

LA SEQUENZA DI HUBBLE

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

^(a) INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste

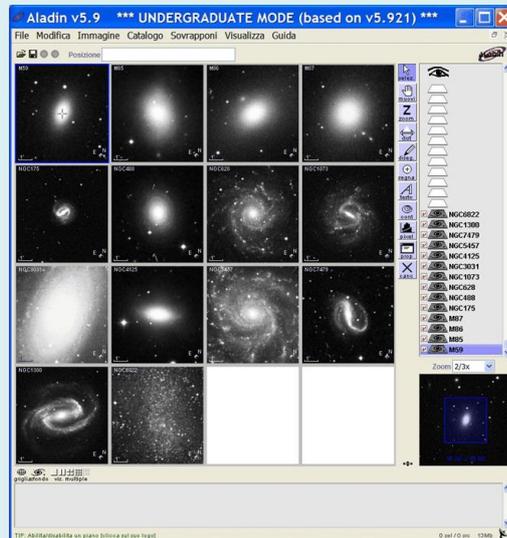
^(b) Istituto Comprensivo S. Giovanni - Sc. Sec. di primo grado "M. Codermatz" - Trieste

Questo modulo didattico esplora la morfologia delle galassie e la loro classificazione secondo la Sequenza di Hubble.

Informazioni e contatti: <http://vo-for-education.oats.inaf.it> - iafrate@oats.inaf.it

Le galassie sono i costituenti fondamentali dell'Universo. Le galassie, così come le vediamo nelle immagini a lato, hanno molte forme, a volte semplici e a volte complicate: ci sono galassie ellittiche, spirali, spirali barrate, lenticolari e irregolari.

Aladin permette di visualizzare le immagini delle galassie, riprese dai maggiori telescopi del mondo. Permette anche di visualizzare più galassie contemporaneamente, per facilitare il confronto tra i vari tipi.



Confrontando le 14 galassie proposte in questo modulo si può ricostruire la Sequenza di Hubble, uno schema per la classificazione morfologica delle galassie ideato da Edwin Hubble nel 1936. La Sequenza di Hubble è attualmente il sistema più comunemente usato per classificare le galassie, sia nella ricerca astronomica professionale che tra gli astrofili.

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

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 nelle immagini, 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 al 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 esempio descriviamo la Sequenza di Hubble e 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, 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. Questa supernova è molto importante perché l'esplosione di una supernova in una galassia vicina, o nella nostra Via Lattea, è un evento raro che avviene in media ogni 400 anni.

M31 (galassia di Andromeda) è una spirale, simile alla Via Lattea, situata a 2.3 milioni di anni luce da noi. Le Nubi di Magellano, Andromeda, la Via Lattea e altre galassie più piccole appartengono fisicamente allo stesso gruppo, legato gravitazionalmente e 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 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

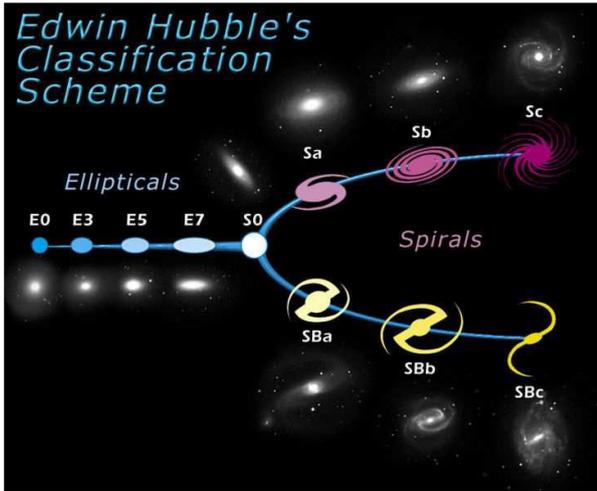
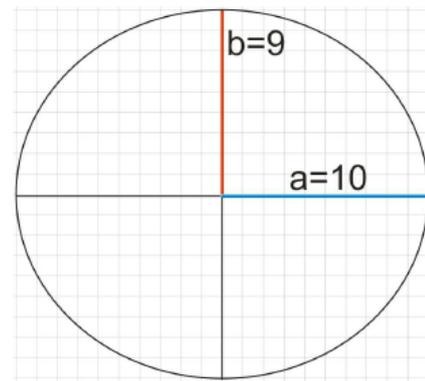


Fig. 1: La Sequenza di Hubble: uno schema per la classificazione morfologica delle galassie.

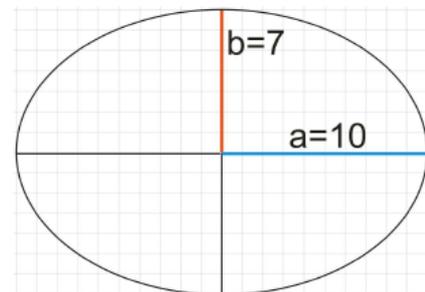
La figura 1 rappresenta la Sequenza di Hubble, uno schema per la classificazione morfologica delle galassie. Nella parte sinistra del diagramma troviamo le ellittiche (fig. 3). Le ellittiche hanno una distribuzione uniforme della luce, senza caratteristiche particolari, nelle immagini appaiono come delle 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 $e = (1 - b/a)$ per un'ellisse con semiasse maggiore a e minore b . Da cui $n = 10 \cdot e = 10 \cdot (1 - b/a)$ (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).

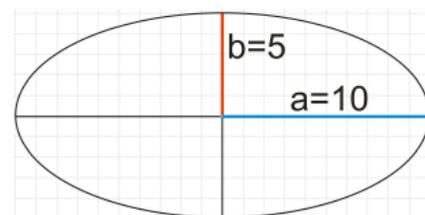
Una spirale è costituita da un disco, una struttura a spirale (generalmente con due bracci) e una concentrazione di stelle che forma il nucleo. Circa metà delle spirali hanno una struttura simile a una barra che si estende dal nucleo, e i bracci a spirale partono alla fine di questa barra. Nella Sequenza 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.



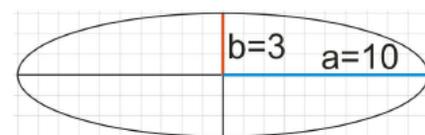
(a) $e=0.1, n=1$



(b) $e=0.3, n=3$



(c) $e=0.5, n=5$



(d) $e=0.7, n=7$

Fig. 2: Esempi di ellissi con diversa ellitticità.



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

Entrambi i tipi di spirali sono ulteriormente suddivisi in base alla loro struttura a spirale.

L'appartenenza a uno di questi sottogruppi è indicata 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.

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.



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

A differenza delle spirali, il disco delle lenticolari non ha nessuna struttura a spirale né stelle brillanti. Il nucleo è spesso la sorgente 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.



Fig. 5: La galassia lenticolare (S0) NGC5866.

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).



Fig. 6: La galassia irregolare NGC1427A.

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 dei cataloghi astronomici e accedere alle informazioni correlate.

Aladin è sviluppato e mantenuto dal Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS), disponibile qui: <https://aladin.u-strasbg.fr/java/Aladin9.0.jar>. In questo esempio utilizziamo Aladin nella configurazione *undergraduate* (sviluppata nell'ambito del progetto europeo EuroVO-AIDA).

5 La classificazione

Creiamo 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.

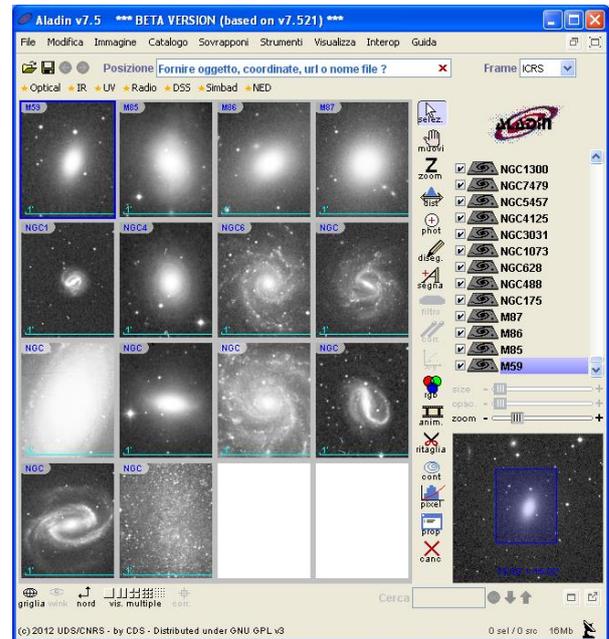


Fig. 7: Le 14 galassie caricate nella finestra di Aladin.

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.

Aprire la finestra di selezione del server:

File -> Carica immagine astronomica -> server delle immagini di Aladin

Selezionare la prima delle 16 finestre (il bordo diventa blu) e digitare nella finestra di selezione del server, nel campo "oggetto", 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.

Tutte le galassie sono ora caricate in Aladin (fig. 7): possiamo iniziare la loro classificazione. Per ingrandire una

galassia utilizzare il pulsante "zoom", a destra della finestra di Aladin, e cliccare sull'immagine. 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.

Salvare il lavoro da *File -> Backup della sessione*, in questo modo viene creato un file .aj con tutte le immagini caricate nei piani di Aladin.

6 "Gioco del 15" galattico

Possiamo utilizzare Aladin per giocare a una versione leggermente modificata del famoso gioco del 15 (quello in cui bisogna riordinare i numeri dall'1 al 15). Al posto dei numeri, qui dobbiamo riordinare galassie.

Scaricare uno dei 4 file di galassie (hubble_1, hubble_2, ecc.) da http://vo-for-education.oats.inaf.it/ita_download.html, appena sotto l'esempio di utilizzo n. 3.

Scomprimere il file scaricato (si ottiene il file hubble_*.aj) e aprire Aladin. Dal menu *File -> Open local file* caricare il file.

Sullo schermo appare un set di 14 galassie che occupano 14 delle 16 caselle disponibili. Lo scopo del gioco è ordinare le galassie partendo dall'angolo in alto a sinistra e seguendo un criterio a vostra discrezione. L'astronomo Edwin Hubble il secolo scorso ha classificato le galassie in accordo con la loro forma (classificazione morfologica), esistono però molte altre caratteristiche delle galassie che potrebbero essere utilizzate per una loro catalogazione.

Utilizzate il mouse per trascinare le galassie da una casella all'altra e ordinate le galassie secondo il criterio che più vi soddisfa.

La parola all'esperto

La sequenza di Hubble non rappresenta una sequenza "evolutiva": le galassie non nascono come ellittiche e si trasformano in spirali e irregolari. Dal punto di vista teorico, si crede che le galassie si formino al centro di grossi aloni fatti di una materia la cui natura rimane tuttora sconosciuta (la materia oscura). Il gas che rimane intrappolato in questi aloni perde energia e collassa verso il centro. La conservazione del momento angolare forma una struttura a disco, quale si osserva nelle galassie a spirali (come la nostra Via Lattea).

Le galassie ellittiche e le strutture sferoidali che si osservano al centro di galassie a spirali si pensa siano il risultato di interazioni o fusioni tra galassie. Si tratta di fenomeni molto frequenti e comunemente osservati che avvengono quando le galassie sono abbastanza vicine da risentire del reciproco campo gravitazionale. La forza che si esercita tra le due galassie tende a deformarle ed eventualmente a disgregarle. Il processo può dar luogo, a seconda della velocità relativa delle galassie e della loro orbita, a un vero e proprio processo di fusione che ridistribuisce le stelle in una struttura sferica. La compressione del gas durante il processo di fusione può provocare la formazione di nuove stelle.

Gabriella De Lucia
INAF - OA Trieste



Si ringraziano Alessia Canelli, Karin Cescon, Dimitri Francolla e Asia Micheli, del liceo scientifico G. Galilei di Trieste, per la revisione di questo modulo didattico avvenuta nell'ambito del progetto europeo Asterics (H2020).

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

ESERCIZI

Livello di apprendimento 1

- Visualizzare alcune galassie attraverso software dedicati (Aladin);
- 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				

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

Livello di apprendimento 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	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

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

Spirali	Sa	Sb	Sc

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

Spirali barrate	SBa	SBb	SBc

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

Altre galassie	Lenticolari	Irregolari

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

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

Livello di apprendimento 3 (richiede livelli 1 e 2)

- Utilizzare diagrammi come quello della Sequenza di Hubble per classificare le galassie.

Attività: 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!

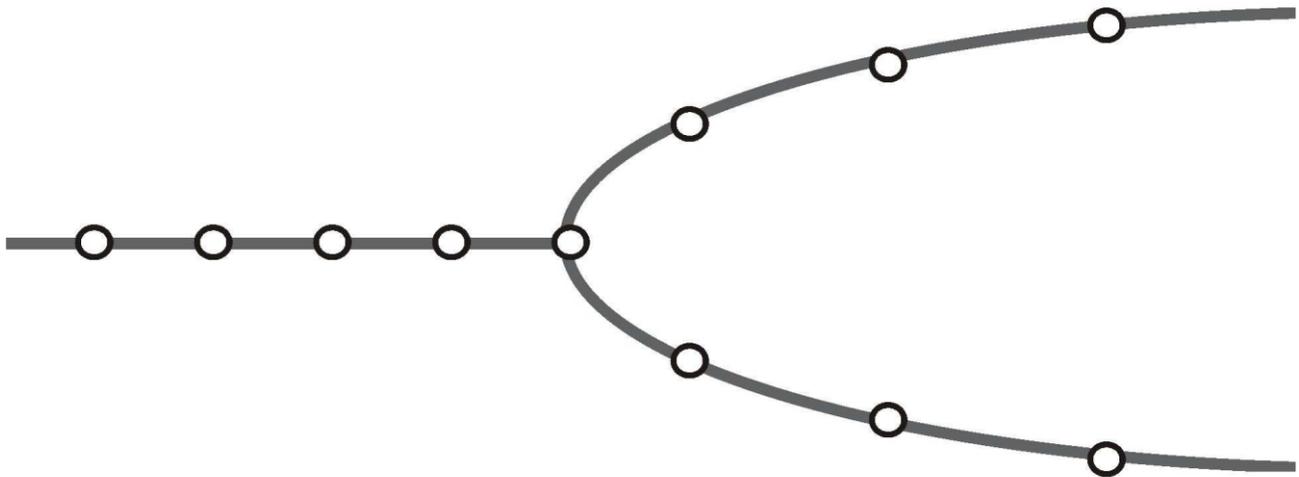


Fig. 10: Sequenza di Hubble "vuota" in cui posizionare le galassie.

SOLUZIONI

Livello di apprendimento 1

- Visualizzare alcune galassie attraverso software dedicati (Aladin);
- 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

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

Livello di apprendimento 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	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
M59					X		
M86			X				
M87		X					
NGC4125						X	

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

Spirali	Sa	Sb	Sc
NGC488	X		
NGC628			X
NGC3031		X	
NGC5457			X

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

Spirali barrate	SBa	SBb	SBc
NGC175	X		
NGC1073			X
NGC1300		X	
NGC7479			X

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

Altre galassie	Lenticolari	Irregolari
M85	X	
NGC6822		X

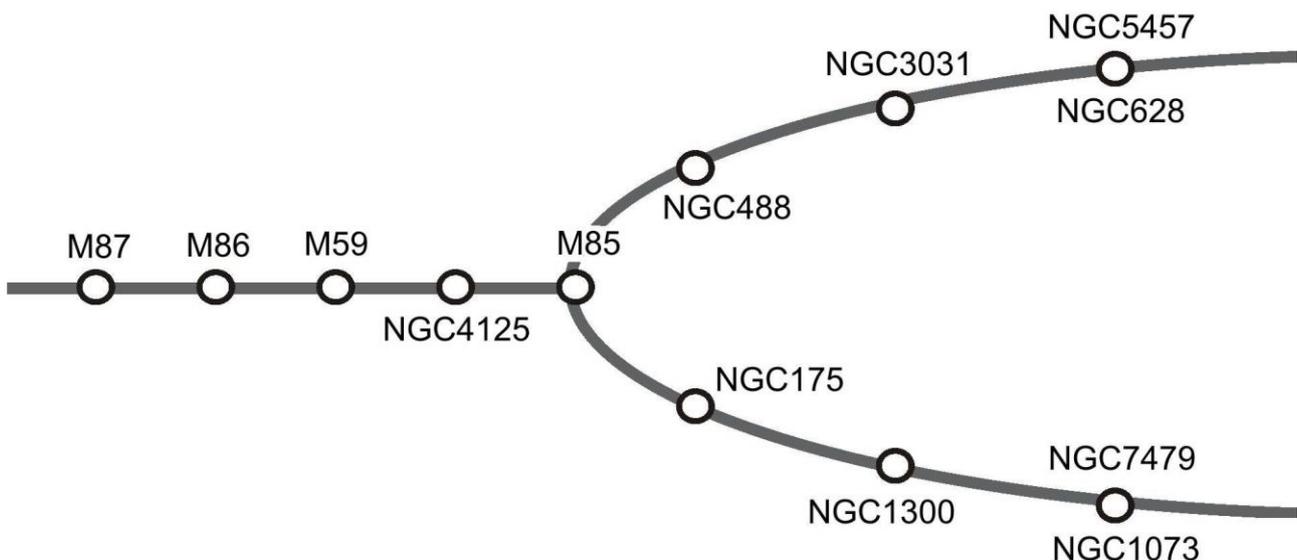
Tab. 5: Classificazione delle lenticolari e irregolari in base alla Sequenza di Hubble.

Livello di apprendimento 3 (richiede livelli 1 e 2)

- Utilizzare diagrammi come quello della Sequenza di Hubble per classificare le galassie.

Attività: 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!!



Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!