- **Prima Forma Normale** Uno schema è in prima forma normale se tutti i domini degli attributi contengono solo valori atomici, ovvero non possono essere ulteriormente divisi. Ogni cella della tabella deve contenere un solo valore, non una lista, un array, un insieme, o un campo strutturato.
- **Seconda Forma Normale** Una relazione è in seconda forma normale quando ogni attributo non chiave dipende dall'intera chiave primaria, e non solo da una parte di essa. Uno schema R(X) è in 2FN se è in 1FN e non esistono dipendenze funzionali parziali.

Se gli attributi sono $(\underline{A},B,\underline{C},D)$, e si ha una dipendenze funzionale $A\to B$, lo schema non è in 2FN.

Dipendenza Funzionale In una relazione r su uno schema R(X), un insieme di attributi Y determina¹ un altro insieme di attributi Z, e si indica

$$Y \to Z$$

Le righe che hanno gli stessi valori di Y devono avere anche gli stessi valori di Z.

Forma normale di Boyce-Codd Uno schema R(X) è in forma normale di Boyce-Codd se per ogni dipendenza funzionale non banale $Y \to Z$ valida nello schema, Y è una superchiave dello schema.

Una tabella è in Forma Normale di Boyce-Codd se tutte le dipendenze funzionali che esistono partono da una superchiave.

- **Terza Forma Normale** Una tabella r su uno schema R(X) è in terza forma normale se per ogni dipendenza funzionale non banale $X \to A$ valida nello schema, è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:
 - *X* è una superchiave dello schema;
 - A appartiene ad almeno una chiave K di r.

In 3NF si ammettono dipendenze funzionali anche da attributi che non sono superchiavi, purché il valore dipendente (quello a destra) faccia parte di una chiave.

Implicazione Funzionale Sia F un insieme di dipendenze funzionali, e $f: X \to Y$ una dipendenza funzionale, si dice che F implica f ($F \vDash f$) se ogni relazione che soddisfa tutte le dipendenze in F, soddisfa anche f, ovvero f segue logicamente da F. Supponiamo $F = \{A \to B, B \to C\}$. $F \vDash f = A \to C$? Sì, perché per ogni tabella che rispetta $A \to B$ e $B \to C$ si può concludere che anche $A \to C$ vale per transitività.

Chiusura di una Dipendenza Funzionale Dato uno schema R(U), con un insieme di dipendenze F, sia X un insieme di attributi contenuti in U. Si definisce chiusura di X rispetto ad $F\left(X_F^+\right)$ l'insieme degli attributi che dipendono funzionalmente da X:

$$= \{A | A \in U \land F \models X \rightarrow A\}$$

La chiusura è l'insieme di tutti gli attributi che sono determinati funzionalmente da X, usando le dipendenze in F.

Algoritmo per Calcolare la Chiusura X_F^+ input: X: insieme di attributi, F: insieme di dipendenze funzionali. Output: X_F^+ : l'insieme di tutti gli attributi determinati da X tramite le dipendenze in F. Passaggi:

1. Inizializza La chiusura: $X_F^+ \leftarrow X$;

¹Identifica in maniera univoca

- 2. Itera su tutte le dipendenze funzionali $Y \to A$ in F: Se l'insieme Y è contenuto in X_F^+ e se A non è ancora in X_F^+ , allora $X_F^+ \leftarrow X_F^+ \cup \{A\}$;
- 3. Ripeti il punto 2 finché non si riesce più ad aggiungere nuovi attributi in X_F^+ ;

Insieme di Dipendenze Funzionali Equivalenti Dati due insiemi di dipendenze funzionali F_1 e F_2 , essi si dicono equivalenti se F_1 implica ciascuna dipendenza funzionale di F_2 e viceversa. In altre parole, ogni dipendenza in F_2 può essere dedotta da F_1 , e ogni dipendenza in F_1 può essere dedotta da F_2 .

Insieme di Dipendenze Funzionali non Ridondanti Un insieme di dipendenze funzionali F è non ridondante se:

- Ogni dipendenza in F è necessaria;
- Nessuna dipendenza può essere dedotta dalle altre;
- Se si rimuove una qualsiasi dipendenza f da F, allora non è più possibile dedurla da quelle rimaste.

$$\nexists f \in F|\ F - \{f\} \vDash f$$

Se esiste una dipendenza f in F che può essere dedotta anche senza di lei, cioè da $F-\{f\}$, allora F è un insieme ridondante.

Insieme di Dipendenze Ridotte Un insieme di dipendenze funzionali F su uno schema R(U) si dice ridotto se soddisfa due condizioni:

- 1. Non è ridondante: $\forall f \in F, F \{f\} \not\models f$;
- 2. I lati sinistri sono minimali: $\forall X \to A \in F$, nessun attributo di X è superfluo.