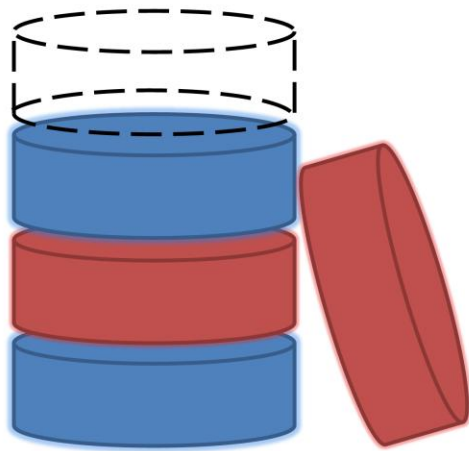


Modelul Relațional



2

Modele de date

- Modelul ierarhic (1965)
- Modelul rețea (1965)
- **Modelul relațional (1NF)** (1970s)
- Model relațional imbricat (1970s)
- Obiecte complexe (1980s)
- Model obiectual (1980)
- Model relațional-obiectual (1990s)
- XML (DTD), XML Schema (1990s)

Model relațional - idei

- Utilizează o structură de date simplă: *Tabela*
 - simplu de înțeles
 - utilă în modelarea multor situații/entități din lumea reală
 - conduc la interogări de o complexitate redusă
- Utilizează matematica în descrierea/reprezentarea înregistrărilor și a colecțiilor de înregistrări: *Relația*
 - pot fi modelate formal
 - permit utilizarea de limbaje de interogare formale
 - au proprietăți ce pot fi modelate și demonstrate matematic

Relația – definiție formală

- O **relație** sau **structura unei relații R** este o listă de **nume de attribute** $[A_1, A_2, \dots, A_n]$.
- **Domeniu** = mulțime de valori scalare (tipuri atomice - întreg, text, dată, etc)
- $D_i = \text{Dom}(A_i)$ - domeniul lui A_i , $i=1..n$
- **Instanța unei relații** ($[R]$) e o submulțime a $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$

Relația – definiție formală

- **Grad (aritate)** = numărul tuturor atributelor din structura unei relații
- **Tuplu** = un element al instanței unei relații, o înregistrare. Toate tuplurile unei relații sunt distincte!
- **Cardinalitate** = numărul tupluri unei relații

Exemplu de relație

- Students(sid:integer; name:string; email:string; age:integer; gr:integer)

field name

field type (domain)

sid	name	email	age	gr
2833	Jones	jones@scs.ubbcluj.ro	19	231
2877	Smith	smith@scs.ubbcluj.ro	20	232
2976	Jones	jones@math.ubbcluj.ro	21	233
2765	Mary	mary@math.ubbcluj.ro	22	233

relation schema

relation instance

relation tuple

- cardinalitate = 4, grad = 5, toate tuplurile distincte !

Baze de date relaționale

- O **bază de date** este o mulțime de relații
- **Structura** unei baze de date este mulțimea structurilor relațiilor acesteia
- **Instanța (starea)** unei baze de date este mulțimea instanțelor relațiilor acesteia

Reprezentarea grafică a relațiilor

Students(*sid*:string, *name*:string, *email*:string, *age*:integer, *gr*:integer)

Courses(*cid*: string, *cname*: string, *credits*:integer)

Enrolled(*sid*:string, *cid*:string, *grade*:double)

Teachers(*tid*:integer; *name*: string; *sal* : integer)

Teaches(*tid*:integer; *cid*:string)

Students	
<input type="checkbox"/>	sid
<input type="checkbox"/>	name
<input type="checkbox"/>	email
<input type="checkbox"/>	age
<input type="checkbox"/>	gr

Courses	
<input type="checkbox"/>	cid
<input type="checkbox"/>	cname
<input type="checkbox"/>	credits

Teachers	
<input type="checkbox"/>	tid
<input type="checkbox"/>	name
<input type="checkbox"/>	sal

Teaches	
<input type="checkbox"/>	tid
<input type="checkbox"/>	cid

Enrolled	
<input type="checkbox"/>	sid
<input type="checkbox"/>	cid
<input type="checkbox"/>	grade

Constrângeri de integritate (CI)

- **CI**: sunt condiții ce trebuie să fie îndeplinite de către *orice* instanță a unei baze de date
 - specificate la momentul definirii structurii relației
 - verificate la modificarea conținutului relației
- O instanță a unei relații că este *legală* dacă satisface toate CI specificate
 - SGBD nu va permite instanțe *ilegale*

Constrângeri de integritate - exemple

- Students(*sid:string*, *name:string*, *email:string*, *age:integer*, *gr:integer*)
 - Constrângere de domeniu: *gr:integer*
 - Constrângere de interval: $18 \leq \textit{age} \leq 70$
- TestResults(*sid:string*, *TotalQuestions:integer*, *NotAnswered:integer*, *CorrectAnswers:integer*, *WrongAnswers:integer*)
 - $\textit{TotalQuestions} = \textit{NotAnswered} + \textit{CorrectAnswers} + \textit{WrongAnswers}$ – **nu e o CI!**

Chei Primare

- O mulțime de attribute reprezintă o **cheie** a unei relații dacă:
 1. Nu există două tuple care au aceleași valori pentru toate attributele

ȘI

 2. Acest lucru nu este adevărat pentru nici o submulțime a cheii
- Dacă a 2-a afirmație este falsă → **super cheie**
- Dacă există >1 cheie pentru o relație → **chei candidat**
- Una dintre cheile candidat este selectată ca **cheie primară**

Chei străine (externe)

- O **cheie străină (externă)** este o mulțime de câmpuri a unei relații utilizate pentru a `referi` un tuplu al unei alte relații (un fel de `pointer logic`).
 - Aceasta trebuie să corespundă cheii primare din a doua relație.

De exemplu pentru

Enrolled (*sid*: string, *cid*: string, *grade*: double)

sid este cheie externă referind *Students*

Integritate referențială

■ **Integritate referențială** = nu sunt permise valori pentru cheia străină care nu se regăsesc în tabela referită.

Exemplu de model de date fără integritate referențială:

Link-uri HTML



Integritate referențială

- Fie *Students* și *Enrolled*; *sid* in *Enrolled* este o cheie străină ce referă o înregistrări din *Students*.
- Adaugarea in *Enrolled* a unui tuplu cu un id de student inexistent, acesta va fi respins de SGBD.

Enrolled

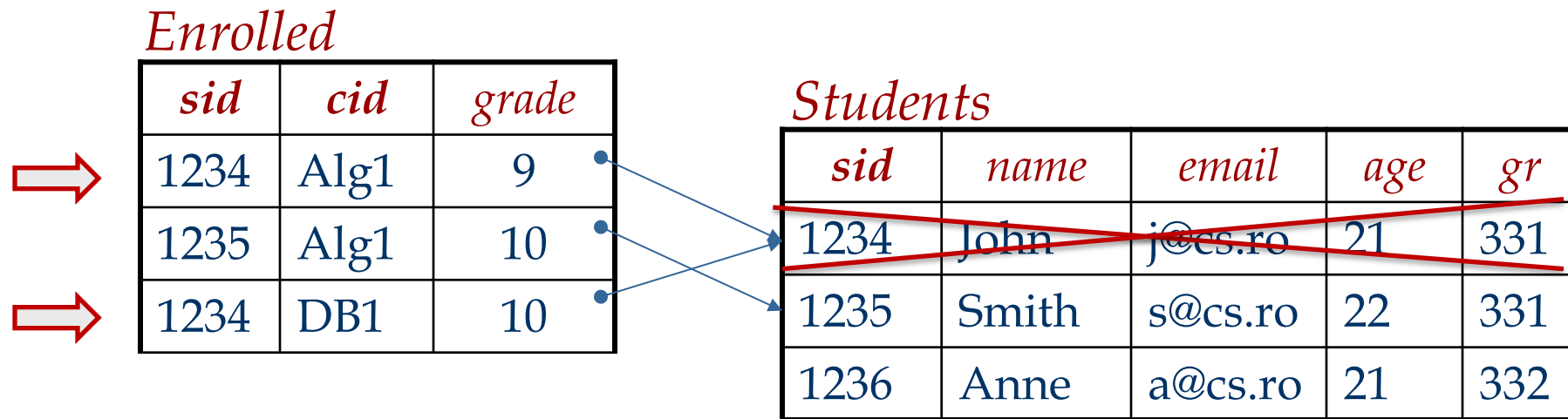
<i>sid</i>	<i>cid</i>	<i>grade</i>
1234	Alg1	9
1235	Alg1	10
1234	DB1	10
1237	DB2	9

Students

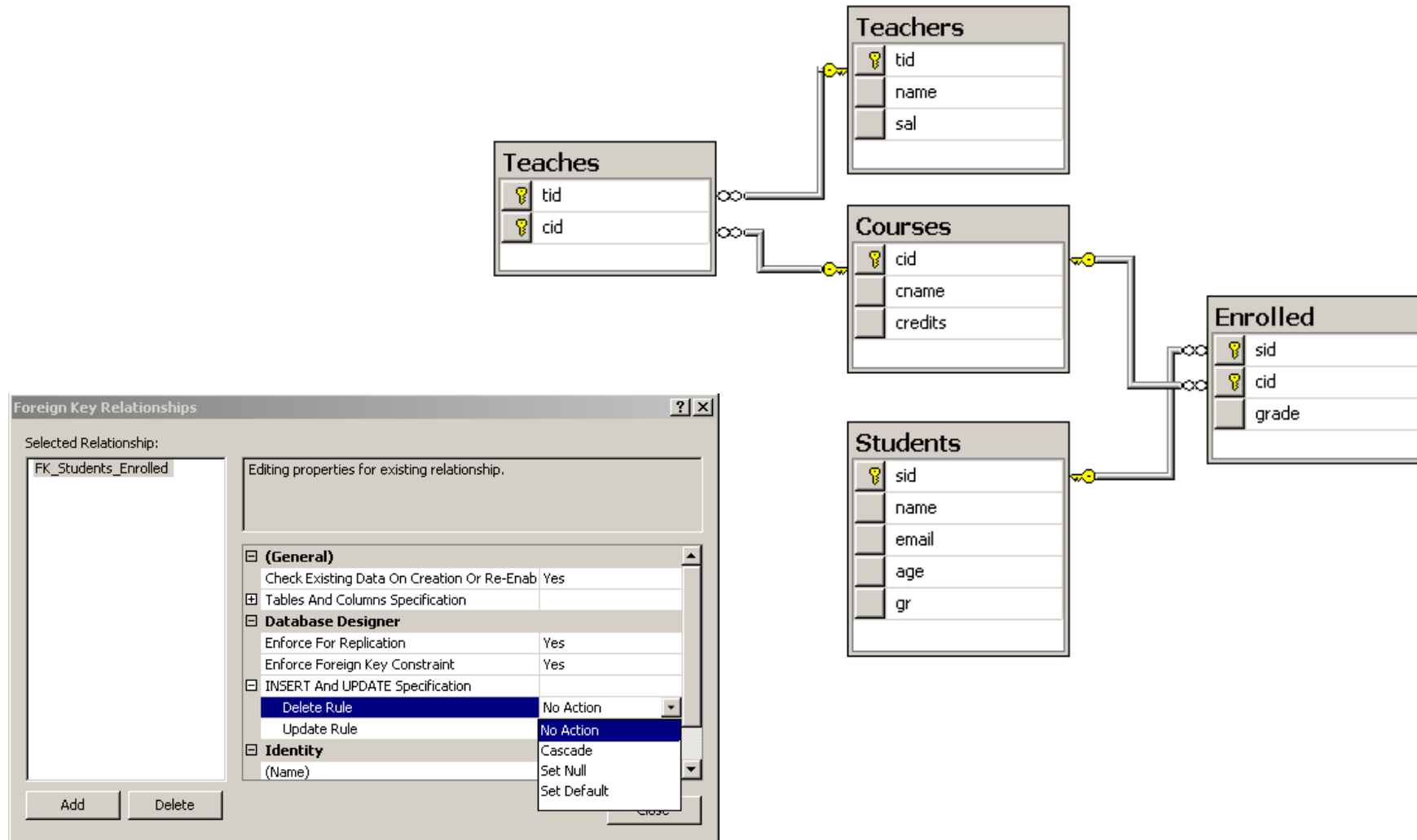
<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1235	Smith	s@cs.ro	22	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Integritate referențială

- Dacă o înregistrare din *Students* este ștearsă dar ea este referită din *Enrolled*:
 - se șterg toate înregistrările ce o refera din *Enrolled*.
 - nu se permite ștergerea înregistrării din *Students*
 - sid din *Enrolled* va avea asignată o valoare implicită.
 - sid din *Enrolled* va avea asignată valoarea *null*.



Reprezentarea grafică a CI



Cum apar CI?

- CI se bazează pe semantica entităților din lumea reală / conceptuală modelate.
- Putem verifica dacă o CI este încălcată de instanța unei tabele, însă **NU** vom putea deduce dacă o CI este adevărată doar consultând o singură instanță.
 - O CI se referă la *toate instanțele* posibile ale unei tabele
- Cheile primare și externe sunt cele mai comune CI;

Interogări

- Posibile informații pe care dorim să le obținem din baza de date anterioară (*Faculty Database*) :
 - Care este numele studentului cu *sid* = 2833?
 - Care este salariul profesorilor care predau cursul *Alg100*?
 - Câți studenți sunt înscriși la cursul *Alg100*?
- Astfel de întrebări referitoare la datele stocate într-un SGBD se numesc *interogări*.
- → *limbaj de interogare*

Limbaje SGBD

- *Data Definition Language (DDL)*
 - Definesc structura **conceptuală**
 - Descriu **constrângerile de integritate**
 - Influențează **structura fizică** (în anumite SGBD-uri)
- *Data Manipulation Language (DML)*
 - Operații aplicate instanțelor unei baze de date
 - DML procedural (**cum?**) vs. DML declarative (**ce?**)
- *Limbaj gazdă*
 - Limbaj de programare obișnuit ce permite utilizatorilor să includă comenzi DML în propriul cod

Limbaje de interogare pentru BD relaționale

SQL (Structured Query Language)

SELECT *name* **FROM** *Students* **WHERE** *age* > 20

Algebra

$\pi_{name}(\sigma_{age > 20}(Students))$

Domain Calculus

$\{ \langle X \rangle \mid \exists V \exists Y \exists Z \exists T : Students(V, X, Y, Z, T) \wedge Z > 20 \}$

T-tuple Calculus

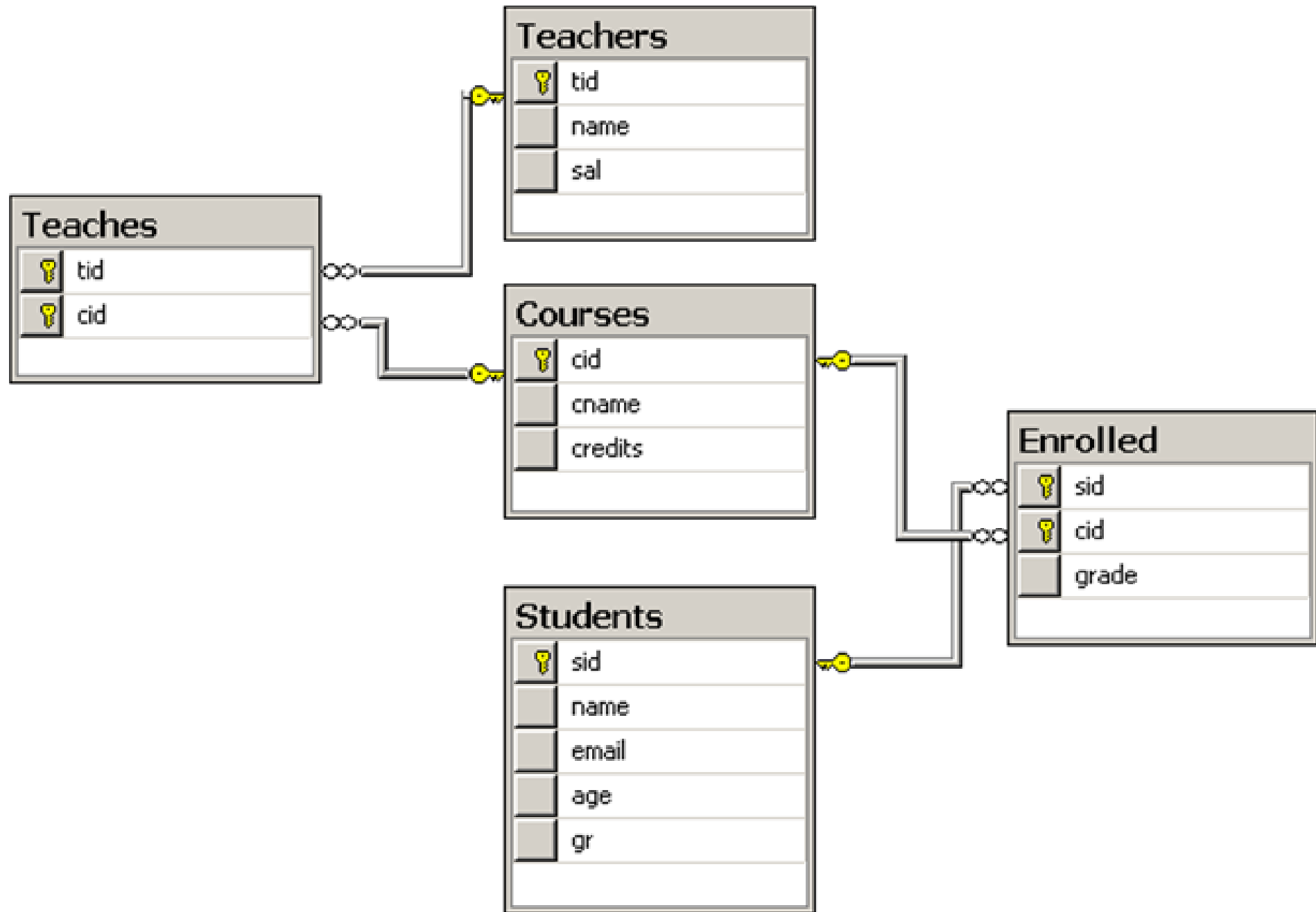
$\{ X \mid \exists Y : Y \in Students \wedge Y.age > 20 \wedge X.name = Y.name \}$

Structured Query Language (SQL)

- Dezvoltat de IBM (*system R*) în anii 1970
- Ulterior a apărut nevoia de standardizare
- Standarde (ANSI):
 - SQL-86
 - SQL-89 (minor revision)
 - SQL-92 (major revision) - *1,120 pagini*
 - SQL-99 (major extensions) - *2,084 pagini*
 - SQL-2003 (secțiuni SQL/XML) - *3,606 pagini*
 - SQL-2006
 - SQL-2008
 - SQL-2011

Nivele SQL

- Data-definition language (DDL):
 - Creare / stergere / modificare *tabele* și *views*.
 - Definire *constrangeri de integritate* (CI's).
- Data-manipulation language (DML)
 - Permit formularea de interogari
 - Inserare / ștergere / modificare înregistrări.
- *Controlul accesului:*
 - Asignează sau elimină drepturi de acces si modificare a *tabelelor* și a *view-urilor*.



Students

<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1235	Smith	s@cs.ro	22	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Enrolled

<i>sid</i>	<i>cid</i>	<i>grade</i>
1234	Alg1	9
1235	Alg1	10
1237	DB2	9

Courses

<i>cid</i>	<i>cname</i>	<i>credits</i>
Alg1	Algorithms1	7
DB1	Databases1	6
DB2	Databases2	6

SELECT

Studentii cu vârsta de 21 de ani:

```
SELECT *  
FROM Students S  
WHERE S.age = 21
```

<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Returnează doar numele și adresele de e-mail:

```
SELECT S.name, S.email  
FROM Students S  
WHERE S.age = 21
```

<i>name</i>	<i>email</i>
John	j@cs.ro
Anne	a@cs.ro

Interogare SQL simplă

```
SELECT [DISTINCT] target-list  
FROM relation-list  
WHERE qualification
```

- *relation-list* - lista de nume de relații/tabele.
- *target-list* - listă de attribute ale relațiilor din
relation-list
- *qualification* - comparații logice (*Attr op const* sau *Attr1 op Attr2*, unde *op* is one of $<$, $>$, $=$, \leq , \geq , \neq) combinate cu AND, OR sau NOT.
- *DISTINCT* (optional) - indică faptul că rezultatul final nu conține duplicate.

Evaluare conceptuală

```
SELECT [DISTINCT] target-list  
FROM relation-list  
WHERE qualification
```

- Calcul produs cartezian al tabelelor din *relation-list*.
- Filtrare înregistrări ce nu verifică *qualifications*.
- Ștergere attribute ce nu aparțin *target-list*.
- Dacă **DISTINCT** e prezent, se elimină înregistrările duplicate.

1. PRODUS CARTEZIAN

2. ELIMINA LINII

3. ELIMINA COLOANE

4. ELIMINA DUPLICATE

Această strategie e **doar**
la nivel *conceptual*!

Modul actual de evaluare
a unei interogări
e **mult** optimizat

Utilizare *alias* pentru

```
SELECT S.name, E.cid  
FROM Students S, Enrolled E  
WHERE S.sid=E.sid AND E.grade=10
```



```
SELECT name, cid  
FROM Students, Enrolled  
WHERE Students.sid=Enrolled.sid  
AND grade=10
```

Interogare: *Studentii care au cel puțin o notă*

```
SELECT S.sid  
FROM Students S, Enrolled E  
WHERE S.sid=E.sid
```

- Rezultatul e diferit cu **DISTINCT**?
- Ce efect are înlocuirea *S.sid* cu *S.sname* în clauza **SELECT**?
Rezultatul e diferit cu **DISTINCT** în acest caz?

Expresii și string-uri

- Obține triplete (cu vârsta studenților + alte două expresii) pentru studenții al căror nume începe și se termină cu B și conține cel puțin trei caractere.

```
SELECT S.age, age1=S.age-5, 2*S.age AS age2  
FROM Students S  
WHERE S.name LIKE 'B_%B'
```

- **AS** și **=** sunt două moduri de redenumire a câmpurilor în rezultat.
- **LIKE** e folosit pentru comparații pe siruri de caractere. **'_'** reprezintă orice caracter și **'%'** stands reprezintă 0 sau mai multe caractere arbitrare.

INNER JOIN

```
SELECT S.name, C.cname
FROM Students S,
Enrolled E, Courses C
WHERE S.sid = E.sid
AND E.cid = C.cid
```



```
SELECT S.name, C.cname
FROM Students S
INNER JOIN Enrolled E ON
S.sid = E.sid,
INNER JOIN Courses C ON
E.cid = C.cid
```

Students

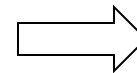
<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1235	Smith	s@cs.ro	22	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Courses

<i>cid</i>	<i>cname</i>	<i>credits</i>
Alg1	Algorithms1	7
DB1	Databases1	6
DB2	Databases2	6

Enrolled

<i>sid</i>	<i>cid</i>	<i>grade</i>
1234	Alg1	9
1235	Alg1	10
1237	DB2	9



<i>name</i>	<i>cname</i>
John	Algorithms1
Smith	Algorithms1

LEFT OUTER JOIN

- Daca dorim sa regasim și studentii fără nici o notă la vreun curs:

```
SELECT S.name, C.cname
FROM Students S
LEFT OUTER JOIN Enrolled E
ON S.sid = E.sid,
LEFT OUTER JOIN Courses C
ON E.cid = C.cid
```

Students

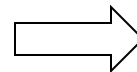
<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1235	Smith	s@cs.ro	22	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Courses

<i>cid</i>	<i>cname</i>	<i>credits</i>
Alg1	Algorithms1	7
DB1	Databases1	6
DB2	Databases2	6

Enrolled

<i>sid</i>	<i>cid</i>	<i>grade</i>
1234	Alg1	9
1235	Alg1	10
1237	DB2	9



<i>name</i>	<i>cname</i>
John	Algorithms1
Smith	Algorithms1
Anne	NULL

RIGHT OUTER JOIN

- Pentru a gasi notele asiguate unor studenti inexistenti:

```
SELECT S.name, C.cname
FROM Students S
RIGHT OUTER JOIN Enrolled E
ON S.sid = E.sid,
INNER JOIN Courses C ON
E.cid = C.cid
```

Students

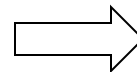
<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1235	Smith	s@cs.ro	22	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Courses

<i>cid</i>	<i>cname</i>	<i>credits</i>
Alg1	Algorithms1	7
DB1	Databases1	6
DB2	Databases2	6

Enrolled

<i>sid</i>	<i>cid</i>	<i>grade</i>
1234	Alg1	9
1235	Alg1	10
1237	DB2	9



<i>name</i>	<i>cname</i>
John	Algorithms1
Smith	Algorithms1
NULL	Databases2

FULL OUTER JOIN

- LEFT+RIGHT OUTER JOIN
- In majoritatea SGBD OUTER e optional

```
SELECT S.name, C.cname
FROM Students S
FULL OUTER JOIN Enrolled E
ON S.sid = E.sid,
FULL OUTER JOIN Courses C
ON E.cid = C.cid
```

Students

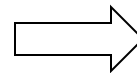
<i>sid</i>	<i>name</i>	<i>email</i>	<i>age</i>	<i>gr</i>
1234	John	j@cs.ro	21	331
1235	Smith	s@cs.ro	22	331
1236	Anne	a@cs.ro	21	332

Courses

<i>cid</i>	<i>cname</i>	<i>credits</i>
Alg1	Algorithms1	7
DB1	Databases1	6
DB2	Databases2	6

Enrolled

<i>sid</i>	<i>cid</i>	<i>grade</i>
1234	Alg1	9
1235	Alg1	10
1237	DB2	9



<i>name</i>	<i>cname</i>
John	Algorithms1
Smith	Algorithms1
NULL	Databases2
NULL	Databases1
Anne	NULL