

**מבנה ואפיונים של תהליך היווצרות הכוכבים
בגלקסיות ננסיות בעלות בהירות נמוכה
בצביר הבתולה**

חיבור לשם קבלת התואר דוקטור לפילוסופיה

מאת

אנה ב. הלר

הוגש לסנט של אוניברסיטת תל אביב
נובמבר 2001

העבודה הוכנה בהנחייתם של

פרופ' אליה ליבוביץ

ד"ר נח ברוש

הפקולטה למדעים מדוייקים ע"ש ריימונד וברלי סאקלר
בית הספר לפיסיקה ואסטרונומיה
אוניברסיטת תל אביב



תקציר

אני מציגה בעבודה זו תוצאות של מחקר הדמייה של מדגם שלם של גלקסיות בעלות בהירות שטח נמוכה (LSB), שהנן מהסוג "בלתי סדורה ננסית", החברות בצביר הגלקסיות "הבתולה" (Virgo). התמונות נעשו במסנני אור U, B, V, R, I וכן בקו הספקטרלי $H\alpha$ וברצף האדום. מדגם הגלקסיות שנחקר כולל את כל הגלקסיות המסווגות $ImV-I$ $ImIV$, בעלות בהירות גדולה מ-17.2 גדלים ב-B. אני משווה את התצפיות עם מדגם מייצג של גלקסיות ננסיות בעלות בהירות שטח גבוהה (HSB), מסוג BCD, אף הן חברות בצביר הבתולה ושנצפו באותן שיטות.

השטף הנפלט בקו הספקטרלי של $H\alpha$ והרוחב האקוויוולנטי של הקו ניתן כאן עבור כל אזור HII והפליטה בקו ניתנת עבור הגלקסיה כולה. למרות שכמות הפליטה בקו הספקטרלי מאזורי HII שזוהו הנה משמעותית, היא לא מהווה את כל הפליטה של פוטוני הקו עבור כל הגלקסיות. עבור העצמים בהם התגלתה פליטה בקו $H\alpha$, אני מוצאת קצבי היווצרות כוכבים אופייניים של 6.9×10^{-3} , שיכולים להגיע ל- $4.3 \times 10^{-2} M_{\odot}/yr$. ערכים אלה חלשים בכסדר גודל אחד מאלה שנמדדו עבור גלקסיות ה-BCD, למרות שיש חפיפה חלקית בקצבי ההיווצרות. אני מגלה בממוצע שני אזורי HII בכל גלקסיה, ומונה 38 אזורים כאלה במכלול 17 הגלקסיות בהן התגלתה פליטה בקו. אזורי HII אלה קטנים וחיוורים יותר מאלו שנמצאו בגלקסיות BCD שחברות באותו צביר של גלקסיות. הרוחב האקוויוולנטי של קו הפליטה בגלקסיות שחקרתי קטן בכ-50% מזה של מדגם ה-BCD, אך השטח שהם מכסים מכלל שטח הגלקסיה דומה. קיים הבדל גדול בבהירות בין אזור ה-HII הבהיר ביותר לשני הבהיר ביותר בגלקסיות בהן נמצאו יותר מאזור HII אחד. האזורים מהם נפלט קו ה- $H\alpha$ נמצאים בדרך כלל סמוך לשפת הגלקסיות, לגבי המדגם בעל בהירות שטח נמוכה, בעוד הם מרכזיים עבור גלקסיות מסוג BCD. חוזק הפליטה בקו מתוך אזור HII מסוים קשור לבהירות ברצף האור האדום שנפלט מתחת לאזור זה; טענה זו נכונה הן לגבי גלקסיות LSB והן לגבי אלה עם HSB.

הפעילות של היווצרות הכוכבים במדגם ה-LSB מתוך צביר הבתולה נחקרה כפונקציה של המהירות הרדיאלית יחסית למהירות הצביר, והן כפונקציה של המרחק הזוויתי ממרכז הצביר. בעבודה זו בדקתי את האמפליטודה של רמת האסימטרייה, את התפלגות כפונקציה של הזווית האזימוטלית, ואת מידת הריכוז של אזורי היווצרות הכוכבים כפי שמתבטאת מהפליטה בקו $H\alpha$, במדגם מוגדל של 78 גלקסיות בלתי-סדורות מסוג מאוחר. הגלקסיות חולקו לשתי קבוצות המאפיינות את הסוג BCD ואת הסוג LSB. התפלגות האור נבדקה בעזרת אלגוריתם חדש, שמאפשר גילוי פרטים בתבנית התפלגות האור. מצאתי

שבעוד שהאסימטריה של אור הרצף, שמאפיין אוכלוסיית כוכבים זקנים, הנה קטנה, זו של הפליטה בקו ה- $H\alpha$ הנה מאוד בלתי סימטרית ותואמת, מהבחינה הזוויתית, את הכיוון הכללי של אור הרצף. מידת הריכוז של אור הרצף תואמת את הריכוז של האור בקו הספקטרלי; פירוש ממצא זה הנו שלאוכלוסיית הכוכבים הצעירים התפלגות מרחבית דומה לזו של אוכלוסיות כוכבים זקנות יותר, אך תכונה זו מוגשת אצל האוכלוסייה הצעירה של הכוכבים.

מודל של היווצרות מקרית של כוכבים על פני גלקסיה נבחן על-ידי הוספת אזורי HII על פני גלקסיה סינתטית. הנחת היסוד הייתה של גלקסיה דמוית-דיסקה שהתפלגות האור ממנה היא כשל דיסקה מעריכית, שרדיוסה כפליים מידת האורך (scale length) של הדיסקה. על הדיסקה הוצבו צבירי כוכבים אדומים במקומות מקריים. אפשרתי שינויים בבהירות הנצפת של הדיסקה, במידת האורך, בזווית ההטיה, ובדרגת הפחיסות. בחנתי את התפלגות האסימטריה והריכוז ש-1000 המודלים מנבאים מול ההתפלגות הנמדדת. הסיבה לחלק זה של המחקר היא שגלקסיות LSB אינן מראות העדפה מיוחדת לגבי מיקום אזורי ה-HII, בניגוד לגלקסיות BCD שמרכזות את אזורי ה-HII במרכז, ובלי תלות במספר אזורי HII שלהן. התבוננות בתכונות אור הרצף מראה כי רוב גלקסיות ה-LSB ניתן לתאר כדיסקות מעריכיות שרדיוסיהן כפליים ממידת האורך. גלקסיות ה-BCD, לעומת זאת, זקוקות למידת ריכוז גבוהה הרבה יותר ולמידות אורך קטנות מאלו בהן השתמשתי בסימולציות. המסקנה היא שהיווצרות כוכבים כתהליך מקרי, על פני הגלקסיה כולה, אפשרית עבור גלקסיות LSB אבל לא BCD.

פוטומטריה שטחית בצבעי UBVRi בוצעה למדגם העיקרי של הגלקסיות LSB בצביר בתולה. מזה, גזרתי את הבהירות המרכזית, את מידת האורך, את הבהירות והצבעים הכלליים, ואת הצבעים האופייניים (כחציון המדידות ברדיוסים שונים). אני מתארת את התפלגות הצבעים במונחים של פרופילים רדיאלים של בהירות ליחידת שטח. הגרדיאנטים בצבע מוסברים ומושווים עם אלה של גלקסיות ספירליות בעלות בהירות שטחית נמוכה. התוצאות מראות שהמודלים הפשוטים ביותר, של התפרצויות יחידות וקצרות של היווצרות כוכבים, אינם מסבירים את התפתחות הגלקסיות הללו. התרומה היחסית של שטף אור הנוצר על-ידי אוכלוסיות הכוכבים הצעירים והזקנים מותחמות על-ידי אלגוריתם חדש, וכמות המתכות נקבעת מהתאמה למודלים. המסקנה היא שגלקסיות ה-LSB לא יכולות להיות שאריות של גלקסיות ננסיות שכוכביהן דהו וכן לא יכולות להיות עצמים בהם מתרחשת היווצרות כוכבים מתמדת בקצב נמוך. ההסבר הסביר יותר הוא שבגלקסיות אלה היווצרות הכוכבים הנה תהליך מתפרץ וקצר שמתרחש כמה פעמים בהיסטוריה של הגלקסיה, בעצמה נמוכה מזו שנמדדה בגלקסיות BCD.