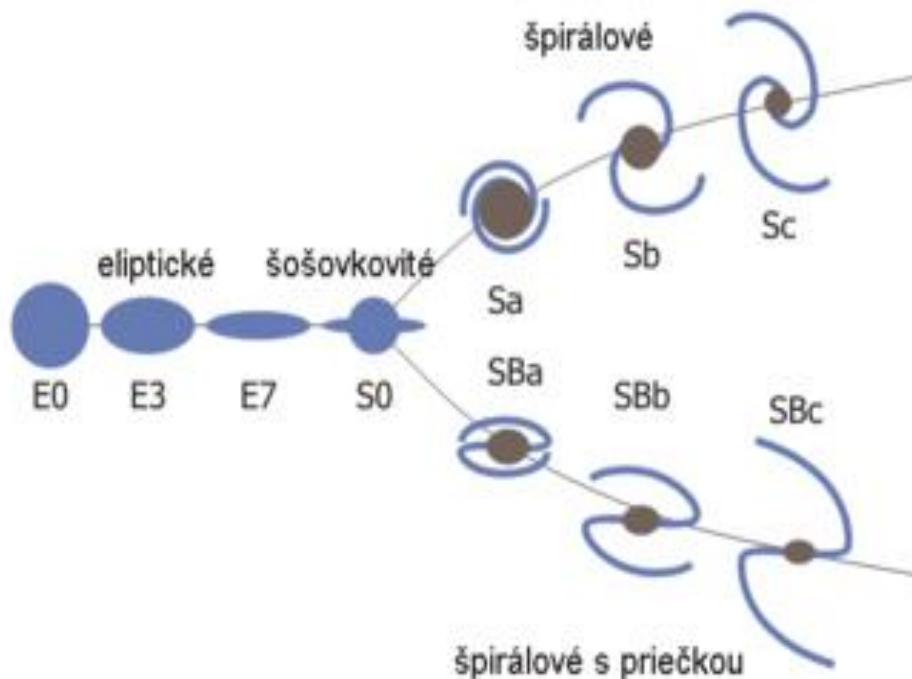


# GALAXIA A GALAXIE II. – TYPY GALAXIÍ

**1. Hubblova klasifikácia galaxií:** Určite vás neprekvapí, že aj pri zaradovaní galaxií do jednotlivých tried alebo skupín podľa ich vlastností sa spomína meno Edwina Hubbla, amerického astronóma, ktorý ako prvý na našej planéte vďaka v tej dobe najkvalitnejšej technike i svojmu mimoriadnemu úsiliu zistil, že sa náš vesmír rozpína. Menej známe je, že to bol práve Hubble, komu vďačíme aj za prvú vierohodnú, aj keď viac-menej opisnú klasifikáciu galaxií do jednotlivých tried podľa ich tvaru či výzoru. Ako uvádza Wikipédia: **Hubblova schéma** alebo **Hubblova klasifikácia galaxií** rozdeľuje galaxie podľa ich tvaru. Zaviedol ju v roku 1925 americký astronóm Edwin Hubble. Graficky je táto klasifikácia znázornená ako **Hubblova ladička**. Ide iba o grafické vyjadrenie tejto klasifikácie a nie o vývojové štádiá galaxií, ako predpokladal Hubble. Každý z typov je ďalej rozdelený na ďalšie podtypy podľa tvarov.



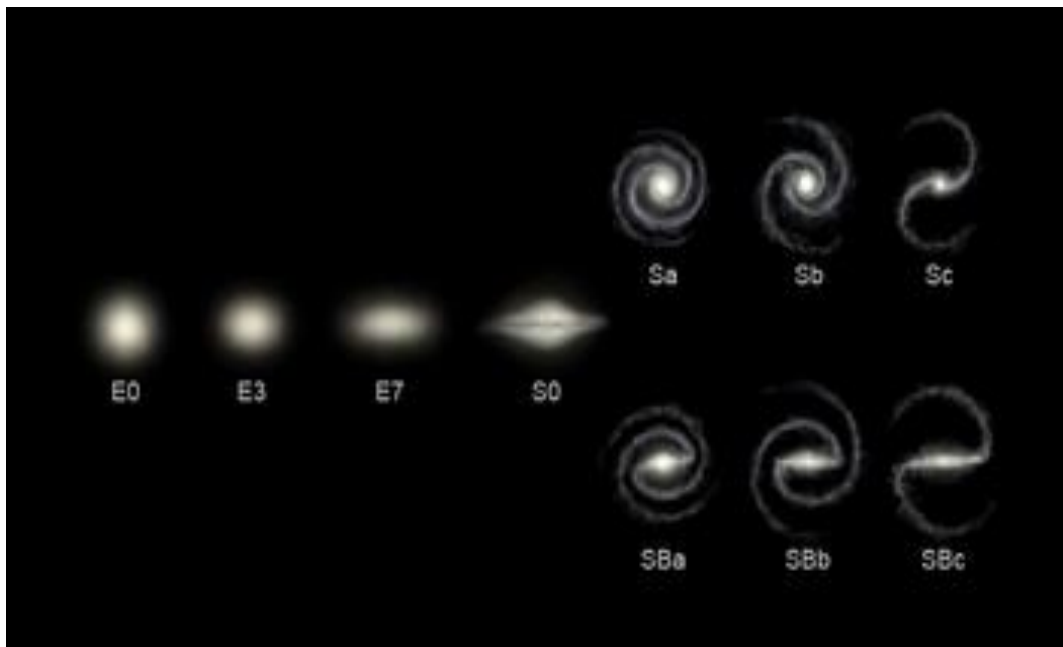
**Eliptické galaxie**, ako naznačuje ich názov, sú galaxie v tvare elipsoidu (sféroidu). Ich priemet na oblohu je elipsa až kruh. Označujú sa písmenom **E**, ku ktorému je pripojené číslo **0–7** vyjadrujúce *elipticitu galaxie* (sploštenosť elipsy). Číslo je určené z veľkej (**a**) a malej osi (**b**) elipsy zo vzťahu **10(a-b)/a**. **E0** je galaxia kruhového tvaru, **E7** galaxia s najväčším sploštením

(galaxie s väčšou elipticitou neboli objavené). Medzi eliptické galaxie patrí napríklad Messier 32 v súhvezdí Androméda alebo Virgo A v Panne.

Pre **špirálové galaxie** sú zase typické **výrazné špirálové ramená**, ktoré vychádzajú z galaktického jadra. *Špirálové galaxie* sa označujú písmenom **S** za ktorým nasleduje písmeno **a**, **b** alebo **c**. Tieto písmená určujú veľkosť jadra a rozvinutie ramien galaxie:

- Sa** – mohutné jadro s tesne navinutými ramenami.
- Sb** – menšie jadro s ramenami viac otvorenými.
- Sc** – málo výrazné jadro s ramenami ďaleko odvinutými.

Typickým predstaviteľom špirálovej galaxie je napríklad voľným okom viditeľná Galaxia Androméda alebo Galaxia Veterník.



**Špirálové galaxie s priečkou** majú síce tvar podobný špirálovým galaxiám, ale špirálové ramená pri nich nevychádzajú z galaktického jadra, ale vybiehajú z koncov galaktickej priečky. Označujú sa písmenami **SB** a podľa otvorenia ramien sa (podobne ako špirálové galaxie) delia na tri podskupiny:

- **SBa** – tesne navinuté ramená.
- **SBb** – viac otvorené ramená.
- **SBc** – ramená ďaleko odvinuté.

Špirálová galaxia s priečkou je napríklad galaxia M91 v súhvezdí Vlasy Bereniky, ale podľa všetkého aj **naša galaxia – Galaxia Mliečna cesta**.

**Šošovkovité galaxie** tvoria podľa Hubblovej schémy prechodový typ medzi eliptickou a špirálovou galaxiou (**nie sú ale vývojovým prechodom týchto typov**). Tieto galaxie sa podobajú špirálovým galaxiám s výrazným jadrom a diskom, ktorému však chýba výrazná špirálová štruktúra. Označujú sa **SO**. K predstaviteľom galaxií tohto typu patrí galaxia M86 v súhvezdí Panna.

**Nepravidelné galaxie** sa nakoniec vyznačujú tým, že im chýba výrazná štruktúra. Majú síce tiež jadro, ale oveľa menšie ako špirálové galaxie. Ich disk má nepravidelnú štruktúru aj keď v ňom môže byť nezreteľná priečka. Označujú sa písmenami **Irr** a delia sa na dve skupiny:

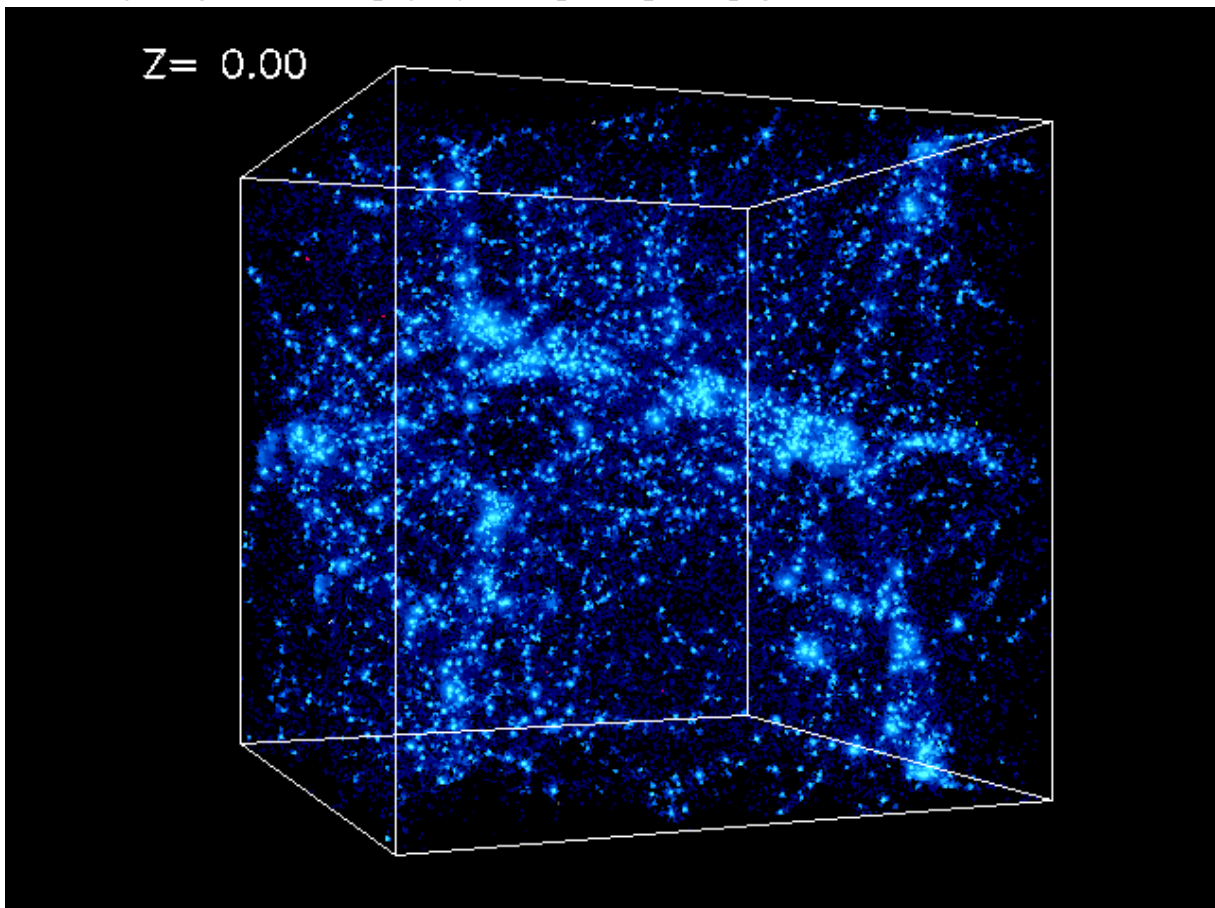
- **Irr I** – nepravidelné galaxie.
- **Irr II** – narušené galaxie – napríklad interagujúce galaxie.

Nepravidelná galaxia je aj Galaxia Cigara v súhvezdí Veľká medvedica.



**2. Staršie klasifikácie galaxií z 80. rokov minulého storočia:** Ján Štohl napríklad v roku 1982 vyslovil vtedy asi dominujúci názor, podľa ktorého sa vo všetkých jestvujúcich typoch galaxií (či už špirálových, eliptických, nepravidelných alebo šošovkovitých) pozorovaniami **potvrdila prítomnosť aj tých najstarších známych hviezd**, z čoho vyplýva, že všetky pozorované galaxie vznikli v rovnakom, pomerne krátkom časovom intervale pred asi 12 alebo až 15 miliardami rokov. To znamená, že vývoj galaxií „neprebíha od jedného typu galaxií k inému typu, t. j., že galaxie rôznych typov nie sú rôznymi štádiami jedinej vývojovej postupnosti. Práve naopak, vývoj galaxií rôznych typov prebieha paralelne a rôzne typy galaxií treba preto považovať za rôzne varianty evolúcie hviezdnych sústav, pričom morfológická odlišnosť galaxií je určená **predovšetkým rôznymi počiatočnými podmienkami pri**

**ich vzniku“** (1982, 24). Gurevič a Černin sa pokúsili tieto počiatkové podmienky opísať. Podľa nich (1987, 8) fragmentácia protogalaktických mračen v dôsledku ich gravitačnej nestability viedla nielen k vzniku jednotlivých hviezd a hviezdnych asociácií, ale aj k ich postupnej premene na veľké hviezdne systémy – galaxie. Niektoré nové galaxie sa otáčali **rýchlejšie**, pričom získali dvojzložkovú štruktúru. V rámci nej sa vyčlenilo halo viac-menej sférického tvaru a disk, v ktorom sa začali utvárať špirálne ramená, kde dodnes s väčšími či menšími prestávkami úspešne pokračuje hviezdotvorba. Z týchto protogalaxií vznikali špirálové galaxie. Iné protogalaxie sa otáčali **pomaly** alebo vôbec **nie**, preto z nich neskôr vznikali eliptické alebo nepravidelné galaxie. Súčasne s prvými hviezdami a galaxiami sa formovala aj veľkorozmerná štruktúra pozorovaného vesmíru vo forme navzájom gravitačne spojených kôp a superkôp galaxií.



**Veľkorozmerná štruktúra nášho vesmíru prirodzene zachytáva tak oblasti, ktoré sú vyplnené svietiacou hmotou, ako aj oblasti, ktoré sú vyplnené tmavou hmotou a tmavou energiou, ako aj úplne prázdne oblasti.**

Podľa R. J. Taylora (1981) tak rozdielne podmienky vzniku špirálových, eliptických a nepravidelných galaxií viedli k výrazným rozdielom v ich hmotnosti, svietivosti, chemickom zložení a celkových dynamických pomeroch. Veľmi dôležitý bol **najmä pomer celkovej hmotnosti a svietivosti jednotlivých typov galaxií – M/L**, ktorý naznačuje ako účinne v nich prebiehala samotná hviezdotvorba. Predpokladalo sa, že v eliptických galaxiách bol tento proces veľmi intenzívny a skoro všetok počiatočný plyn bol spotrebovaný na tvorbu niekoľkých generácií hviezd, ktoré sa príliš nelíšia svojou hmotnosťou, svietivosťou, vekom či chemickým zložením. Len v centrálnych oblastiach eliptických galaxií môžeme pozorovať hviezdy s výrazne väčším obsahom tzv. ťažších (alebo kovových) chemických prvkov. V eliptických galaxiách preto nachádzame veľa starých, málo hmotných a pomerne slabo svietiacich hviezd, v dôsledku čoho je (pozorovaný) rozdiel medzi celkovou hmotnosťou a svietivosťou v týchto galaxiách veľmi veľký.



**Eliptická galaxia M87 (NGC4486) typ E1, slávna Virgo A, známa aj tisíckami svojich guľových hviezdokôp**

V **nepravidelných galaxiách** je zase podľa Taylora rozdiel medzi celkovou hmotnosťou a svietivosťou oveľa menší ako v eliptických galaxiách. Moderná astronómia pritom pozná **niekoľko podtypov nepravidelných galaxií**, t. j. galaxie typu Ir I a Ir II, ktoré sa od seba výrazne odlišujú najmä svojimi **morfologickými** charakteristikami. Galaxie Ir I tak „navonok vyzerajú ako objekty nepravidelnej formy, hoci v skutočnosti je v nich látka rozdelená viac-menej symetricky. V galaxiách typu Ir II je ako zdanlivá, tak aj skutočná



forma nepravidelná“ (1981, 72). To znamená, že v galaxiách typu Ir I je rozdelenie hmotnosti oveľa symetrickejšie ako rozdelenie svietivosti, kvôli čomu bývajú tieto galaxie neraz klasifikované **ako potenciálne špirálové galaxie**, v ktorých sa však z doteraz neznámych príčin nevyvinuli špirálne ramená. Skutočne nepravidelné by teda mali byť len galaxie typu Ir II, ktoré nadobudli svoj pokrivený tvar v dôsledku vzájomného pôsobenia s jednou alebo niekoľkými o niečo väčšími blízkyymi galaxiami, čo mohlo okrem iného viesť k zvýšenej explozívnej aktivite ich jadra a následnej deformácii ich pôvodne symetrickej štruktúry (1981, 73-74).



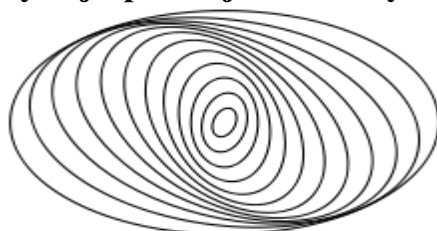
**Nepravidelná galaxia NGC 1427A je od nás vzdialená takmer  
52 miliónov svetelných rokov**

Vhodnými fyzikálno-chemickými podmienkami pre vznik života preto podľa všetkého disponujú **asi len špirálové galaxie**, pretože len v tomto type galaxií nachádzame veľa starších i mladších, ba aj práve sa rodia hviezd, iba v nich ďalej pozorujeme postupné a sústavné sa hromadenie ťažších (alebo kovových) chemických prvkov, iba ony majú bohatú a zreteľne sa črtajúcu štruktúru, pozostávajúcu z kompaktného a pomerne masívneho jadra, úzkeho a hrubšieho disku, výrazných špirálnych ramien a rozsiahleho sférického halo, ktoré je, tak ako ostatné štruktúrne zložky špirálových galaxií, viac-menej rovnomerne vyplnené iba určitým typom približne rovnako starých hviezd, čo platí aj pre špirálové galaxie s priečkou. Vo väčšine špirálových galaxií by sa pritom malo nachádzať **aj tzv. korotačné pásmo** ako najvhodnejšia oblasť s podmienkami pre vznik a dlhodobú existenciu pozemského typu života, ako konštatovali a dokazovali už v roku 1986 Maročnik s Muchinom.



**Bodeho galaxia, špirálová galaxia M81, ktorú pozorujeme v súhvezdí Veľká Medvedica zo vzdialenosti 12 miliónov svetelných rokov**

**Pôvod špirálovitej štruktúry:** Ako uvádza Wikipédia: Prvým priekopníkom štúdií vytvárania špirálovitých ramien bol Bertil Lindblad. Uvedomil si, že myšlienka hviezd usporiadaných permanentne v špirálovitom tvare bola neudržateľná kvôli „ohybovej dileme“ (angl. **winding dilemma**). Keďže rýchlosť rotácie galaktického disku sa mení v závislosti od vzdialenosti od stredu galaxie, lúčovité rameno (idúce od stredu po okraj ako v kolese) by sa pôsobením rotácie rýchlo zakrivilo. Po niekoľkých otočeniach galaxie by sa rameno zakrivilo natolko, že by omotalo galaxiu ešte pevnejšie. Toto však odporuje vykonaným pozorovaniam. Prvú akceptovateľnú teóriu vymysleli C. C. Lin a Frank Shu v roku 1964. Navrhli, aby špirálovité ramená boli prejavom **špirálovitých vln hustoty**. Domnievali sa, že hviezdy sa pohybujú po mierne eliptických obežných dráhach a že orientácie týchto obežných dráh sú vo vzájomnom vzťahu, to znamená, že elipsy sa plynule odlišujú v sklone so vzrastajúcou vzdialenosťou od stredu galaxie. Toto je znázornené na obrázku. Je jasné, že eliptické obežné dráhy sú v niektorých oblastiach tesne vedľa seba a vytvárajú tak **efekt ramien**. Z toho dôvodu neostávajú hviezdy na tom mieste, na ktorom ich vidíme, navždy, **ale posúvajú sa z ramena do ramena tým, ako sa pohybujú po svojich obežných dráhach**.



**3. Novšie a súčasné klasifikácie galaxií zohľadňujúce v ešte väčšej miere evolučné efekty a podmienky ich vzniku:** Ako uvádza známa Wikipédia, súčasné teórie vzniku galaxií zahŕňajú do tohoto procesu aj zhlukovanie tmavej hmoty. V rannom vesmíre pozostávali galaxie v podstate len z plynu a tmavej hmoty a preto existovalo menej hviezd. Počas toho, ako galaxia získavala viac hmoty (akréciou menších galaxií), sa tmavá hmota zachovala väčšinou **vo vonkajších častiach galaxie**, pretože tmavá hmota interaguje len prostredníctvom gravitácie, tak sa nerozptýli. Ale plyn sa sťahuje rýchlo a tak rotuje rýchlo a výsledkom toho procesu je veľmi tenký a rýchlo rotujúci disk. Astronómovia v súčasnosti **nevedia** čo zastaví proces kontrakcie a teórie vzniku galaktického disku nevyprodukujú ani správne rotačné rýchlosti a veľkosti galaktických diskov. Predpokladá sa, že radiácia z jasných mladých hviezd alebo aktívnych galaktických jadier môže spomaliť kontrakciu, a tiež že tmavá hmota môže gravitačným vplyvom zastaviť proces kontrakcie. V súčasnosti sa výskum zameriava najmä na porozumenie **úlohe splývania galaxií v ich vývoji**. Naša galaxia má malú satelitnú galaxiu (trpasličia eliptická galaxia Strelec), ktorá bude postupne roztrhaná a pohltaná Mliečnou cestou. Tieto udalosti sú vo vývoji galaxií považované **za bežné**. Trpasličia eliptická galaxia Strelec obieha okolo našej galaxie takmer v pravom uhle k disku našej galaxie. Momentálne prechádza diskom a pri každom prechode sa **z nej vytrhávajú hviezdy a zostávajú v hale našej galaxie**. Existujú aj iné príklady takýchto menších akrečných udalostí. Takéto splývanie poskytuje galaxii zásoby plynu, hviezdy a tmavú hmotu. Dôkazy týchto procesov sú často viditeľné ako zakrivenia alebo prúdy hviezd pochádzajúce z pohlcovanej galaxie. Lambda-CDM model vzniku galaxií predpovedá **nižší počet galaxií s tenkým diskom**. Z dôvodu, že tieto modely predpokladajú veľký počet zrážok galaxií. Ak sa galaktický disk zrazí s inou galaxiou s porovnateľnou hmotnosťou (aspoň 15% hmotnosti), tak táto zrážka pravdepodobne zničí alebo prinajmenšom **veľmi poškodí galaktický disk** a vzniknutá galaxia pravdepodobne **nebude galaxia s diskom**. Aj keď tento problém nie je vyriešený, neznamená to, že Lambda-CDM model (t. j. model so studenou tmavou hmotou) je úplne nesprávny. Skôr potrebuje ďalšie spresnenia, aby presne reprodukoval rozmiestnenie galaxií vo vesmíre.





**Špirálová galaxia ESO 510-G13, ktorá je ohnutá následkom kolízie s inou galaxiou. Po úplnom pohltení galaxie toto poškodenie zmizne. Tento proces zvyčajne trvá milióny, ak nie miliardy rokov.**

V súčasnej astronómii sa veľmi zmenil aj pohľad na vznik a vývoj eliptických galaxií. Ako uvádza Wikipédia: Najväčšie galaxie vo vesmíre sú obrovské eliptické galaxie. Hviezdy v nich obiehajú po rôznych dráhach (tzn. neobiehajú v galaktickom disku). Tvoria ich zväčša staré hviezdy a neobsahujú žiadny alebo len veľmi málo prachu. Všetky doteraz pozorované eliptické galaxie obsahujú v strede supermasívnu čiernu dieru a hmotnosť tejto čiernej diery zodpovedá veľkosti galaxie a tiež vlastnosti nazývanej sigma, ktorá vyjadruje rýchlosť hviezd na najvzdialenejšom konci galaxie. Eliptické galaxie **neobsahujú disk**. Najčastejšie sa vyskytujú vo viac „osídlených“ oblastiach vesmíru ako napríklad kopy galaxií. Astronómovia dnes považujú eliptické galaxie za jedny z **najviac vyvinutých** systémov vo vesmíre. Myšlienka, že hlavnou hnacou silou vzniku eliptických galaxií sú **zrážky s menšími galaxiami**, je široko prijímaná. Tieto zrážky sú extrémne intenzívne a divoké, galaxie často kolidujú rýchlosťou 500 km/s.



**Obrázok NGC 4676 predstavuje príklad prebiehajúce zrážky**

A nakoniec ešte pár slov o **šošovkovitých galaxiách**: Podľa Wikipédie ide o prechodný typ galaxie medzi eliptickou galaxiou a špirálovitou galaxiou v Hubblovej schéme. Má tvar šošovky s vypuklým jadrom a tenším diskom, ale v jej disku chýbajú náznaky špirálovej štruktúry. Šošovkové galaxie patria medzi diskové galaxie (podobne ako špirálové galaxie), ktoré už využili alebo stratili väčšinu zo svojej medzihviezdnej hmoty, a tým pádom majú veľmi malý počet novovznikajúcich hviezd. Pozostávajú väčšinou zo starých hviezd (podobne ako eliptické galaxie). Prach sa vo väčšine šošovkovitých galaxií

nachádza v blízkosti jadra a sleduje svetelnú stopu galaktického jadra. Kvôli ich špirálovitým ramenám (a ak sú natočené „tvárou“) je ich niekedy ťažké rozoznať od eliptických galaxií. Aj napriek tomu, že šošovkovité galaxie nemajú toľko rôznych zmien ako špirálovité galaxie, môžu byť rozdelené do niekoľkých podtried podľa vzhľadu. Podľa de Vaucouleursovho systému klasifikácie môžu byť šošovkovité galaxie rozdelené do troch podskupín založených **na prítomnosti alebo absencii centrálnej guľovej štruktúry**.

- Označenie **SA0** sa dáva šošovkovým galaxiám **bez zjavného jadra**.
- Označenie **SB0** sa dáva **pri veľmi slabo viditeľnom jadre**.

Niektoré šošovkovité galaxie obsahujú výrzané vnútorné prstence (**S0 (r)**) a S-vykrojenie (**S0 (s)**), niektoré majú dočasné označenie (**S0 (rs)**). Nakoľko tieto označenia boli prijaté pôvodne pre špirálovité galaxie, je hľadanie objektov, ktoré reprezentujú niektoré z týchto tried veľmi obtiažne.



**Šošovkovitá galaxia ESO 350-40 svojím tvarom naozaj silne pripomína Koleso od voza, nižšie je v nepravých farbách ešte krajšia**



## Kontrolné otázky:

1. Ako sa volá americký astronóm, ktorý ako prvý predložil vierohodnú klasifikáciu galaxií podľa ich tvaru, resp. vonkajšieho výzoru?
2. V ktorom roku ju zaviedol?
3. Aké typy galaxií tento objaviteľ vesmírneho rozpínania vyčlenil?
4. Čo označujú malé písmená „a, b, c“ pri špirálových galaxiách a pri špirálových galaxiách s priečkou?
5. Ktoré galaxie v danej schéme predstavujú tzv. prechodový typ medzi eliptickými a špirálovými galaxiami a ako sa označujú?
6. Ktorý slovenský astronóm tvrdil, že všetky galaxie vznikli zhruba v tom istom čase?
7. A čím pritom argumentoval?
8. Aké galaxie vznikali z protogalaxií, ktoré sa otáčali rýchlejšie?
9. A aké galaxie vznikali z protogalaxií, ktoré sa otáčali pomalšie?
10. Čo označuje alebo vyjadruje pomer M/L?
11. Prebieha ešte v eliptických galaxiách intenzívna hviezdotvorba?
12. Čím sa od seba odlišujú nepravidelné galaxie Ir I a Ir II?
13. Čomu vd'acia nepravidelné galaxie typu Ir II za svoju podobu?
14. Na základe čoho sa domnievame, že len špirálové galaxie disponujú vhodnými fyzikálno-chemickými podmienkami pre vznik života?
15. Sú v galaktickom špirálovom ramene vždy tie isté hviezdy?
16. V čom spočíva základný alebo najdôležitejší rozdiel medzi staršími a novšími klasifikáciami galaxií vo vzťahu k ich vzniku a následnému vývoju?
17. Ako sa volá trpasličia eliptická galaxia, ktorá bude onedlho roztrhaná Mliečnou cestou?
18. Čo označuje iniciálová skratka CDM?
19. Ako je označovaná naša galaxia, ktorá je podľa všetkého špirálovou galaxiou s priečkou?
20. Popri našej galaxii a galaxii M 31 v Androméde je veľmi známa aj ďalšia špirálová galaxia, ktorá tvarom pripomína charakteristickú pokrývku hlavy. Ako sa nazýva?