

LA SEQUENZA DI HUBBLE

G. Iafrate^(a), M. Ramella^(a) e V. Bologna^(b)

^(a) INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste

^(b) Istituto Comprensivo S. Giovanni - Sc. Sec. di primo grado “M. Codermatz” - Trieste

Settembre 2008

1 Introduzione

Le galassie sono i costituenti fondamentali dell’Universo. Esse ci permettono di tracciare la distribuzione della materia su larga scala. Le galassie, così come le vediamo, hanno forme molto varie, a volte semplici e a volte complicate. La forma di una galassia dipende da come la galassia si è formata e dalla sua successiva evoluzione.

La Sequenza di Hubble è uno schema di classificazione morfologica per le galassie, ideato da Edwin Hubble nel 1936. Lo schema di Hubble suddivide le galassie regolari in tre ampie classi: ellittiche, lenticolari e spirali, in base alla loro aspetto visuale (originariamente su lastre fotografiche). Una quarta classe contiene le galassie di aspetto irregolare.

Attualmente la Sequenza di Hubble è il sistema più comunemente usato per classificare le galassie, sia nella ricerca astronomica professionale che tra gli astrofili. Attualmente sappiamo anche che la sequenza di Hubble in realtà non corrisponde alla sequenza evolutiva di una galassia durante le differenti fasi della sua vita.

In questo tutorial descriviamo la Sequenza di Hubble e poi come classificare alcune galassie. Forniamo una lista di galassie che possono essere facilmente posizionate nella Sequenza di Hubble.

2 Le galassie

Quasi tutti gli oggetti celesti che vediamo a occhio nudo in cielo (stelle, nebulose, ammassi) appartengono

alla nostra galassia. Al di fuori della nostra galassia possiamo vedere solo altre galassie e eccezionalmente alcune supernovae o altre violente esplosioni.

Sappiamo che ci sono più di 100 miliardi di galassie, come la nostra, più grandi e più piccole. Le galassie sono oggetti molto luminosi, che brillano con 10^{11} stelle, ma a causa della loro grande distanza da noi, ne possiamo vedere solo tre a occhio nudo: le due Nubi di Magellano (Grande e Piccola) e Andromeda (M31). Le nubi di Magellano sono galassie irregolari, descritte per la prima volta da Magellano nel 1519. Sono visibili nell’emisfero sud e recentemente, nel 1987, nella Grande Nube di Magellano è esplosa una supernova. M31 è una spirale, simile alla Via Lattea, situata a 2.3 milioni di anni luce da noi. Le Nubi di Magellano, Andromeda e anche la Via Lattea appartengono allo stesso gruppo, chiamato Gruppo Locale.

Le galassie hanno molte forme: ci sono ellittiche, lenticolari, spirali, spirali barrate e irregolari. Le ellittiche hanno forma sferica o ellissoidale, con uno schiacciamento variabile. Appaiono come dei batuffoli la cui luminosità decresce uniformemente all’aumentare della distanza dal centro. Le spirali sono simili alla Via Lattea: evidenziano un nucleo luminoso centrale da cui partono due bracci a spirale. Le spirali barrate differiscono dalle spirali classiche perché i loro bracci a spirale non partono direttamente dal nucleo, ma da una struttura simile a una barra. Osservazioni recenti sembrano indicare che anche la Via Lattea potrebbe essere una spirale barrata. Le lenticolari presentano un rigonfiamento e un disco

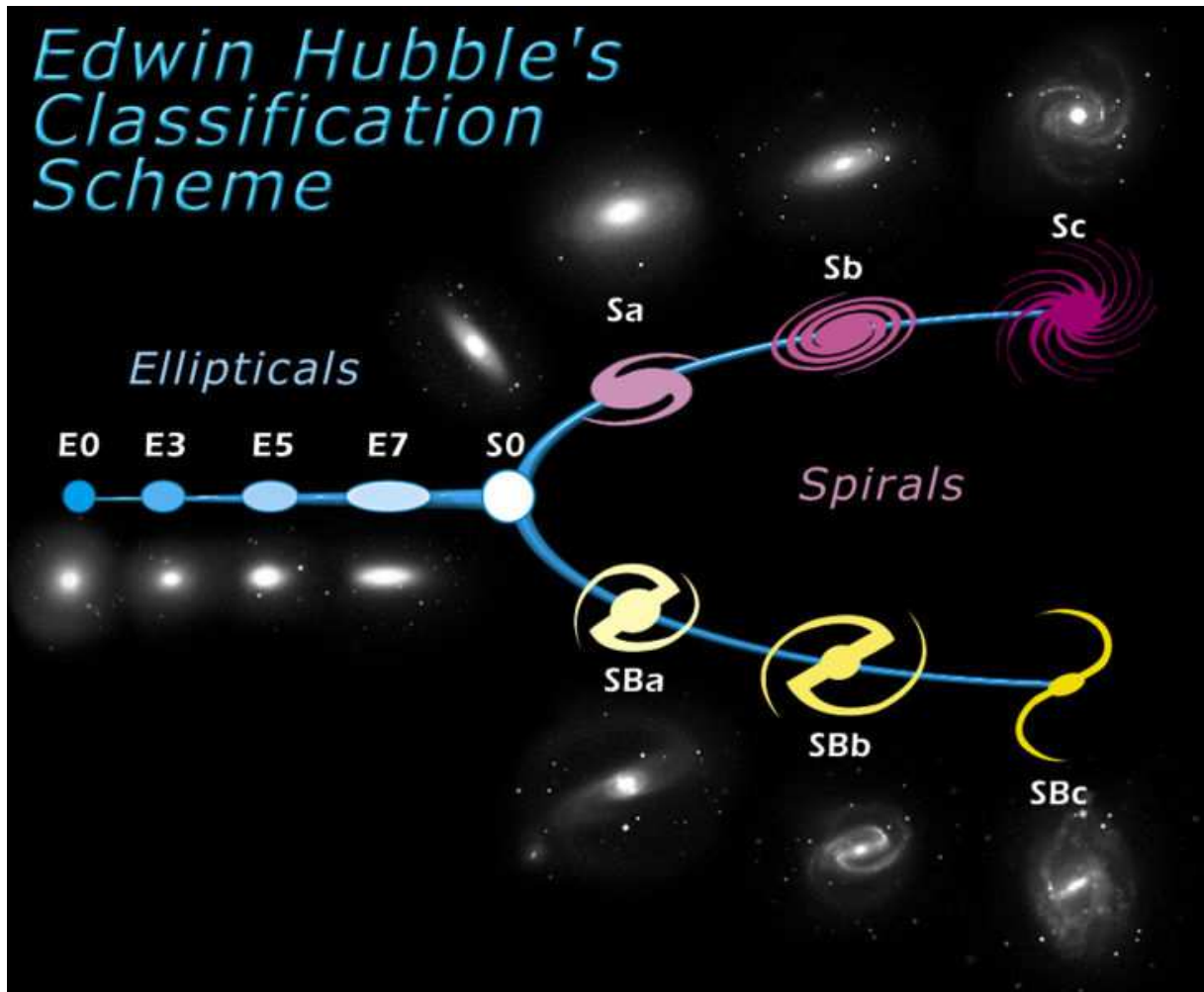


Figura 1: La Sequenza di Hubble: uno schema per la classificazione morfologica delle galassie.

come le spirali, ma è il rigonfiamento a dominare la forma della galassia, il disco ha solo polvere senza i bracci a spirale o stelle luminose. Le galassie irregolari hanno una forma irregolare e frastagliata, bassa massa e luminosità.

3 La Sequenza di Hubble

La figura 1 rappresenta la Sequenza di Hubble, uno schema per la classificazione morfologica delle galassie.

Nella parte sinistra del diagramma troviamo le **ellittiche** (fig. 3). Le ellittiche hanno una distribuzione uniforme della luce, senza caratteristiche particolari, nelle immagini appaiono come delle ellissi. Sono indicate con la lettera E, seguita da un numero intero n che rappresenta la loro ellitticità. Per convenzione n è 10 volte l'ellitticità della galassia, arrotondata all'intero più vicino. L'ellitticità è definita come $e = 1 - \frac{b}{a}$ per un'ellisse con semiasse maggiore a e minore b . Da cui $n = 10 \cdot e = 10 \cdot (1 - \frac{b}{a})$ (fig. 2).

Nella Sequenza di Hubble l'ellitticità cresce da sinistra verso destra: le galassie circolari (E0) si trovano all'estrema sinistra del diagramma. È importante notare che l'ellitticità di una galassia in cielo è solo indirettamente correlata alla vera forma della galassia (per esempio, una galassia schiacciata, a forma di disco, può apparire praticamente rotonda se vista di faccia o ellittica se vista di taglio). Le ellittiche più schiacciate hanno ellitticità $e = 0.7$ (sono classificate E7).

Nella parte destra della Sequenza di Hubble ci sono due bracci paralleli che includono le **spirali** (fig. 4). Una spirale è costituita da un disco, una struttura a spirale (generalmente con due bracci) e una concentrazione di stelle che forma il nucleo. Circa metà delle spirali hanno una struttura simile a una barra che si estende dal nucleo, e i bracci a spirale partono alla fine di questa barra. Nella Sequenza di Hubble le spirali regolari occupano la parte superiore e sono indicate con la lettera S, mentre le spirali barrate occupano la parte inferiore e sono indicate con le lettere SB. Entrambi i tipi di spirali sono ulteriormente suddivisi in base alla loro struttura a spirale. L'appartenenza a uno di questi sottogruppi è indica-

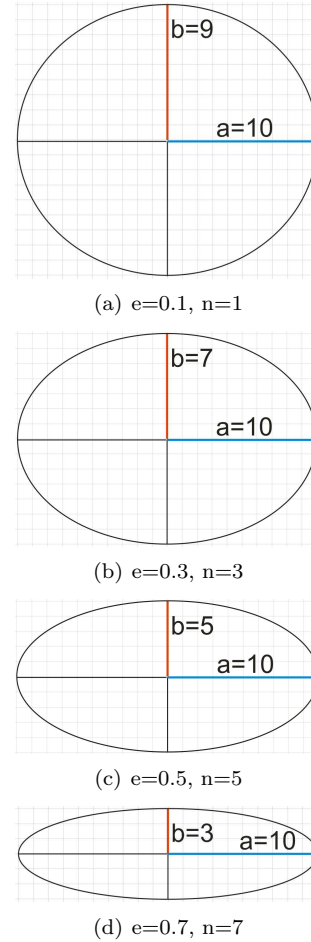


Figura 2: Esempi di ellissi con diversa ellitticità.

ta aggiungendo una lettera minuscola all'indicazione del tipo morfologico, come segue:

- Sa (SBa) - bracci avvolti molto stretti; nucleo centrale esteso e luminoso
- Sb (SBb) - bracci avvolti un po' meno stretti delle Sa (SBa); nucleo più debole
- Sc (SBc) - bracci avvolti a formare una spirale molto ampia, in cui si vedono chiaramente ammassi di stelle e nebulose; nucleo piccolo e molto debole

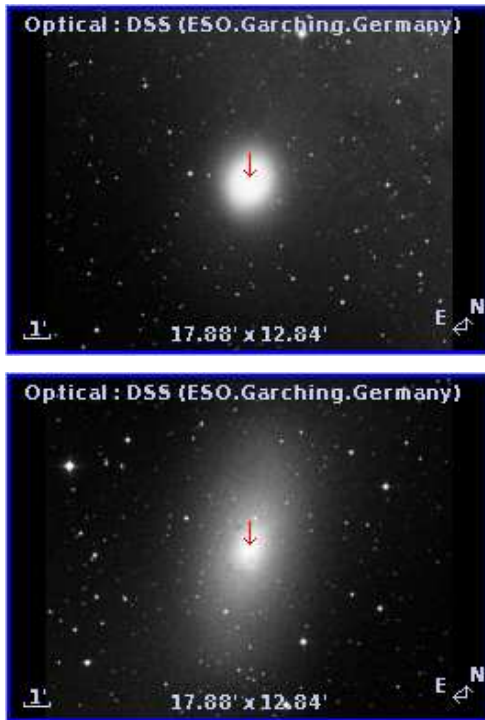


Figura 3: Le due ellittiche M32 (E2, in alto) e M110 (E6, in basso).

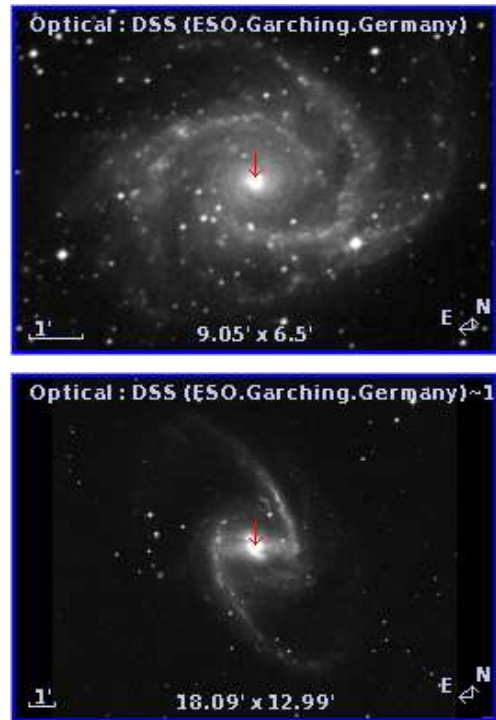


Figura 4: Le due spirali NGC2997 (Sc, in alto) e NGC1365 (SBb, in basso).

Al centro della Sequenza di Hubble, dove si incontrano le ellittiche e le spirali, è presente una classe intermedia di galassie, le **lenticolari** (fig. 5), indicate con S0. Queste galassie hanno un nucleo luminoso, simile a una galassia ellittica, circondato da una estesa struttura a disco. A differenza delle spirali, il disco delle lenticolari non ha nessuna struttura a spirale né stelle brillanti. il nucleo è spesso la sporgente principale della luminosità della galassia. Le lenticolari osservate di faccia sono difficili da distinguere dalle ellittiche di tipo E0, rendendo incerta la classificazione di molte di queste galassie. Se osservate di taglio, è spesso evidente una linea scura di polveri che assorbe la luce delle stelle del disco.

Le galassie che non rientrano nella Sequenza di Hubble, poiché non presentano nessuna struttura regolare (né ellissoidale né a disco), sono chiamate galassie **irregolari** (fig. 6).



Figura 5: La galassia lenticolare (S0) NGC5866

4 Aladin

Aladin è un atlante celeste interattivo per la visualizzazione di immagini digitali di qualsiasi parte del cielo. Con Aladin è possibile sovrapporre i dati



Figura 6: La galassia irregolare NGC1427A

dei cataloghi astronomici e accedere alle informazioni correlate.

Aladin è sviluppato e mantenuto dal Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS). Può essere scaricato da <http://aladin.u-strasbg.fr>.

In questo esempio utilizziamo Aladin nella configurazione *undergraduate*. L'estensione *undergraduate* di Aladin è stata sviluppata nell'ambito del progetto europeo EuroVO-AIDA.

5 VirGO

VirGO è un software per la visualizzazione dei dati degli archivi dell'ESO. È un'estensione del popolare software Stellarium cui sono state aggiunte nuove funzionalità per visualizzare i dati astronomici professionali.

VirGO dà agli astronomi la possibilità di selezionare facilmente i dati tra milioni di osservazioni. La sua caratteristica principale è di fornire l'accesso in tempo reale e la visualizzazione grafica di un vasto numero di osservazioni mostrando l'anteprima dell'immagine e le informazioni sugli

Virgo sovrappone le immagini reali del cielo del DSS (Digital Sky Survey) e permette di osservare il cielo come lo vedrebbe un osservatore reale.

Virgo è scaricabile da <http://archive.eso.org/cms/tools-documentation/visual-archive-browser>.

6 La classificazione

Forniamo qui di seguito una lista di 14 galassie da classificare secondo la Sequenza di Hubble. Le galassie sono: M59, M85, M86, M87, NGC0175, NGC0488, NGC0628, NGC1073, NGC1300, NGC3031, NGC4125, NGC5457, NGC7479, NGC6822.

Aprire Aladin e passare alla modalità "undergraduate" dal menu *modifica* → *preferenze dell'utente* → *profilo* → *undergraduate*. Riavviare Aladin per rendere effettive le modifiche.

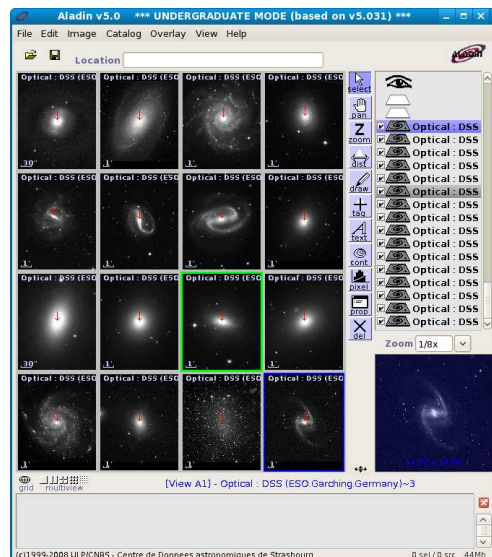


Figura 7: Le 14 galassie caricate nella finestra di Aladin).

Cliccare sulla finestra di presentazione di Aladin: appare una finestra bianca in cui è possibile caricare le immagini delle galassie che ci interessano. Prima di fare questo passare alla modalità visualizzazione multipla, per visualizzare tutte le 14 galassie assieme e facilitare così il confronto e la classificazione. Cliccare sul pulsante "visualizzazione multipla" nell'angolo in basso a sinistra di Aladin (primo pulsante da destra). La finestra si divide in 16.

Cliccare sulla prima delle 16 finestre e digitare nel campo "comando" il nome della prima galassia. Dopo alcuni secondi appare l'immagine della galassia. Cliccare sulla seconda finestra e caricare la seconda

galassia. Ripetere la stessa operazione per tutte le 14 galassie (fig. 7).

Tutte le galassie sono ora caricate in Aladin: possiamo iniziare la loro classificazione. Per ingrandire una galassia utilizzare il pulsante “zoom”, a destra della finestra di Aladin, e cliccare sull’immagine. In alternativa, utilizzare i tasti F7/F8. Per spostare l’immagine, per esempio se le sue dimensioni sono maggiori della finestra di Aladin, utilizzare il pulsante “muovi” cliccare sull’immagine e spostarla.

7 Localizzare le galassie nel cielo con VirGO

VirGO è un plug-in per il software Stellarium, che permette di accedere ai dati astronomici professionali. Aprendo VirGO, compare la stessa schermata di Stellarium, con in più alcune finestre per accedere ai dati astronomici. Dalla scheda *Sky and viewing option window* (fig. 8), nel menu in basso a sinistra, è possibile selezionare la griglia delle coordinate, le linee dell’equatore e dell’eclittica, le costellazioni e altre impostazioni.



Figura 8: Finestra *sky and viewing option window* di VirGO.

Nei pannelli di accesso ai dati (fig. 9) selezionare il pannello *target* e scrivere il nome della prima galassia. Cliccare *search* e individuare la costellazione al centro di Stellarium: la galassia appartiene a es-

sa. Zoommare (rotella del mouse o tasti pag su/giù) fino a vedere la galassia e aspettare che siano caricate le immagini di fondo. Cliccare sulla galassia: nell’angolo in alto a sinistra di Stellarium compiono le informazioni su nome, magnitudine, coordinate e dimensioni.

Cercare le altre galassie e localizzarle in cielo.



Figura 9: Pannelli di accesso ai dati in VirGO.

LIVELLI DI APPRENDIMENTO

▷ Livello 1

- Visualizzare alcune galassie attraverso software dedicati (Aladin e VirGO);
- distinguere le galassie in base alla loro forma (ellittiche, spirali, altro);
- compilare una semplice tabella di classificazione.

Attività: Dividere le 14 galassie tra ellittiche, spirali, spirali barrate, lenticolari e irregolari. Per ogni galassia contrassegnare con una X la colonna corretta in base alla propria classificazione. .

| GALASSIA | ELLITTICA | SPIRALE | SPIRALE BARRATA | ALTRO |
|----------|-----------|---------|-----------------|-------|
| M59 | | | | |
| M85 | | | | |
| M86 | | | | |
| M87 | | | | |
| NGC175 | | | | |
| NGC488 | | | | |
| NGC628 | | | | |
| NGC1073 | | | | |
| NGC1300 | | | | |
| NGC3031 | | | | |
| NGC4125 | | | | |
| NGC5457 | | | | |
| NGC7479 | | | | |
| NGC6822 | | | | |

Tabella 1: Tabella per classificare le galassie tra ellittiche, spirali, lenticolari e irregolari.

▷ Livello 2

- Richiede livello 1;
- Classificare le galassie secondo la Sequenza di Hubble.

Attività: Classificare le galassie di ciascuna colonna della tabella 1 secondo la Sequenza di Hubble. Nella tabella 2 per le ellittiche, tabella 3 per le spirali, tabella 4 per le spirali barrate, tabella 5 per le lenticolari e irregolari inserire nella prima colonna il nome della galassia e successivamente una X nella cella corretta secondo la propria classificazione.

| ELLITTICHE | E0 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Tabella 2: Classificazione delle ellittiche in base alla Sequenza di Hubble.

| SPIRALI | Sa | Sb | Sc |
|---------|----|----|----|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tabella 3: Classificazione delle spirali in base alla Sequenza di Hubble.

| SPIRALI BARRATE | SBa | SBb | SBc |
|-----------------|-----|-----|-----|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tabella 4: Classificazione delle spirali barrate in base alla Sequenza di Hubble.

| ALTRE GALASSIE | Lenticolari | Irregolari |
|----------------|-------------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Tabella 5: Classificazione delle lenticolari e irregolari in base alla Sequenza di Hubble.

▷ Level 3

- Include livelli 1 e 2;
- utilizzare diagrammi come quello della Sequenza di Hubble per classificare le galassie.

Activity: Riempire la Sequenza di Hubble vuota (fig. 10) con i nomi delle 14 galassie appena classificate. Posizionare ogni galassia nella corretta posizione sul diagramma. Attenzione: una galassia non appartiene al diagramma!!

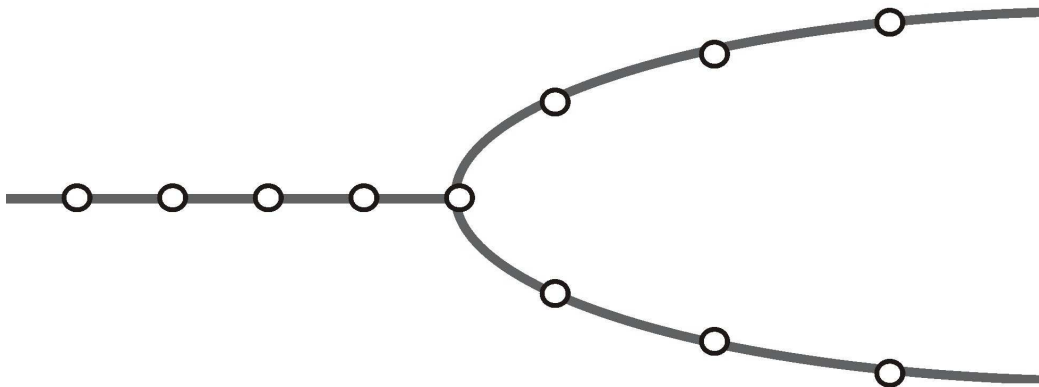


Figura 10: Sequenza di Hubble “vuota” in cui posizionare le galassie.

SOLUZIONI

▷ Livello 1

- Visualizzare alcune galassie attraverso software dedicati (Aladin e VirGO);
- distinguere le galassie in base alla loro forma (ellittiche, spirali, altro);
- compilare una semplice tabella di classificazione.

Attività: Dividere le 14 galassie tra ellittiche, spirali, spirali barrate, lenticolari e irregolari. Per ogni galassia contrassegnare con una X la colonna corretta in base alla propria classificazione. .

| GALASSIA | ELLITTICA | SPIRALE | SPIRALE BARRATA | ALTRO |
|----------|-----------|---------|-----------------|-------|
| M59 | X | | | |
| M85 | | | | X |
| M86 | X | | | |
| M87 | X | | | |
| NGC175 | | | X | |
| NGC488 | | X | | |
| NGC628 | | X | | |
| NGC1073 | | | X | |
| NGC1300 | | | X | |
| NGC3031 | | X | | |
| NGC4125 | X | | | |
| NGC5457 | | X | | |
| NGC7479 | | | X | |
| NGC6822 | | | | X |

Tabella 6: Tabella per classificare le galassie tra ellittiche, spirali, lenticolari e irregolari.

▷ Livello 2

- Richiede livello 1;
- Classificare le galassie secondo la Sequenza di Hubble.

Attività: Classificare le galassie di ciascuna colonna della tabella 1 secondo la Sequenza di Hubble. Nella tabella 2 per le ellittiche, tabella 3 per le spirali, tabella 4 per le spirali barrata, tabella 5 per le lenticolari e irregolari inserire nella prima colonna il nome della galassia e successivamente una X nella cella corretta secondo la propria classificazione.

| ELLITTICHE | E0 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| M59 | | | | | | X | | |
| M86 | | | | X | | | | |
| M87 | | X | | | | | | |
| NGC4125 | | | | | | | X | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Tabella 7: Classificazione delle ellittiche in base alla Sequenza di Hubble.

| SPIRALI | Sa | Sb | Sc |
|---------|----|----|----|
| NGC488 | X | | |
| NGC628 | | | X |
| NGC3031 | | X | |
| NGC5457 | | | X |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tabella 8: Classificazione delle spirali in base alla Sequenza di Hubble.

| SPIRALI BARRATE | SBa | SBb | SBc |
|-----------------|-----|-----|-----|
| NGC175 | X | | |
| NGC1073 | | | X |
| NGC1300 | | X | |
| NGC7479 | | | X |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tabella 9: Classificazione delle spirali barrate in base alla Sequenza di Hubble.

| ALTRE GALASSIE | Lenticolari | Irregolari |
|----------------|-------------|------------|
| M85 | X | |
| NGC6822 | | X |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Tabella 10: Classificazione delle lenticolari e irregolari in base alla Sequenza di Hubble.

▷ Level 3

- Include livelli 1 e 2;
- utilizzare diagrammi come quello della Sequenza di Hubble per classificare le galassie.

Activity: Riempire la Sequenza di Hubble vuota (fig. 10) con i nomi delle 14 galassie appena classificate. Posizionare ogni galassia nella corretta posizione sul diagramma. Attenzione: una galassia non appartiene al diagramma!

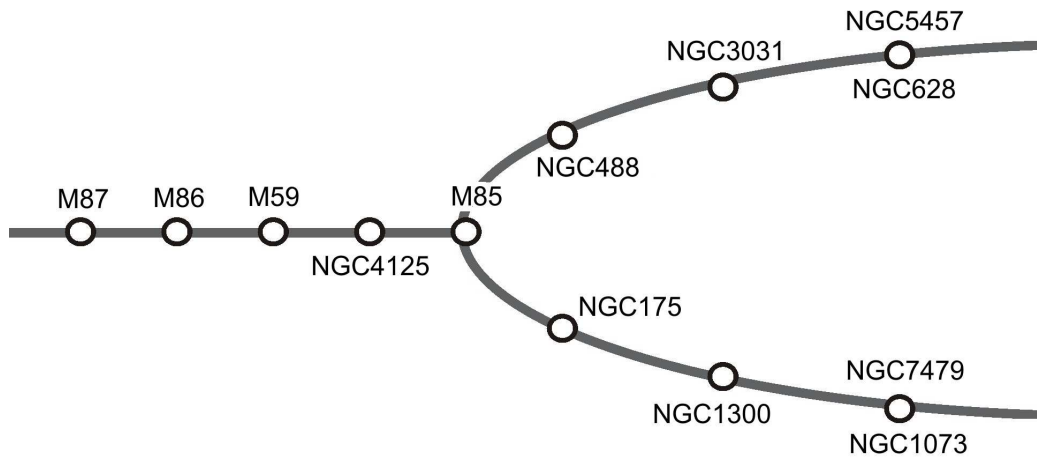


Figura 11: Sequenza di Hubble “vuota” in cui posizionare le galassie.