

שמי הלילה של ישראל

מרץ-אפריל 2007

טור זה, השישי במספר והאחרון במדור, משלים שנה שלמה של מסע אל עבר היקום הסובב אותנו – קרוב ורחוק כאחד. מעבר לסקירות הדו-חודשיות של השמיים כפי שהם נראים מישראל (התקפות, למעשה, לכל המקומות השוכנים על אותו קו הרוחב, אך בזמנים שונים), ומעבר להסברים ולהנחיות כיצד להיעזר במפות שמיים לסוגיהן השונים¹ כדי לנסות לזהות את גרמי השמיים השונים שמעל לראשינו, מטרתי היתה לספק גם מעט רקע והבנה פיזיקליים על אודות חלק מהתהליכים שנזכרו ועל אודות גופים שונים ואפיוניהם. עולם האסטרונומיה והאסטרופיזיקה הוא עולם מופלא ומסקרן, הן מבחינת השאיפה להבינו באופן מדעי – מהם החוקים והמנגנונים השולטים בו – והן בהשפעתו על הלך רוחנו ותפישותינו. הבנתנו את סקאלות הגודל והמרחב הקוסמולוגיות (הבנה שהאנושות לא השיגה עד לפני מאות בודדות של שנים, ואף פחות מכך); ההתבוננות בגופים מרוחקים וההבנה שאנו רואים אותם כפי שהיו לפני מיליונים ומיליארדים של שנים, סוג של חזרה לעבר – כל אלו מגבירים בוודאי את ההשתאות והסקרנות, אבל מחוללים גם טלטלה רגשית. מה תפקידנו ביקום – אנו, תושביו של כוכב-לכת קטנטן? תמונה 1 מציגה במלוא יופיו את כוכב-הלכת שלנו. תמונה זו הפכה לסמל, הן בשל יופיה והן משום שהיא ממחישה את ההצלחה הטכנולוגית של האנושות – את העובדה שהתרחקנו כל-כך מכוכב-הלכת שלנו, בדרך לנחיתה מוצלחת נוספת על הירח. כוכב-לכת זה, יפהפה ומיוחד ככל שיהיה, הוא גם אחד מני רבים², ומתי, היכן וכיצד נגלה כי אנו באמת לא לבד...?

1. נוסף על מפות השמיים ה"רגילות", כגון אלו המובאות במדור, אשר תקפות לקו רוחב מסוים ורק בזמנים המוגדרים, הבאנו כאן גם פלניספרה – מפת שמיים מסתובבת – במסגרת הגיליון המאה החגיגי של "גליליאו". הפלניספרה אמנם מיועדת גם היא לקו רוחב מסוים (אין מנוס – מראה השמיים שונה מקו רוחב אחד למשנהו, שוני שהוא מעבר לזה שנובע מתנועת הסיבוב היומי של כדור-הארץ וההבדלים בזמני הזריחה והשקיעה של גרמי שמיים מקווי אורך שונים), אך היא מאפשרת למשתמש לקבל את מראה הכוכבים וקבוצותיהם לכל שילוב רצוי של תאריך ושעה במהלך השנה.

2. כיום ידועים מעל 200 כוכבי-לכת במערכות שמש מרוחקות (extrasolar planets). משערים כי מספר זה ימשיך לגדול במהירות בתקופה הקרובה, ועמו הסיכוי לגלות כוכבי-לכת קטנים, דומים יותר לכדור-הארץ.



1 | "הגולה הכחולה" (The blue marble). פניו המוארים במלואם של כדור-הארץ, כפי שצולמו מהחללית אפולו 17 בדרכה אל הירח בדצמבר 1972 (בדומה למופע מלא של הירח; ניתן להסיק שהצלם מצוי בדיוק בין השמש ל"אובייקט"). מאז ועד היום, לא היה שום אדם במרחק כזה המאפשר לצלם את כדור-הארץ במלואו – כגולה כחולה ומהפנטת במרחבי החלל





הבנתנו הפיזיקלית את מהותו של היקום ומאפיינים רבים בתוכו עברה כברת דרך. כמו בתחומים אחרים שהם בעלי אופי מדעי, אנו מפתחים תיאוריות; מאששים או מפריכים את חלקן באמצעות תצפיות; תצפיות מהוות "טריגר" לפיתוח תיאוריות נוספות. ניחנו ביכולת למדוד ולהעריך (במידת דיוק ובתחכום הולכים וגדלים) פרמטרים קוסמולוגיים – מהו סך כל החומר ביקום ומהם ממדיו וגילו (הערכת הגיל העדכנית עומדת על כ-13.7 מיליארדי שנים. נזכיר כי גילה המשוער של השמש שלנו וכל הגופים שסביבה הוא כ-4.5 מיליארדי שנים). אנו מסוגלים למדוד את מהירותן של גלקסיות וחוזים בהתנגשויות ביניהן (ראו מדור זה, "גליליאו" 99). אנו קולטים ומפענחים את המידע החבוי בחתימות שונות של קרינה אלקטרומגנטית על שלל סוגיה, ומסיקים בדרכים עקיפות על קיומם של חורים שחורים, קיומם של כוכבי-לכת סביב כוכבים מרוחקים, או אולי התפוצצויות ולחלופין התמוזגויות (mergers) של גופים מסוגים שונים.

כל זה טוב ויפה, ומייצג נאמנה את התפתחותה המדעית והטכנולוגית של האנושות על פני ציר הזמן. אך לצד כל זאת, אל לנו לשכוח, ובמיוחד כשמדובר באסטרופיזיקה ובחקר החלל, שעדיין רב הנסתר על הגלוי. למשל, בהתבסס על ההבנה שחומר ואנרגיה שקולים זה לזה (יחסות פרטית), ואם מנסים למפות את סך כל מלאי החומר-אנרגיה ביקום (המכונים העוגה האוניברסלית, the universal pie), מגלים שהחומר ה"בריוני" (baryonic matter – חומר המכיל בריונים – פרוטונים וניטרונים, והכוונה גם כל האטומים המוכרים) שאותו אנו מכירים ומרגישים מהווה רק כ-4% מסך כל החומר-אנרגיה ביקום. מעל 20% הוא מה שקרוי "חומר אפל" – חומר שאנו מסיקים על קיומו³ אבל איננו יכולים להבחין בו. יותר מ-70% מהעוגה האוניברסלית נזקפים לזכות "אנרגיה אפלה" (לא לבלבל עם החומר האפל) – אנרגיה שעדיין איננו מבינים את אופיה, אבל אמורה "להיות שם" (או כאן, בכל מקום למעשה) בכדי להסביר את התנהגות המרחב של היקום. מסתבר, אם כן, שלמעלה מ-90% של החומר-אנרגיה ביקום הם עדיין בגדר שאלה פתוחה. פתרונות לאי-הבהירויות הללו יצטרכו לבוא לאו דווקא מתוך תחום האסטרופיזיקה בלבד, כי אם גם מתחומים אחרים – למשל פיזיקת החלקיקים, שבמסגרתה מנסים לחפש ללא הרף צורות "אקזוטיות" של חומר שעדיין אינן מוכרות לנו במסגרת המודל הסטנדרטי של החלקיקים בטבע.

מעבר לתכנים המעניינים ולמשמעויות הפילוסופיות שהזכרנו, מתאפיין עולם האסטרופיזיקה בכך שהוא אחד מתחומי הפיזיקה הבודדים החובקים נושאים פיזיקליים כה רבים ומחברים אותם. העיסוק המאומץ והשאפתני בתחומי חקר החלל והאסטרופיזיקה הצליח, באופן טבעי, לקדם גם תחומי מדע וטכנולוגיה אחרים. הבנתנו את האטום והגרעין, למשל, התקדמה מאוד בזכות הניסיונות להבין כיצד "פועלים" כוכבים וכיצד נוצרים כל היסודות שאנו מכירים; מדידות וניסויים המבוצעים במעבורות חלל

3. בעיקר (אבל לא רק) על סמך אפקטים דינמיים – מדידת אופן התנועה של גופים והסקת אופיו של שדה הכבידה שאמור להתקיים בסביבתם, ובטווח שלם של סקאלות גודל – החל מגלקסיה בודדת וכלה בצבירי גלקסיות והתווך הבין-צבירי.



אוהבים את המגזין?

רוצים לחלוק את החוויה הזו עם אחרים?

למחלקת מנויים דרושים/ות אנשי/נשות מכירה טלפונית

שכר גבוה! • שעות עבודה גמישות • הכשרה מקצועית בתשלום

סביבת עבודה דינמית ואיכותית • העבודה בת"א (ליד קניון עזריאלי)

נא לשלוח קורות חיים בציון קוד משרה 100 בפקס: 03-5628795 מייל: hagit@sbc.co.il

מלמדים אותנו באופן ישיר על כדור-הארץ עצמו והאטמוספירה שבה תלויים חיינו וטיבם. לא דנו במסגרת מדור זה – "דברים שרואים מכאן" – באופן נרחב ומעמיק בכל הנקודות שהוזכרו כאן, ולא זו היתה המטרה. אולם אני מקווה, שלצד ההסברים על אודות מפות הכוכבים ומראה כיפת השמיים בעונות השונות, הצלחתי גם לגעת, ולו ב"קליפת האגוז", בחלק מהנושאים ובעקרונות הקשורים בהם, ובעיקר – לעורר את הסקרנות להמשיך ולהתעניין בתחום.

שמי סוף החורף ותחילת האביב

כאמור, עקב הקפתו השנתית של כדור-הארץ סביב השמש, נגלה בפנינו (ממקום מסוים על פני כדור-הארץ בשעות החושך) פלח שמיים שונה מעונה לעונה (מובן שישנן חפיפות בתקופות סמוכות, וגם לזווית הנטייה של ציר הסיבוב של כדור-הארץ יש השפעה על האוריינטציה של כיפת השמיים הנראית לנו בשעות הלילה). כוכבים וקבוצות שבעונה מסוימת יימצאו בחצות הלילה באזור הזנית, למשל, יימצאו בעונה ההפוכה בדיוק סמוך לשמש בצהרי היום ("התקבצות עם השמש"), כך שלא ניתן לראותם, כמובן. השמיים משתנים במהלך הלילה כתוצאה מסיבובו העצמי של כדור-הארץ, ומראה הכוכבים שונה מקווי רוחב שונים. דמיינו למשל את מראה השמיים לצופה מהקוטב הצפוני. כוכב הצפון מצוי (כמעט בדיוק) בזנית, וכל הכוכבים סובבים סביבו במעגלים מקבילים למעגל האופק. כלומר, אין כלל מצב של זריחה (הופעה) ושקיעה (היעלמות) של כוכבים, כי אם תנועה מתמדת סביב הקוטב השמימי הצפוני – שם מצוי, כאמור, במקרה ובאופן זמני, כוכב הצפון שלנו. ואם לא די בכך, דמיינו כי קו המֶלְקָה, שעל גביו נעה השמש ובסמוך לו כל כוכבי-הלכת וקבוצות המזלות, אינו מגיע אף לגובה של 25 מעלות מעל לאופק (בהתאם לנטיית ציר הסיבוב של כדור-הארץ, של כ-23.5°), כלומר נשאר נמוך למדי, עובדה המקשה על הצפייה בגופים הללו. לשמחתנו, אנו מצויים בקו רוחב "נוח" וממוצע, המאפשר צפייה בכל כיפת השמיים הצפונית, בחלק מהדרומית, ובמצב שבו כוכבים זורחים ושוקעים ופני השמיים מתחדשים ומתרחבים ומתרחבים משעה לשעה.

בחדש מרץ חוצה משושה החורף (המורכב מששת הכוכבים הבהירים ביותר מתוך קבוצות אוריון, כלב גדול, כלב קטן, תאומים, עגלון ושור; ראו מדור זה, "גליליאו" 101) את המצפה (הקו העובר דרך הזנית ומחלק את השמיים בדיוק למזרח ולמערב) כבר עם שקיעת השמש, ואת מקומו תופסים ראשוני הכוכבים של האביב. בצפון עולה מעלה העגלה הגדולה (המורכבת מן הכוכבים הבהירים ביותר של קבוצת הדובה הגדולה), בעוד שקבוצת קסיופיאה (ה-W) יורדת לעבר האופק. בשעות הערב המוקדמות יותר אפשר להבחין בשתי הקבוצות כאשר הן מצויות משני צדי כוכב הצפון. מאחר שאלה הן הקבוצות שבאמצעותן ניתן לזהות את כוכב הצפון בצורה הבטוחה ביותר, טוב הדבר שבכל רגע נתון, לפחות אחת מהן נמצאת במצב שמאפשר את זיהויה.

הקבוצה הבולטת ביותר באזור הזנית בעונה זו היא קבוצת מזל אריה המרשימה, על רעמתו בצורת סימן שאלה הפוך, כוכבו הקדמי הבהיר רגולוס, והכוכב הבהיר שבסוף קשת כוכבי הגב של האריה – דנבולה.





בדיוק לפני לועו של האריה ממוקם כעת באומץ לב אובייקט שניתן לראות בו מעין מודל מוקטן של מערכת שמש בדמותו של שבתאי על טבעותיו, בבהירות (מגניטודה) של כ-0.7. שבתאי היה לא מזמן בניגוד (בקרבה מרבית אלינו), וזהי עדיין תקופה מצוינת להתבונן בו. ניתן אף לנסות לזהות כמה נקודות אור קטנות מסביבו כאשר מתבוננים בו מבעד לטלסקופ; חלק מנקודות אלו, אם אינן כוכבים בשדה הרקע, יכולות להיות כמה מירחיו הגדולים יותר של שבתאי, כגון טיטן (Titan), ריאה (Rhea), דיין (Dione), טתיס (Tethys) או אנסלדוס (Enceladus). טיטן הוא ירחו הגדול ביותר של שבתאי, ואף הירח השני בגודלו בכל מערכת השמש (לאחר גנימד (Ganymede), ירחו של צדק). טיטן נחקר ביסודיות בשנים האחרונות, ולפני כשנתיים אף הונחתה על פניו גשושית קטנה. לטיטן ישנה אטמוספירה, והוא בעל פני שטח פעילים עם עדויות לזרימה של נוזלים, אגמים וביצות ספוגות מתאן. באמצע חודש מרץ זורח צדק בסביבות השעה אחת אחר חצות (במגניטודה של 2.1-; צדק יהיה בניגוד בתחילת יוני, אז תגיע בהירותו ל-2.6-), ועד סוף אפריל כבר נוכל להבחין בו מעל לאופק המזרחי החל מסביבות השעה 11 בלילה.

עוקבת אחר האריה ומזרחית לו היא קבוצת מזל בתולה, על כוכבה הבהיר ספיקה – כוכב כחול בעל פני שטח חמים במיוחד (ראו טבלת הכוכבים הבהירים במדור זה, "גליליאו" 101). צפונית לה בקבוצת רועה דובים, זורח במקביל אליה כוכב בהיר עוד יותר – ארקטורוס – ענק אדום המרוחק מאיתנו פחות מ-40 שנות אור. מדרום, מלווה את האריה והבתולה כמעט במקביל לקו המלקה קבוצת נחש-מים הארוכה. קבוצה זו משתרעת על פני כ-90 מעלות (!) ו"מרכיבה" על גבה במקטעים שונים כמה קבוצות קטנות. מצפון-מזרח לרועה הדובים אפשר לזהות בבידור (מאזורים חשוכים דיים) קבוצה קטנה בצורת חצי עיגול – קבוצת הכתר הצפוני (Corona Borealis).

בלילה שבין השלושה לארבעה במרץ יתרחש ליקוי ירח מלא (תמונה 2), אשר ייראה במלואו מהארץ. ליקוי ירח מתרחש כאשר הירח, במופעו המלא (אמצע החודש העברי), מצוי בקו אחד עם כדור-הארץ והשמש, והוא נכנס אל אזור חרוט הצל שמטיל כדור-הארץ (חרוט הצל מחולק למעשה לשניים – אזור הצל המלא המכונה אומברה (umbra) ואזור הצל החלקי – פנומברה (penumbra)). בניגוד לליקויי חמה, אז מסתיר הירח את דסקת השמש רק עבור צופים מאזור מוגדר מאוד על פני כדור-הארץ (בדרך-כלל, מעין רצועה דקה המתפרשת בכיוון מזרח-מערב; ראו "חושך בצהרי יום", "גליליאו" 91), ניתן לראות את הירח



2

סדרת תמונות מליקוי ירח מלא של ינואר 2000. שימו לב לגוון הכתום-אדמדם של הירח בזמן הליקוי המלא. זוהי תוצאת השפעתה של האטמוספירה שלנו, המפזרת בעיקר קרני אור אדומות (לכיוון אורכי הגל הארוכים) לתוך אזור הצל המלא. אילולא היתה אטמוספירה לכדור-הארץ, היה הירח כהה לחלוטין ובלתי נראה כאשר הוא מצוי בתחום הצל המלא. אם מתרחש ליקוי ירח מלא לאחר פעילות געשית מוגברת, שגורמת לפיזור של אפר ואבק באטמוספירה, הדבר עשוי להשפיע על גון הירח הלוכה ועל מידת בהירותו (F. Espenak, 2000)



כשהוא לוקה מכל האזורים שבהם נראה הירח באותה עת. בשנה אחת ישנם בממוצע בין שניים לארבעה ליקויי ירח, מלאים (כאשר הירח נכנס במלואו לאזור הצל המלא) וחלקיים כאחד. בכל הקשור בליקויים לסוגיהם השונים, אני ממליץ להסתכל באתרו של "מר הליקויים" – פרד אספנק (Espanak), שם תוכלו למצוא את כל ההסברים הנדרשים, מפות ומידע, וכן גלריות של תמונות מרשימות מליקויים קודמים רבים: <http://www.mreclipse.com/MrEclipse.html>.

כיכד ממשכים הלאה – כמה הפניות לסיום

האירועים האסטרונומיים המתרחשים סביבנו אינם מסתיימים עם סיום המדור, ואני ממליץ למתעניינים בנושא להמשיך לקרוא ולהתעדכן, והאפשרויות לכך מרובות. אני רוצה להפנות את הקוראים אל אתר המועדון האסטרונומי של אוניברסיטת תל-אביב – גוף המארגן במתכונת התנדבותית הרצאות ופעילויות אסטרונומיות לקהל הרחב. האתר מציע מידע וכלים אסטרונומיים, כתבות ועדכונים על פעילויות קרובות. מידע על אודות אירועים אסטרונומיים מסוגים שונים (כגון ליקויים, התקבצויות, מטרות מטאורים ועוד; ראו ורשמו ביומן למשל את התקבצות נוגה ושבתאי ב-1 ביולי ואת מטרי המטאורים פרסאידים וג'מינידים במהלך החודשים אוגוסט ודצמבר) ←



← וכן "פעילויות ארציות" - פעילויות שמקיימים המועדון וגופים נוספים - ניתן למצוא בדף האינטראקטיבי של לוח האירועים: <http://astroclub.tau.ac.il/board>. פרסומים, כתבות (ובהן גם כתבות מדור זה) ומפות שמיים ניתן לקרוא ולהוריד מדף ההורדות: <http://astroclub.tau.ac.il/publications>. אני ממליץ בחום לבדוק גם את דפי הפעילויות הקודמות והרצאות הווידיאו, שם ניתן להתרשם מפעילויות העבר ולצפות בהרצאות ומצגות רבות. פעילות במתכונת דומה של הרצאות לקהל הרחב באסטרונומיה ובאסטרופיזיקה מתקיימת גם באוניברסיטה העברית בירושלים ובמקומות נוספים.

גליליאו



פורום "גליליאו" נועד לאפשר מפגש ודין בטווח רחב של תחומי מדע ומחשבה - מגנטיקה עד תורת הקוונטים, מחורים שחורים עד פרקטלים. מדי חודש מארח הפורום מומחה בתחום מסוים, אשר כתב בגיליון האחרון. בואו לשאול, לשוחח ולענות **<http://ifeel.co.il/page/>**: "בפורום גליליאו"



בהזדמנות זו, אני מבקש להודות לחבר קרוב ועמית בתחום, מעמודי התווך של קהילת האסטרונומיה והאסטרופיזיקה בארץ – ד"ר ערן אופק, אסטרופיזיקאי בוגר אוניברסיטת תל-אביב וממקימי המועדון האסטרונומי – הוא אשר פיתח (בין שאר כלים מרובים – חלקם מופיעים באתר) את התוכנות שמיצרות את מפות השמיים המפורסמות כאן ובאתר המועדון. מפות אלו, כמצוין לצדן, תקפות לכל שנה בתאריכים ובזמנים הרשומים, למעט מיקום כוכבי-לכת (אם מופיעים במפה), אשר משנים, כמובן, את מיקומם מעונה לעונה. לכל מי שמעוניין באפשרות לקשר שוטף עם אנשים מהתחום, לחלוק ידע, לשאול שאלות (או להשיב לשאלות אחרים), לברר בנוגע לציוד אסטרונומי או לאפשרות להצטרף לתצפיות מסודרות ("star parties") המתקיימות מעת לעת, מומלץ להיכנס לפורום האסטרונומיה של נענע בהנהלת אסף ברוולד (שגם הוא כתב ב"גליליאו" מדור על שמי ישראל) – <http://forums.nana.co.il/astro>. שם ניתן גם לבדוק את "מאמרי הקהילה" – מאגר המכיל כתבות בנושאים רבים, תצפיתיים ותיאורטיים כאחד. מידע נוסף ניתן לקבל גם באתר האגודה הישראלית לאסטרונומיה – <http://www.astronomy.org.il>, משם אפשר להתנתב לקישורים רבים, ביניהם פורום האסטרונומיה של Ynet ומצפה הכוכבים של גבעתיים, שגם בו מתקיימות פעילויות לקהל הרחב במתכונת קבועה. בקורליה לאופן שבו התגברה בשנים האחרונות המודעות הציבורית לתחומי האסטרונומיה והאסטרופיזיקה, קמו בתקופה האחרונה כמה מצפי כוכבים נוספים ברחבי הארץ. אלו המחפשים אפשרויות צפונה מהמרכז יכולים, למשל, להתעניין בפעילויות המתקיימות במצפה החדש והמרשים של הטכנודע בגבעת אולגה, בהנהלת אילן מנוליס, מבכירי האסטרונומים בארץ, שהתמחותו העיקרית היא בתחומי חקר שביטים, גופים קרובי-ארץ וסכנות פגיעה. אני רוצה להודות לכל הקוראים והמתעניינים, כמו גם לעורכת ולכל הצוות המדעי והמקצועי של כתב-העת. בברכת שמיים צלולים והמשך גילויים מרתקים – קרובים ורחוקים, ארציים ושמיים.

עפר ירון הוא דוקטורנט לאסטרופיזיקה ולמדעים פלנטריים באוניברסיטת תל-אביב. במסגרת מחקרו הוא עוסק בפיתוח מודלים ממוחשבים לבחינת מבנה ואבולוציה של כוכבים, והוא פעיל בהוראת אסטרונומיה במסגרות חינוכיות וציבוריות.
<http://geophysics.tau.ac.il/personal/oferya>