

מסוף העולם ועד סופו

הרב ד"ר נ. וידאל

על גרמי השמים בקצה היקום

שאלה נוקבת ומעניינת היא, האם יש סוף ליקום הנראה בטלסקופים כיום. אם כן, היכן היקום מסתיים, ומה הם גרמי השמים הנמצאים שם בקצה? אכן, לאחרונה נתגלו תצפיות אסטרונומיות מעניינות בקשר לזה.

מצאנו בזוהר בראשית ל"א: (ראה גם שמות רבה ל"ה, וחגיגה י"ב.): **ויאמר אלקים יהי אור ויהי אור, ומפרש, ודא איהו נהורא דברא קב"ה בקדמיתא**, זהו האור שברא הקב"ה בתחילה, והיינו, האור הגנוז, **והוא נהורא דעינא**, וזה אינו האור שאנו רואים היום, אלא זהו הפנימיות והשורש של האור הנראה לנו בעיניים, **והוא נהורא דאחזי קב"ה לאדם קדמאה, והוי חזי ביה מסייפי עלמא ועד סייפי עלמא**, והוא האור שהראה הקב"ה לאדם הראשון, והסתכל בו בעולם מסופו ועד סופו. בהגהות של המהרי"ץ לנפש החיים, הוא מציין, שהקב"ה הראה לאדם הראשון את כל העולמות, החל מתחתיתם בעולם העשיה, עד לעולמות הרוחניים העליונים שמעליו, היינו, כל הידיעה הרוחנית הפנימית המובילה את כל העולמות כולם, ובכללה גם את הנהגת עולמנו הגשמי, על הארץ, וגם בשמים הנראים לנו.

והוא נהורא דאחזי קב"ה לדוד, והוא האור שהראה הקב"ה לדוד המלך, ולפיכך, והוא דוד משבח ואמר, **מה רב טובך אשר צפנת ליראיך [פעלת לחוסים בך]**, ופירושו, **מה רב טובך, דא אור קדמאה דגניז קודשא בריך הוא**, הוא אור הראשון, הנקרא בשם "רב טוב", שגנו הקב"ה ליראיך, פירוש לצדיקים, **לאינון דחלי חטאה כדקאמרן**, לצדיקים יראי חטא, אשר להם יתגלה אור הגנוז, ולשלם להם על ידו שכר טוב. אבל, עם כל זה, אור זה של שבעת ימי בראשית, לא נגנו לגמרי, אלא, יוצאת ממנו הארה פנימית, כדי לקיים את האורות החיצוניים, הנראים והמנהיגים את העולם כיום (ראה בהמשך). זוהר בראשית דף מ"ו עמוד א'.

והוא נהורא דאחזי קב"ה למשה, וחמא ביה, ומשה נעזר באור הגנוז, בכדי לראות את א"י מגלעד ועד דן. ועוד לפני כן, כאשר נולד משה, **יהב ליה קודשא בריך הוא למשה, ואשתמש ביה**, באור הגנוז, **תלת ירחין דאשתארין ליה מיומי עיבורא דיליה**, ונתנו הקב"ה למשה, והשתמש בו שלושה חודשים, שנשאר לו מימי העיבור שלו, כי נולד לשישה ירחים ויום אחד, ונשאר לו שלושה חודשים עד תשלום ירחי לידה, שלא היה במעי אימו, **כמה דאת אמר, ותצפנהו שלושה ירחים**, והוא מלשון הכתוב, "אשר צפנת ליראיך", שאז השתמש משה באור הגנוז. בהמשך מסביר הזוהר, שהאור הגנוז נעלם ממשו כאשר הגיע לראשונה לבית פרעה, וחזר אליו, כאשר עלה להר סיני לקבל את התורה, ולכן, לא יכלו בני ישראל לגשת אליו.

רבי יהודה מדייק יותר (זוהר תרומה דפים קמ"ח: קמ"ט.), לדעתו, האור הגנוז לא נעלם לגמרי מן העולם, אלא, הוא נגנו כגרעין וכזרע בכל התולדות שלו, כגון האור והחם הגשמיים, ובלעדיו לא היה יכול העולם להתקיים, כלשונו: **רבי יהודה אומר, אלמלי אתגניז מכל וכל, לא קאים עלמא אפילו רגעא חדא, אלא אתגניז ואזדרע**

כהאי זרעא דעביד תולדין וזרעין ואיבין, ומניה אתקיים עלמא. ולית לך יומא, דלא נפיק מניה בעלמא, ומקיים כלא דביה זן קודשא בריך הוא עלמא. כבר ראינו ענין זה בהשתלשלות של הבריאה (ראה פרפראות לחכמה לפרק י"ז, בפירושונו על קידוש החודש של הרמב"ם והמפרש, בצה"ג (צבא השמים כרך י"ג) עמ' 155, שם הסברנו כי השמים וכל תולדותיהם נבראו כולם בשלמותם (גם החמה והלבנה) כבר ביום הראשון, מה שאין כן לגבי הארץ, שאמנם נבראה ביום הראשון, כחומר היולי בלבד, וכל תולדותיה נוצרו בהמשך חמשת הימים שנותרו במעשה בראשית. באותה מידה, גם האור הגנוז אמנם נברא ביום הראשון ב"ויהי אור", אבל, מאז הוא עצמו נגנז, והוא מקנן בתוך תולדותיו, כגון קרינה, אם של אור, או גלים בלתי נראים אחרים, כגון גלים של חם. כך גם אור הכוכבים שאנו רואים בשמי הלילה הם תולדה של האור הגנוז, המקנן בתוכו.

יתר על כן, ממשיך רבי יהודה את דבריו, ומציין כי חוט אחד יוצא מהאור הגנוז, ונמשך על לומדי התורה במשך היום, ובפרט לאלה הלומדים בלילה (אחרי חצות): **ובכל אתר דלעאן באורייתא בליליא, חד חוטא נפיק מההוא אור גניז, ואתמשיך על אינון דלעאן בה, הדא הוא דכתיב, יומם יצוה יי' חסדו, ובלילה שירה עמי.**

מאידך, מהקטע בשמות רבה ל"ה, ניתן להבין, שבעזרת האור הגנוז, שהוא מנת חלקם של הצדיקים, הם יוכלו לראות את הנהגת העולמות בכלל, כפי שראה אותם אדם הראשון. כלשון הכתוב (שם), "האור שברא הקדוש ברוך הוא ביום הראשון – אדם (משמע כל אדם, נ.ו.) צופה ומביט בו מסוף העולם ועד סופו... ולמי גנוז? לצדיקים, לעתיד לבוא...". בעזרת האור שברא הקדוש ברוך הוא ביום הראשון, ניתנה לאדם היכולת להתבונן בכל מאורעות העולם, מסוף העולם ועד סופו, התבוננות עמוקה ופנימית, השופכת אור על כל המתרחש בעולם.

ומנין שצדיק העוסק בתורה יכול לראות את האור הגנוז? זה כרבי אלעזר (זוהר בראשית מ"ז. בד"ה ויכלו השמים), שהצדיק יזכה לראות את האור העליון הגנוז. ועל ידי מה יזכה האדם לזה האור? באורייתא, היינו, על ידי העמקה גדולה בעסק התורה ופנימיותה, שם יאיר לו האור הגנוז.

כאמור לעיל (בסיפא של דברי רבי יהודה), המקור של כל האורות בעולם הוא האור הגנוז, ובלעדיו לא היתה כל חיות בעולם, ובפרט גם לא בעולמנו. לפיכך, גם אור השמש, אשר בלעדיו לא ייתכנו חיים על פני כדור הארץ, גם הוא תולדה של האור הגנוז (זוהר) המקנן בתוכו. האסטרונומים יודעים כי במרכזה של השמש קיים כור גרעיני איטי מאד, המקרין בחום עז של כחמישה עשר מיליון מעלות. מקור החיות של הקרינה והחום הנובעים משם, הוא האור הגנוז המקנן בתוך המנגנון הטכני הפועל במרכז השמש. האור הגנוז אינו ניתן למדידה מדעית, כי הוא מקנן ומספק את החיות של המנגנון הטכני, המשמש להפקת החם והקרינה ממרכז השמש. כך גם הגורם האלקי הוא המקנן והמחזיק את החיות (הנשמה) בתוך האדם, וחיות זו אינה ברת מדידה מדעית.

בספר צה"א (צבא השמים כרך א'), אנו מסבירים כי לא רק השמש, אלא, לדעת האסטרונומים כיום, גם במרכזיהם של כל הכוכבים ביקום, פועלים כורים גרעיניים איטיים מאד, כמו זה של השמש, המאפשר להם "לחיות", היינו, ליצור ולהקרין לסביבתם בחלל את החם והאור. אנו רואים את הכוכבים רק כנקודות אור נוצצות בשמי הלילה, מפאת מרחקם הרב מאתנו, אף על פי שהם גדולים וגם בעלי צורה כדורית, כמו השמש שלנו.

כך יוצא, כי אדם הראשון היה מסוגל לראות, בעזרת האור הגנוז עצמו, את כל מה שיש במרחבי החלל, ואף לראות את ההנהגה הטבעית הטבועה בו, וגם לראות בעיני

רוחו את הפנימיות של מעשה האלקות. אבל, משחטא בעץ הדעת טוב ורע, ירד מכל נכסיו הרוחניים, וגורש מגן עדן, ויחד עם זה, נעלמה ממנו גם כל ההכרה האלקית שניתנה לו בתחילה. כך נשאר לו רק העולם הגשמי, ויחד עם זה, עץ הדעת טוב ורע, כדרך המחשבה שבחר בה הוא עצמו, ככלי אשר דרכו הוא יתבונן ויבין בעזרתו את העולם סביבו.

מה שיכול היה אדם הראשון לראות, לפני החטא, את כל העולם מסופו ועד סופו במבט אחד, בעזרת האור הגנוז, עתה, נאלצים צאצאי צאצאיו להסתפק בראיה דרך טלסקופים, אמנם מקצה השמים עד קצה השמים, אבל, זה רק בעזרת האור הגשמי, הדל באיכות ובכמות, המגיע אליהם מן הכוכבים.

ומה רואים האסטרונומים כיום בשמי הלילה, בעזרת הטלסקופים הענקיים שהם בנו, בפרט, בשנים האחרונות, החודרים לעמקי החלל הרחוקים, מקצה השמים ועד קצהו?

לפני שנשיב על שאלה זו, נבהיר, כי מפאת גודלו של היקום, נאלצו האסטרונומים להגדיר יחידת מרחק, המכונה בשם "שנת אור". אף על פי שהמילה "שנה", היינו, זמן, נמצאת בהגדרתה, בכל זאת, "שנת אור" אינה זמן, אלא, היא **המרחק** שעוברת קרן אור במשך שנה אחת. מהירותה של קרן אור בחלל הריק היא לא פחות מכשלוש מאות אלף קילומטר בשנה אחת! לכן, מרחק של שנת אור אחת הוא כעשרה מיליון מיליארד קילומטרים. מתברר שאכן, יחידת מרחק זו מתאימה למרחקים הטיפוסיים ביקום. למשל, הכוכב הקרוב אלינו ביותר (אשר לאחרונה נתגלה בו כוכב לכת הנע סביבו (הדומה לכדור הארץ שלנו), נמצא במרחק של כארבע וחצי שנות אור. לעומת זה, המרחק של כדור הארץ מהשמש הוא רק כשמונה דקות אור, כלומר, לוקח כשמונה דקות זמן לאור השמש להגיע אלינו (כמאה וחמישים מיליון קילומטר).

האסטרונומים מנסים למדוד את המרחקים אל גרמי השמים בשיטות שונות ומתוחכמות מאד. בכל זאת, "מרחקים" אלה אינם מרחקים שאנו רגילים אליהם בחיי יום יום, הנמדדים, למעשה, על ידי אמת מידה מוסכמת, כגון מטרים או קילומטרים, אלא, הם מחושבים בדרכים עקיפות מאד, שהרי אי אפשר למדוד את המרחקים אל הכוכבים באופן מעשי, כי אין לנו גישה ישירה אליהם. לכן, המרחקים אל הכוכבים הם מחושבים בלבד, ולכן, קשה להגדירם בשם מרחקים, במובן הרגיל של המילה. אכן, מתברר ש"מרחקים" אלה יכולים להגיע לגדלים דמיוניים של אלפי, מאות אלפי, ואפילו מיליארדי שנות אור, שאין להם שום קשר למציאות, וגם לא תהיה להם בעתיד. אין לנו שום הכרה מציאותית במושגים כאלה, כי בעיקרם הם נובעים מחשבונות תיאורטיים לחלוטין, שיש בהן הנחות, ושיקולי דעת מדעיים שאינם הכרחיים מבחינה לוגית, והם גובלים במה שמכנים בשם "ספקולציה". אם כי גם לספקולציה יש זכות קיום מסוימת, זאת בתנאי שתמיד נזכור מנין היא נבעה.

המרחקים האסטרונומיים האלה, הם מעל ומעבר למה שהשכל האנושי יכול לעכל. כי כאמור, אנו רגילים למציאות הרבה יותר מצומצמת. אולם, תהיה זו טעות לחשוב, שאין לזה כל בסיס, אלא, שכאשר באים לחשב באופן מעשי את הגדלים האלה, על סמך התיאוריות האלו, מתברר שהם "אסטרונומיים", תרתי משמע.

אבל, כיון שאין לאסטרונומים מושג, אפילו זעיר שבזעירים, מה היא המציאות וחוקי הטבע במרחבי היקום, לכן, הם מניחים, בקירוב ראשון, שבכל מקום ביקום, הרחוק או הקרוב, חוקי הטבע שם הם בדיוק אלה שאנו מכירים כאן על פני כדור

הארץ. הנחה כזו דומה לברירת מחדל הכרחית, כי אינך יכול לעשות יותר מזה. לכן, הדגם של היקום מסביב יהיה תלוי מאד בברירות המחדל האלה שהנחנו.

למשל, הנחה אחת היא, שכוחות הטבע במרחבי היקום הם בדיוק אלה שאנו מכירים כאן על פני כדור הארץ. כגון, כח המשיכה הכללי, הכוחות החשמליים או המגנטיים, או הכח הפועל בתוך גרעיני האטומים, זהים לאלה שאנו מכירים כאן במעבדות על פני כדור הארץ. אף יותר מזה, האסטרונומים יודעים גם לספר, שהחלל סביבנו אינו סתם חלל ריק, אלא, למרבה הפלא, הוא הולך ומתפשט, ללא הרף, עם חלוף הזמן. לכן, הגלכסיות מתרחקות זו מזו, לא בגלל תנועתן, אלא כיון שהחלל ביניהן מתפשט מעצמו. זוהי אחת המסקנות של תורת איינשטיין, שגם "נצפתה" בפועל (ראה לקמן).

הנחה אחרת, ומכרעת לא פחות, היא ההנחה שמהירות האור המגיע מן הכוכבים היא קבועה, ושווה בדיוק למהירות האור שנמדדה כיום. האסטרונומים יודעים היטב, שמהירות זו אינה בהכרח אותה מהירות שהיתה בעבר, אפילו על כדור הארץ עצמו, כל שכן במרחבי היקום כולו.

אולי נדגים כאן את החשיבות של מהירות האור, בנושא קריטי ביותר לידיעה של המרחקים ביקום. אכן, כאשר אנו מסתכלים בכוכב בשמים, אנו רואים אותו, כפי שהיה כאשר יצאה ממנו קרן האור. שהרי, אם המרחק אל הכוכב הוא ארבע שנות אור, פירוש הדבר הוא, שלקח לקרן האור הזו ארבע שנים, עד שהגיעה אלינו. כך אנו רואים עתה את הכוכב הזה בעבר, כפי שהיה לפני ארבע שנים, מאז שיצאה ממנו קרן האור.

והנה החישובים התיאורטיים של "המרחקים" של גרמי השמים הראו שישנם כאלה הנמצאים ב"מרחק" של אלף, מיליון או אף מיליארדי שנות אור! מה נעשה?! אלה הם המספרים המתקבלים כאשר מניחים שהטבע בכל מקום בעולם הוא זהה לשלנו היום, ושהאור מתפשט באותו קצב קבוע כמו היום, ועוד הנחות כאלה של ברירת מחדל. כך יוצא, שאם אנו מסתכלים בגרם שמימי, אשר חישובינו מראים, שהוא נמצא במרחק של אלף שנות אור, פירוש הדבר הוא, שכעת אנו רואים אותו, כפי שהיה בעבר, לפני אלף שנה. או גרם שמימי הנמצא במרחק של מיליון או מיליארד שנות אור, פירוש הדבר הוא, שאנו רואים אותו כפי שהיה בעבר, לפני מיליון או מיליארד שנים! לכן, מסקנה מיידית מכל ההנחות שהניחו היא, שאנו רואים את גרמי השמים כולם, כיצד היו נראים בעבר בלבד. וככל שהמרחק אליהם גדול יותר, כך הם נראים לנו, כיצד היו בעבר הרחוק יותר.

אם יתברר שמהירות האור משתנה, ככל שמתרחקים יותר ויותר במרחבי היקום, למשל, אם נניח שבעבר הרחוק המהירות של האור בטבע כולו היתה הרבה יותר גדולה, אז מרחקם אלינו הוא קטן יותר. אכן, יתכן שבתחילת הבריאה, מהירות האור היתה "אסטרונומית", היינו הרבה הרבה יותר גדולה מזו של היום, כך שאפילו גרמי השמים הרחוקים ביותר, יכולים להיראות לנו הרבה יותר קרובים, אפילו במרחק של ה' תשע"ז שנות אור בלבד, כפי כנזכר בכתובים אצלנו.

מאידך, הרעיון הזה, שמרחבי היקום הנראה לנו, מגיע לכדי מיליארדי שנות אור, היינו, שיקח לנו מיליארדי שנות אור בכדי "להגיע" לשם, בעצם אינו רעיון חדש כלל ועיקר. עוד לפני זמן רב, טבעו חכמינו את המושג המכונה על ידם בשם "שנת תוהו" (תוספות ר"ה ח. וכן בביאורנו בכרך צה"ה בסוגיא זו), המוכרת היטב ללומדי קידוש החודש. שהרי חז"ל כבר ציינו, שיום אחד בשנה חשוב כשנה. לכן, על אותם חמישה ימים ראשונים של ימי בראשית, שהיו לפני בריאת אדם הראשון, ביום א' בתשרי, אפשר "להלביש" שנה שלמה בת שנים עשר חודשים, לפני יום א' בתשרי בו

נברא אדם הראשון, כך שחמשת הימים שלפניו, מיום כ"ה ועד כ"ט, יהיו שייכים "לחודש אלול" דמיוני, שלא היה ולא נברא, כי אנו סופרים את הזמן החל מיום שישי, היום בו נברא אדם הראשון. אף יותר מזאת, חז"ל "הדביקו" לחודש אלול זה שנה שלמה אחורה, בת שנים עשר חודשים, היינו, עד חודש תשרי דמיוני לפניו, וגם שנה כזו לא היתה ולא נבראה. וכל זה למה? רק בכדי לשייך את חמשת הימים הראשונים של הבריאה לשנה אחת. חכמים קראו לשנה זו בשם "שנת תוהו", כי לא היתה כלל במציאות, והיא הוגדרה רק בגלל שיקול דעת מסוים, שהיה הכרחי, כך שהימים והשנים שאנו סופרים, עד היום, יוגדרו היטב כולם מבחינה חשבונית. ובאמת, כך הם פני הדברים עד היום: ספירת שנת ה'תשנ"ז שלנו כיום, אינה מתחילה ביום בריאת אדם הראשון, אלא, דווקא מתחילת שנת התוהו הזאת (והיא כוללת גם את שנת המבול, וכן אותו יום של "שמש בגבעון דום", ועוד). אכן, שנות היצירה של הרמב"ם כוללות את שנת התוהו המתחילה במה שמכנים בשם "בהר"ד" " (ראה פירושו על קידוש החודש בכרך צה"י, פרק י', סוף הלכה ח').

לכן, נראה לנו, שאפשר לכנות את אלפי, מיליוני, ומיליארדי השנים שמתקבלים מהחשבונות התיאורטיים של האסטרונומים, כ"שנות תוהו", כי גם הן מבוססות על מציאות שאינה קיימת, אף על פי שיש אולי הצדקה ובסיס מסוים, כמו שנת התוהו של חז"ל, אלא, שהבסיס של חז"ל הוא, בכל זאת, כולו רציונאלי, ושלהם – כולו ספקולטיבי.

מהתבוננות בטלסקופים בשמים מעלינו, נראה כביכול, שהכוכבים הם "אבני הבנין" של היקום כולו. אבל, למרבה הפלא, מתברר, כי השמש והכוכבים אינם "אבני הבנין" של היקום, אלא, הם רק "הגרגירים" של יחידות גדולות הרבה יותר. מתברר כי היחידה הבסיסית מורכבת ממיצבורים ענקיים של כוכבים, המסודרים יחד בצורה הנדסית מסוימת, הנקראות בשם "גלכסיות" (galaxies). כל אחת מהן משתרעת על פני כמה מאות אלפי שנות אור, ומכילה כמה עשרות מיליארדים של כוכבים "גרגירים" (ראה תמונות 1, 3). מערכת השמש שלנו (המכילה את השמש וכל כוכבי הלכת שסביבה), שייכת לגלכסיה המכונה בשם "שביל החלב" (ראה תמונה 2), וגלכסיה זו, מכילה גם היא כמה עשרות מיליארדי כוכבים כמו השמש שלנו, וגם כמות עצומה של ערפיליות של ענני גז.

יתר על כן, בכל כוון בחלל שיכוונו את הטלסקופ, יראו מאות ואלפים של גלכסיות. אבל, מתברר שמרחבי היקום הם ריקים, למעשה, כי המרחקים בין הגלכסיות הנמצאות במרחבי החלל, הם בסדר גודל של מיליוני שנות אור. כלומר, הנסיעה בין שתי גלכסיות תארך כמה מיליוני שנים, אם היינו נוסעים ביניהן במהירות האור. לפיכך, רובו המכריע של היקום הוא חלל ריק, המכיל מעין "אֵיִים" של מיצבורי כוכבים וערפיליות של גזים, השטים להם בבדידות, בתוך החלל הענקי הריק של היקום, והמכונים בשם "גלכסיות".

עם כל זה, כיון שהגלכסיות נעות במרחבי החלל, קיים תמיד סיכוי ששתי גלכסיות "יתנגשו" זו בזו. אכן, תנועתה של הגלכסיה שלנו, היינו, המכונה בשם "שביל החלב", נמדדה בפועל ביחס לגלכסיות אחרות סביבה, ונוכחו לדעת כי היא עתידה "להתנגש" בגלכסיה שכנה, המכונה בשם "אנדרומדה", תוך... חמישה מיליארד שנים! אולי כדאי כבר "להתכונן" למאורע הקטסטרופלי הזה! אולם, אל דאגה, מתברר ש"התנגשות" כזו אינה כל כך דרמטית, כי הסיכוי להתנגשות של שני כוכבים, משתי הגלכסיות הנבלעות אחת בתוך השניה, הוא ממש אפסי, כי המרחק הממוצע בין הכוכבים בתוך הגלכסיות עצמן, הוא עצום, וכמעט ריק גם הוא מכוכבים, והתוצאה תהיה, שבזמן "ההתנגשות", הכוכבים בשתי הגלכסיות רק יחלפו זה על פני זה בלבד. תמונה 5 מראה צילום של שתי גלכסיות במהלך של התנגשות "קרובה".

בצילומי השמים שעושים האסטרונומים, רואים בבירור שהמראה של כוכב בתמונה הוא ממש נקודתי, ובדרך כלל, רואים גם כעין קרני אור בצורת הסימן "פלוס" הבוקעות מנקודת האור של הכוכב (קרניים אלו אינן אמיתיות, אלא, שהן נוצרות בגלל המבנה של הטלסקופ עצמו), והן נוצרות רק עבור נקודות אור בלבד (ראה תמונה 3). לעומת הכוכבים, לגלקסיות יש מראה משטחי ברור, ולא נקודתי, כמו בתמונה 3.

בדרך כלל, מסווגים את הגלקסיות בהתאם לצורתן. תמונה 1 מראה צילום של גלקסיה ספיראלית, היינו, כְּעֵין מערבולת גדולה, המורכבת מכוכבים וערפיליות של גזים. לעומת הספיראליות, ישנן גלקסיות שאינן מראות כלל זרועות של ספירלה, אלא רק ענן כדורי או אליפטי גדול, המכיל מיליארדי כוכבים, כמו בתמונה 3. לבסוף, ישנן גלקסיות שאין להן כל צורה מיוחדת, ולכן, הן נקראות בשם "גלקסיות בלתי רגילות" (irregular galaxies), כמו זו בתמונה 4, שהיא גלקסיה קטנה מאד, המתלווה אל גלקסית שביל החלב שלנו.

כבר לפני כמאה שנה, הראו התצפיות, כי ככל שהגלקסיה היא רחוקה יותר, כך היא גם "בורחת" מאתנו במהירות גדולה יותר (ראה כרך זה"ב עמ' 248), כאילו העולם נמצא בתהליך של התפוצצות תמידיה רחוקה (מכאן מקור השם של התיאוריה של "המפץ הגדול" של היקום). באופן מעשי, המהירות הזו של הגלקסיות גורמת לכך, שגלקסיה שצבעה הכולל הוא צהוב, נראית לנו בצבע אדום. כך גם גלקסיה שצבעה הכולל הוא כחול, יכולה להיראות לנו אדומה, זאת כיון שמהירות הבריחה שלה מאיתנו היא הרבה יותר גדולה. לפיכך, אם רוצים לראות גלקסיות הנמצאות בקצה קצהו של היקום סביבנו, יש לחפש אותן בין הגלקסיות האדומות ביותר, ובפרט אלו שצבען נמצא אפילו "מעבר לאדום", היינו, כאלו הנראות רק באור "אינפרא אדום" (תמונה 8).

ממחקרים במעבדות על כדור הארץ, מתברר שאור שצבעו כחול יש "אורך גל קצר" יותר מאשר אור אדום. תמונה 7 מראה כיצד התפשטות חלל היקום גורמת לאורך גל כחול של גלקסיה רחוקה, שייראה לנו אדום, בגלל התפשטות החלל עצמו.

הבסיס התיאורטי לכך, שככל שהגלקסיה רחוקה יותר, מהירות הבריחה שלה מאתנו היא גדולה יותר, היא תיאורית היחסות הכללית של איינשטיין. אחת ממסקנותיה היא, שמרחבי החלל מתפשטים מעצמם לכל הכוונים, וכך הם נושאים את הגלקסיות במהירות שמוזדדים בפועל בטלסקופים. כלומר, פרט לתנועתן העצמית האפשרית של כל גלקסיה בעצמה, היא משתתפת בתכונה אוניברסאלית של כל הגלקסיות ביקום, היינו, בגלל התפשטות החלל עצמו.

בכדי לראות גלקסיות רחוקות ביותר, בנו האסטרונומים טלסקופים ענקיים, שפתח הצינור שלהם הוא בקוטר של עשרה מטרים. אבל, גולת הכותרת בענין זה, היו תוצאות המחקרים שנעשו מצילומים שנעשו בטלסקופ החלל על שם "האבל" (Hubble). אכן, האסטרונומים ניתחו לאחרונה, צילום עמוק ביותר של החלל, שנעשה בצבע האינפרא אדום, עד לקצהו האפשרי של היקום. לצורך זה הם בחרו איזור קטן מאד בשמים, וצילמו אותו בצבע אינפרא אדום, במצלמה דיגיטאלית מתקדמת ביותר, במשך כשבוע ימים ברציפות. תמונה 6 מראה את הצילום הזה. מתברר שבתמונה זו נראות לא פחות מעשרת אלפים גלקסיות, שהרחוקות שבהן נמצאות במרחק של כשלושה עשר מיליארד שנות אור!

מתברר שמרביתן של הגלקסיות הרחוקות מאד צורתן היא בלתי רגילה, היינו, ללא כל צורה (תמונה 4), וככל שמתקרבים יותר לכדור הארץ, רואים שהגלקסיות

הולכות ומקבלות צורות של ספיראלות או אליפטיות. אבל, כפי שהסברנו לעיל, הגלכסיות הרחוקות ביותר נראות לנו כפי שהן נראו בעבר, לפני כשלושה עשר מיליארד שנים, ואלה הקרובות יותר נראות לנו כיום, כפי שהן היו לפני מיליוני שנים.

החידוש שנתגלה רק לאחרונה היה, שמספר הגלכסיות הרחוקות בקצה היקום, במרחק של כשלושה עשר מיליארד שנות אור, הוא הרבה יותר גדול ממספר הגלכסיות הקרובות אלינו. לאן נעלמו הגלכסיות במשך מיליארדי השנים? זו שאלה קשה, אבל, משערים שהגלכסיות התמזגו זו עם זו במשך הזמן הארוך הזה (כמו בתמונה 5), וכך הרבה מהן "נבלעו" זו בזו, ולכן מספרן נראה לנו קטן יותר כיום.

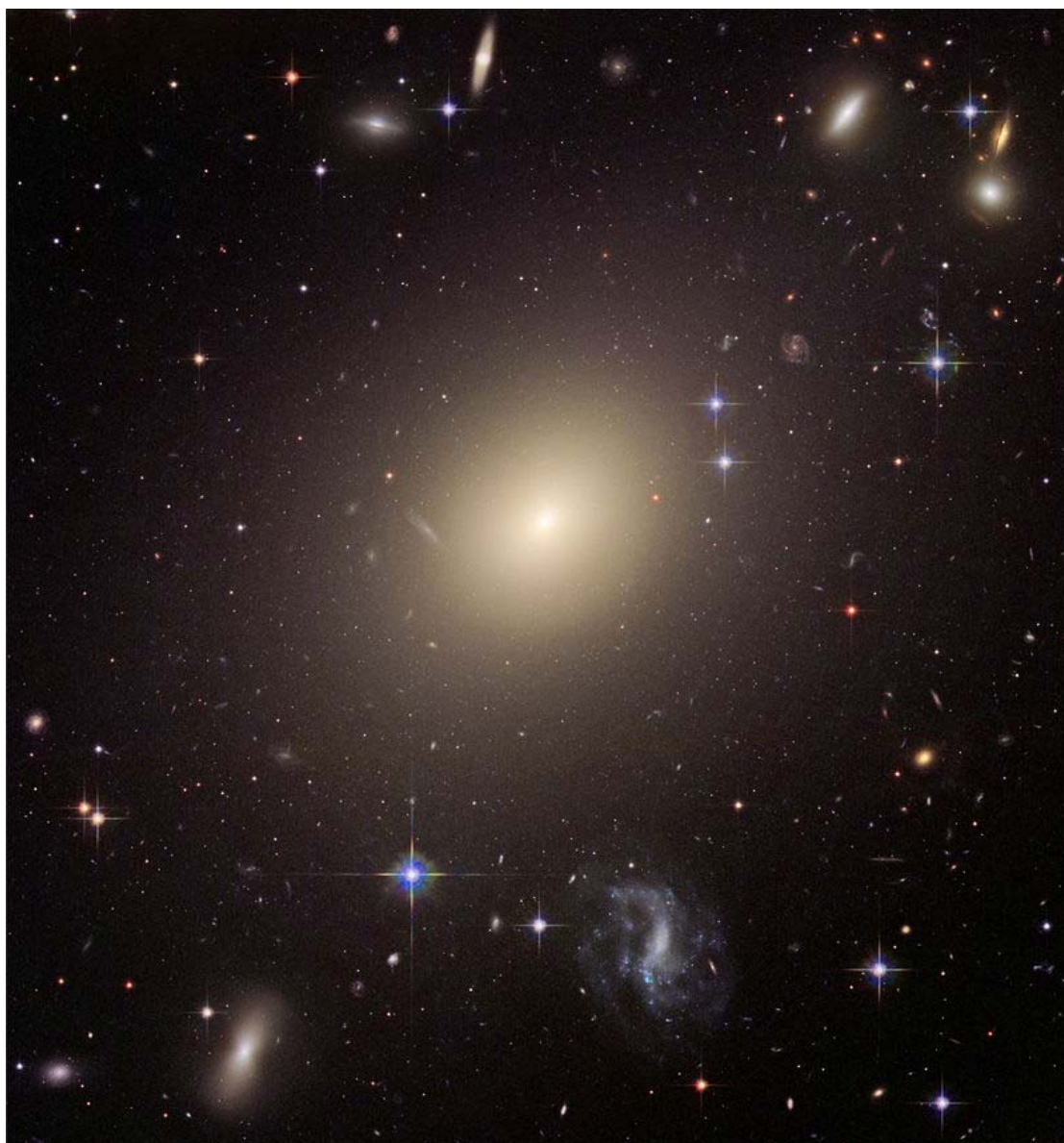
תהא תמונת העולם אשר תהא, גדול כדעתם, או קטן יותר, כל מה שיעלה בידי החוקרים, רק מחזק את התפעלותינו יותר ויותר ממעשה בראשית. עולם גדול יותר ויותר, רק מאדיר יותר ויותר את ה' יתברך, שברא הכל בעשרה מאמרות בלבד, ואנו גם נשתמש בזה לחיזוק אמונתנו יותר ויותר, ככתוב "כי ישר דבר ה', וכל מעשהו באמונה" (תהילים ל"ג, ד'), ולצרכינו כאן נפרש: כל מעשי ה' הם ישרים, וכל מעשה ומעשה שנגלה בבריאה, נשתמש בו יותר ויותר לחיזוק אמונתנו.



תמונה 1 : צילום של גלקסיה ספיראלית



**תמונה 2: צילום שביל
החלב הנראה בשמים מעל
האופק**



**תמונה 3: צילום של גלקסיה אליפטית. רואים
בתמונה גם גלקסיות אליפטיות אחרות, וגם
גלקסיות ספירליות**



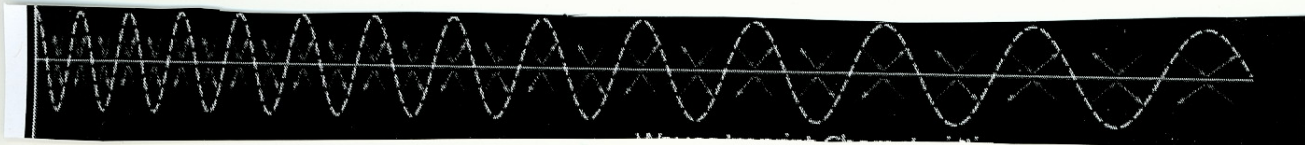
**תמונה 4: הגלקסיה הקטנה של העננים
המגלאניים, היא גלקסיה אי רגולארית (חסרת
צורה מוגדרת, irregular)**



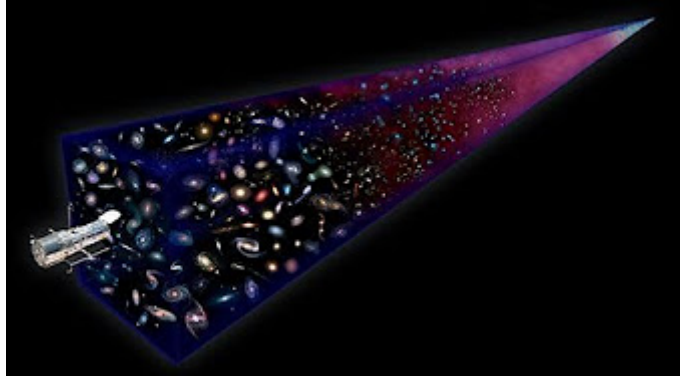
**תמונה 5: שתי גלקסיות בתהליך של מיזוג
(או "התנגשות")**



תמונה 6: צילום עמוק ביותר של השמים על ידי חללית האבל



תמונה 7: בחלל המתפשט מעצמו, גם אורך הגל הולך ומתפשט בחלל.



תמונה 8: הגלקסיות הקרובות מקרינות באור לבן, אבל, אלו הנמצאות בקצה היקום, מאירות בצבע מעבר לאדום הרחוק