ разность;

и три вспомогательных операции РА, которые могут быть выражены через

основные:

- ✓ пересечение;
- ✓ соединение;
- ✓ деление.

# Унарные операции реляционной алгебры

➤ **Проекция** (project).

Это унарная операция (выполняемая над одним отношением), служащая для выбора подмножества атрибутов из отношения R. Она уменьшает арность отношения и может уменьшить мощность отношения за счёт исключения одинаковых кортежей.

Отношение R

A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	b	d

Проекция  $\pi_{A,C}(R)$

A	C
a	c
c	d



# Унарные операции реляционной алгебры

➤ **Селекция (select).**

Это унарная операция, результатом которой является подмножество кортежей исходного отношения, соответствующих условиям, которые накладываются на значения определённых атрибутов.

**Отношение R**

A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	b	d

**Селекция  
 $\sigma_{C=d}(R)$**

A	B	C
c	a	d
c	b	d



# Бинарные операции реляционной алгебры

## Бинарные операции РА:

- **разносхемные** – применяются к любым двум отношениям.
- **односхемные** – применяются к односхемным отношениям. Исходные отношения должны иметь одинаковое количество столбцов одинаковых (или сравнимых) типов. *Сравнимыми* считаются типы, относящиеся к одному и тому же семейству данных (в таблице полужирным шрифтом выделены базовые типы).

## Семейства типов данных (по версии СУБД Oracle):

<b>Числовые:</b> DEC, DECIMAL, DOUBLE PRECISION, FLOAT, INT, INTEGER, <b>NUMBER</b> , NUMERIC, REAL, SMALLINT	<b>Символьные:</b> CHAR, CHARACTER, LONG, LONG RAW RAW, ROWID, STRING, VARCHAR, <b>VARCHAR2</b>	<b>Календарные:</b> <b>DATE</b>
---	---	------------------------------------

# Разносхемная основная операция РА

## ➤ Декартово произведение (cartesian product).

Это бинарная операция над разносхемными отношениями, соответствующая определению декартова произведения для РМД: в результате получается отношение, схема которого включает все атрибуты исходных отношений. Результирующее отношение содержит все возможные комбинации кортежей исходных отношений.

<u>Отношение</u> <u>R</u>		<u>Отношение</u> <u>S</u>			<u>Декартово</u> <u>произведение R×S</u>				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	4	g	h	a	1	4	g	h	a
2	5	a	b	c	1	4	a	b	c
3	6				2	5	g	h	a
					2	5	a	b	c
					3	6	g	h	a
					3	6	a	b	c

# Бинарные односхемные операции РА

## ✓ Объединение (union).

Объединением двух односхемных отношений R и S называется отношение  $T = R \cup S$ , которое включает в себя все кортежи исходных отношений без повторов.



<u>Отношение</u> <u>R</u>		
A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c

<u>Отношение</u> <u>S</u>		
A	B	C
g	h	a
a	b	c
h	d	d

<u>Объединение</u> <u>R U S</u>		
A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c
g	h	a
h	d	d

# Бинарные односхемные операции РА

✓ **Разность** (excerpt).

Разностью односхемных отношений R и S называется множество кортежей R, не входящих в S.



Отношение  
R

A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c

Отношение  
S

A	B	C
g	h	a
a	b	c
h	d	d

Разность  
R-S

A	B	C
c	a	d
c	h	c

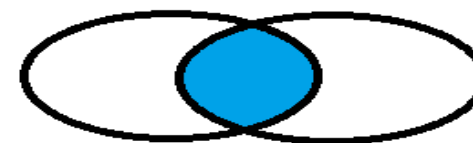
# Бинарные односхемные операции RA

## ✓ Пересечение (intersect).

Пересечение двух односхемных отношений R и S есть подмножество кортежей, принадлежащих обоим отношениям.

Это можно выразить через разность:

$$R \cap S = R - (R - S).$$



<u>Отношение</u> <u>R</u>			<u>Отношение</u> <u>S</u>			<u>Пересечение</u> <u>R-S</u>		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
a	b	c	g	h	a	a	b	c
c	a	d	a	b	c	c	a	d
c	h	c	c	a	d			
d	r	t	g	u	v			

# Разносхемные операции РА: соединение

➤ **Соединение (join).**

Эта операция определяет подмножество декартова произведения двух разносхемных отношений. Кортеж декартова произведения входит в результирующее отношение, если для атрибутов разных исходных отношений выполняется некоторое условие F. Соединение может быть выражено так:

$$\mathbf{R} \bowtie \mathbf{S} = \sigma_F (\mathbf{R} \times \mathbf{S})$$

Если условием является равенство значений двух атрибутов исходных отношений, такая операция называется **эквисоединением**. *Естественным* называется эквисоединение по одинаковым атрибутам исходных отношений.

**Отношение R**

A	B	C
a	b	c
c	a	d
c	h	c
g	b	d

**Отношение S**

A	D	E
g	h	a
c	b	c
h	d	d

**Соединение R ⋈ S**

A	B	C	D	E
c	a	d	b	c
c	h	c	b	c
g	b	d	h	a

# Разносхемные операции РА: деление

➤ Деление (division).

Пусть отношение R содержит атрибуты  $\{r_1, r_2, \dots, r_k, r_{k+1}, \dots, r_n\}$ , а отношение S – атрибуты  $\{r_{k+1}, \dots, r_n\}$ . Тогда результирующее отношение содержит атрибуты  $\{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ . Кортеж отношения R включается в результирующее отношение, если его декартово произведение с отношением S входит в R.

Деление может быть выражено так:

$$R / S = \pi_{r_1, \dots, r_k} (R) - \pi_{r_1, \dots, r_k} ((\pi_{r_1, \dots, r_k} (R) \times S) - R).$$

<u>Отношение R</u>				<u>Отношение S</u>		<u>Частное R/S</u>	
A	B	C	D	C	D	A	B
a	b	c	b	c	b	a	b
a	b	g	h	g	h	c	f
c	f	g	h				
c	f	c	b				
a	v	c	b				
c	v	g	h				