

אסטרונומיה

ביטאון האגודה הישראלית לאסטרונומיה



חדשות חלל

ליקוי החמה המלא בסין

40 שנה לנחיתת אפולו 11

צילום אסטרונומי לכל אחד

מיתולוגיה

הגלריה



מצפה הכוכבים - גן העלייה השניה

ת.ד.: 53101, גבעתיים 149
טלפון: 03-7314345
פקס: 03-5214713
עמותה מס': 6-867-004-58

אתר הבית:

<http://www.astronomy.org.il>

ISRAELI ASTRONOMICAL ASSOCIATION
THE GIVATAYIM OBSERVATORY
SECOND ALIYA PARK
P.O.BOX 149, GIVATAYIM, 53101
TELEPHONE: 03-7314345
FAX: 03-5214713

המערכת

עורך: ד"ר יגאל פת-אל
עריכה מדעית: ד"ר דיאנה לאופר
עריכה לשונית: ד"ר דיאנה לאופר

תוכן עניינים

- 3 | דבר העורך | ד"ר יגאל פת-אל
- 4 | חדשות | אריה מורג
- 6 | הירח 40 שנה | מרים אוריאל
- 15 | גופי אסטרונומיה בישראל
- 16 | אפיקי האור | מזר חיים
- 18 | צילומי אתרי נחיתה על הירח | ד"ר דיאנה לאופר
- 20 | מנתר בין כוכבים | עדן אוריון
- 23 | לוח מודעות
- 24 | תצפית מטאורים | שטרית עמנואל
- 26 | בעין צופיה - כוכבי הלכת | גדי איידלהייט
- 32 | רשמים מליקוי החמה המלא בסין | נילי רז
- 34 | סיכוי של אחד למיליארד | פרופ' יואב יאיר
- 35 | קרונוס וקירוס | ד"ר נורית קינן
- 36 | צילום אסטרונומי לכל אחד | ד"ר יגאל פת-אל
- 46 | עיבוד תמונה דיגיטלי | כפיר סימון

דבר העורך

חוברת זו, הסוגרת את שנת האסטרונומיה הבינלאומית, יוצאת באיחור מה, ואחת הסיבות לכך שהיא הופקה במתכונת מיוחדת. החוברת היא חוברת כפולה, רחבת היקף והיא מודפסת כולה בצבע, כאשר את עמודי החוברת מעטרים צילומים צבעוניים, חלק ניכר מהם תוצרת כחול לבן. אנו שמנו דגש הפעם על עריכה גרפית מקצועית, כאשר המטרה היא להביא חוברת ברמה גבוהה ביותר, וכאן המקום להודות לכל העושים במלאכה, העושים מלאכתם בהתנדבות, מהעורך והגרפיקאית ועד אחרון המגיחים והכותבים.

שנת 2009 הוכרזה כשנת האסטרונומיה הבינלאומית והיא חלפה לה בצל המשבר הכלכלי העולמי שנתן את אותותיו בכל התחומים ביניהם הפעילות הבינלאומית בתחום האסטרונומיה. בישראל בוצעו מספר פעילויות כאשר הפעילות יוצאת הדופן בהיקפה היתה ארגון והוצאת משלחת של האגודה הישראלית לאסטרונומיה לסיין, לשם צפייה בליקוי החמה המלא, הארוך ביותר במאה הנוכחית. סיפור הטיול לסיין מסופר כאן בהרחבה. כמו כן יצאנו לתצפיות שטח בערבה, בהרי ירושלים ובגלבע, ככל שמזג האוויר התיר לנו. את השנה נעלנו בתצפית מוצלחת ביותר במטר הגימינידים, שמטח מאות המטאורים שנצפו בו היווה סיום הולם לשנת האסטרונומיה הבינלאומית. הבאנו רשמים מאחת מהתצפיות המאורגנות.

בחוברת מוקדש מקום רחב לצילום האסטרונומי, שצבר תאוצה רבה בשנה האחרונה. בשנתיים האחרונות קיימה האגודה שני חוגים, שאחד מהם עסק בנושא הצילום האסטרונומי. בחוברת זו הקדשנו לנושא שני מאמרים רחבי היקף.

קריאה נעימה

יגאל פת-אל

עורך

שער קינמי - WITCH HEAD NEBULA - IC 2118 - צילום: טל פייביש
WILLIAM OPTICS ZENITHSTAR 70MM + FIELD FLATTENER
צולם באמצעות WILLIAM OPTICS FLT98 מצלמת ORION
עקיבה ותיקונים באמצעות STARSHOOT DEEP SPACE PRO V2

שער אחורי - M81 - צילום: כפיר סימון
MIN OF LUMINANCE THROUGH 48
RGB FROM MEADE DSI PRO 3 - IR FILTER MEADE 10" LX 200 TELESCOPE AT F3.3
IMAGED FROM THE 101 KILOMETER IN ISRAEL CANON 450D - 12 MIN

עמ' 53 - הערפילית הגדולה באוריון M42 - צילום: כפיר סימון שימוש
במסננים צרים: HA לערוץ הירוק, OIII לערוץ האדום, SII לערוץ הכחול. ציוד:
MEADE DSI PRO 3 CAMERA CANON 400MM F2.8 LENS 40MIN FOR EACH FILTER
STACKED WITH SHORT EXPOSURES TO COMPOSE A HIGH DYNAMIC RANGE
IMAGED FROM MY (TO AVOID SATURATING THE BRIGHT CENTER) IMAGE
HOME IN GAN YAVNE ISRAEL

עמוד 54 - החלק הבהיר של ערפילית הצעיף NGC6960, צילום: הראל בורן
ציוד: CANON XSI, MODDED, TOTAL (HAR)GB 110 MIN. = RGB 22X3 MIN., HA 11X4
BAADER MPCC, ASTONOMIK CLS-CCD FILTER, BAADER 7NM HA MIN., ISO 1600
FILTER
LXD75-SN10 OTA, EQ6 MOUNT, GUIDED W/PHD AND EQMOD

NGC 2174 AND NGC-2175 THE MONKEY-HEAD - צילום: הראל בורן
ציוד: BAADER CANON XSI, MODDED, TOTAL RGB 65 MIN. = 13X5 MIN., ISO 1600
MPCC, BRESSER PN 8" OTA AT F4, EQ6 MOUNT, GUIDED W/PHD AND EQMOD



צוות בינלאומי של אסטרונומים, בניהולו של קישי אונקה (KEIICHI OHNAKA) ממכון מקס פלאנק בבון, גרמניה, לאסטר רדיו, הצליח לצפות, בחדות יוצאת דופן, שלא התאפשרה עד-כה, על מות כוכב ענק. האילוסטרציה מראה כיצד גז נע באזורים שונים על-פני השטח של כוכב מרוחק זה התאפשר על-ידי חיבור שלושה טלסקופים בעלי עדשה בקוטר 8.1 מטר כל-אחד, לאינטרפרומטר (INTERFEROMETER) אשר אפשרו למדענים עוצמת תצפית משולבת כאילו מטלסקופ ענק בקוטר 84 מטר!

תמונה 1 - מתווה אמן המציג כיצד כמות אדירה של חומר "חרקת" מפניו של הכוכב בטלג'וז (BETELGEUSE) הוא ענק אדום הממוקם בקבוצת אוריון, לחלל (באדיבות מכון "מקס פלאנק", בון, גרמניה)

הצוות השתמש בטלסקופ הענק המוצב במצפה האירופאי הדרומי, בצ'ילה (VLT - VERY LARGE TELESCOPE INTERFEROMETER), וגילה כי הגז אשר באטמוספירה של כוכב העומד למות, נע מעלה ומטה באגרסיביות, אך הגודל של "בועות" אלו כגודל הכוכב עצמו. "בועות" אדירות אלו הן המפתח לפליטת חומר לחלל, אל מחוץ לאטמוספירת הכוכב, לפני התפוצצות הכוכב כ"סופר-נובה".

אסטרונומים משתמשים בטכניקה מיוחדת להתגבר על בעיה זאת. על-ידי חיבור שניים או יותר טלסקופים ליצירת INTERFEROMETER, הם משיגים רזולוציה הרבה יותר גבוהה מאשר מהטלסקופ הבודד. ה-VLTI הוא אחד מהאינטרפרומטרים הגדולים בעולם. אסטרונומים צפו ב"בטלג'וז" באמצעות מכשיר ה-AMBER של הטלסקופ, הפועל בקרבת אורך גל-אור אינפרא-אדום.

בלי חורף בהיר, קל לאתר כוכב כתום בהיר בשולי צביר הגלקסיות "אוריון" ("הצייד"), אף בערים מוצפות אור. זהו "בטלג'וז" (BETELGEUSE) במרחק של 600 שנות אור מכדור הארץ. כוכב ענק שקוטרו קרוב ל-450 מיליון קילומטרים וגדול כך שאם הוא היה חלק ממערכת השמש שלנו הוא היה נע במסלול של צדק, כאשר הוא "בולע" את כוכבי הלכת הפנימיים חמה, נוגה, כדור-הארץ ומאדים. הוא גם זוהר בבהירות כזאת, הפולטת פי 100,000 יותר אור, מאשר השמש. "בטלג'וז" הינו על-ענק והוא קרב לסיום חייו הקצרים של מספר מיליוני שנים. ענקים אדומים, פולטים כמות גדולה של חומר המורכב ממגוון מולקולות ואבק, אשר מעובדים מחדש לדור העתיד של כוכבים וכוכבי לכת, דוגמת כדור-הארץ. ב"טלג'וז" מאבד חומר בכמות השווה למסת כדור-הארץ, מדי שנה.

תצפיות הענבר (AMBER) אשר ביצע הצוות הם התצפיות החדות ביותר שנצפו אי-פעם, על בטלג'וז. בפעם הראשונה נפתרה בעיית תנועת הגז באטמוספירה של כוכב אחר מאשר השמש שלנו, וכך ניתן היה לראות כיצד הגז נע באזורים שונים על פניו של הכוכב.

התצפיות חשפו שהגז באטמוספירת "בטלג'וז" נע באופן נמרץ ביותר, מעלה - מטה. הגודל של "בועות" אלו אף הוא אדיר - כגודל הכוכב עצמו. המקור ל"בועות" אלו עדיין לא ברור, אך התצפיות שפכו אור חדש על השאלה כיצד ענקים אדומים, מאבדים מהמסה שלהם. מסתבר כי החומר אינו זורם החוצה בצורה מסודרת ושקטה אלא נפלט החוצה באלימות, באלומות וקשתות של חומר.

זיקוקים קוסמיים, הידועים כ"סופר-נובה", דוגמת SN1987A, הידוע, יצינו את המוות של הכוכב הענק, הצפוי לקרות תוך אלפי או מאות אלפי השנים הבאות. מאידך, היות ו"בטלג'וז" קרוב יותר לכדור-הארץ מאשר SN1987A, ה"סופר-נובה" תיראה ברורות, בעין בלתי מזוינת, אף בשעות היום ☾

[HTTP://WWW.ASTRONOMYNOW.COM/NEWS/N0907/29BETEL](http://www.AstronomyNow.com/news/N0907/29BETEL)

[HTTP://WWW.ESO.ORG/PUBLIC/OUTREACH/PRESS-REL/PR-2009/PR-27-09.HTML](http://www.ESO.org/public/outreach/press-rel/pr-2009/pr-27-09.html)

[HTTP://WWW.YNET.CO.IL/ARTICLES/0,7340,L-3729103,00.HTML](http://www.Ynet.co.il/articles/0,7340,L-3729103,00.html)

החדשות מובאות בשיתוף אתר הידען:
www.hayadan.co.il

הירח במלאת 40 שנה לנחיתה עליו



אסטרונאוט אדווין אולדרין על אדמת הירח
בעת נחיתה אפולו 11 (NASA)

הירח שלנו, הוא הירח הגדול ביותר במערכת השמש ביחס לכוכב הלכת שלו. הירח נכנס כ- 4 פעמים בקוטר של כדור הארץ. (קוטר הירח - 3474 ק"מ, קוטר כדור הארץ - 12,756 ק"מ).

היסטוריה

לפני שבני האדם השתמשו באור החשמל להאיר את החשכה, אורם בלילה הגיע מן הירח. לכן, למופעי הירח היתה השפעה רבה על האדם - וכמה שמלא ומואר היה הירח, כך השפיע יותר אנשים העדיפו לקיים את פגישותיהם בליל ירח מלא כי כך יכלו לראות דרכם וכמובן אחד את השני. הגים יהודיים נחוגו במילוא הירח כי אז היה אור רב יותר להרבות שמחה, (כמו: סוכות ב-ט"ו בתשרי; ט"ו בשבט; פורים ושושן פורים ב-י"ד -

ט"ו באדר; פסח ב-ט"ו בניסן). הנאהבים הוקסמו לאור הירח גם אם היה באחד ממופעיו ולא דווקא במילואו. בתרבויות רבות, הירח הוא שני בחשיבותו לשמש. אמנם היום הראשון בשבוע קרוי על שמה - SUNDAY ואילו היום השני קרוי על שם הירח - MONDAY.

הירח היה אחד האמצעים הטובים ביותר למדידת זמן. מחזור הירח הוא בן 28 וחצי יום לערך, מה שאיפשר לערוך מדידות של מספר החודשים החולפים. מדידת חודשים אינה יכולה להתבצע העזרת מדידת השמש, היות שקשה למדוד את ההבדלים היומיים בתנועתה. באנגלית, כמו בעברית, המילה חודש נגזרת מן הירח: בעברית - יָרַח ובאנגלית - MONTH.

האל תות' המצרי היה אמון על הירח ונתפס כאל המידות הנמדדות. בנוסף, נגזרה השפעת הירח גם על הלמידה, החוכמה

והכתיבה. סְלִינָה, ארטמיס (דיאנה) והקטה היווניות נחשבו כאלות המזוהות עם הירח. אך סלינה, או בשמה הרומאי לונה מקובלת כאלת הירח. סלינה ילדה ילדים רבים וביחד עם זאוס ילדה אריה. אריה זה לימים נקרא 'האריה הנמאי' והריגתו היתה המשימה הראשונה מתוך תריסר המשימות של הרקולס.

היהודים, הערבים והסינים משתמשים בלוח שנה ירחי. היהודים והסינים מוסיפים מדי כמה שנים חודש נוסף כדי לסגור את הפער בין השנה הירחית המונה רק 354, או 355 ימים לבין השנה השמשית המונה 365 ימים. לוח השנה הערבי מבוסס רק על הירח ולכן קיימת סטייה מצטברת בתאריכי חגיהם, המחליפים עונותיהם משך השנים.

עמים שונים מתפללים תפילות הודיה להופעת הירח מחדש, ביניהם גם היהודים המקדשים את הלבנה פעם בכל חודש, בין מולד הירח למילואו. מאחר והתפילה נאמרת בחוץ, היא כתובה באותיות גדולות על לוח הקבוע בקיר בית הכנסת. ומכאן הביטוי: "אותיות של קידוש לבנה". אגב, גם השמש זוכה לברכה אחת ל-28 שנים בחג הפסח ביום רביעי, שאז לפי המסורת נמצאת השמש במקום בו נבראה לראשונה.

גם גלגל המזלות המוכר חולק על ידי הבבלים הקדמונים לשנים עשר 'חלקים' לפי מספר החודשים הירחיים בשנה שמשית.

בימי הבינים, צויין היסוד כסף דווקא בשם ירח, וסימלו היה סהרון. ההקשר נעשה בעקבות צבעו הלבן של הירח.



אסטרונאוט אדווין אולדרין על אדמת הירח
בעת נחיתה אפולו 11 (NASA)

הירח, כפי שצולם מהחללית גלילאו כאשר היתה בדרכה אל צדק (NASA - JPL)



מיתולוגיה וסיפורים

בסיפורי עמים שונים הופיע הירח כגבר, או כאחיה של השמש הנקבית וגם להפך. הגדילו לעשות באיי אנדמן (ANDAMAN) שיבוש של שמו של אל הקוף ההינדי האנומן או האנדומן שבמפרץ בנגל, אצלם הירח הגדל ומתמלא נחשב כגבר ואילו כשהוא הולך ופוחת - כאשה. במעשיות חמניות הירח הוא אחותו של השמש. אבל השמש משתוקק אליה ולכן היא מסתתרת מפניו כאשר הוא עולה בשמים ויוצאת רק כאשר הוא שוקע. באגדות האסקימואים, גם לכתמים הכהים על פני הירח יש סיבה. שם מתואר הירח כמחזר אלמוני שביקר אצל אשה בחשאי בלילה, האשה השחירה את ידיה ומרחה אותן על גבו של האיש. מאוחר יותר גילתה שהמחזר הוא אחיה. היא ברחה ומאהבה רדף

אחריה שניהם התרוממו לשמים שם הפכה היא לשמש והוא לירח. הכתמים השחורים מידיה של האשה נראים על הירח עד היום הזה.

לפי המיתולוגיה הבושמנית הירח הוא גבר שהרגיז את השמש. לכן, היא חוזרת וחוטת אותו בסכין קרני השמש עד שנשאר ממנו מעט מאוד. הפצרות האיש גורמות לשמש להתרכך ולהיענות להפצרותיו והירח גדל שנית. אבל בכל פעם, שהשמש רואה את הירח מלא ועגול היא מתחילה לחתוך אותו, ומכאן מופעי הירח. בחלק רחב של לשונות עמים האינדיאנים חסרות מילים מיוחדות לירח או לשמש. במקום זאת, קיים מושג כללי שפרושו "הארה". מושג זה מתייחס ל"לילה" או "זמן לילה" ול"יום" או "זמן יום". קרי הארת לילה, או הארת יום. הדבר מזכיר את שמותיהם של השמש והירח במקורותינו: "המאור הגדול לממשלת היום והמאור הקטן לממשלת הלילה". בפולקלור אירופי, קשור הירח למכשפות הנאספות לריקוד לאור הירח המלא, ולאנשי זאב המשנים את צורתם במילוא.

כמו-כן נפוצים סיפורים על "מחלת הירח" ועל אנשים סהרורים המהלכים בשנתם בעת הירח המלא.

אמונות תפלות

אמונות תפלות רבות נקשרו בירח, חלקן קשורות למולדו, חלקן למופעיו וחלקן למילואו. למולד הירח יוחסה השפעה חיובית וחזקה במיוחד על כל דבר שבעבורו קיים פוטנציאל גדילה, כי זהו הזמן שלירח יש פוטנציאל לגדול. כך שכאשר אין ירח נראה בשמים, עדיף להתפנות לגידולים הגדלים מתחת האדמה, כמו ירקות שורש. אמונה טפלה נוספת גורסת שכאשר חאים את הירח שזה עתה נולד, צריך להפוך את כל הכסף שבכיס, או להראות מטבעות חדשים לירח, אזי עם גידול הירח גם תגדל כמות הכסף. בחוף השנהב נהגו האנשים לנשוף אפר לעבר הירח החדש, שרק נולד ולומר: "ראיתי אותך לפני שראית אותי". אחרת ילך כוחם ויפחת ככל שהירח ילך ויגדל. תקופת ירח מלא היא זמן של רצון טוב (האם לא כל זמן הוא טוב לרצון טוב?). אף נאמר בעבר שלתרופות ושיקויים הניתנים בירח מלא יש השפעה חזקה יותר. זמני מילוא נתפסו גם כזמן המתאים לזריעת גידולים הגדלים מעל האדמה. נאמר גם כי מופעי הירח, התמלאותו או התחסותו, משפיעים על מה שגם לו תהליך

מילוי או החסרה. למשל, עדיף להסתפר כשהירח מחסיה, שכן אז קיים סיכרון.

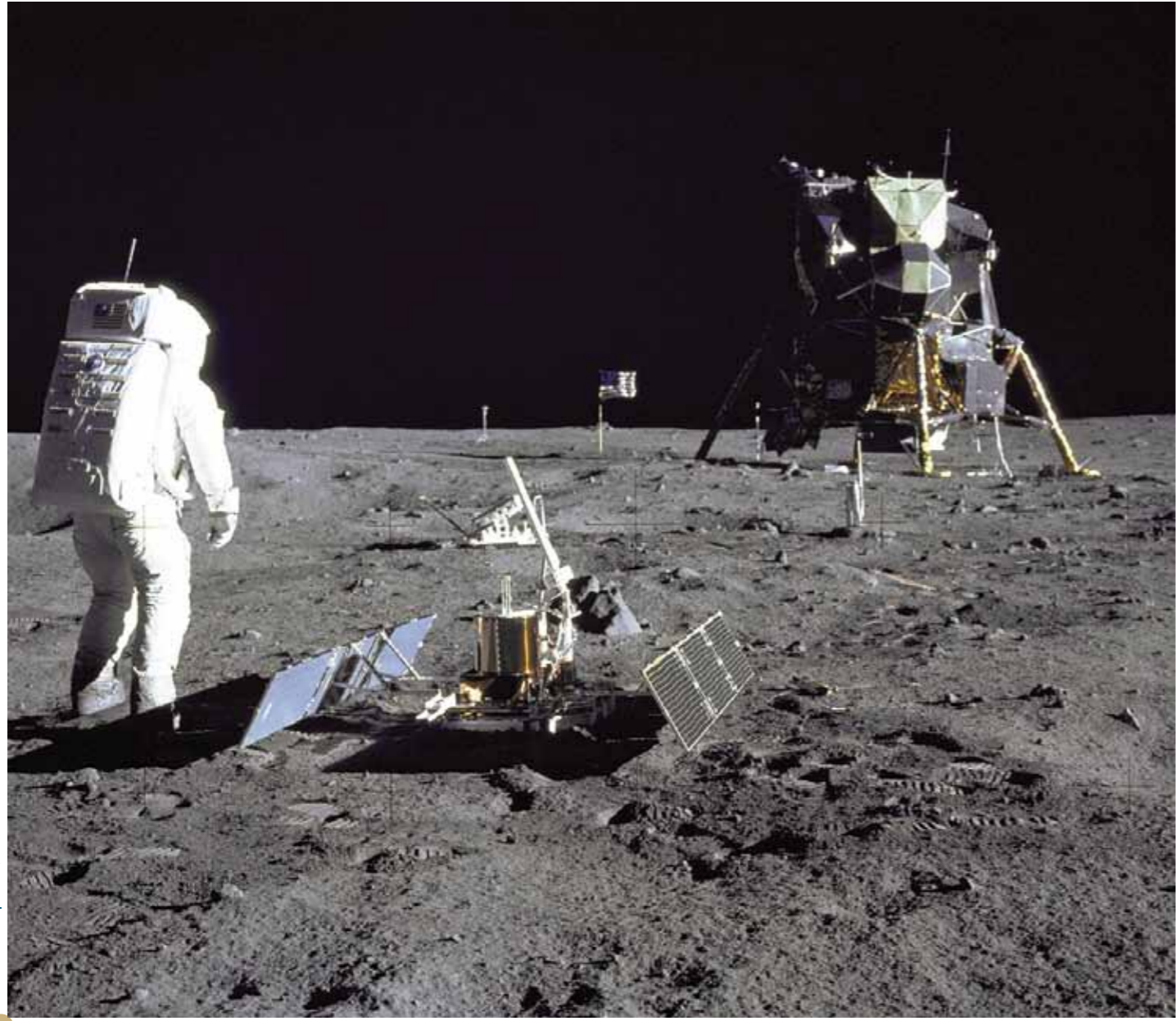
טענה היסטורית ומוטעית היא שמחזור הירח מתאים גם למחזור הנשי (נקודה למחשבה, האם לא היינו רואים השפעה מעין זו גם בשאר בעלי החיים...?). באגדות ובסיפורים רבים, הירח הוא דמות נשית ודמויות נשיות כמו אלות מסמלות אותו. שלוש המילים "ירח", "מחזור" ו"ירח" (MOON, MENSES, MONTH) באו בלועזית מאותו שורש שפירושו למחזר.

בעבר נאמר כי הצבעה על הירח הנולד תביא צרות. ראיית הירח מעבר לכתף שמאל היא חסרת מזל, יש מקומות בהם זו חוקא כתף ימין. לכן, פשוט לא להתבונן בירח מעבר לכתף.

שינה לאור ירח נתפסה כדבר שלילי ומסוכן. היא עלולה להביא לשגעון, כך לפי אמונות מצריות, יווניות, ארמניות, ברזילאיות ועוד.

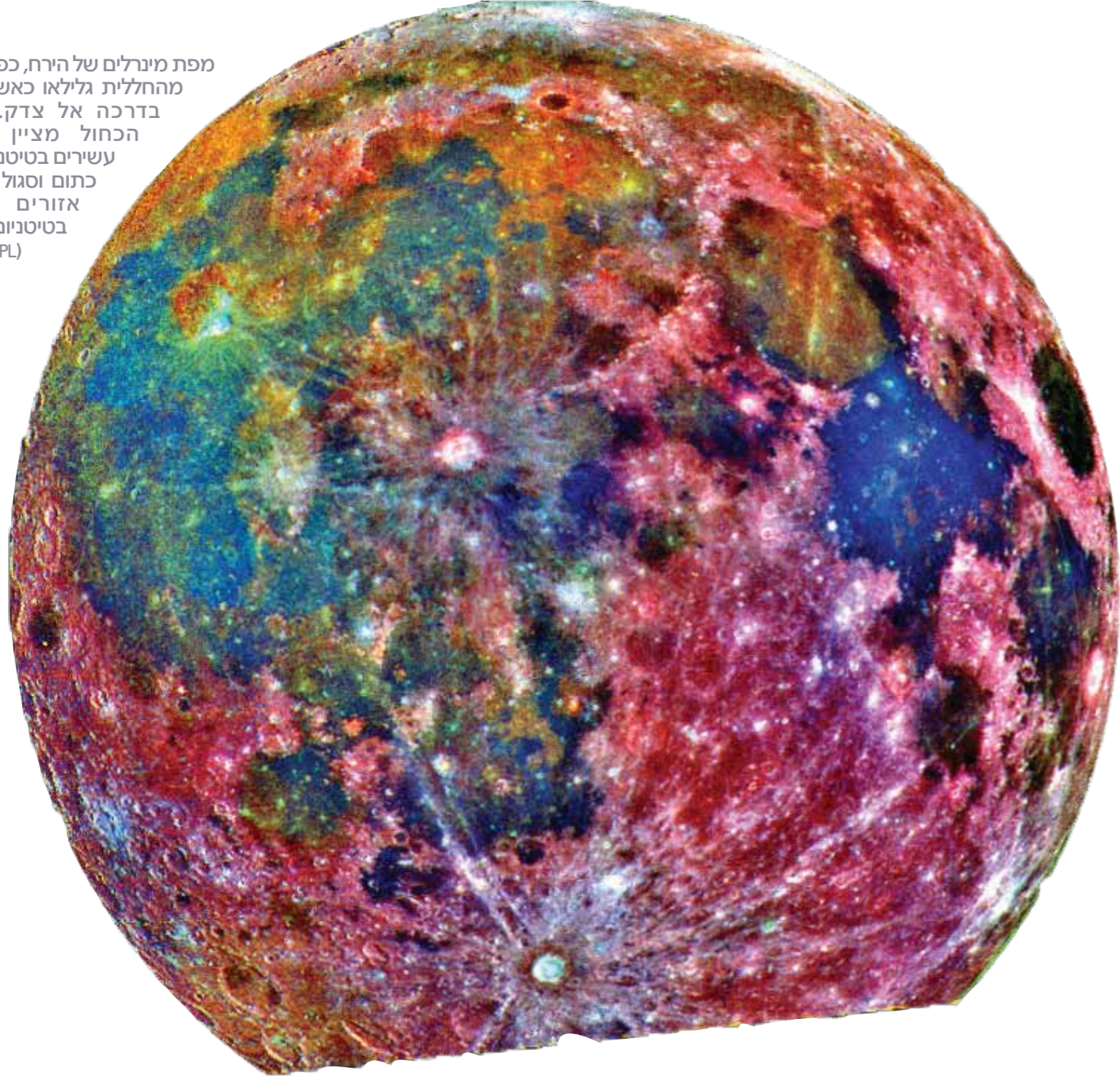
אמונה חוחת היתה שהירח הוא מקום מגורי נשמות המתים, או מקום מנוחת כל השבור והמושלך על כדור הארץ. מעין מקום איסוף האשפה של כדור הארץ. אסטרונומים של תוכנית אפולו האמריקנית נחתו על הירח אולם לא דיווחו על כל עדות למצב זה.

באז אולדרין ולידו סיסמוגרף (NASA ניל ארמסטרונג)



סיפורים

מפת מינרלים של הירח, כפי שצולם מהחללית גלילאו כאשר היתה בדרכה אל צדק. הצבע הכחול מציין אזורים עשירים בטיטניום בעוד כתום וסגול מציינים אזורים עניים בטיטניום ובברזל. (NASA, JPL)



ידוע הסיפור על חכמי חלם, שרצו לחסוך בהתקנת פנסי רחוב והחליטו לתפוס את הירח המלא, שיאיר להם בלילות. הם לקחו גיגית עם מים וכשהירח השתקף במים, כיסו את הגיגית והביאו אותה לעיירה. כאשר הסירו את הכיסוי בלילה חסר ירח, התפלאו לאן הוא נעלם סיפור מפורסם אחר הוא הסיפור הסיני על האשה שרצה לירח. לסיפור זה גירסאות שונות וזו אחת מהן. הסינים מזהים את הירח עם ה"ינג" הנקבי ואילו את השמש עם ה"יאנג" הזכרי. לכן, יש להם אלת ירח - צ'אנג אי, או צ'אנג הו.

האשה שרצה לירח - אגדה סינית

לפני זמן רב מאוד, רצה הקיסר הסיני שי ונג דן, לחיות לנצח. לכן, אסף את טובי הרופאים בסין ואילץ אותם לחקור ולמצוא תרופה, שבעזרתה הוא לא יזדקן ולא ימות.

אחת מנשותיו, צ'אנג הו, גמרה אומר להפך את תוכניתו. היא הבינה, שאם הקיסר יחיה לנצח, אזי יסבלו הרבה מאוד אנשים.

יום אחד שמעה צ'אנג הו, שאחד הרופאים המציא שיקוי מסתורי שיכול לגרום לכך שאנשים יחיו לנצח. אבל, עדיין השיקוי נמצא בשלבי חקירה ובדיקה. היא תכננה לגנוב את השיקוי ולהשמיד את הנוסחה. בלילה ירח מלא, החליטה לבצע את המעשה. היא התגנבה לחדרו של הרופא וגנבה משם את השיקוי והנוסחה. לאחר ששרפה את הנוסחה, לקחה צ'אנג הו את השיקוי ורצתה להימלט מן הארמון.

לרוע מזלה, גילה אחד החיילים את תוכניתה וסיפר זאת לקיסר. הקיסר הורה לחייליו לסגור את כל הדלתות של הארמון, לתפוס את האישה ולהחג אותה. היא רצה בארמון ממקום למקום אך לא הצליחה להימלט מן הארמון. לבסוף מצא אותה הקיסר בגן הארמון. האישה הבינה, שאין לה סיכוי להימלט. לכן, חשבה להחג את עצמה, אבל לפי כן, עליה להשמיד את השיקוי. אחרת, הקיסר ישיג אותה, ישתה ויחיה לנצח והעם יסבל. לכן, החליטה לשתות את השיקוי בעצמה. לאחר שעשתה כך, התחמם גופה אבל היא לא הרגישה בכך. היא המשיכה לחץ ולחץ ולבסוף הגיעה אל הירח.

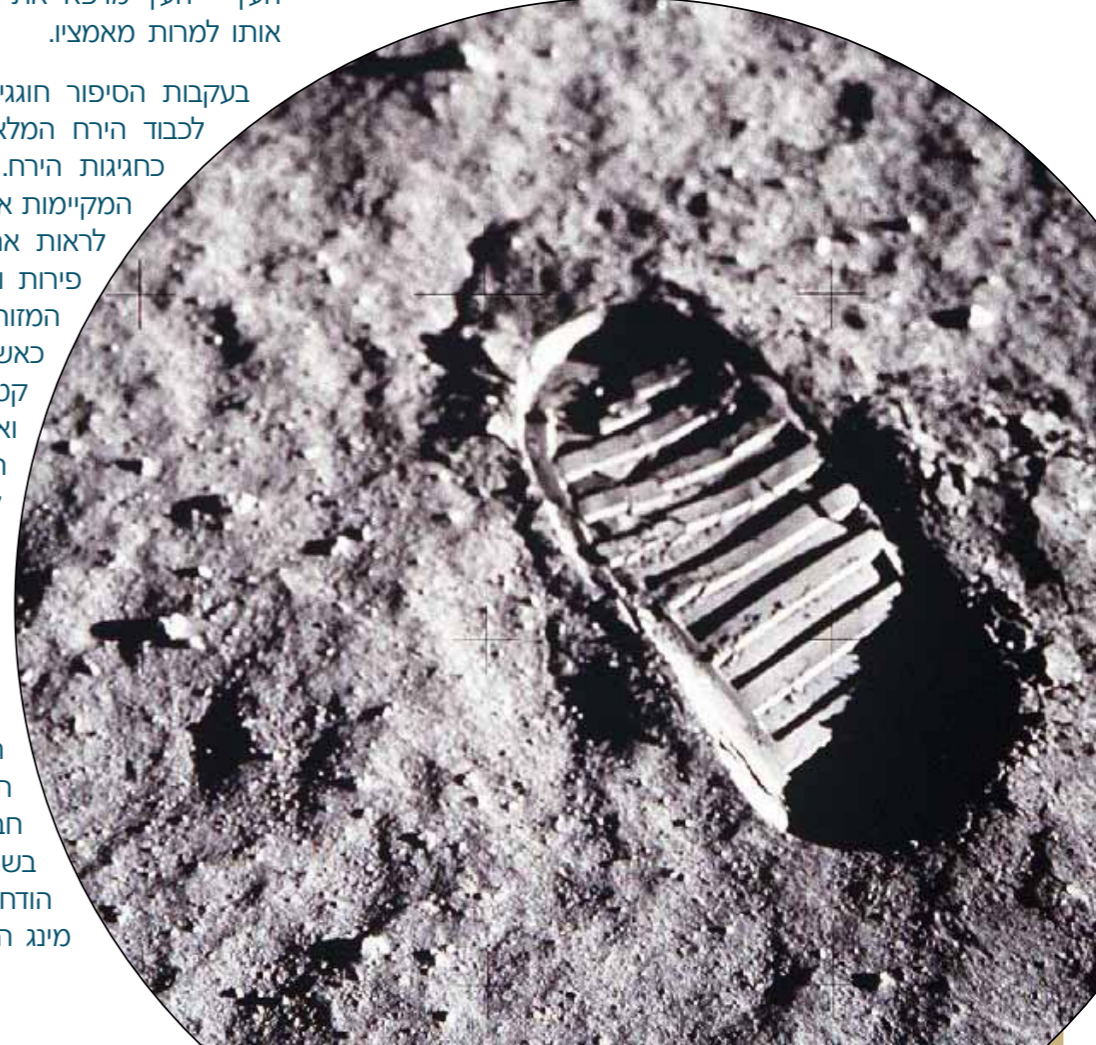
הלילה, שבו רצה האישה אל הירח הוא הזמן שבו הירח נראה גדול ביותר בכל השנה. בתקופה זו, שהסינים קוראים לה "אמצע הסתיו", חל אחד החגים החשובים בסין. האנשים עורכים טקסים בתקופה זו ואוכלים "עוגות ירח".

לאחר שהאגדה התפשטה ברחבי סין, בכל "אמצע הסתיו" אוהבים האנשים להסתכל אל הירח ולומר "שלום" לאישה משום שאנשים רבים גאים מאוד במעשה שעשתה.

הסינים מספרים על עוד שני דירים בירח: האחד הוא בן לווייתן של האשה שרצה לירח: ארנב המחזיק בעלי וכותש במכתש עשבים שונים שאסף, כדי לשחזר את שיקוי הקסם הנותן חיי נצח. הדייר הנוסף הוא וו צ'אנג, אשר פגע באלים בעת שלמד איך לחיות חיי נצח. עונשו הוא לחטוב עץ קסיה (קציעה), או עץ דפנה (בגרסה אחרת של הסיפור) שגובהו 1500 מטרים והוא למעשה עץ החיים. אולם ברגע שוו צ'אנג פוצע את העץ - העץ מרפא את עצמו מיד והחוטב אינו יכול לכרות אותו למרות מאמציו.

בעקבות הסיפור חוגגים הסינים ב-15 לחודש השמיני חג לכבוד הירח המלא המוכר כחגיגות אמצע הסתיו או כחגיגות הירח. כאן לנשים תפקיד מרכזי: הן אלו המקיימות את הטקסים. ליד חלון, אשר ממנו ניתן לראות את הירח, מניחות הנשים מזבח עליו פירות וצנצנת עם פרחי חרצית (כריזנטמה) המזוהים עם הירח בגלל צורתם העגולה. כאשר עולה הירח, מעלות הנשים קטורת, מתפללות וקודות לפני המזבח ואחר מספרות לילדים סיפורים על הירח (כמו הסיפור על האישה שרצה לירח).

עוגיות הירח הממולאות, שנאכלות בעת החגיגות לקחו חלק נכבד בהיסטוריה הסינית. כאשר הוחלט למרוח בשלטון המונגולי הזר של שושלת יואן (1279-1368), העבירו המורדים את ההודעות מתי יתבצע המרד ביורשיו של קובלאי חאן כשהן חבויות בתוך עוגיות הירח ושלחו אותן בשנת 1353 לידידים וקרובים. ברגע הנכון הודח המושל המונגולי ונוסדה שושלת מינג הסינית.



השמש, הלבנה והרוח - אגדה הודית

יום אחד השמש, הלבנה והרוח הלכו לסעוד עם חודתם וחודם ברק ורעם. אמם (אחד הכוכבים המרוחקים ביותר שאפשר לראות בשמים) חתה בבית לשובם של ילדיה.

השמש והרוח היו אנוכיים וחמדנים. הם נהנו מהסעודה העשירה שהוכנה עבורם, בלי שחשבו כלל להביא משהו הביתה לאמא - אבל הלבנה העדינה לא שכחה אותה. מכל צלחת שהובאה לשולחן, לקחה מעט ושמה תחת צפורניה הארוכות והמטופחות, כדי שאמא כוכב תוכל להנות אף היא מן המטעמים.

כאשר שבו הביתה שאלה אותם אמם, שחכתה להם כל הלילה והשגיחה עליהם בעין הכוכב הבהירה שלה: ובכן ילדים, מה הבאתם הביתה עבורי?

השמש, שהיה הבכור, אמר: לא הבאתי לך שום דבר. הלכתי כדי ליהנות עם ידידי ולא כדי להביא ארוחת ערב לאמי! והרוח אמר, גם אני לא הבאתי לך דבר, אמא, הרי אינך מצפה, שאביא לך אוסף של דברים טובים, כאשר הלכתי כדי ליהנות בעצמי.

אבל הלבנה אמרה: אמא הביאי צלחת, ראי מה הבאתי לך. וכאשר ניערה את ידיה נפלו לצלחת מבוחר עשיר כזה מהארוחה כמו שלא נראה מעולם.

אזי פנתה אמא כוכב אל השמש ואמרה: מפני שהלכת להשתעשע, בלי לחשוב כלל על אמך שבבית - תקולל. מעתה ואילך יהיו קרניך חמות ולוהטות, וישרפו את כל מה שהן יגעו בו. והאנשים ישנאו אותך, ויכסו את ראשם כשתופיע (לכן השמש חמה כל כך עד היום).

אחר פנתה לרוח ואמרה: גם אתה ששכחת את אמך בעת שנהנית בעצמך בלבד - שמע את גורלך. אתה תנשוב תמיד במזג אוויר חם וצחיח, תייבש ותצמק כל דבר חי. אנשים יתעבו אותך ויתחמקו מפניך מעתה ואילך (לכן הרוח במזג אוויר חם היא כה בלתי נעימה).

אבל ללבנה היא אמרה: בתי, משום שזכרת את אמך ושמת עבודה חלק בהנאה שלך, מעתה ואילך תהיי תמיד קרירה, שלווה ובהירה. קרניך יהיו טהורות ללא זוהר דוחה ואנשים יקראו לך תמיד "מבורכת" (לכן אור הלבנה הוא כה רך, קריר ויפהפה עד היום).

ביובל ה-40 של הנחיתה על הירח נאס"א פרסמה תמונות של אתרי הנחיתה מהחללית LRO של החלליות אפולו וניתן לראות את עקבות שבילי האסטרונאוטים על פני הירח (מקור - NASA)

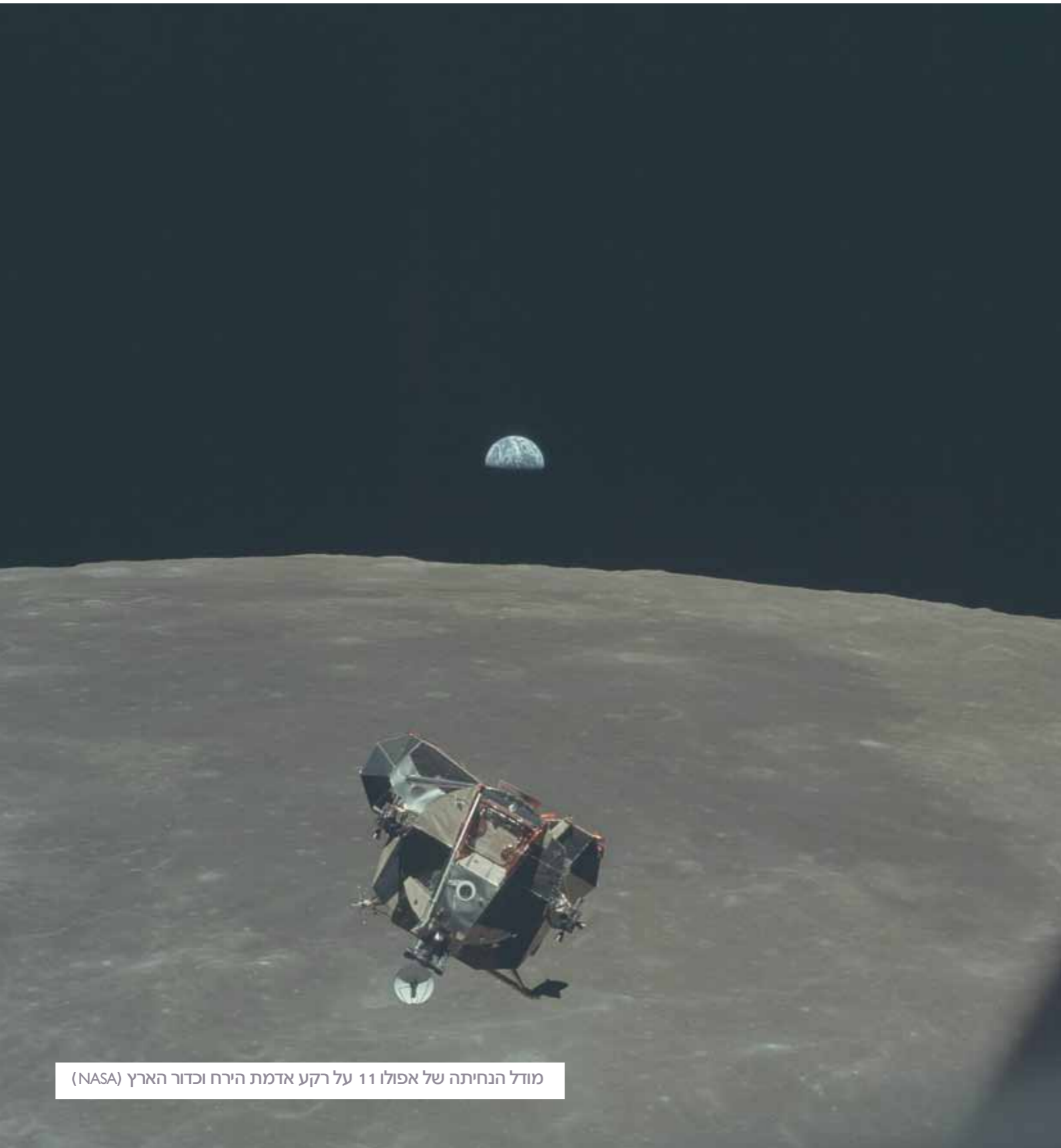
אפולו 12

אלן לה-יֶרֶן בין (ALAN LAVERN BEAN), אסטרונאוט וצייר המצייר את נופי הירח שראה. הוא הצייר היחיד בעולם, שמשתמש באבק ירח אמיתי בציוריו. האבק נשאר לו למזכרת על חליפת החלל שלו. הוא גם מוסיף חלקים זעירים מהחליפה לציוריו, דברים אלו עושים את הציורים למיוחדים במינם. בפטיש בו השתמשו לתקיעת הדגל על הירח - הוא משתמש כדי ליצור טקסטורה על פני ציוריו. מוטיב נוסף בציוריו היא טביעת נעלו של באז אולדרין.

אפולו 14

מיעוט הצילומים ממשימה זו הם בגלל שבין הפנה את המצלמה לכיוון השמש ושרף אותה בזאת.

מפקד אפולו 14 היה אלן שפרד, שהיה האמריקאי הראשון בחלל. הוא היה גם האסטרונאוט המבוגר ביותר בתוכנית אפולו, בן 47 שנים. האמריקאים התכוונו לשלוח אותו באוקטובר 1960, חצי שנה לפני ששוגר יורי גאגרין הרוסי (12 באפריל 1961), שהפך לאדם הראשון בחלל. אולם בגלל בעיות שונות בהכנה לשיגור - הוא נדחה שוב ושוב עד שחודש, לערך, אחרי גאגרין



Apollo 11 Site

West Crater

200 meters

פרויקט אפולו - פיקנטריה

אפולו 11

ולאחריה את הימנית ואמר: "זהו צעד קטן לאדם, צעד גדול לאנושות". טרם המילים המפורסמות בעודו עדיין על הצלחת, שלרגלי רכב הנחיתה, תאר ארמסטרונג את שכבת האבק שעל הירח שהיא דקה כמו אבקת פחם והרכב יצר מכתש כ-30 ס"מ עומק.

ניל ארמסטרונג ובאז אולדרין השאירו באתר הנחיתה לוח בו כתוב: "כאן לראשונה הניחו אנשים מכדור הארץ את כף רגלם על הירח. יולי 1969 לספירה. באנו לשלום בשם כל המין האנושי!" השניים היו 21 שעות על הירח מתוכן רק שעתים וחצי בחוץ.

כאשר התקרב רכב הנחיתה "נשר", אל קרקע הירח כמעט קרס מחשב שלו מעומס יתר והיתה אף מחשבה לבטל את הנחיתה. ראדר הרכב לא מצא מקום הולם לנחיתה וניל ארמסטרונג ניווט את רכב הנחיתה בעצמו ולבסוף מצא מקום מתאים והנחית אותו כאשר הדלק כמעט אזל במנוע. ב-20 ביולי 1969 בשעה 20:17:39, לפי הזמן האוניברסלי UT, נחתו וב-21 ביולי 1969 בשעה 2:56 בלילה, לפי שעון הזמן העולמי, יצא ניל ארמסטרונג החוצה, הפעיל את מצלמת הטלוויזיה שהיתה מותקנת על רכב הנחיתה וירד אל קרקע הירח המאובק, הוא הניח את כף רגלו השמאלית על אדמת הירח

מוודל הנחיתה של אפולו 11 על רקע אדמת הירח וכדור הארץ (NASA)

2009 3-4 אסטרונומיה, גיליון

גופי אסטרונומיה בישראל

גופים נוספים העוסקים בפעילות* אסטרונומית ציבורית

מצפה הכוכבים בגבעתיים

תצפיות, קורסים למבוגרים וחוגים לילדים, ביקורי קבוצות
הכניסה חינם לחברי אגודה
לפרטים נוספים: 03 - 5731152
www.astronomy.org.il

צמ"ד, מכון וייצמן, רחובות

סדרת אסטרונומיה לכלם, גילאי 17+.
ההרצאות מתקיימות ברחבת צמ"ד במכון וייצמן למדע, רחובות ע"ד דניאל ללוש
לעיתים תינתן הנחה לחברי האגודה
תצפיות ותקיימנה במידה ומזג האוויר יאפשר זאת
לפרטים נוספים: 08 - 9343943
www.weizmann.ac.il/young

מרכז אילן רמון לנוער אוניברסיטת בן גוריון, ב"ש:

תצפיות, הרצאות, ימי עיון ועוד
לפרטים נוספים: 08 - 6652068
www.ilanramon.org.il

המועדון האסטרונומי של אוניברסיטת תל אביב

ההרצאות מתקיימות בחינם באולם "לב", בנין הפקולטה למדעים מדויקים באוניברסיטת תל אביב
לפרטים נוספים: 03 - 6405121
www.astroclub.tau.ac.il/board

אגודת החלל הישראלית

הפעילויות מתקיימות בבית חיל האוויר בהרצליה
לפרטים נוספים: 09 - 9510260
www.space.org.il

האגודה הישראלית לאסטרונומיה

תצפיות, טיולים, קורסים, הרצאות, מגזין, אלמנך ורשימת דיוור
כניסה חינם
למצפה הכוכבים בגבעתיים
לפרטים נוספים: 03 - 7314345
www.astronomy.org.il

המוזיאון הלאומי למדע, טכנולוגיה וחלל, חיפה:

הדרכות פלנטריום בימי שבת וחג
לפרטים נוספים: 04 - 8614444
www.madatech.org.il

חמד"ע

כל ההרצאות חינמיות, ומתקיימות בבית חמד"ע רחוב הפרדס 7 תל אביב (ליד העירייה)
לפרטים נוספים: 03 - 5210800
www.hemda.org.il

מצפה הכוכבים של הטכנודע גבעת אולגה, חדרה:

פעילויות, הרצאות ותצפיות
לפרטים נוספים: 04 - 6333505
www.technoda.org.il

מרכז האסטרונומיה של בית יציב, ב"ש:

הדרכות מגוונות בתיאום מראש, והרצאות לקהל הרחב
לפרטים נוספים: 08 - 6271490
www.beityatziv.co.il

מצפה הכוכבים

אל מוטרין, נצרת:
פעילויות, הרצאות ותצפיות
לפרטים נוספים: 04 - 6567711

הירח. סקוט ציין בהומור: "מה אתם יודעים, מר גלילאו צדק". בנוסף, הניח סקוט על תלולית עפר לוחית זכרון, שבה חולקים כבוד ל-14 אסטרונומים וקוסמונאוטים אשר מתו בעת השיחות. למרגלות השלט מונחת בובת אסטרונוט ללא ידיים, כמו ציפור קצוצת כנפיים. זוהי יצירת האומנות היחידה שנמצאת על הירח. את הבובה יצר האומן הבלגי פאול ואן הוידונק (PAUL VAN HOEYDONCK), שתרם את יצירתו.

אפולו 17

באפולו 17 השתתף גיאולוג מקצועי - האריסון שמיט (HARRISON SCHMITT). במשימה זו גילו האסטרונומים חול כתום. התלהבותו של שמיט הרקיעה שחקים וקשה היה לגרום לו להמשיך במשימתו גם לאחר שאסף דוגמיות

(5 למאי 1961) שוגר אלן שפרד בחללית פרידום 7, שנעה בנתיב של טיל בליסטי. לעומת גאגרין, שכל מערכתיו פעלו באופן אוטומטי, הרי שלאלן שפרד היתה שליטה מסויימת על פרידום 7.

שפרד הביא איתו לרכב הנחיתה תחליף של מוטות גולף ושני כדורים. לבד מהמשימות שהוטלו עליהם הצליח שפרד לחבט שתי חבטות בכדורי הגולף, כשהוא משתמש רק ביד אחת בגלל מגבלות הגמישות של חליפת החלל. את הכדור השני הצליח להעיף עד למרחק שבין 180-370 מטרים.

חברו לטיסה - סטיבארט חסה לקח עימו כמה מאות זרעים של עצים, שרבים מהם הונבטו בשובם ארצה והם קרויים "עצי ירח". עד היום מקבלים תלמידים בעולם את זרעי העצים האלו כדי להנביטם.



המיצג Fallen Astronaut של האומן Paul Van Hoeydonck. מקור: NASA.

אפולו 15

רקע (זמנם של האסטרונומים על הירח קצוב מאוד מפאת כמות החמצן המוגבלת). כשחזרו האסטרונומים אל החללית, התעכב שמיט וביקש שוב ושוב שיורשה לו להטיל את הפטיש שלו. יוג'ין סרנן, מפקד אפולו 17, אישר לו את הטלת הפטיש, ובלבד שרכב הנחיתה לא ייפגע. שמיט המאושר זרק את הפטיש והתפעל מהגובה שהוא עף. מפקד המשימה סרנן היה האדם האחרון, שדרך על הירח. רונלד אוונס, שנשאר בספינת האם צילם את התמונה המפורסמת של כדור הארץ: "הגולה הכחולה".

דיוויד רנדולף סקוט (SCOTT DAVID RANDOLPH) היה מפקד אפולו 15. לבד מהמשימות שהיו מוטלות על הצוות הוא ערך ניסוי עם פטיש גיאולוגים ונוצת בן. סקוט סיפר על גלילאו גליליי, שטען שכל הגופים חייבים להגיע באותו זמן לקרקע, אם יפלו בנפילה חופשית מאותו גובה ובאותו זמן, וללא קשר למשקלם. על פני כדור הארץ, התנגדות האוויר עלולה להשיע על ניסוי זה, אולם בירח אין אטמוספירה, מה שמאפשר את 'יום הניסוי עם פטיש, שלו התנגדות אווירית נמוכה, ונוצה שלה התנגדות אווירית רבה. למול המצלמה שיחרר סקוט את שני הפריטים שהחזיק, והם כמונן הגיעו מגיעים בו בזמן לקרקע

אסטרונומיה, גיליון 3-4 2009

אסטרונומיה, גיליון 3-4 2009

* יש להניח כי הפעילויות הן בתשלום אלא אם ציין אחרת. לעיתים תפורסם הנחה לחברי אגודה. לקיום תצפיות תלוי בתנאי מזג האוויר במקום הפעילות.

אפימתאוס (EPIMETHEUS) ירח של שבתאי

מזר חיים

אפימתאוס הוא אחד מאותם גושי סלעים המקיפים את שבתאי. מימדיו הם 98 X 108 X 144 ק"מ, מרחקו משבתאי 91,000 ק"מ והוא מצולק במספר רב של מכתשים.

נצפו על פניו שלושה מכתשים בקוטר עשרות קילומטרים והשאר קטנים, קילומטרים בודדים קוטרם. מספר תצלומי תקריב שנעשו על ידי המקפת קאסיני חושפים פרטים על עברו הגיאולוגי.

בתצלום זה האים שלושה מכתשים בחלק התחתון של התצלום.

מכתש מספר 1. נראה שבור בחלקו התחתון, מה שמעיד על כך שבמקום זה הירח נפגע על ידי גוף אחר ונשבר. מכתש מספר 3 שלם, מה שמעיד על כך שהוא נוצר לאחר שבירתו של הירח. בקצה העליון של מכתש מספר 2. האים קניון קטן המתחבר למכתש קטן. נראה שהיתה במקום שקיעת קרקע.

האזור המסומן ב-A בהיר יותר מסביבתו. אזור 1A הוא מכתש ובתוכו מכתש קטן. שני המכתשים מכוסים בשכבת אבק קטנה. מבחינה כרונולוגית המכתש הגדול

נוצר ראשון, לאחר מכן באה הפגיעה שיצרה את המכתש הקטן ולאחר מכן האזור המסומן כוסה בשכבת האבק. מימין להם נמצא מכתש B בעל הרצפה החלקה.

מכיון שהוא אינו מכוסה בשכבת האבק ההערכה היא שהוא נוצר לאחר הופעתה של שכבת האבק. אזור C הוא תבליט המכוסה גם הוא באבק. במורדותיו השמאליים שני מכתשים קטנים המכוסים גם הם באבק



« (NASA, ESA, JPL) »

צולמו אתר הנחיתה של חלליות אפולו



רכב הנחיתה של משימת אפולו 14. החלק התחתון של הרכב נותר על הירח וצולם ע"י ה-LRO. צילום: נאס"א.

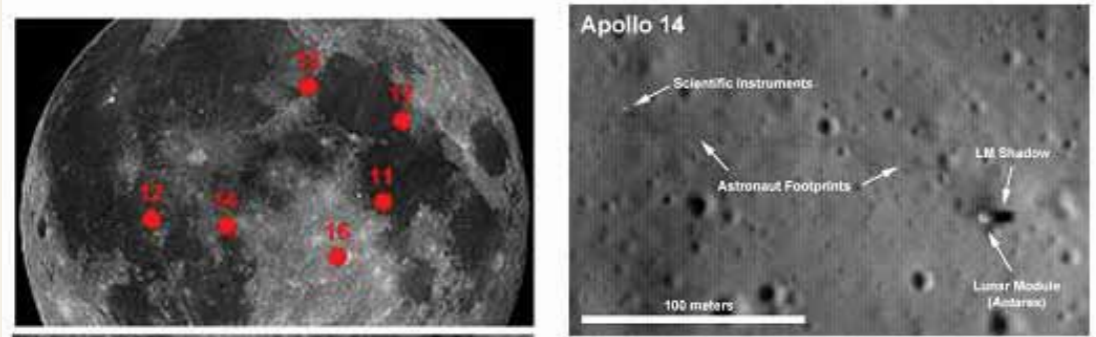


צילום 3: החללית LRO. איור: נאס"א.

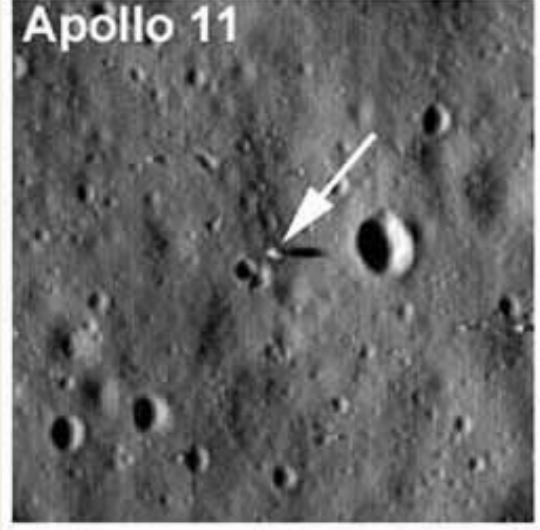
מדידות טופוגרפיות ואחרות שיתרמו להבנת הרכב הירח. ה-LRO נשלחה לירח עם כלי נוסף בשם LUNAR CRATER OBSERVATION AND SENSING SATELLITE ((LACROSS האחראי על חיפוש המים.

תמונות אלו מהוות חרט בגלגלי תיאוריית הקונספירציה הפופולארית שטוענת כי למעשה הנחיתות על הירח בווימו והוסרטו על כדור הארץ.

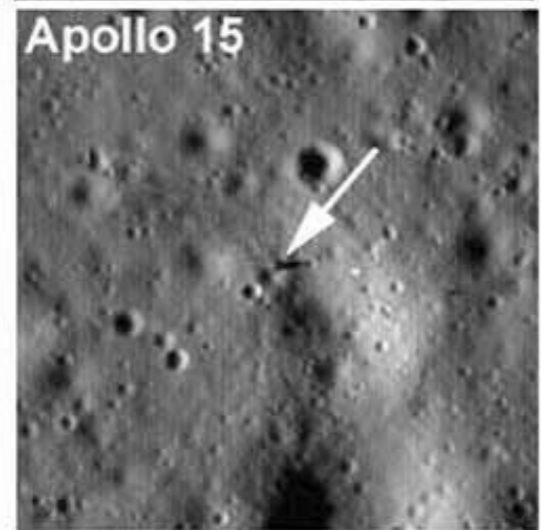
- באתר הנחיתה של אפולו 14 ציוד מדעי,
 - 2 - עקבות אסטרונאוטים,
 - 3 - רכב הנחיתה "אנטארס",
 - 4 - צילו המוארך של "אנטארס".
- אורך סרגל קנה המידה: 100 מטר.
צילום: נאס"א.



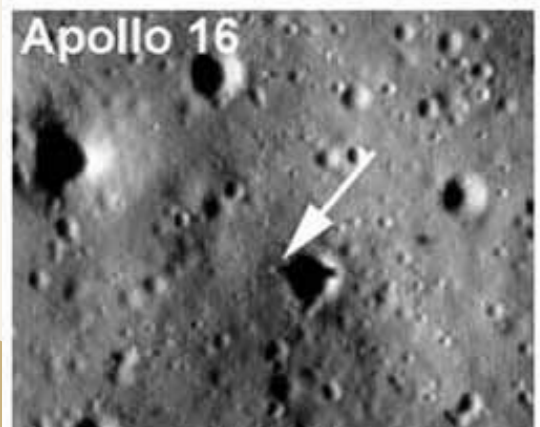
Apollo 14



Apollo 11



Apollo 15



Apollo 16



Apollo 17

בשלב זה התמונות התקדימיות הינן אור כמעט ראשון לחללית. יחס עם זאת, מדובר בתמונות בעלות רזולוציה נמוכה יחסית. תמונות ברזולוציה גבוהה יותר עתידות להגיע מהחללית כבר בשבועות הקרובים, לאחר שהחללית תתמקם במסלול ההקפה הקבוע שלה - כ-50 ק"מ מעל פני הירח. תמונות עתידיות אלו צפויות לחשוף גם את אתר הנחיתה של החללית אפולו 12, שלא צולם במקבץ זה.

מטרתה העיקרית של ה-LRO היא לבחון אתרי נחיתה אפשריים עבור תוכניות מחקר מאוישות על הירח. מטרה זו תושג ע"י בדיקות בטיחותם של אתרי נחיתה, חיפוש משאבים לשימוש משימות מאוישות ארוכות-טווח על פני הירח (ובכלל זאת קרח מים). מטרה נוספת של ה-LRO היא אפיון מקי חשיפה מתמשכת לקרינה קרקע ירחית. בנוסף לכך תבצע החללית

החללית LUNAR RECONNOSECE ORBITER האמריקנית ששוגרה ב-18/6/09 והגיעה לירח לאחר מסע של ארבעה וחצי ימים, צילמה את אתרי הנחיתה של חלליות אפולו על הירח ואת הציוד המדעי שהושאר שם ע"י אסטרונאוטים. התמונות שוחררו לציבור הרחב בחודש יולי. התמונות צולמו בעזרת מצלמת ה-LROC - אחד משבעת המכשירים המדעיים שעל ה-LRO.

החללית צילמה את אתרי הנחיתה של חלליות אפולו 11, 14, 15, 16 ו-17, אשר נחתו על הירח בין השנים 1969 ו-1972. בצילומים נראים שלבי הנחיתה ככתמים בהירים שלהם צל יוצא דופן משאר הצללים באזור. בחלק מהצילומים נראים גם שבילי עקבותיהם של האסטרונאוטים וכן סימני גלגלי רכב הירח המפורסם.

מנתר בין הכוכבים

התמצאות בסיסית בשמי הלילה

עדן אוריון
eorion2@gmail.com

פעם, לפני שנים, כשהתחלתי את התצפיות בשמי הלילה, היה בידי טלסקופ ממוחשב. זה היה הטלסקופ הנפוץ ביותר בעולם בזמנו, ואחד מהמאפיינים שלו היה שיחד עם אופטיקה מעולה, הוא צויד גם במערכת מנועים ומחשב שאפשרו לכוון לכל נקודה בשמים על ידי בחירה מתוך תפריטים שהופיעו על הצג האדום של המחשב. ככה צפיתי להנאתי מספר חודשים עד למפגש עם אמיה שהציע לי לצפות ביחד עמו.

לאמיר יש טלסקופ זהה לשלי, אולם בניגוד אלי, הוא לא השתמש במחשב המצורף, אלא כוון בעצמו את הטלסקופ בכל פעם לאן שרצה, ואני השתאיתי, כיצד הוא מאתר כל צביר וערפילית ללא הטכנולוגיה.

או אז קרה הגרוע מכל והחשמל בסוללות בטלסקופ שלי אזל, בדיוק כשאמיר אומר לי "בוא ונציץ ב-M-13". זהו הצביר הגדול בהרקולס והצפייה בו במשקפת ובטלסקופ קלה יחסית... למי שיוודע היכן הוא נמצא!

אני לא ידעתי.

אמיה, בסבלנות רבה הסביר לי כיצד מנתרים (HOPPING) מכוכב לכוכב ומוצאים נקודות עלומות

ועל ידי כך הופכת את האיתור למשימה פשוטה עד למאוד. הבה נתחיל את מסע הניווט הראשון שלנו בשמי החורף המאוחרים, לאחר חצות או לשעות הערב של האביב.

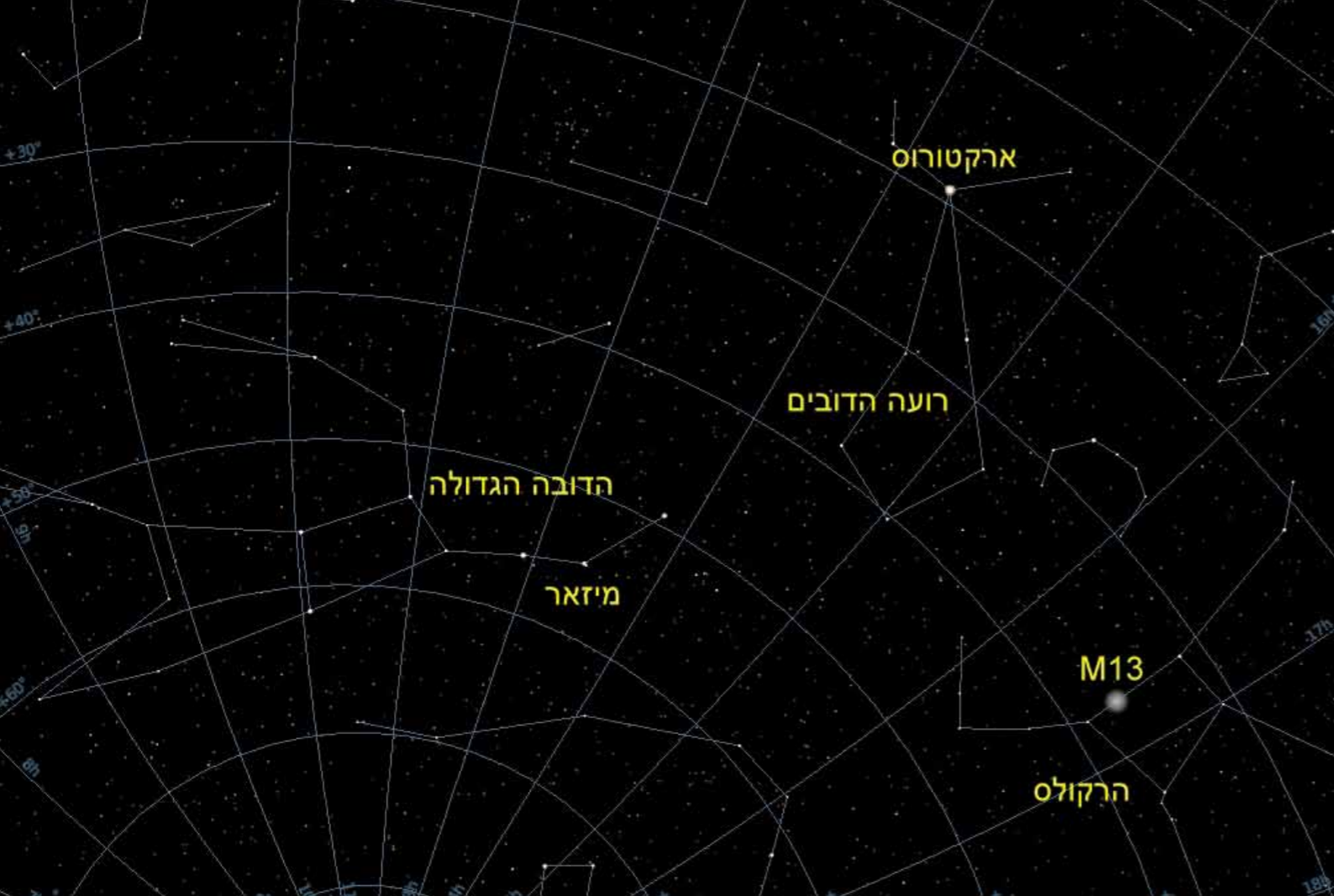
בתחילת החורף, מעט לאחר חצות, מופיעה לה בצפון השמים קבוצת העגלה הגדולה בצורה מאוד ברורה בשמים. העגלה עצמה בצורת מלבן טרפזי משהו שמזכיר עגלת סופרמרקט והיצול (אליו רותמים את הסוסים העלומים) בנוי משלושה כוכבים ברורים. זה הזמן להרים את המשקפת ולצפות בכוכב המרכזי ביצול העגלה - "מיזר" - MIZAR ולגלות שהוא כוכב כפול. ישנן חדי עין שרואים אותו ככוכב כפול גם ללא משקפת. בצבאות עתיקים השתמשו בתכונה זו כדי לגייס לוחמים חדי עין לקרב. אם נמשיך בדמיונו את הקשת שמצייר היצול הלאה החוצה מן העגלה ניתקל עד מהרה בכוכב בהיר - בהיר מאוד - זהו ארקטורוס - ARCTURUS כוכב ענקי בקבוצת בוטס BOOTES. אם נמשיך את הקשת עוד ניתקל בהמשך בכוכב בהיר נוסף (אם כי לא כל כך בהיר כמו ארקטורוס) - ספיקה - SPICA שמו. אם נחבר את ספיקה וארקטורוס - ונמשיך עם הקו המחבר אותם במעין קשת לצד

השני של השמים ניתקל בכוכב בהיר נוסף, וגה - VEGA. וגה שהוא הכוכב הבהיר ביותר בקבוצת נבל שייך גם לשלושת הכוכבים המגדירים את משולש הקיץ, אליו נחזור עוד מעט.

באמצע הדרך בין ארקטורוס ל-וגה, ניתן, בלילה חשוך לזהות טרפז כוכבים - זהו הטרפז המהווה חלק מקבוצת הרקולס - הגיבור המיתולוגי האגדי. זה הזמן להשוות עם המפות ולראות שאתם ממוקמים נכון. עוד מעט ואנו מגיעים למטרה הנכספת - M-13.

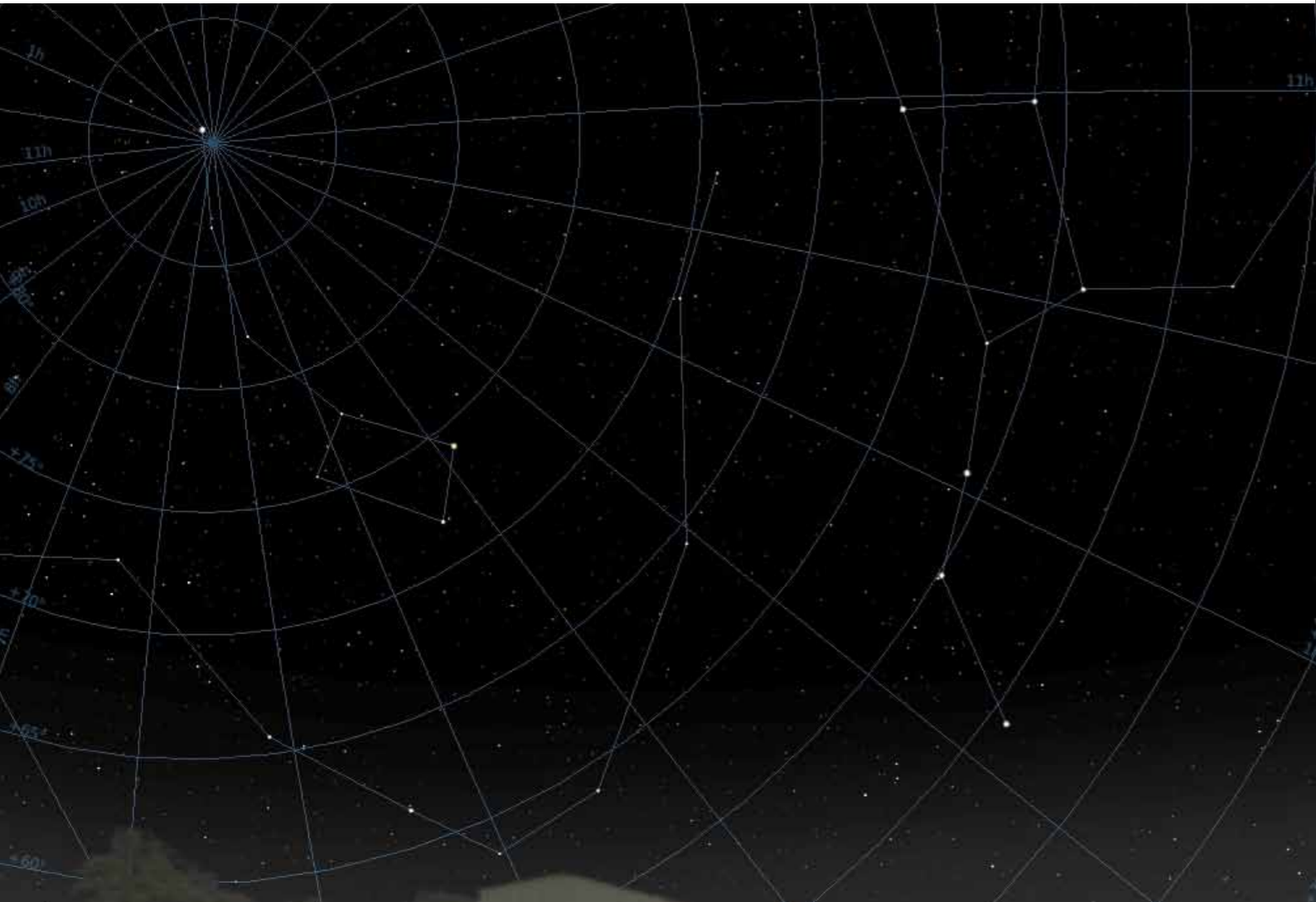
בהנחה שאיתרתם את הטרפז של הרקולס, בדקו במפה וזהו עליה את M-13, הצביר נמצא על אחת הצלעות הארוכות (הבסיסים המקבילים) של הטרפז בשני שלישי הדרך בין כוכב אחד למשנהו. זה הזמן להרים את המשקפת ולנסות ולכוון, אם לא בצלע האחת אז בוודאי בשנייה, תגלו כתם אפור גדול יותר מכל כוכב. אם המשקפת שבידכם מיוצבת על ידי חצובה, מבט ארוך ותר דרך העיניות יוכל לחשוף בפניכם כי הכתם האפרפר הזה מורכב מאלפי יהלומים קטנים - כוכבים.

זהו, מציאת הניצ הראשונה הסתיימה, אולם המסע שלנו - עדיין לא.



הדובה הגדולה, ארקטורוס והרקולס (מתוך Stellarium)

המשולש הגדול של הקיץ (מתוך Stellarium)



לוח מודעות

דרושים מתנדבים

כדי שנוכל להוציא אתכם לתצפיות במקומות חשוכים...
כדי שנוכל לכתוב לכם מה קורה באסטרונומיה בישראל...
כדי שנוכל להרצות לכם על נושאים שמעניינים אתכם...

עזרו לנו לעזור לכם
התקשו לקו החם או שילחו מייל

הודעה חשובה!

בימים אלה מוחלף מספר הפקס של האגודה. **המספר החדש: 03-5214713**
המספר הישן יהיה תקף עד סוף חודש ספטמבר

"המפץ הגדול"

ספר חובה לכל חובב אסטרונומיה הספר, בן 550 עמודים, מספר בצורה פשוטה ומרתקת את סיפורה של האסטרונומיה, ואת המשברים והדילמות שעברה מתקופת יוון העתיקה עד ימינו (מפיטגורס עד הוקינג).
הספר מומלץ ומתאים גם כמתנה נפלאה לימי הולדת

לרכישת הספר בהנחה של 40% יש לשלוח המחאה ע"ס 60 ש"ח (במקום 100 ש"ח) לפקודת:

האגודה הישראלית לאסטרונומיה ת.ד. 149 גבעתיים מיקוד 53101
על גב המחאה יש לרשום:
"עבור המפץ הגדול" שם, כתובת ומס טלפון.

ספר בהנחה לחברי אגודה "הכוח הגרעיני" אנרגיית העתיד:

יודעים יותר מפחדים פחות."

מהי האנרגיה הגרעינית?

כיצד התגלתה?

מהם יתרונותיה וחסרונותיה?

מה הקשר לאסטרונומיה?

ד"ר ורדה בר, פיזיקאית, אסטרונומית וסופרת, מגוללת את סיפורה של האנרגיה הגרעינית בשפה נהירה לכל.

הספר מיועד לבעלי ידע בנושא, כמו גם למתחילים חסרי ידע מוקדם.

80 ש"ח (במקום ש"ח 120).

לפרטים: 03-7314345

עשו מנוי ל-Sky&Telescope ב-20% הנחה לחברי אגודה בלבד

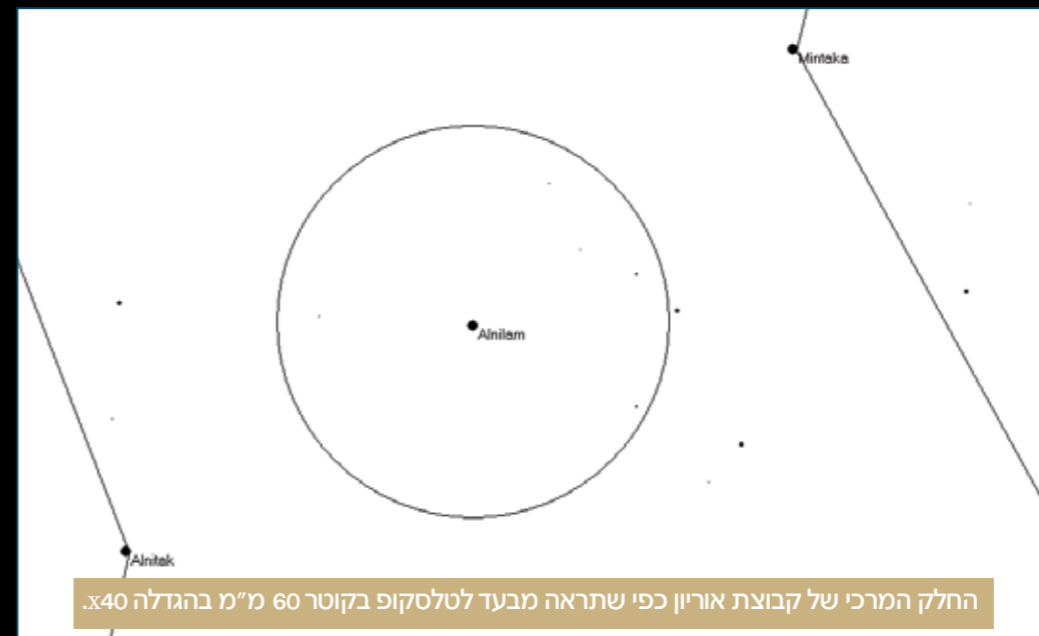
לפרטים: אריה מורג
ariem@astronomy.org.il
050-7851077



מבט כללי על קבוצת אוריון וקבוצות הכוכבים הקרובות



קבוצת אוריון כפי שתראה במשקפת שדה



החלק המרכזי של קבוצת אוריון כפי שתראה מבעד לטלסקופ בקוטר 60 מ"מ בהגדלה x40.

זוכרים וגה? חזרו וזהו אותו שוב. משני צדדי, לכון דרום מזרח, תוכלו למצוא עוד שני כוכבים בהירים, אלו הם דנב - DENEK, ואלטאיר - ALTAIR. ביחד, מרכיבים השלושה את מה שאנו קוראים לו משולש הקיץ. המשולש אומנם יחסית נמוך בתקופה זו, אך עדיין שווה מבט.

שלושת הכוכבים שייכים כל אחד לקבוצת כוכבים אחרת, וגה, שייך כאמור לקבוצת נבל - LYRA, ואילו דנב שייך לקבוצת ברבור - CYGNUS (במיתולוגיות שונות נקרא גם תרנגול). ומייצג את זנבו של הברבור/תרנגול. למרות שהוא לא מי-יודע-מה בהיקף הרי שמחקרים מגלים כי מדובר באחד הכוכבים הגדולים ביותר בגלקסיה שלנו ומסתו שקולה לכמה אלפי מסות שמש שלנו. זהו את קבוצת ברבור CYGNUS במפה ולאחר מכן בשמים. אם הצלחתם, קרוב לוודאי שתזהו את הכוכב שנמצא בקצה מקורו ולאחר הצוואר הארוך

של הברבור. זהו אלביראו - ALBIREO. אלביראו הוא כוכב כפול מהיפים שבשמים וגם תצפית עם משקפת תראה אותו מופרד לשני כוכבים בצבעי מכבי-תל-אביב כחול וצהוב.

הנה תם לו מסע הניווט הקצר הראשון שלנו. יכול להיות שההתחלה תהיה קשה, אולם ברגע שהצלחתם, לא תוכלו להפסיק. ועוד משהו - לימוד השמים שקול ללימוד רכיבה על אופניים, ברגע שמצליחים - שוב לא שוכחים

בהצלחה ושמיים צלולים.

תצפית מטאורים

שטרית עמנואל

ברצוני לשתף את הקוראים בחוויות שהיו לי בליל התצפית בבית ספר שדה מצפה רמון.

לאחר הגעתנו ביום שישי (14.8.09) לבית הספר, התמקמתי במעלה המגרש ממול למכתש רמון עם הציוד שברשותי הכולל: טלסקופ מסוג MEADE LX90 8, מצלמת MEADE DSI צבעונית, מכשיר MYSKY ומחשב נייד.

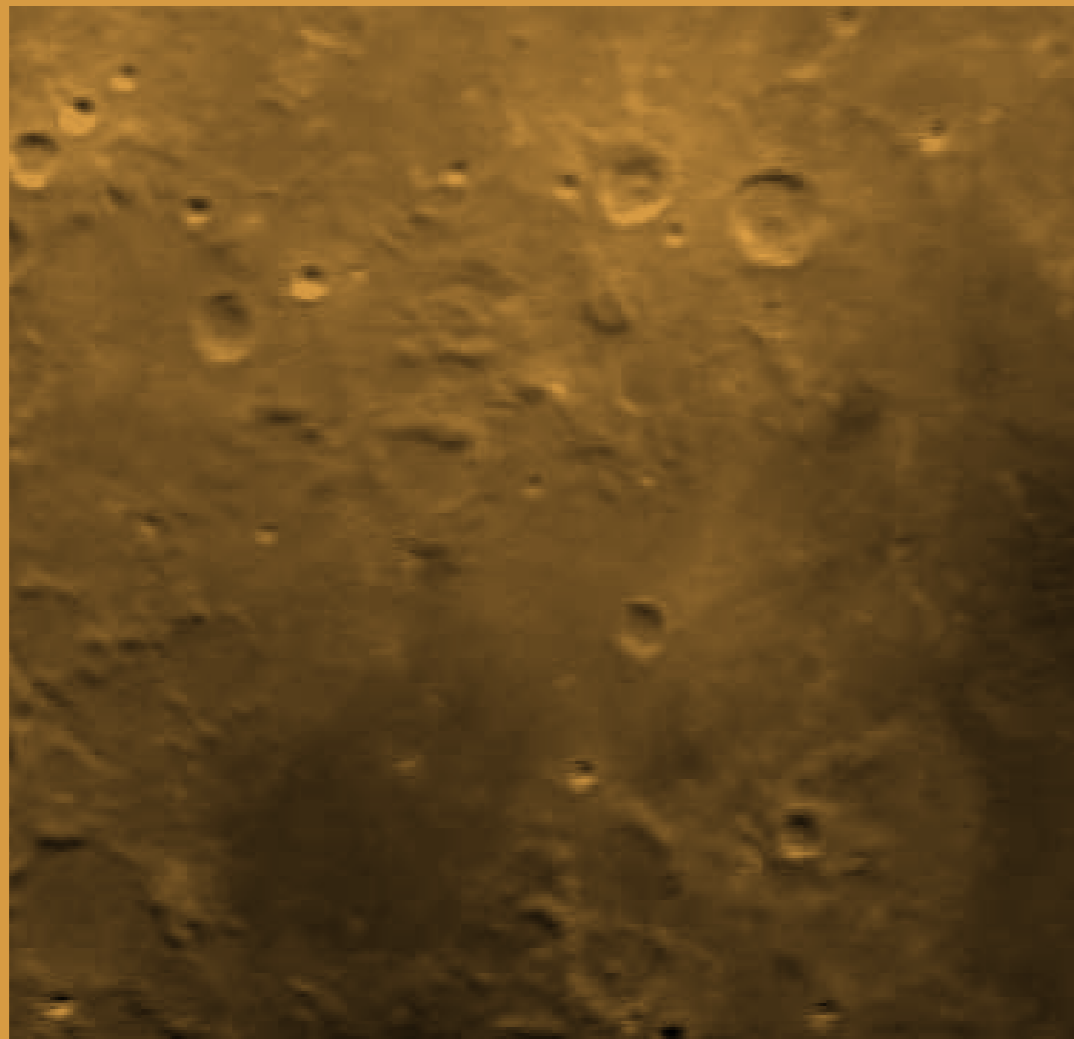
במהלך הערב צפינו במספר מועט יחסית של מטאורים, אולם בכל פעם שנצפה מטאור נשמעו קולות התלהבות מצד קהל האנשים.

למרות שבכוונתי היה לצלם באותו הלילה אובייקטים שונים בשמיים, ויתרתי על הרעיון בשל האובך הרב שהיה באוויר והחלטתי להקדיש את עצמי ואת הציוד שברשותי לקהל האנשים הרב שנכח במקום ובעיקר, לצעירים שביניהם.

הגיעו אליי זוגות הורים עם ילדיהם ונהנו מן החוויה לקיים תצפית בעזרת הטלסקופ אל כוכב הלכת צדק וירחי בהגדלות של פי 80 ופי 160.

אסטרונומיה, גיליון 3-4, 2009

בבית ספר שדה מצפה רמון - 14-15.8.09



"שוטטנו" בשמיים בעזרת מכשיר ה-MYSKY (מכשיר

בעל ששה ערוצי לוויין, המאפשר לנווט לגרמי שמיים רבים כגון, כוכבים,

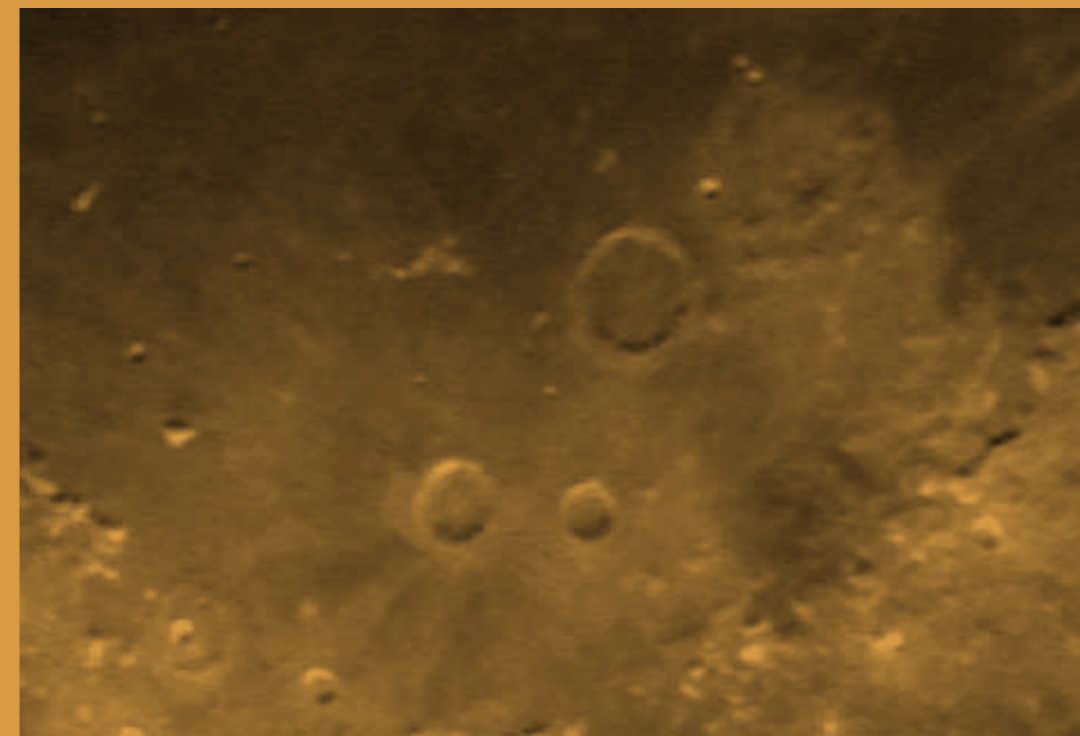
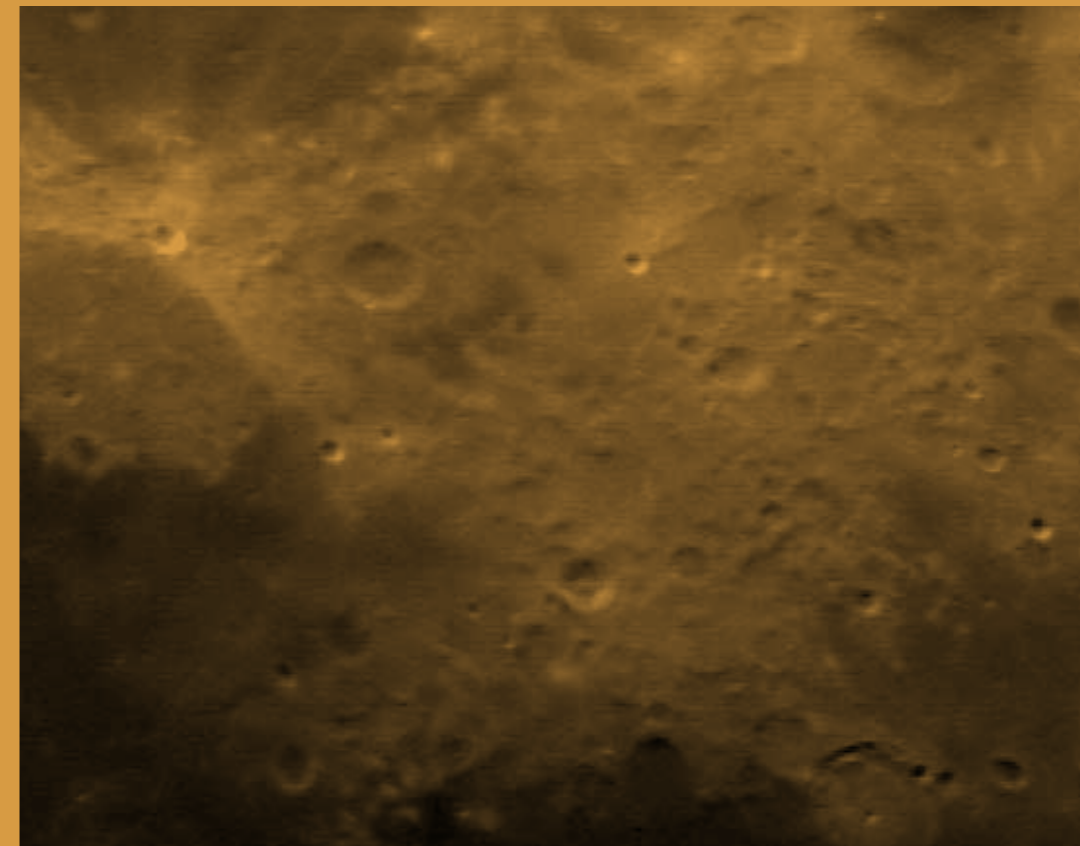
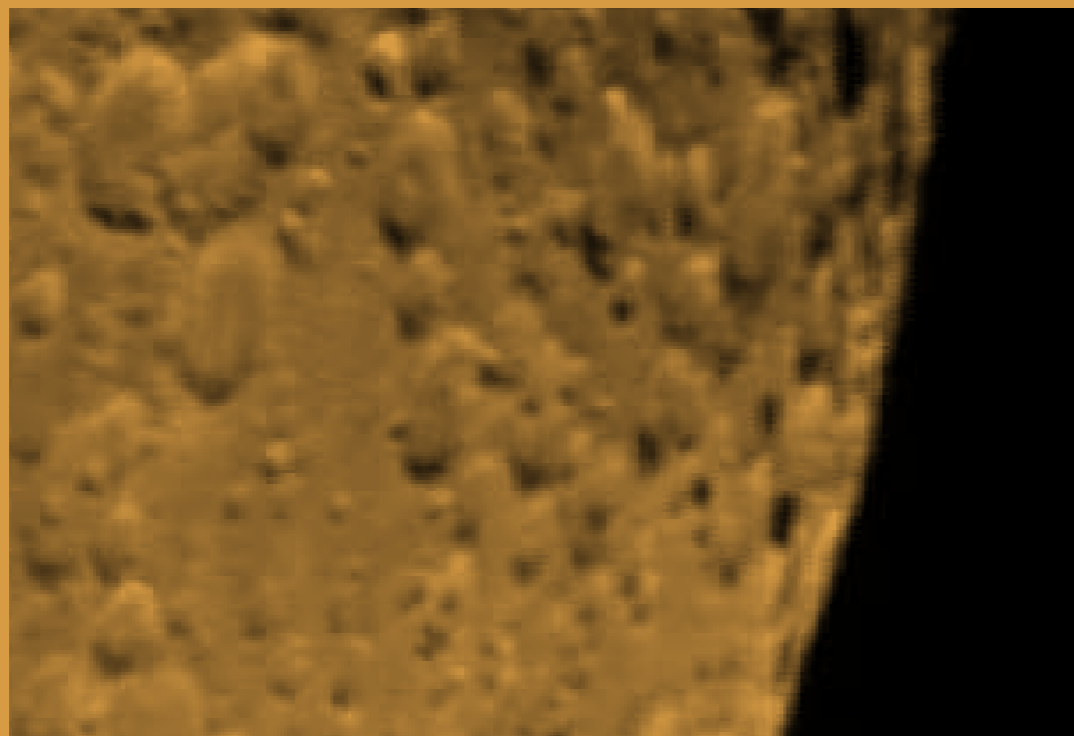
ערפיליות, גלקסיות וחורים שחורים ולדעת את מיקומם המדויק בשמיים בזמן אמת) על מנת לאתר את מיקומם של גרמי שמיים שונים וכן צפינו בתמונתם במסך הקטן שבמכשיר.

לקראת השעה 3 לפנות בוקר, צפינו בזריחת הירח, אשר היתה מלהיבה ביותר.

בתקופה האחרונה אני מנהל פרויקט אישי של צילום בתקריב של "דמויות על פני הירח" וכשהראיתי לילדים ששהו במקום את התמונות שצילמתי במחשבי הנייד, היתה התפעלות רבה.

בבוקר, כשקיפלתי את הציוד שברשותי, נפגשתי עם מספר צעירים אשר ציינו בפניי כי ה"דמויות" על הירח היו גולת הכותרת של התצפית בלילה.

להנאתכם, מצורפים בזה מספר תמונות של "דמויות על פני הירח" אשר צולמו מחלון ביתי בחולון בחשיפה של 0.0078 שניות X תמונה אחת



בעין צופיה כוכבי הלכת

גדי איידלהלט

GADIEIDE@YAHOO.COM

“אומרים ישנה ארץ

ארץ שכורת שמש

איה אותה ארץ

איפה אותה שמש

אומרים ישנה ארץ

עמודיה שבעה

שבעה כוכבי לכת

צצים על כל גבעה”

(שאל טשרניחובסקי)

במאמרו בסדרת עין צופיה, נעסוק בכוכבי הלכת והתצפיות שניתן לבצע עליהם ללא עזרים אופטיים. שירו של טשרניחובסקי “אומרים ישנה ארץ” (ראו מסגרת) מציין שבעה כוכבי לכת. ההתייחסות לשבעה כוכבי לכת מגיעה מן העולם העתיק, בו חולקו גרמי השמים לכוכבי שבת - כוכבים היושבים במקומם ונראים תמיד באותו מקום ביחס לשאר הכוכבים, ולכוכבי לכת - כוכבים ה“הולכים” בין כוכבי השבת. בעולם האסטרונומיה העתיק, כדור הארץ נמצא במרכז והוא עומד וסטטי. השמש והירח נספרו בין כוכבי הלכת מאחר והם זזים מיום ליום. בנוסף, כוכבי הלכת של העולם העתיק כוללים גם את כוכב חמה, נוגה, מאדים צדק

ושבתאי, סך הכל שבעה כוכבי לכת. כל כוכבי הלכת האלו זזו לפני אלפי שנים ויש להם שמות עבריים המופיעים במשנה ובתלמוד.

תופעות כלליות לכוכבי הלכת

כוכב בהיר שאינו מופיע במפות הכוכבים. בלוחות אסטרונומיים (כמו אלמנך האגודה) מצוינת, לרוב, קבוצת הכוכבים בה נמצא כוכב הלכת מדי יום או תקופה. זיהוי קבוצת הכוכבים בתחילה תסייע במציאת כוכב לכת. עבור כוכב חמה, נוגה ומאדים, זיהוי התנועה דורש תצפיות רצופות במשך כמה לילות בלבד. כוכב הלכת צדק נראה כנע לאט יותר על פני כיפת השמיים (גם בגלל מרחקו מכדור הארץ וגם עקב הקפתו את השמש פעם ב-12 שנה). התוצאה היא שהוא עובר מקבוצה לקבוצה פעם בשנה. כדי לראות את תנועתו יש לצפות פעם בשבוע כאשר ההבדל כבר יהיה ניכר. בשבתאי התזוזה היא איטית אף יותר. שבתאי מסיים הקפה פעם ב-30 שנה וכדאי לצפות פעם בשבועיים/חודש כדי להבחין בתזוזה ניכרת.

אוראנוס ניתן לראייה בעין, אך הוא חיוור מאד, גם משך ההקפה העצום (84 שנה) לא מראה תזוזה ניכרת אלא בהפרש של חודשים ושנים. מסיבות אלו אוראנוס לא זוהה בעבר ככוכב לכת.

הדבר המשותף לכל כוכבי הלכת, הוא גם זה שנתן להם את שמם: שהם אינם מיקומם בכיפת השמים אינו קבוע ומשתנה באופן אחר מאשר זה של שאר הכוכבים (מיקום כל גרמי השמים נע בין זריחה לשקיעה, אך בכוכבי לכת ניכרת תנועה נוספת). שינויים תכופים במיקום הם גם הסיבה הסיבה שמפות כוכבים, אטלסים ופלינספירות לא מציינים כוכבי לכת כלל, אלא רק כאשר מדובר על מיפוי השמים בתאריך מסוים. כדי לשים לב לתנועתו של כוכב הלכת יש לצפות בהם באופן רצוף ובמשך מספר לילות, אז ניתן יהיה לראות את התזוזה היחסית ביניהם. זיהוי של כוכבי הלכת פשוט: חפשו

תנועה אחורנית Retrograde

תיאור סכמטי של תנועה אחורנית (מקור: המדריך להכרת השמים, קוסמוס טלסקופים)



אפיציקלואידה. כוכב הלכת נע במעגל, שמרכזו נע סביב כדור הארץ במעגל הקרוי דפרנט (מקור: המדריך להכרת השמים, קוסמוס טלסקופים)



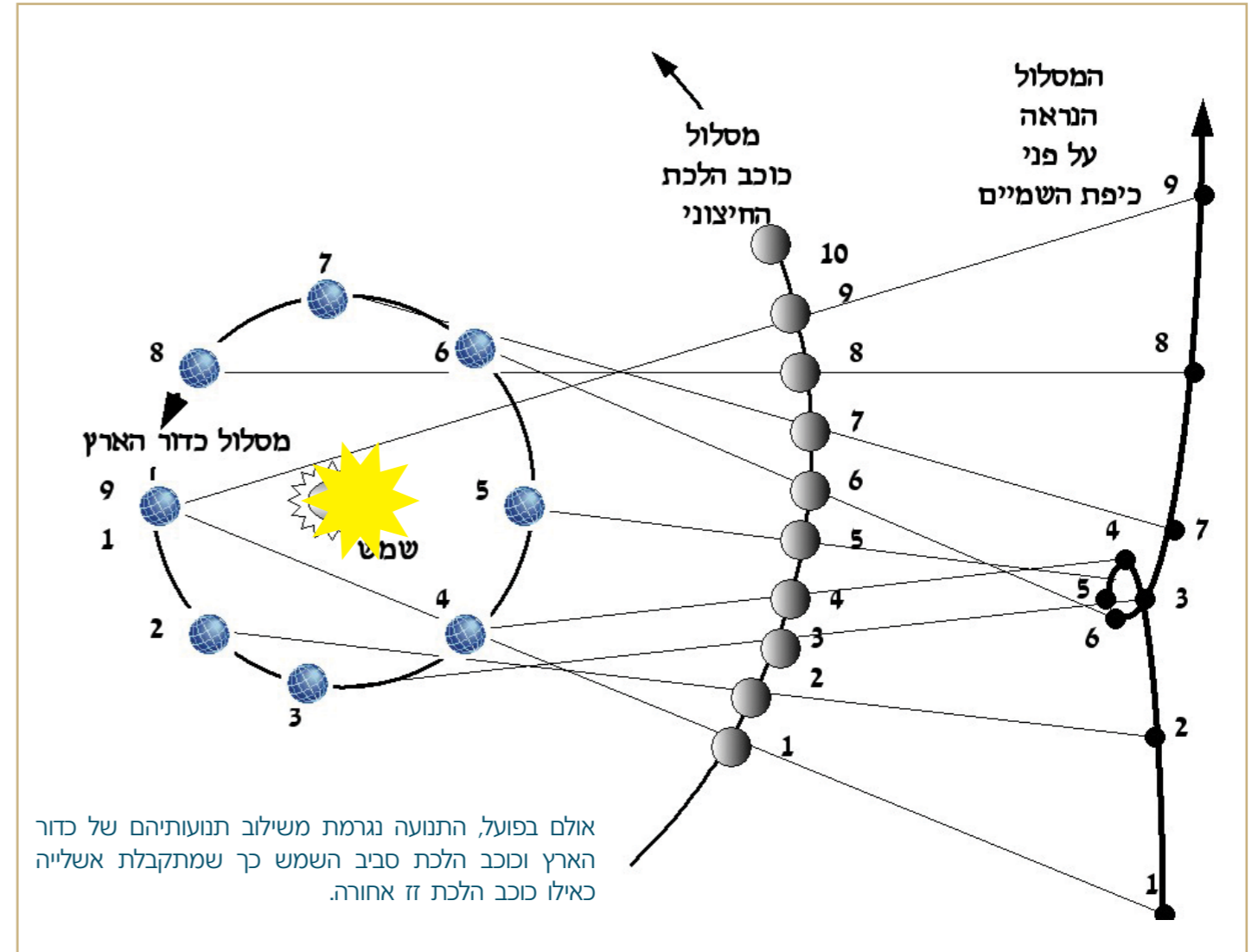
תנועה משונה זו היוותה בעיה רצינית לאסטרונומיה הקדומה שכן לא הייתה אפשרות להסבר כהקפה של עצם את כדור הארץ, שנחשב כמרכז היקום. הפתרון הקדום היה הסבר של התנועה כך שכלל מספר מעגלים שבהם נע כוכב הלכת ומאפשרים תנועה כזו (אפיציקלים).

שמותיהם העבריים של כוכבי הלכת כמעט מתבקשים מאליהם. כוכב חמה נקרא כך מפני שהוא הקרוב ביותר לשמש. נוגה קיבל את שמו עקב אורו החזק. שמו של מאדים נובע מצבעו האדום. ההשערה היחידה שיש לי היא שהשם נובע מהפסוקים בתהילים פרק פ"ה: "חסד ואמת נפגשו צדק ושלוש נשקו. אמת מארץ תצמח וצדק משמים נשקף". שבתאי - שבתאי היה הכוכב השביעי ולכן נקרא באותו שם של היום השביעי. בעברית נעשה גלגול מהמילה שבת למילה שבתאי. את מקור שמו של צדק לא הצלחתי לאתר, ואשמח אם מי מהקוראים יוכל לאתר. שבתאי היה הכוכב השביעי ולכן נקרא בשם המזכיר גם את היום השביעי (בעברית נעשה גלגול מהמילה שבת למילה שבתאי).

כיום מערכת השמש כוללת שמונה כוכבי לכת. חמישה מהם, חמה, נוגה, מאדים, צדק ושבתאי היו מוכרים בעולם העתיק. שלושת כוכבי הלכת הנוספים הם ארץ, אוראנוס (שהתגלה ב-1781) ונפטון (שהתגלה ב-1846). נכון לכתיבת שורות אלו, לשנים האחרונות אין עדיין שמות עבריים. אולם, לכבוד שנת האסטרונומיה הבינלאומית נערכת תחרות "כוכב עברי נולד" בה הוצעו שמות עבריים לכוכבי לכת אלו. שלב הצעת השמות הסתיים והשמות שיבחרו יפורסמו בסוף שנת 2009. רק בעוד שנים רבות נדע אם הם גם תפסו בציבור.

פלוטו (התגלה והוסף לרשימת כוכבי הלכת ב-1930) הודח ממעמדו ככוכב לכת עקב כך שלא ענה על קריטריונים חדשים שנקבעו בוועידה של האגודה האסטרונומית הבינלאומית בשנת 2006. הקריטריונים החדשים ציינו שעל מנת שגוף ייחשב ככוכב לכת, עליו להקיף כוכב (שמש) במסלול כמעט מעגלי ובמישור כוכבי הלכת, מישור המילקה. כמו כן, עליו להיות גדול דיו מאובייקטים אחרים במסלולו. פלוטו אינו עונה על קריטריונים אלו, בכך שהוא גוף קטן מאד, יש לו ירח שגודלו כמעט חצי ממנו, עוד שני ירחים קטנים ומסלולו זוויתי מאוד ביחס למישור מלקה. למעשה, פלוטו דומה לאובייקטים רבים אחרים הנמצאים בשולי מערכת השמש קטן מחלקם. הגדרתו של פלוטו ככוכב לכת הייתה מחייבת הכנסת גרמי שמים נוספים לאותה קטגוריה, חלקם כבר קיבלו ואיבדו את מעמד כוכב הלכת. לחוגמא, האסטרואידי הענק קרס, שממוקם בחגורת האסטרואידיים, זכה בעבר למעמד של כוכב לכת וסומן מפות אסטרונומיות, אך איבד מעמד זה. על כן שונתה הגדרתו של פלוטו ל"כוכב לכת ננסי" ולאחר מכן לסמן מרכזי של סוג נפרד של גופים שמיימיים: פלוטואידיים. גופים אלו לא ניתנים לתצפיות ללא מיכשור והרחבה עליהם ניתן למצוא בויקיפדיה העברית ובהפניות בסוף הערך הויקיפדי.

למרות שכוכבי הלכת נראים כנקודות ובודאי שאי אפשר לראות עליהם פרטים בעין, יש אפשרות לערוך עליהם תצפיות מענינות. המאמר יתרכז בתצפיות אלו ובסופו יפורטו תצפיות נוספות הדורשות עזרים אופטיים. תופעות כלליות לכוכבי הלכת.



הסבר סכמטי לתנועה האחרנית והקדומית של כוכבי הלכת (מקור: המדריך להכרת השמים, קוסמוס טלסקופים)

תופעות ותצפיות פרטניות

ביותר היא למצוא את היום שבו נוגה קרוב לירח (התאריכים מופיעים באלמנך האגודה), למצוא קודם את הירח ביום ואז לחפש לידו את נוגה. שימוש במשקפת יכול לעזור, אך שוב יש להיזהר שלא להביט בשמש.

שתי ההתכסויות הקרובות של נוגה בירח יתרחשו בישראל בשעות היום. יהיה ניתן לצפות בהן לפי ההסברים שהובאו לעיל. ההתכסות הקרובה היא ב-16/5/2010 וכשנה לאחר מכן ב-30/06/2011. מי שיוכל לראות דרך טלסקופ או משקפת יהנה ממראה מרהיב אף יותר.

כוכב חמה קשה לצפייה הרבה יותר. הוא אינו בהיר כמו נוגה וגם קרוב מאד לשמש (כ-28-18° מעל האופק). לכן צריך לצפות בו מיד לפני הזריחה או לאחר השקיעה כאשר האופק (מזרחי או מערבי) נקי מעננים ובהיכר אנקדוטות מעולם האסטרונומיה מספרות שאפילו קפלר וקופרניקוס לא ראו מעולם את כוכב חמה בעין עקב מיקומם בקווי רחב גבוהים מאד.

נוגה וכוכב חמה

נוגה וכוכב חמה הם שני כוכבי הלכת הנמצאים בין כדור הארץ לבין השמש. לכן הם מכונים כוכבי הלכת הפנימיים. מאחר והם תמיד קרובים לשמש, הם יראו או מיד לאחר השקיעה או לפני הזריחה למשך שעות בודדות בלבד.

נוגה קל מאד לצפייה, הוא כל כך בולט שלא ניתן להתעלם ממנו. נוגה הוא העצם הבהיר ביותר בשמים לאחר השמש והירח (ולעיתים תחנת החלל הבינלאומית). למעשה הוא כל כך בהיר עד שבעין חאים אותו כמעין ילום ולא כנקודה בודדת. כמו כן, בהירותו היא הסיבה שמאפשרת לו להיראות באור יום מלא בטלסקופ ובמשקפת! הזמן המומלץ לביצוע תצפיות כאלו הוא כאשר נוגה בשיא המרחק הזוויתי מהשמש. יש להיזהר בתצפיות אילו משנה זהירות שלא לכוון את מכשיר הצפייה לשמש! להגברת הבטיחות, יש לעמוד במקום בו השמש מוסתרת כדי לא להסתנוור מאור השמש וגם כדי לא להביט בה בטעות, ולחפש את נוגה בשמים. השיטה הטובה

לחגיגה זו של התקבצות כפי שהיה לא מזמן בהתקבצות של הירח, נוגה וצדק. למידע אודות התקבצויות יש לעיין בלוחות. אגב, קבוצות הכוכבים הממוקמות על אותו מישור נכללות בגלגל המזלות האסטרולוגי, כי השמש עוברת דרכן במהלך השנה (כיום השמש עוברת בקבוצות נוספות, כדוגמת קבוצת נושא הנחש, שאינן נכללות בגלגל המזלות ה"רשמי").

התכסויות

אירוע נדיר יותר מהתקבצות הוא התכסות. התכסות מתרחשת כאשר הירח מכסה את כוכב הלכת כך שלא ניתן לראותו. התכסויות הינן נדירות למדי, אך כשהן קורות זה אירוע מרתק שלמרות האפשרות לראותו בעין, מומלץ להצטרף לתצפית מאורגנת עם טלסקופים. מישראל נראו שתי התכסויות-2006, של נוגה ושל שבתאי. פרטים אודות התכסויות מפורסמות באלמנך של האגודה הישראלית לאסטרונומיה וגם ניתן לראותם בצורה נוחה במועדון האסטרונומי של אוניברסיטת תל אביב - [HTTP://ASTROCLUB.TAU.AC.IL](http://astroclub.tau.ac.il) בלוח האירועים ובאתר ה"יל"א - [WWW.ASTRONOMY.ORG.IL](http://www.astronomy.org.il)

על מנת לצפות בתנועה זו יש להצטייד במפת שמים, ולצייר את מיקום כוכב הלכת בין כוכבי המפה ולעקוב כל לילה. את המועדים בהם כוכב לכת עובר לתנועה אחרנית ניתן למצוא בלוחות שבאלמנך האגודה.

התמונה המוצגת מתארת היטב את התנועה לאחור של מאדים. תמונות וספות כדאי למצוא באתר APOD. יש להגיע לדף החיפוש ולחפש RETROGRADE MOTION מומלצת במיוחד תמונה וסרט וידאו המראים את תנועתו של שבתאי בשמים במשך שלוש שנים!

[HTTP://ANTWRP.GSFC.NASA.GOV/APOD/AP070407.HTML](http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap070407.html). על מנת להבין יותר טוב את התנועה האחרנית מומלץ לחפש ערך זה באסטרופדיה העברית (באתר המועדון האסטרונומי של אוניברסיטת ת"א).

התקבצויות

כוכבי הלכת, השמש, הירח, נעים על אותו מישור שמימי, או רצועה, שנקרא מישור המילקה (מלשון "ליקוי" - כלומר האזור בשמים בו מתרחשים ליקויים). לכן כוכבי הלכת נמצאים לעיתים קרובות אחד ליד השני (מרחק של מעלות בודדות ואפילו פחות). התקבצות כוכבי לכת היא מראה נעים מאד לעין. התקבצות של שני כוכבי לכת נפוצה מאד, שלושה זה כר מעניין וארבעה כוכבים ביחד זו חגיגה. לעיתים גם הירח מצטרף



תמונות A, B, C - כוכב הלכת צדק וירחיו. שימו לב לשינוי במיקום הירחים שלו בעת הצילום. הירח מצד ימין, אירופה, המטיל צל על צדק ומתרחק מהדיסקה שלו. הירח מצד שמאל הוא איו שיצא מליקוי (צילומים - אמיר ברנט, מרכז אילן רמון, אוניברסיטת בן-גוריון)

בשנה זו צדק נמצא במזל גדי ועד נובמבר היה בתנועה אחורנית. לאחר מכן עבר לתנועה קדומנית ובשנת 2010 יימצא בקבוצת דלי (ראו מפה מספר 4).

סיכום

במאמר זה סקרנו את כוכבי הלכת הנראים בעין ואיך לצפות בהם. במאמרים הקודמים כיסינו את נושא הלווניים, השמש והירח. האם נשארו תופעות נוספות שאפשר לראות בעין וללא אמצעי עזר? בודאי ובודאי! המאמר הבא והאחרון בסדרה יעסוק באסטרואידיים, מטאורים, שביטים, ובעצמים מחוץ למערכת השמש ☾



שבתאי על טבעותיו. (צילום: דר' אנדריאס היידנרייך, מצפה הכוכבים בגבעתיים)



תנועה אחורנית וקדומנית של צדק בשנים 2009 ו-2010

אשמח מאד לקבל תגובות והערות לכתובת gadieide@yahoo.com



כוכב חמה על רקע האופק המערבי, מיד לאחר השקיעה בחודש דצמבר 2009. (צילום - יוסי חור)

מאדים

התכונה המאפיינת ביותר את מאדים היא צבעו האדום. המרחק בין כדור הארץ למאדים משתנה מאד ויכול להגיע בין 54.6 מיליון קילומטר ל-401 מיליון קילומטר מעבר לשמש. במאדים כדאי לצפות (בעין וגם בטלסקופ) כשהוא קרוב לכדור הארץ. בעין יראה צבעו האדום בביחור ובטלסקופ יראו פרטים רבים על פניו. כאשר הוא רחוק, צבעו לא יהיה מרשים כל כך וגם בטלסקופים רגילים לא יראו כמעט פרטים עליו.

צדק ושבתאי

צדק ושבתאי הינם כוכבי לכת ענקיים גזיים. צדק הוא הכוכב הבהיר ביותר בשמים לאחר נוגה. בעין אפשר לראות איך בהירות צדק ושבתאי משתנה בהתאם למרחקם מכדור הארץ. יש לבדוק בלוחות האלמנך מתי הם במרחק מינימאלי ולהשוות בהפרש של כמה חודשים.

צדק ושבתאי הינם אובייקטים מצוינים לתצפית עם טלסקופים או אפילו עם משקפת. בצדק רצועות העננים, הכתם האדום הגדול ואולי יראה גם כתם כתום-צהוב של פגיעת שביט מדי פעם. כמו כן יראו את ארבעת הירחים הגדולים ואפשר לעקוב אחרי התנועתם סביב צדק (כאשר לפעמים הם מטילים צל עליו או נעלמים מאחוריו). בשבתאי יראו הטבעות העוטפות אותו

בדומה לליקוי בו הירח נמצא בינו לבין השמש, ייתכנו מצבים בהם כוכב חמה ונוגה נמצאים בקו ראייה עם השמש. במצב זה הם מסתירים חלק קטן מאד מהשמש. בעין לא מורגש שום הבדל, אבל בטלסקופ שמש מיוחד אפשר לראות עיגול שחור הנע על פני השמש. מעברים של נוגה נדירים מאד והמעבר הבא יתרחש בשנת 2012. זה המעבר האחרון במשך למעלה ממאה השנה הבאות. המעבר יראה מישראל מיד בזריחה כשהוא כבר באמצעו ולמשך כשעה. קומו מוקדם בבוקר, מיצאו מקום נקי מעננים הצופה מזרחה, וצפו במראה ייחודי זה! מעברים של כוכב חמה שכיחים יותר (פעם בשמונה שנים) אך פחות מרשימים עקב גודלו הקטן. מעבר נוגה האחרון היה ב-2004 ובעזרתו נמדד המרחק המדויק לשמש - יחידה אסטרונומית אחת (או במילים אחרות: $1 \text{ AU} = 149,597,870.691 \pm 0.006 \text{ KM}$)

מאחר ושני כוכבי לכת אלו נמצאים בינו לבין השמש, תמיד רק חלק מפניהם מחזיר אלינו אור. הדבר גורם לכך שהם יראו בטלסקופ כמו הירח ויהיו להם מופעים. אפקט מעניין הוא שכל שכוכב הלכת קרוב יותר לכדור הארץ המופע נהיה חסר יותר (אולם הכוכב גדול יותר), וככל שהמופע מתמלא כוכב הלכת מתרחק ויהיה יותר קטן. כוכב לכת מלא לא ניתן לראות מאחור והוא מול השמש (צופים מיומנים יותר יכולים לנסות ולהתבונן עם טלסקופ. הצפייה מסוכנת עקב הקרבה לשמש ולא מתאימה למרבית הצופים).

רשמים מלקוי החמה המלא בסין החוויה הפגאנית שלי

נילי לירז

ליקוי" אחר נקודת תצפית אלטרנטיבית טובה יותר. התחזית היתה קשה, ואנחנו, שהתעוררנו מוכנים לנסיעה למקום תצפית עדיף, פרשנו מאוכזבים ועייפים לחדרנו.

כעבור כמה שעות, למרות התחזית השחורה של חברי ההחמ"ל, לבשנו כל חברי הקבוצה את חולצות הליקוי עם הדפס הדרקון הבולע את השמש, וצעדנו לבית ספר קרוב שהוקצה ע"י שלטונות סין כמקום תצפית עבור אלפי התיירים שהגיעו מרחבי העולם לצפות בליקוי מג'יאשינג. להפתעתנו היינו הקבוצה היחידה שהגיעה למקום. הקבוצות האחרות עזבו את המקום לאור תחזית מזג האוויר הפסימית ורק אנחנו טיפסנו, בגשם שוטף, על גג ביה"ס לקיים התצפית. אנשי הבטחון הסינים הסתכלו עלינו בחיוך והרגשנו שהם מתאפקים לומר לנו: "משוגעים, תרדו מהגג".

ואכן המעמד היה הזוי: כ-90 איש עומדים על הגג עם מטריות בגשם שוטף ומביטים לשמים האפורים הכהים ומצפים שמשוה בכל זאת יתרחש.

ואז, בשעה 9:35, כעשר דקות לפני שיא הליקוי, התרחש "נס שמיימי" בלתי יאמן: נפתח חלון קטן במסך העננים הכבד ודרכו יצאה השמש. ואנחנו המומים ונרגשים מהמחזה שנגלה לעינינו הרכבנו מהר את משקפי הליקוי, עמדנו נפעמים, וקראנו קריאות נרגשות.

השעה היתה שמונה וחצי בערב, ה-21 ביולי, כאשר שנתכנסנו באולם הכנסים של מלון בעיירה ג'יאשינג, דרומית מערבית לשנחאי, לאחר טיול של 12 יום ברחבי סין. את הטיול הייתי מגדירה "כטיול טעימות מסין" מוצלח מאוד, בהדרכת החברה הגיאוגרפית, שהשאיר אצלי חשק לטיולים נוספים בסין.

גולת הכותרת, או הדובדבן, או היהלום שבכתר הטיול, אמור היה להיות ליקוי החמה המלא הארוך ביותר במאה ה-21. הליקוי עתיד היה להתרחש למחרת בבוקר, ה-22 ביולי. היינו אמורים לצפות בו מג'יאשינג.

באולם הכנסים נכחו כ-80 מטיילים, חלקם חברי האגודה הישראלית לאסטרונומיה וחלקם, כמוני, "תפסן טרמפ" והצטרפו לאגודה בעקבות הטיול.

חיכנו במתח לתחזית מזג האוויר שהוצגה על ידי רון פלד ונדב רטנברג, חברי האגודה שהציגו מפות לוויין עדכניות שלא הותירו פתח לתקווה: כסוי עננים מלא וגשמים כמעט בכל מקום בסין בו יתרחש הליקוי המלא. כדי לנחם את הנוכחים הוסיפו ואמרו: "מחר יתרחש ליקוי חמה אך אנחנו כבר לא נראה אותו. לפחות הרווחנו טיול מדהים בסין". מיד החל להתארגן "חמ"ל ליקוי", שהורכב מהגרעין הקשה של חברי האגודה המשוגעים לדבר, וכלל גם את פרופסור יואב יאיר מהאוניברסיטה הפתוחה. חברי החמ"ל התעוררו בשלוש לפנות בוקר כדי לתכנן "מרדף

אז הגיע החושך שהחל מכיוון מערב, ועלטה כיסתה את העיר למשך שש דקות וחצי, זמן ארוך למדי שבו ראינו כוכבים בשמים ויכולנו להתרשם ולהתפעם מתופעת הטבע שנתגלתה לעינינו. כמורה לגאוגרפיה בבית ספר תיכון אני מלמדת במגמה הגיאוגרפית על תופעות טבע שונות ולכן התעניינותי בליקוי החמה העצימה את החוויה. הרגשתי את אותה "חוויה



מתחילים לראות את הליקוי מבעד מסך העננים. צילום: ירון עיני.

עוצמת החוויה התעצמה כשראינו את "טבעת היהלום" בצורה מושלמת. הרגשנו שהאמונה שלנו ניצחה את המטאורולוגיה ולמרות העננים והגשם הצלחנו לראות ליקוי חמה מלא וארוך על כל שלביו העיקריים. עוצמת החוויה התעצמה כשראינו את "טבעת היהלום" בצורה מושלמת. הרגשנו שהאמונה שלנו ניצחה את המטאורולוגיה ולמרות העננים והגשם הצלחנו לראות ליקוי חמה מלא וארוך על כל שלביו העיקריים.



מתחילים לראות את הליקוי מבעד מסך העננים. צילום: ירון עיני.



השמש הליקוי מבעד מסך העננים. צילום: נילי לירז.

סיכוי של אחד למיליארד

פרופ' יואב יאיר, האוניברסיטה הפתוחה

כבר בלילה האחרון בשיאן התחלתי להיות מוטרד מתחזיות מזג האוויר ליום הליקוי. ישבתי בלובי הריק של המלון בעשר בלילה, ובדקתי אתרים ותמונות לוויין. חשש רב התגנב לליבי ששוב המטאורולוגיה תפריע ותתערב, ותמנע מאיתנו לצפות בליקוי המלא. עידן אייל, המדריך המופלא של קבוצתנו, התיישב לידי ושאל מדוע אני מוטרד, אז סיפרתי לו על הליקוי באנטליה במרץ 2006, שבו אמנם זכינו לשמי תכלת, אבל יום למחרת ירד גשם והיה מעונן. "המטאורולוגיה מתעתעת, וצריך הרבה מזל" אמרתי. עידן הסתכל על התמונה מהליקוי המלא שלי, ובשלווה האופיינית שלו אמר "והיה בסדר". רציתי מאד להאמין...

למחרת בבוקר טסנו לשנחאי. מייד אחרי הנחיתה התקשרתי לחברי ד"ר ברוך זיו מהאוניברסיטה הפתוחה וביקשתי שיוציא תחזית מזג-אוויר מדויקת לרדיוס 300 ק"מ סביב שנחאי. הוא הבטיח לחזור אלי למחרת. בינתיים, התייעצתי עם חברי לקבוצה בועז דיין, שמפעיל את האתר ISRAELWEATHER.CO.IL ויחדיו ניסו להעריך את הסיכוי לעננות. היינו די פסימיים אבל תקווה מסויימת נשארה.

יומיים אחר כך הגענו למלון בעיירת הדייגים ווג'ן WUZHEN שמרוחקת כשעתיים נסיעה ממערב לשנחאי, אזור מישורי עם שדות אורז. כמונו הגיעו משלחות חובבי אסטרונומיה מספרד, גרמניה וארצות נוספות, כל אחת עם חולצת הליקוי היפה שלה. התחזיות היו שליליות, כמעט 100% סיכוי לגשם וברקים. ברוך התקשר מישאל ואמר לי שכל סין מכוסה בעננים והתחזיות הן למזג-אוויר גרוע. יצאנו לסיור בכפר, כשהמבטים לשמיים מראים ענני קומולונימבוס מפותחים, ההולכים ומתעבים. בעת ארוחת הערב עם השולחנות המסתובבים והמנות המרובות, כבר החלה סופת ברקים פראית. גשם החל לטפטף כשהוא שוטף עמו את התקוות.

בערב היה תדריך לקבוצה של האגודה. חן פלד פתח ואמר לכולם: "לא נראה את הליקוי" ואכן, הסיכוי נראה קלוש ביותר. הלכתי לבדוק מה החליטה הקבוצה הגרמנית, שנראתה מצוידת ומקצועית. הצגתי את עצמי לפני ראש המשלחת "שלום, אני פרופ' יאיר מהאוניברסיטה הפתוחה של ישראל עם משלחת של האגודה הישראלית לאסטרונומיה" (ידעתי שאקבל ריסקט אם אומר את הדרגה האקדמית, ואכן כך היה). "נעים מאד" אמר הגרמני הגבוה והציג אותי לפני המטאורולוג הראשי של המשלחת. "אנחנו נשארים כאן והולכים למגרש כדורגל לצפות. יש סיכוי של חמישים-חמישים". "למה אתה מתכוון חמישים-חמישים? כל האתרים מדווחים בוודאות על גשם וברקים" שאלתי. "כן, זה נכון. חמישים-חמישים פירושו או שנראה את הליקוי או שלא". מין חוש הומור גרמני שכזה.

לא ישנתי כל הלילה ובארבע לפנות בוקר התחברתי לאינטרנט ובדקתי שוב את תחזית מזג-האוויר ואת תצלומי הלוויין של מזרח סין, אך קו עננים מסיבי שהשתרע לאורך כמה אלפי קילומטרים לא הותיר הרבה תקווה. היה כמעט ודאי שלא נראה כלל את השמש ושנחמיץ את הליקוי. גם לא היה טעם רב בנסיעה ליעד התצפית המקורי בעיר ג'יאשינג או בחזרה לשנחאי, כי כל האזור נראה מכוסה לגמרי בעננות עבה. בהתייעצות עם בועז דיין ורון פלד החלטנו להישאר בכפר.

קמנו בשש וחצי לארוחת בוקר חפוזה. גשם המשיך לרדת. בלובי של המלון התכנסנו עם חולצות הליקוי שלנו, ורון צילם אותי מכריז עם הלפטופ על הסיכוי האבוד לצפות בליקוי, עבור כתבה לערוץ 1 שתוכננה למוצאי שבת. בסוף אמרתי "זה יהיה הליקוי הארוך ביותר במאה ה-21... שאיש לא ראה". חובב אסטרונומיה מהמשלחת הגרמנית עמד מחוץ למלון כשהוא מכוון את המצלמה למיקום המשוער של השמש. אי אפשר היה לזהות את מיקומה בשמיים.

לקראת שמונה בבוקר ותחת שמיים מעוננים לחלוטין, עם גשם שוטף מלווה ברעם פה ושם, פסענו למתחם של בית-ספר יסודי שהיה בשיפוצים ועלינו על הגג בצפייה לנס.

שלב הליקוי החלקי כבר החל, ולא ראינו דבר. הכל היה אפור ומדכא. התקנו את הציוד והמצלמות, עמדנו עם מטריות והתפללנו... ד"ר נורית קיין אמרה לי "תראה, יש חור בעננים" ואכן, באופן פלאי, הרח נשאה לעברנו קטע נקי מעננים. ב-09:35 הירח כיסה את השמש, אפילה כבדה ירדה תוך שניות. העננים באזור השמש התפזרו וכמו מסך נפתחו על הפלא המזהיר הזה: עיגול שחור עטוף בעטרת השמש הבהירה, ושלהבות-שמש ורודות וכתומות מעטרת את שפתו. לאורך כל הליקוי המלא היה קו ראייה כמעט נקי אל השמש. צרחנו והתלהבנו, זה היה נס אמיתי, מזל מופלא. כיוונתי את מצלמת הוידאו ומרחב התרגשות נגעתי בחצובה והשמש השחורה החלה לקפץ בתוך הפריים. עמבתי את המצלמה והבטתי לשמיים.

סביבנו חושך, הלחות הרבה סמוך לפני הקרקע החלה להתעבות וערפל קל כיסה את הבתים. אורות העיירה נדלקו. צרחות וצעקות התרגשות. אחרי 3 דקות שמעתי את רון קורא לכולם "שימו לב, עוד שלוש דקות" כדי להבטיח שאיש לא יתן מבט נלהב מדי אל השמש אחרי הסיום וחלילה תימק ראייתו. ראינו את כל 6 הדקות, ובסיום הפציעה טבעת יהלום מרהיבה - אותן קרני שמש ראשונות שמבשרות את תום הליקוי. המחול המופלא של הירח והשמש שוב הסתיים והאור חזר, ועמו העננים והגשם. אחת מהתופעות המדהימות בטבע. כמה דקות אחר כך, ירדנו מגג הבניין והצטלמנו מאושרים על מדרגות בית-הספר. עבור כתבת הטלוויזיה, צרחתי "המטאורולוגיה הפסידה, האסטרונומיה ניצחה, ראינו את הליקוי!" וכל חברי המשלחת הצטרפו בשאגות גיל. במשך כל אותו היום, את החיוכים של כולנו אי אפשר למחוק

מיהו קרונוס? מיהו קיירוס? ומה הקשר בינם לבין ליקוי החמה המלא שזכינו לצפות בו בסין?

קרונוס וקיירוס הם שתי דמויות מהמיתולוגיה היוונית.

קרונוס (KHRONOS, CHRONOS) הוא הדמות המגלמת את הזמן במיתולוגיה העתיקה, ופירוש שמה "שנה" ביוונית. קרונוס מתואר כרוח ערטילאית וחסרת צורה גשמית, או כאדם זקן וחכם, עטור זקן עבות אפור, מעין "סבא זמן". קרונוס הוא זה המסובב את גלגל המזלות, כלומר הוא האחראי על התקדמות הזמן. ואכן, מתוך שמו, נגזר כמה וכמה ביטויים שמשקפים את הזמן: כרונולוגיה, כרוני וכדומה.

קיירוס (KAIROS) הוא בנו הצעיר של זיאוס, שהיה מופקד על הזמנים הטובים, המועדפים, המיוחדים ובעלי המשמעות. הוא מתואר כצעיר קירח, שרק קווצת שיער אחת צומחת על ראשו ונופלת על מצחו. מי שמתמזל מזלו, מצליח לתפוס את קווצת השיער ולאחוז בקיירוס, יוכל להשיג כמעט כל מה שירצה. אך יש למהר, כי רגע המזל חולף במהירות הבזק.

על-פי דמותם של קרונוס וקיירוס, הפילוסוף היווני אריסטו, תיאר את הזמן בשני מובנים:

זמן כרונולוגי, זה שמתקדם לפי הסדר זמן קיירולוגי*, המשלב זמן עם מטרה ועם משמעות

דמותו של קרונוס היא מקור תפיסת הזמן הכרונולוגי כאחד המימדים של הסביבה, המתקדם בצורה רציפה, קצובה וסדורה לאורך ציר הזמן, דקה אחרי דקה, יום אחרי יום ושנה אחרי שנה. מה שהתרחש בזמן עבר כבר לא יחזור, ההווה הוא מה שמתרחש ברגע זה (ובעוד רגע יהפוך לעבר), ובעתיד שעדיין לא התרחש עוד יקח דברים חדשים.

הזמן במובן הקיירולוגי הוא הזמן שבו מתרחש משהו מוצלח, זמן שקורה בו דבר טוב שלא יכול היה להתרחש בנסיבות אחרות. ביטויים שונים, כגון: "להיות בזמן הנכון ובמקום הנכון", "הזדמנות בלתי חוזרת" ו"לעשות את הדבר הנכון ברגע הנכון", מתארים מצבים כאלה.

ואיך כל מתקשר לליקוי החמה? - אולי כבר ניחשתם...

קרונוס וקיירוס משלבים ידיים בזמן ליקוי החמה

ד"ר נורית קיין.



קאירוס. תמונה של פרנצ'סקו סלוויאטי בן המאה ה-16.

המרכז לטכנולוגיה חינוכית בימינו אפשר לדעת את כל הכרונולוגיה של ליקוי החמה. אנחנו יודעים לחשב מתי הם התרחשו בעבר (אפילו לפני שתועדו בצורה מסודרת), וגם מתי הם יתרחשו בעתיד. אפשר לדעת היכן בעתיד ניתן יהיה לצפות בהם, כמה זמן הם יימשכו וכך הלאה. הידע (הכרונולוגי) הזה הוא שאפשר לנו לתכנן מראש את הנסיעה לסיין, כדי לצפות בליקוי החמה המלא שהתרחש שם. אך כדי לצפות בליקוי, ובמיוחד בעונת המונסון הגשומה, צריך גם את עזרתו של קיירוס.

בתאריך 23.7.2009, בשעה 9:30 בבוקר,

עמדנו על גג בית הספר, בעיירה ווג'ן (WUZHEN) שמדרום לשנחאי, תחת מעטה כבד של עננים שהסתירו את השמש. מרקום מעלה ומטה בטלטלת רגשות, מסרבים להפנים את העובדה שכנראה לא נצליח לראות את הליקוי, מקווים שיקרה נס, ואולי בכל זאת...

עשרות מבקרים מארצות שונות, שהגיעו כמונו לאותה עיירה במטרה לצפות בליקוי, החליטו לנסוע מן המקום ולחפש מקום אחר שלא יהיה מכוסה עננים. אך מכיוון שהתברר לנו כי כל המרחב צפוי להיות מכוסה בעננים, עד למרחק של מאות קילומטרים, הקבוצה שלנו החליטה להישאר בעיירה. בסופו של דבר התברר כי מי שעזב את המקום עשה טעות חמורה, ואילו ההחלטה להישאר בעיירה התגלתה כנכונה.

מזלנו שיחק לנו ובדיוק ברגע הנכון, קיירוס וקרונוס שלבו ידיים. חלון נפער במסך העננים הכבד, בדיוק במקום הנכון - מעל ראשינו.

קיירוס עשה את כל מה שהוא יודע לעשות, ואנו זכינו להזדמנות חד-פעמית. כך הצלחנו לצפות בקרני השמש האחרונות עד שהירח כיסה את כולה. השמים השחירו כמעט בבת אחת, העטרה המדהימה של השמש "נדלקה" מסביב לכתם הירח השחור, וכוכבים נראו בשמיים. במשך למעלה משש וחצי דקות, הייתה תחושה שהזמן עמד מלכת. אבל לא רק קיירוס, אלא גם קרונוס עשה את מה שהוא יודע לעשות. לפתע השמש הציצה מעבר לירח ו"טבעת יהלום" מדהימה נראתה בשמים. אלה אותן שניות קסומות של סוף הליקוי, שבהן עדיין רואים את עטרת השמש וגם את קרני השמש הראשונות, היוצרות מראה בלתי נשכח.

ליקוי חמה הוא תופעה טבעית, שכולנו מבינים את ההסבר לה ויודעים בדיוק מה אמור להתרחש בה. ולכן, קשה להבין איך היא מצליחה לעורר תגובות אמוציונאליות חזקות כל כך. מי שלא חזה בה, לא יבין את סערת הרגשות שתקפה את כולנו, ואת צרחות ההתפעלות שתועדו במצלמות הווידאו.

פחות מדקה אחרי תום הליקוי נגמר גם רגע החסד שקיירוס העניק לנו. החלון בשמים נסגר, והעננים הכבדים חזרו להמטיר עלינו גשם. להתראות בליקוי הבא...

*ביטוי זה הוא הצעה שלי, אחרי שחיפשתי ולא מצאתי מונח מתאים לכך.



שביט הייל בופ בעת הופעתו בשנת 1996. צולם במצלמת פילם (צילום יוסי חורי)

צילום אסטרונומי לכל אחד

דר' יגאל פת-אל, מצפה הכוכבים בגבעתיים

אין לך אחד שאינו מכיר את הצילומים המרהיבים של החלל כפי שהם נעשים מבעד למערכת האופטית הטובה בעולם, זו המותקנת על טלסקופ החלל על שם האבל. בזכותם של צילומים מרהיבים אלה נחשפו רבים ליופי המרתק של השמים.

הצילומים שנעשו בטלסקופ החלל ע"ש האבל הם אכן מהפכה של ממש כיוון שבפעם הראשונה שוגרה מערכת אופטית אל מחוץ לאטמוספירה והתאפשרו צילומים של השמים שלא דרך האטמוספירה הבלתי יציבה של כדור הארץ. אולם זו לא המהפכה היחידה: מהפכת הצילום הדיגיטלי והמערכות הממוחשבות המניעות טלסקופים, הפכו את הצילום האסטרונומי נגיש כל כך, שרמת הצילומים המושגת היום בצידוד פשוט יחסית מתחרה בצילומים הקרקעיים שבוצעו באופן אנלוגי בטלסקופים הגדולים בעולם בזמנו.

בזכות התמונות המרהיבות של טלסקופ החלל ע"ש האבל ותמונות התקריב של כוכבי הלכת שצולמו באמצעות לווינים וגשושיות, הפכו תמונות גרמי השמים המרהיבות לחלק מהתרבות העולמית הגלובלית שכולנו חשופים אליה. אולם, מסתבר שההתפתחות הטכנולוגית הכבירה בעשורים האחרונים, בעיקר בתחום הצילום הדיגיטלי, הפכו את אמנות הצילום האסטרונומי לזמינה לכל אחד, הן מבחינת היכולת והן מבחינת העלות. בסדרת כתבות זו נפתח צהר אל עולם הצילום האסטרונומי לצד כתבות שימושיות לצלם המתחיל כגון: ציוד בסיסי, שיטות לעיבוד תמונה וכדומה.

אי שם בשנות ה-60 וה-70, נחשפתי אל עולם האסטרונומיה לראשונה. הספרים היחידים שבהם התנסו תמונות של כוכבים היו הספר המילולי "דע את החלל" של יצחק לבנון וכן האנציקלופדיות של תרבות ומכלל. על אינטרנט לא היה מה לדבר לא כל שכן על מגזינים מהודרים ומעוצבים בשפות נוכריות. התמונות המרהיבות ביותר שהכרתי היו של גרמי שמים מהוהים, מצולמים בשחור לבן, שגם איכות הדפוס בימים אלה לא היטיבה עמם, בלשון המעטה. לעתים לא היה ברור אם מדובר בצילום מקורי שהעתק ממנו הוכנס אל הספר או בציור שהתבסס על הצילום. כמוכן שלאיכות הצילומים לא היה כל קשר לכוח המשיכה של ספרים אלה ונברנו בהם עוד ועוד. בתחילת שנות ה-70 התוודעתי אל מצפה הכוכבים בגבעתיים. בימים אלה היה המצפה ממוקם על גבעה

רמה בפאתי גוש דן, כשמסביב רק חול וחול, כמאמר הגשמים. כאשר כוב האורות והשמש הלכה לישון, יכולת לראות לעתים את שביל החלב. היום המצפה נותר על מקומו אך תנופת הבנייה המואצת של גוש דן סוגרת עליו מכל עבר. בד בבד עם תחילת עבודתי במצפה כנע, התחלתי את צעדי הראשונים בתחום הצילום. כנער שעבד במקום היו לי מפתחות המצפה והייתי נשאר שם אחרי שאחרון המבקרים עזב ומתאמן בצפייה בטלסקופ, בעיקר בעזרת חברים קרובים, שותפים לתחביב, רובם ככולם נושאים היום את הקידומת ד"ר ופחפ' לפני שמם. מכיוון שעמד לרשותי הטלסקופ הראשי של המצפה, טלסקופ עדשות משוכלל שקוטרו 15 ס"מ, שבבסיסו מנוע העוקב אחר תנועת גרמי השמים על פני כפת השמים, המרחק לניסיונות הראשונים בצילום היה קטן. את הצילומים הראשונים ביצעתי על גרם השמים המפתה ביותר - הירח. כעת, יש לזכור שבימים ההם צילום דיגיטלי לא היה קיים אף לא בתור מדע בדיוני. כדי לצלם היית צריך להצטייד במצלמה ובסרטי צילום. לדור הצעיר, המצויד במצלמות דיגיטליות מכל עבריו - החל במצלמות המשוכללות ביותר ועד למצלמות המצויות בטלפונים הסלולריים וכן במצלמות הרשת - קשה להסביר עד כמה צילום אנלוגי על סרט הוא משימה קשה ומייגעת. נתחיל בזה שלא תמיד ידעת שהירח אכן מצוי במיקוד הטוב ביותר ויש סיכוי לא רע שתקבל תמונה מרוחה. אבל נניח שהיה לך משטח מיקוד טוב (כלומר מצלמה יקרה על כל המשתמע מכך), איש לא הבטיח לך שזמן החשיפה הוא הזמן המתאים. מלים אחרות, אם חשפת את סרט הצילום מעט מדי, התמונה חשוכה. ואם חשפת הרבה מדי, התמונה "נשרפה". וכאשר מדובר בסרט צילום, את הנעשה אין להשיב ובימים ההם, סרטי צילום ופיתוחם עלו הרבה מאוד כסף. עובדה שכלל אינה מהווה שיקול בימי הצילום הדיגיטלי של צלם ומחקר. אז מהו זמן החשיפה הנכון?

ובכן, לא היתה תשובה חד-משמעית לשאלה זו. זה היה תלוי בסוג הטלסקופ שלך, בסרט הצילום ורגישותו ובגוף אותו מצלם. ולא היה אינטרנט שבו יכולת לשאול את החברים בפורום. לכן, ניסוי וטעייה. היית צריך לשרוף סרט צילום שלם, על 36 תמונותיו, כדי לגלות שאם היתה תמונה טובה, היא לא היתה במיקוד ואם היא אכן היתה במיקוד זמן החשיפה לא טוב וכהנה וכהנה. וכאן המלכוד - אם רצית תמונה באיכות טובה, הסתבר שיש להשתמש

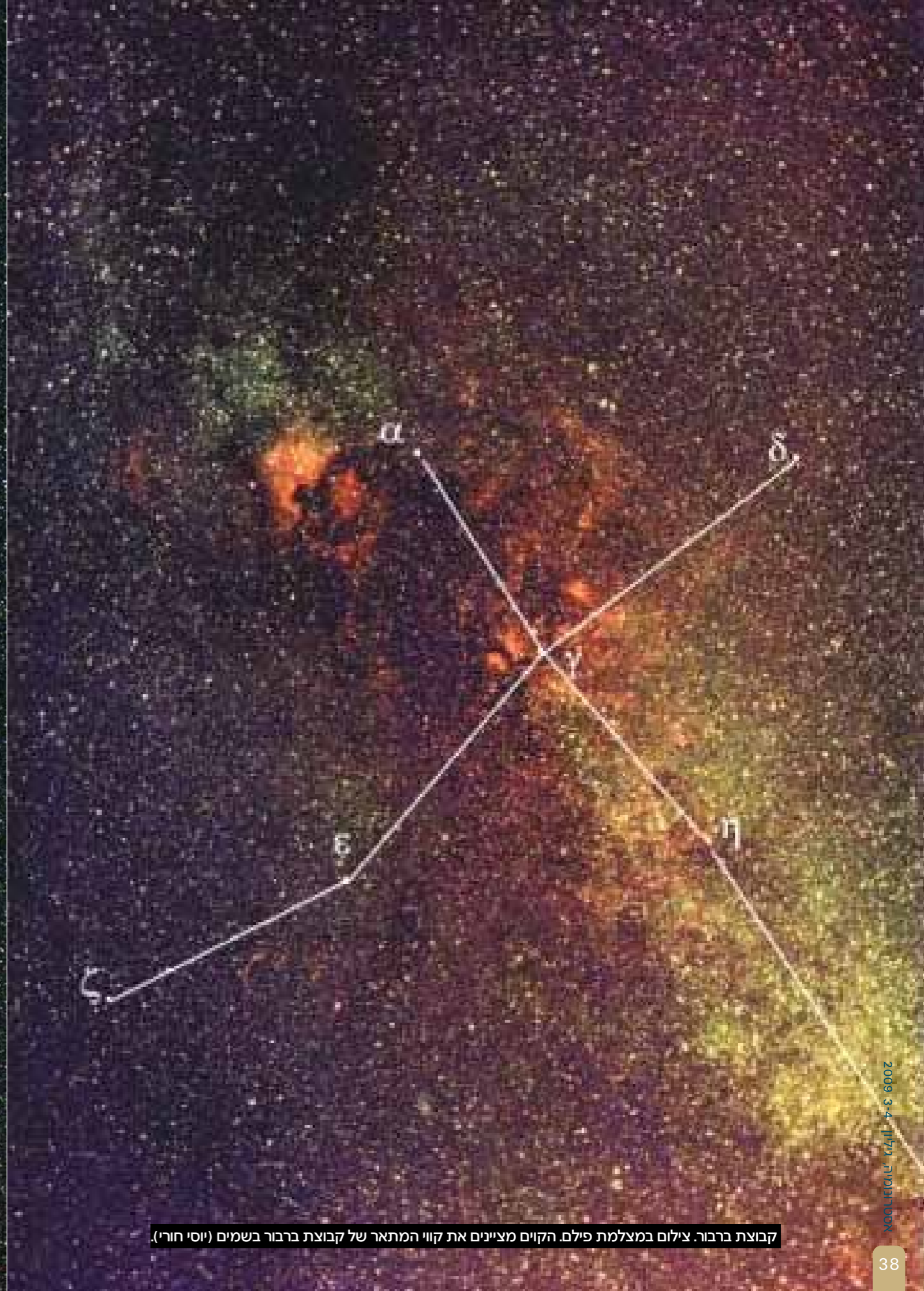
בסרטי צילום בעלי רגישות נמוכה (אסא נמור), מה שהגדיל את זמן החשיפה. לכאורה, אין בעיה; חכשים ככל מיוחד לצילום בזמן חשיפה ארוך ומצלמים. אלא שכאן נכנסים שני גורמים עוינים לתמונה: האחד, תנועת הירח או כוכב הלכת על פני השמים כתוצאה מסיבוב כדור הארץ סביב ציר. מסתבר, שהמנוע של הטלסקופ שהיה עוקב אחרי גרמי השמים היה טוב עבור תצפיות לקהל הרחב והוא אכן שמר את גרם השמים במרכז שדה הראייה ואפשר להרבה אנשים לצפות בטלסקופ ללא צורך לכונן מחדש מדי כמה דקות. אלא שהמנוע לא היה כה מדויק כאשר מדובר בצילום גרמי שמים שכל סטייה קטנה גורמת למריחת הדמות. השני - זמן חשיפה ארוך משנייה אחת או שתיים, גורם לכך שהאטמוספירה תטשטש את התמונה. אכן, מלכוד 22. אגב, הסיבה השנייה גרמה לכך שבעיקר הצילום האנלוגי, לא היו תמונות איכותיות של כוכבי לכת והיה צורך להמתין הן לחלליות שיצאו מחוץ לאטמוספירה או להתפתחות הצילום הדיגיטלי שיפחית משמעותית את זמני החשיפה.

למרות כל הקשיים והזדחל לעובדה שהירח אוח חזק ואפשר לצלמו גם בזמני חשיפה קטנים יחסית הצלחתי לצלמו, צילומים בשחור לבן, ולקבל את המכתשים שעל פניו. לא אשכח את השאלה של בעל החנות ששאל אם צילמתי גבס. כעת, לאחר שעמדתי באתגר וצילמתי את פני הירח בשחור לבן, הגיעה העת לעבור לצילום צבע. כאן היו שתי מכשלות: האחת, סרטי הצבע נבדלו משמעותית ברגישותם והשנייה, המחיר. סרטי צילום צבע היו יקרים משמעותיים מסרטי צילום שחור לבן וגם היה די קשה לפתחם לבד. כל זה לא הפריע לצלם את שלושת כוכבי הלכת המאתגרים ביותר - מאדים, צדק ושבתאי.

באותם ימים, התגבשה קבוצה קטנה של צלמי שמיים, שהמובילים בהם היו יוסי חורי, ידידו ג'ון דן ועוד. יש לזכור כי גם הטלסקופים ה"משוכללים" ביותר בתקופה ההיא כללו מנוע פשוט למדי והטלסקופים הממונעים שהגיעו מח"ל היו נדירים ויקרים מאוד כך שהוצרכנו לבנות את מנועי העקיבה בעצמנו. אז גם החלו לצוץ הטלסקופים הראשונים מסוג שמידט-קסיגרין, שהיוו מהפכה של ממש בתחום כיוון שהיה מדובר בטלסקופים בעלי קוטר גדול יחסית בעל מנוע עקיבה משוכלל לאותה תקופה עם מעמד מזלג.



בוצת אוריון וחגורת ברנד. צולם במצלמת פילם (יוסי חורי).



קבוצת ברבור. צילום במצלמת פילם. הקווים מציינים את קווי המתאר של קבוצת ברבור בשמים (יוסי חורי).

חצובה מיועדת לצילום עם מצלמה דגם Orion Mini EQ1



חצובה עם מערכת עקיבה דגם SkyWatcher EQ3 Pro



המערכת האופטית

כאן, השיקולים זהים לבחירת מערכת אופטית לצילום יום, אלא שיש שני פרמטרים קריטיים:

קוטר הטלסקופ

יחס המוקד (הצמצם).

קוטר הטלסקופ הוא הקריטריון הקובע את כמות האור הנכנסת למערכת. ככל שקוטר הטלסקופ גדול יותר, כמות האור גדלה ביחס ישר ליחס שטחי העדשות או המראות.

יחס המוקד (צמצם) - זהו היחס בין אורך המוקד לקוטר הטלסקופ ובמערכות אסטרונומיות הוא קבוע ולא ניצן לשינוי. ככל שהיחס קטן יותר, המערכת תהיה מהירה יותר וזמן החשיפה הדרוש לקבלת כמות אור (לפיקסל) יהיה תלוי בריבוע ההפרש בין יחסי המוקד.

לכאורה, אין הבדל בין זמן החשיפה הנדרש לצלם גרם שמים בשני טלסקופים בעלי אותו יחס מוקד, ללא קשר לקוטרם, אלא שבמערכת הקטנה יותר, הדמות תהיה קטנה יותר וברגע שנרצה להגדילה לגודל המתקבל במערכת הגדולה יותר, יבוא ההבדל בקוטר לידי ביטוי.

יש צלמים המחזיקים כמה מערכות במקביל - יחס מוקד מהיר לצילומים של שדה רחב לצד מערכות בעלות אורך מוקד ארוך (גם כאן רצוי יחס מוקד קטן ככל האפשר), לצילומים מפורטים.

כיצד מתבצעת העקיבה?

לרוב נדמה כי העקיבה מבוצעת באופן אוטומטי ללא צורך בתיקונים בזמן העיבה ולא כך הדבר. מסיבות שונות ובעיקר מפאת הרגישות הרבה של המערכות המצלמות כיום, יש צורך בתיקוני עקיבה בתדירות גדולה, עד כדי תיקונים זעירים מדי שניות. את התיקונים אפשר לבצע בשתי צורות:

שיטת הצלב המואר. זו השיטה הקלאסית שבה ממקמים עינית שבה יש צלב מואר על מערכת אופטית מקבילה למערכת המצלמת ובעזרת מקשי כונון מבצעים תיקונים קלים של כיוון המערכת באופן שהכוכב נשמר במרכז הצלב. חסרונה של שיטה זו היא בכך שהיא מייגעת ומתישה.

שיטת מצלמת המעקב - שיטה זו דומה מאוד לשיטה הראשונה אלא שמצלמת CCD קטנה מחליפה את העין. מצלמים שדה ניסיוני ובחרים כוכב בשדה הראיה. בעזרת תוכנה מיוחדת הכוכב נשמר באותו מיקום והתוכנה שולחת פקודות לטלסקופ ומתקנת את מיקומו בהתאם. שיטה זו נוחה יותר ומדויקת לאין ערוך. יש ברשת מגוון רחב של תוכנות חינמיות שהמובילה בהן קרויה PHD.



עינית צלב מואר Meade. התוספת המאונכת לעינית היא המנורה ובית הסוללה המאירה את הצלב

של שעות רבות, כדי לקלוט את האור הקלוש הנפלט מהם. בשורות הבאות אנו נראה כיצד אנו מתמודדים עם הבעיות של צילום אסטרונומי וכיצד אפשר לצלם צילומים מרהיבים בהשקעה קטנה יחסית.

נחלק את הנדרש לכמה חלקים:

המערכת המכנית העוקבת

המערכת האופטית

המצלמה

המערכת המכנית העוקבת

כמה שישמע מוזר, זו ההבדל בין צילום מוצלח ללילה שלם של עבודה שלא יניב שום פרי. כיוון שמערכות העקיבה מפצות על סיבוב כדור הארץ ואמורות להיות מכוונות לנקודה מסוימת בכיוון מסוים לאורך זמן, יש לשים לב לנקודות הבאות:

המערכת המכנית חייבת להיות מדויקת ביותר, ללא חופשים במערכות הצירים.

כושר הנשיאה של המערכת המכנית יהיה כזה שיוכל לשאת את הטלסקופ, המצלמה ומערכות אחרות שארחיב עליהן בהמשך.

רצוי שהמערכת תהיה חבוטית. כלומר, אפשר לכוון לכל אובייקט בשמים בלחיצת כפתור ללא צורך לבזבז זמן יקר בחיפוש אחר גרמי שמים חמקמקים.

המערכת תהיה בעלת פרוטוקול המאפשר לשלוט עליה ממחשב חיצוני.

טלסקופ עם מערכת עקיבה מערכת מזלג דגם Meade LX200 ACF



טלסקופ עם מערכת עקיבה מערכת משוונית דגם Meade LX75



בעייה נוספת היו סרטי הצילום. כיוון שמשך זמן החשיפה היה אורך מאוד היה צורך בסרטים מהירים (בעלי אס"א גבוה). ואכן, היינו להוטים אחר סרטי צילום בעלי מהירות גבוהה של 1600 אס"א, אלא שאלה היו גרעיניים מאוד. בעיה נוספת היתה במשכי זמן החשיפה - כאשר סרטי הצילום היו מהירים מאוד הם נועדו למעשה לזמני חשיפה קצרים, לאחר כמה דקות רגישותם היתה יורדת פלאים. בנוסף, סרטי הצילום לא היה "סלחניים" - מה שצילמת זה מה שקיבלת. לא היו תוכנות פוטושופ לעיבוד תמונה, ואם נשרף חלק מהתמונה לא היה ניתן להוציא מהחלק השרוף מידע כלשהו (מה שכיום אפשרי כפי שנראה בכתבות של עיבוד התמונה).

למותר לציין את המהפכה הגדולה שחלה בעולם הצילום כאשר ההתקדמות הטכנולוגית הביאה את שבב הצילום, הטלסקופים הממוחשבים ובכלל את ההתפתחות המהירה בתחום המחשוב, עיבוד התמונה והאינטרנט שמאפשר לימוד עדכני ביותר שזמין לכל אחד. הצילום האסטרונומי הפך לנחלת הכלל.

לפני שנגיע לעיקר והוא הציוד הבסיסי הנדרש, יש להבין מה ההבדל בין צילום אסטרונומי לצילום רגיל?

ישנם 2 הבדלים עיקריים.

הראשון נעוץ בראש ובראשונה בעובדה שכדור הארץ מסתובב ועקב כך זזה כל כפת השמים סביבנו במשך היממה. לכן, כדי לצלם גרם שמים אנחנו חייבים לצלם אותו בעזרת מערכת עקיבה. כלומר, מערכת בעלת מנוע שמפצה על סיבוב כדור הארץ סביב ציר ושומרת על האובייקט המצולם בשדה.

ההבדל השני נעוץ באופיים הנראה של גרמי השמים. הב גרמי השמים האקזוטיים אינו נראה בעין ולעתים גם לא מבעד לעדשת הטלסקופ ולכן נדרש זמן חשיפה ארוך מאוד, לעתים

מצלמות DSLR מגיעות לרוב עם מסנן החוסם אורכי גל בתחומי באדום. לצילום יום-יומי זה יעיל אך הרסני לצילום אסטרונומי בו מרבית הקרינה הנפלטת מגרמי שמים היא בתחומי הגל המסוננים. התוצאה - יש להגדיל את זמני החשיפה לעתים עד פי 20 מזמני חשיפה במצלמות ייעודיות. יש דגמים בהן אפשר להסיר את המסנן אך זה כרוך בעלויות נוספות, פוגם בביצועי המצלמה בצילום יום-יומי ומסיר את האחריות.

צילום צבעוני יתרחשו בצדו, אך פירוש הדבר צילום איטי יותר מאשר מבעד לשבב מונוכרומטי.

שבבי המצלמה מייצרים רעש תרמי הנובע מהתחממותם. בעיה זו גורמת לרעש רקע ככל שזמן החשיפה גדל. ההתמודדות עם הרעש התרמי היא בצילומים אפלים (בהן הטלסקופ מכוסה) ומצולם רק הרעש התרמי באותו זמן חשיפה שבה נלקחה התמונה. מכל תמונה יש להחסיר את תמונת הרעש התרמי.



מצלמת DSLR דגם Canon 40D

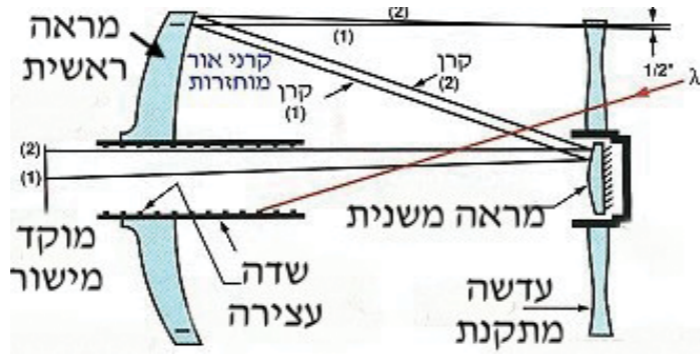
כיוון שטמפרטורת השבב משתנה יש לצלם תמונת רעש תרמי בצמוד לכל צילום רגיל. פירוש הדבר הכפלת משך הצילום. כמו כן, תופעה זו מחייבת כיבוי המצלמה וקירורו מדי זמן.

במצלמות דיגיטליות מיועדות יש שתי שיטות להתמודדות עם הרעש התרמי והן קשורות בשליטה על טמפרטורת השבב: אם יודעים את הטמפרטורה המדויקת שבה נלקח הצילום (בצלמות הייעודיות נתון זה נשמר), אפשר ליצור בנק של תמונות רעש תרמי. שיטה יעילה יותר היא קירור השבב, לרוב עד כמה עשרות מעלות מתחת לטמפרטורת הסביבה. התוצאה - הקטנה דרמטית של הרעש התרמי. במצלמות יקרות יותר אפשר לשלוט על הטמפרטורה של השבב ואז משפיק ליצור ספריה של תמונות רעש תרמי המתאימות לזמני חשיפה שונים ולטמפרטורה שבה אנו מצלמים.

המצלמות הייעודיות הן בעלות יעילות קוונטית (אחוז האור ההופך למידע דיגיטלי) המתקרב ל-90%. בשימוש במצלמות מונוכרומטיות, אנו קובעים באילו מסננים להשתמש. לצד הצילום בשלושת מסנני ה-RGB הקלאסיים וחיבורים לכדי תמונת צבע אחת, אפשר להשתמש במסננים צרים מאוד, שמעבירים רק אורכי גל מסוימים, ששילובם מאפשר אף הוא קבלת תמונות צבע, אך באיכות עדינה יותר. יתרון נוסף של שיטה זו הוא האפשרות לצלם מתוך עיר מוארת וגם כאשר הירח מאיר, כיוון שמסננים אלה חוסמים את מירב הספקטרום ומניחים רק לאורכי הגל הדומיננטיים לעבור.

במצלמות ייעודיות השליטה על מהירות הצילום, מספר הצילומים, הטמפרטורה, החלפת המסננים וכדומה מבוצעת

טלסקופים קטדיופטריים



תאור סכמטי של מעבר קרני האור במערכת של שובר אור במערכת קטדיופטרית

אלה המערכות הקרויות בלשון הצלמים "עדשות מראה", כיון שהן משלבות מערכת של עדשות ומראות שתכליתן להקטין את האורך הפיזי של המערכת. גם כאן יש כמה סוגים של מערכות אופטיות שהחדה בהן היא המערכת מסוג מקסוטוב-קסיגרין שחסונה הוא ביחסי המוקד המאוד איטיים שלה. עד כה היו נפוצות המערכות מטיפוס שמידט-קסיגרין, אלא שהן סבלו מעיוות קומה, בדומה למערכת המחזיחה וק מתיקוני קולימצייה. לאחרונה הוציאה חברת MEADE האמריקאית את הדגם הקרוי ACF, המשלב אלמנט היפרבולי ובכך למעשה יוצר שדה שטוח בדומה למערכת ריצ'י-קרטיין. זו המערכת הקטדיופטרית היחידה בשוק שמעניקה תוצאות הדומות למערכות מסוג זה. כיוון שייצוק של מערכת אלה הוא בייצור המוני, באופן מפתיע מחירן אינו גבוה יחסית ובדרך כלל הן מגיעות כשהן כוללות את החצובה החבוטית כחידה אחת.

כאן הגענו לעיקר ובמה שעשה את ההבדל. בעוד שהמערכות האופטיות נותרו בעיקרון ללא שינויים דרמטיים (למעט המחירים הצונחים), הרי שהמעבר מהצילום האנלוגי לצילום דיגיטלי עושה את ההבדל. בעבר, בגלל הרגישות הנמוכה של סרטי הצילום, נדרשו שעות ולעתים ימים כדי להפיק צילום של גרמי שמים. כיום אפשר להפיק תוצאות דומות בזמני הקצרים פי כמה עשירתי! ולא רק זמני החשיפה השתנו אלא גם יכולת העיבוד. בעבר אי אפשר היה לשנות את מה שנתקבל על סרט הצילום. במדיה הדיגיטלית השמים הם הגבול; אפשר לחבר תמונות רבות לתמונה אחת, אפשר להבליט אזורים מסוימים בצילום ולהחליש אזורים אחרים, להפחית רעש ובקיצור - השמים הם הגבול. כיום, יש צלמים רבים המשתמשים במצלמות DSLR לצילומים אסטרונומיים. לצדן, קיימות כמובן המצלמות הייעודיות, מצלמות ה-CCD האסטרונומיות. אציין להלן את החסרונות והיתרונות של שני הסוגים:

מצלמות DSLR

יתרון:

- מסוגלות לצלם בצבע ללא צורך בחיבור כמה ערוצי צבע
- אפשר לצלם תמונות רבות ולצרפן לתמונה אחת. אפשרות זו קריטית כאשר העקיבה אינה מושלמת, כאשר השבב מתחמם וכאשר רוצים באופן כללי להגדיל את היחס אות לרעש.
- הן משמשות לכל מטרה ולא רק לצילום אסטרונומי! אפשר לצלם עמן את המשפחה, נוף וכל דבר.
- מחירן נמוך ביחס למצלמות הייעודיות.
- חסונותיהם הם למעשה היתרונות של מצלמות ה-CCD המיועדות לאסטרונומיה:

טלסקופים שוברי אור

אלה הטלסקופים הקלסיים שבקדמתם מערכת עדשות, שדומים לעדשות סטנדרטיות של מצלמות רגילות. חסרונם הגדול הוא בעצם מהותם והיא שבירת האור, שבגללה אורכי גל שונים מגיעים למוקדים שונים ויש לתקן את העיוות הזה. התיקון מתבצע בשתי צורות נפוצות:

הגדלת אורך המוקד של הטלסקופ. חסרונה של שיטה זו הוא ביחס מוקד איטי מאוד (בדרך כלל גדול מ-8 או 9), משקל רב מאוד של המערכת בגלל גודלה הפיזי.

תיקון אופטי (מערכות אפו-כרומטיות) - התיקון מושג בשימוש בסוגי זכוכיות אקזוטיים לעתים גם בשילוב עם הוספת עדשה נוספת למערכת העדשות בקדמת הטלסקופ. הודות לתכנון האופטי המעולה, קיימות מערכות כאלה בשוק גם עם יחסי מוקד בין 5 ל-7. צבעי הכוכבים המושגים במערכות אלה מעולים וחסרון היחיד הוא מחירן הגבוה יחסית.



תאור סכמטי של מעבר קרני האור במערכת של שובר אור אכרומטי

טלסקופים מחזירי אור

אלה הטלסקופים הנפוצים ביותר הודות למחיר הנמוך שלהם. הם סובלים משתי בעיות הנובעות מאופי המערכת האופטית: יציבות המערכת האופטית - כיוון שהמערכת בנויה מכמה אלמנטים אופטיים החייבים להימצא על ציר אופטי אחד (קולימצייה), מסיבות שונות (טלטול, טמפרטורה וכדומה) המערכת יוצאות תדיר מקולימצייה. בעיה זו אפשר לתקן בעזרת קולימטור לייזר פשוט בהליך האורך כמה דקות בתחילת כל ערב צילום.

עיוות קומה הנגרם בקצה שדה הראיה ה"מורח" את הכוכבים. אפשר להתגבר, ולו חלקית, על העיוות הזה באמצעות עדשות מיוחדות (עדשות מתקנות קומה). התיקון הטוב ביותר מושג על ידי החלפת שתי המראות בשתי מראות בעלות חתך היפרבולי המספקות שדה שטוח לחלוטין (ריצ'י - קרטיין, מערכת הזזה לזו המצויה בטלסקופ החלל). יתרון הגדול של המערכות מחזירות האור הוא מחירן הנמוך מאוד, יחסית. גם מחירן של המערכות היקרות מסוג ריצ'י קרטיין מצוי בירידה מתמדת.



תאור סכמטי של מעבר קרני האור במערכת מחזירי אור



שובר אור בקוטר 6" עם יחס מוקד ארוך דגם Bresser 127L, יחס מוקד של F/9.5



שובר אור בקוטר 6" עם יחס מוקד קצר דגם Bresser 127S, יחס מוקד F/5

כמו כן שגם סוג המערכת האופטית קרטיי ויש תצורות אופטיות שונות. למעשה, כל עוד מצלמים במערכות עם יחס מוקד סביר (בדרך כלל מחבר על יחסים בין 4 ל-8) אפשר להוציא תוצאות אך איכות המערכת האופטית, כמו בכל מערכת צילום, תקבע את איכות התמונה. להלן כמה סוגי מערכות עם יתרוניהן וחסרונותיהן:

בתמיכת:



בואו להשתאות
מיופי השמיים והארץ!

הצלם הנודע נוח (ניל) פולברג
פרסם עשות צילומים המשלבים
נוף ארצי עם נוף אסטרונומי בספרו

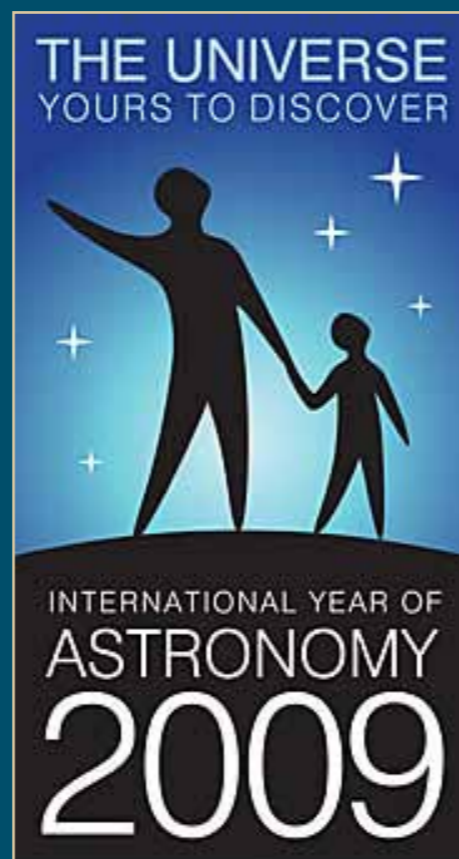
שמים וארץ

חברי אגודה המעוניינים לרכוש את הספר

במחיר 105 ₪

(לאחר הנחה של 40% וללא דמי משלוח)
מוזמנים ליצור קשר עם האגודה

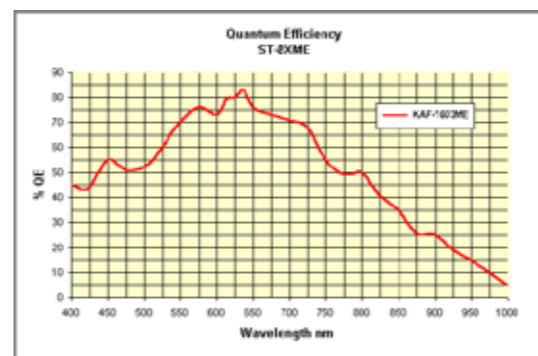
בטלפון 03-7314345 או במייל
astronomy@astronomy.org.il



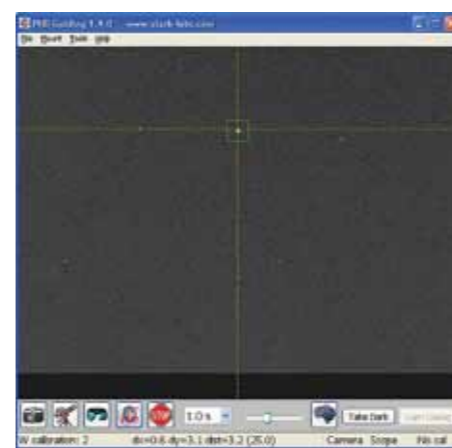
יעילות קוונטית של מצלמת SBIG XT8ME - בגרף זה רואים את אחוז היעילות הקוונטית של המצלמה בכל אורך גל

- טלסקופ ראשי המיועד לצילום
- מצלמת CCD המחוברת לטלסקופ הראשי ובה יצלם הצילום בו אנו מעוניינים
- טלסקופ משני, המורכב על הטלסקופ הראשי, שישמש למעקב
- מצלמת עקיבה פשוטה, המורכבת על הטלסקופ המשני
- חצובה על מערכת עקיבה, ממוחשבת, שמאפשרת לה לקבל פקודות או ממחשב PC או מהמצלמה העוקבת ישירות, כדי לבצע תיקוני עקיבה (בדרך כלל בפחטוקול בקוד פתוח הקרוי ASCOM).

- מחשב המתחבר לחצובה ולשתי המצלמות.
ומה עושים לאחר שמתקבלת התמונה (או התמונות)? בחוברת הזו אנו מביאים מאמר ראשון של עיבוד תמונה, פרי עטו של חברנו כפיר סימון. בחוברת הבאה נמשיך עם סדרת הכתבות בנושא



יעילות קוונטית של מצלמת SBIG XT8ME - בגרף זה רואים את אחוז היעילות הקוונטית של המצלמה בכל אורך גל.



מסך של תוכנת PHD

שמים צלולים!

על ידי המחשב. זה מאפשר שליטה נוחה ביותר על הצילום. גם המיקוד נעשה בזמן אמת על גבי מסך המחשב, לרוב עם תוכנות תמיכה העוזרות למקד את הצילום. יתרון נוסף של מצלמות אלה הוא משקלן הקל יחסית, שאינו מעמיס על הטלסקופ וגורע מאיזונו וכן העובדה שלרוב אין צורך במתאמים מיוחדים כדי להתאימן לטלסקופים. באמצעות תוכנות שליטה מתאימות המצלמה גם "זוכרת" את הקואורדינטות של האזור המצולם בשמים והנתון הזה, בנוסף לנתונים אחרים כגון: זמן הצילום המדויק, אורך החשיפה, גודל השדה, טמפרטורת השבב בעת הצילום ועוד, רשומים בקובץ הצילום. תמונות כאלה בהם רשומים נתונים אלה נשמרות בפורמט מיוחד הקרוי FITS.

יש כמה סוגים נפוצים של מצלמות CCD ייעודיות: חברת MEADE הוציאה סדרה הקרויה DSI שבה מצלמות מונוכרומטיות וכן צבעוניות, שמאפשרות רישום טמפרטורת השבב. חברת ORION הוציאה לאחרונה מצלמה ייעודית עם שבב גדול (25 מ"מ), מקוררת לכ-30 מעלות מתחת לטמפרטורת הסביבה. מצלמות אלה יקרות יותר ממצלמות DSLR, אך מהוות פתרון טוב לחובבי שאינו יכול או רוצה להשקיע אלפי דולרים במצלמת CCD מקצוענית.



DSI וגלגל מסננים RGB



מצלמת CCD מונוכרומטית עם גלגל מסננים צבעוניים SBIG XT8ME. דגם זה מצוי במצפה הכוכבים בגבעתיים

רמה אחת מעל מצויות המצלמות של חברת SBIG וכן APOGEE, המהוות מעין סטנדרט של צילום אסטרונומי. הן מקוררות ומאפשרות שליטה על הטמפרטורה, מגיעות עם גלגלי מסננים ממוחשבים, מאפשרות קירור נוסף על ידי מים והשבבים שלהן הן ברמת דיוק ויעילות קוונטית גבוהה ביותר. חסרון היחיד הגדול הוא מחירן הגבוה מאוד. יתרון נוסף של מצלמות CCD ייעודיות הוא באפשרות לבצע עקיבה בזמן אמת. מערכת אוטומטית לחלוטין המאפשרת צילום המתבצע כמעט ללא מגע יד אדם, כללית את האיברים הבאים:

עיבוד תמונה דיגיטלי

כפיר סימון

הקדמה ורקע היסטורי

מהפכת הצילום של השנים האחרונות בה החליפה המצלמה הדיגיטלית את מצלמת הפילם (שבה היה סרט צילום המבוסס על הליך כימי) גרמה לרעידת אדמה בעולם הצילום: המצלמות הגדולות והמסורבלות פינו מקומם למצלמות קומפקטיות מסוג POINT AND SHOOT שכל אחד יכול לתפעל ללא אימון מיוחד - כלומר אין עוד צורך לעבור קורס צילום וללמוד זמני חשיפה, אורך מוקד, מהירות צילום... פשוט לוחצים על הכפתור והתמונה מוצגת על המסך. אם התמונה מצאה חן - שומרים ואם לא - מוחקים ומנסים שוב!

עולם האסטרונומיה הוא אחד התחומים בהם השפעת מהפך זה בולטת במיוחד.

השלב האלקטרוני רגיש הרבה יותר מסרט הצילום (יעילות קוונטית של 90% במכשירים מסוימים לעומת פחות מ 10% בסרט הצילום) ולכן במקום חשיפה של שעות מספיקות היום מספר דקות ליצור תמונה שלא הייתה מביישת את אחד המצפים הגדולים בעולם מלפני עשור או שניים.

לרבים מאיתנו יש את הספרים הנפלאים של BURNHAM'S CELESTIAL HANDBOOK בהם יש צילומים של מצפה פלומר בארה"ב (טלסקופ שקוטרו 200 אינץ' - 5 מטר קוטר מראה!!!) והצילומים שחובבים היום משיגים עם ציוד ביתי וטלסקופ של 20 ס"מ חדים יותר, עמוקים יותר ומרשימים יותר (מה גם שהצילומים כיום צבעוניים - דבר שכמעט ולא היה קיים בצילום פילם אסטרונומי - משום שחייב סרט צילום מיוחד שעבר טיפול מיוחד והיה יקר עד מאוד).

אני מזכיר גם את תהליך הפיתוח שהיה כורח המציאות בסרט הצילום - עברו לעיתים מספר ימים עד שקיבלת תמונה חזרה ורק אז ידעת אם ליל צילומים שלם ירד לטמיון אם לא - כיום התמונה היא LIVE על מסך המצלמה או מסך המחשב, מה שמאפשר לעשות תיקונים מיידיים לקבלת תוצאה מושלמת.

עם כל זאת, אין זאת אומרת שהכל טוב יותר בצילום אסטרונומי דיגיטלי - עדיין יש למצלמה הדיגיטלית חסרונות.

מטרת סדרת מאמרים זו ללמד את האסטרונום החובב כיצד לעבד את התמונה המתקבלת מהמצלמה בכדי לפצות על חסרונות אלו ולהוציא מהצילום את מירב הפרטים המצויים בו. אין הכוונה שסדרת המאמרים תהווה תחליף לקורס צילום אסטרונומי, אלא תאפשר לחובב לבצע מקצה שיפורים לאחר שהתקבלה התמונה.

יסודות התמונה

תמונה דיגיטלית בנויה מהרבה נקודות קטנות כל יחידה כזו קטנה נקראת פיקסל - PIXEL, כך מצלמה של MP5 מכילה 5 מיליון נקודות. לדוגמה, עבור מצלמת 3 MEADE DSI של 1.4MP מספר הפיקסלים בשבב הוא 1360x1024 כלומר כל תמונה מורכבת מ 1360 נקודות לאורך ו-1024 נקודות לרוחב - מה שמביא ל 1392640 פיקסלים סה"כ. נשתמש במילה רזולוציה כדי לציין את גודל השבב אם כי המשמעות האמיתית של הרזולוציה הוא גודלם הפיזי של הפיקסלים - ככל שהם קטנים יותר, יכולת המצלמה להבחין בפרטים קטנים יותר תגדל. (המערכת).

רזולוציה של מסך מחשב נמדדת בדיוק באותו האופן: מס' הפיקסלים לרוחב כפול מס' הפיקסלים לאורך - התמונה על מסך המחשב נראית במיטבה כאשר הרזולוציה הטבעית של המסך מתאימה לרזולוציה של התמונה (או בכפולות זוגיות) משום שכאשר אין התאמה ביניהם - מסך המחשב מעוות את התמונה המוצגת להתאים למסך ללא התחשבות ברזולוציה של התמונה.

מסך מחשב בעל רזולוציה של 1280x800 יעוות תמונה של 1360x1024 כדי שתתאים להצגה.

אם גודלה של התמונה היה 2560x1600 (רזולוציה כפולה בדיוק משל המסך) - אז כל 4 פיקסלים של התמונה היו מוצגים ע"י פיקסל בודד של המסך ע"י מיצוע ועדיין התמונה המוצגת הייתה נראית די טבעית (יש מצלמות אסטרונומיות שעושות 2 BINNING דהיינו קישור של 4 פיקסלים ע"י המרה

לפיקסל בודד - אבל נגיע לכך בהמשך...)

ככלל - ככל שהרזולוציה של המצלמה גדולה יותר (יותר פיקסלים) היא איכותית יותר ויקרה יותר!

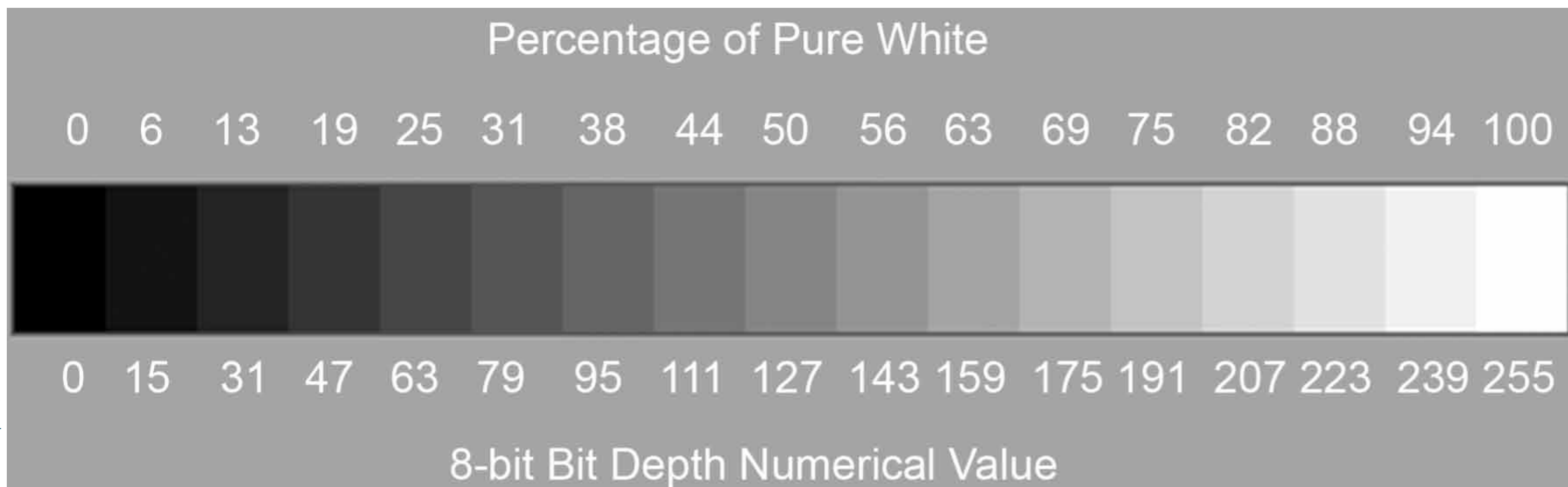
כיוון הקונטרסט וההארה של המסך משפיע מאד על התמונה המוצגת ולכן חשוב לכוון את המסך להציג את כל הטווח הדינאמי ע"י סרגל בהירות כגון זה כך שנוכל לראות את כל גוני השחור והלבן.

בזמן חשיפה - כל פיקסל מתחיל להמיר את מספר הפוטונים הפוגעים בו לערך ספרתי. ככל שמספר הפוטונים שפגעו בו גדול יותר, כך יתקבל ערך ספרתי (מספרי) גדול יותר. בסיום החשיפה הוא מציג את המספר שהוא ספר שמייצג למעשה את כמות הפוטונים שפגעו בו במשך החשיפה.

טווח הספירה של הפיקסל נקרא הטווח הדינאמי - עבור מצלמה של BIT8 כל פיקסל יכול לקבל ערך מ 0 ועד 255 (2 בחזקת 8) כלומר כל פיקסל יכול להציג 256 גוונים של אפור.

- מצלמה של BIT16 תהיה רגישה יותר ותציג 65536 גוונים של אפור (2 בחזקת 16).

כיום מצלמות BIT16 הן סף כניסה לצילום אסטרונומי רציני (למרות שקיימות בשוק מצלמות BIT8 זולות וטובות למדי).



אנו נתייחס להרכב הצבע כמורכב משלושת צבעי ה-RGB (RED GREEN, BLUE).

כפי שציינתי לעיל, מצלמה דיגיטלית (צבעונית) של MP3 למשל, מכילה 3 מיליון פיקסלים.

השלב שהוא למעשה גלאי שנראה בהגדלה כמו טבלת שוקולד ענקית המחולקת לריבועים, הוא מונוכרומטי - כלומר מציג רק גווני אפור. בעיקרון הגלאי אינו יודע אם הפוטון שפוגע בו הוא כחול, ירוק או צהוב. כדי לקבל תצלום צבע, מתקינים לפני הגלאי מסנן המחלק לכל פיקסל ייעודי צבע: עבור מיליון פיקסלים יש ייעוד של RED, עבור מיליון פיקסלים יש ייעוד של GREEN ולמיליון הפיקסלים הנותרים יש ייעוד של BLUE.

מסנן כזה נקרא BAYER MATRIX וסדר הפיקסלים RGB משתנה מיצרן ליצרן.

אפשר לדמיין זאת כמו 3 מצלמות המשולבות זו בזו וכל אחת מצלמת צבע אחד בלבד - המצלמה בתהליך הפנימי שלה מחברת את כל ערוצי הצבע לכדי תמונה צבעונית ע"י כך שהיא מסכמת 3 פיקסלים שכנים (אחד אדום אחד כחול ואחד ירוק) לכדי גוון צבע. (למעשה, במרבית המקרים המטריצה בנויה מארבעה פיקסלים, ששניים מהם בעלי אותו גוון כאשר אלגוריתם מיוחד מרכיב מארבעתם תמונת צבע אחת.

ע"י הכמות היחסית של כל צבע יסוד נקבע הצבע של הפיקסל:

למשל: עבור מצלמה של 8 BIT (לכל ערוץ צבע) -עבור ערך מספרי של 255,255,255 של פוטונים בכל אחד מהפיקסלים (היינו מקסימום פוטונים שעברו דרך המסנן האדום מקסימום פוטונים שעברו דרך המסנן הכחול ומקסימום פוטונים שעברו דרך המסנן הירוק) יתקבל צבע לבן ובהתאמה עבור ערך מספרי של 0,0,0 יתקבל צבע שחור.

במצלמה זו מספר הצבעים האפשרי הוא $256 \times 256 \times 256$ איכות המסנן (BAYER) ותכונותיו יקבעו את רגישות המצלמה לכל אחד מהצבעים.

בנוסף למסנן זה - במצלמה דיגיטלית לשימוש יומיומי כדוגמת CANON 450D מותקן לפני השבב מסנן IR (שאינו מעביר אורכי גל של אינפרא אדום) ולכן רגישותה לאורכי גל אדומים מאד נפגעת - הרבה מאד מהקרינה הנפלטת מאובייקטים שמימיים הם

בארכי הגל האדומים ולכן מצלמה זו אינה המצלמה האידאלית לצילום ערפיליות בהם שולט הצבע האדום. אולם,

יש אפשרות להסיר מסנן זה וע"י כך להפוך אותה למצלמה מדהימה לאסטרונומיה (MODED DSLR)

מצלמות ייעודיות לאסטרונומיה אינן מכילות מסנן IR או שאפשר להסירה וכך לשפר את הרגישות לאורכי גל אדומים. בנוסף קיימים גם הבדלים נוספים בין מצלמות ייעודיות לאסטרונומיה לבין מצלמות דיגיטליות יום-יומית שהחשוב בהם הוא האפשרות לקרר את שבב המצלמה בכדי להגיע לחשיפות ארוכות והבדלים נוספים שלא נעמוד עליהם כעת.

ונעבור סוף סוף למעט עיבודי תמונה

המטרה הסופית של סדרת מאמרים שתופיע בחוברות היא להפוך תמונה זו שהתקבלה ממצלמת CANON שצילמתי עם עדשה 200MM לתמונה זו

מרשים נכון?

שימו לב לתמונה הראשונה: יש בה את כל הפרטים שרואים בתמונה המוגמרת רק שהם חבויים מתחת לשכבות של רעש, זיהום אור ופגמים אופטיים שונים



הדרך ארוכה ולכן נתחיל בשיעור ראשון ובו נכיר את המושג LEVELS.

מילת זהירות לפני תחילת העבודה - תמיד לשמור עותק של תמונת המקור במיקום שונה מהתמונה שאנו עובדים עליה ובשם אחר שכן ע"י שמירת התוצאה אנו דורסים את התמונה המקורית ואם נרצה בעתיד לעבד שוב את התמונה לא נוכל!
כל תמונה דיגיטלית אפשר להציג ע"י ההיסטוגרמה שלה - זהו גרף שמציג באופן ויזואלי את חלוקת הפיקסלים בתמונה על פי הערכים של הפוטונים שנקלטו בהם:

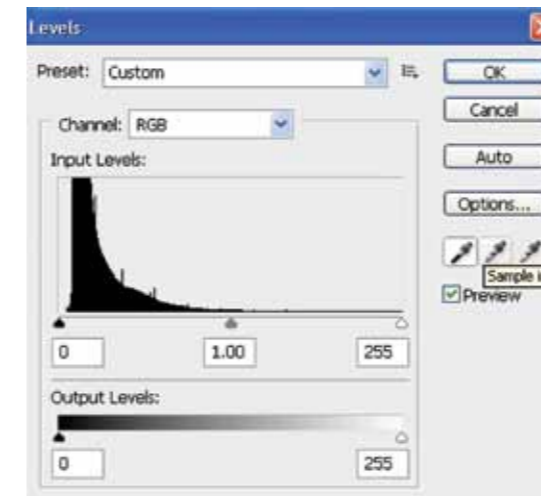
בצד שמאל את הפיקסלים הכהים (בהם לא נקלטו פוטונים) ובצד ימין את הפיקסלים הלבנים - כל תחום הביניים מציג את השתנות הגוונים משחור ללבן (משמאל לימין).

בהסברים שלנו נשתמש בתוכנת עיבוד התמונה פוטושופ.

תמונה המתקבלת מצילום אסטרונומי היא די חיוורת וללא ניגודיות (קונטרסט) בגלל שהאובייקטים מאד חלשים - התחום הדינאמי בצילום קטן.

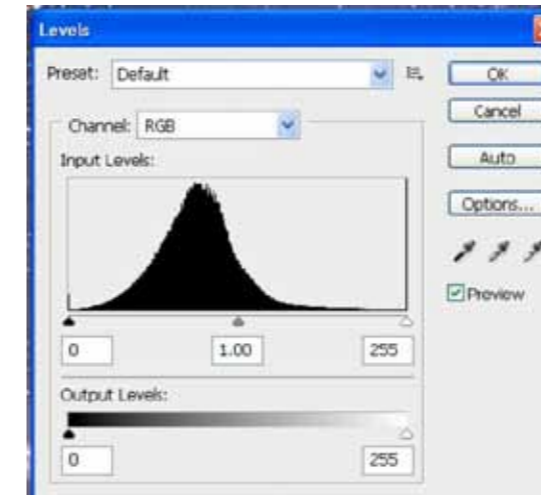
אנו נראה להלן כיצד אנו משפרים את התחום הדינאמי וכן את הפרטים בתמונה.

ע"י בחירת האפשרות LEVELS (IMAGE-ADJUSTMENTS-LEVELS) של כל תמונה מתקבל גרף כדוגמת הגרף הבא



מה שאנו רואים זה שכל הפיקסלים מتركזים בחלק השמאלי של התמונה כלומר בתחום הקרוב יותר לשחור. פרוש הדבר שתמונה זו חשוכה ומה ששולט בה זה הצבעים הכהים כלומר הטווח הדינאמי מتركז בתחום הכהה.

דוגמה נוספת:

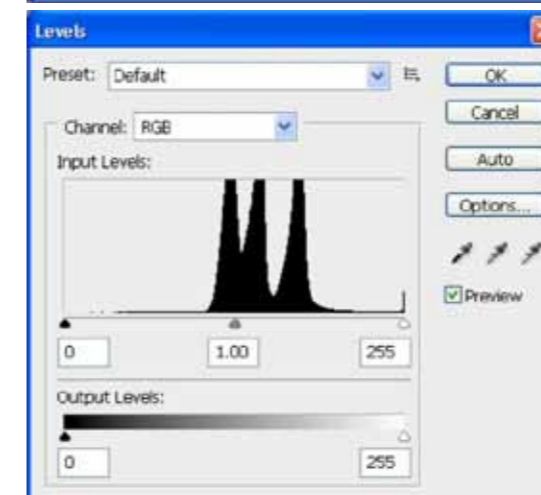


מה שבולט בתמונה זו שכל הפיקסלים מتركזים במרכז כלומר אין לבן ואין שחור - לכן תמונה זו תהיה חלבית היינו שהאפור בהיר שולט בה! ולכן הטווח הדינאמי מتركז במרכז ההיסטוגרמה.

אחת ממטרות עיבוד התמונה הדיגיטלית היא מתיחת הטווח הדינאמי (STRETCHING) לכל ההיסטוגרמה וע"י כך לצל את כל התחום הדינאמי ע"י ביצוע STRETCHING לתמונה מהגרף הקודם קיבלנו את הגרף הבא:

פיפטות:

מה שאפשר לראות שהגרף מתפרס כמעט על כל התחום הדינאמי ואין היצמדות של הגרף לאחד הצדדים השחור או הלבן ולכן זו תמונה שתראה טוב הרבה יותר, תהיה יותר נעימה לעין ועם הרבה יותר פרטים.



כיצד עושים מתיחה זו?

1. השיטה הגסה:

שימו לב בצד ימין של כל ההיסטוגרמה יש 3 "פיפטות" קטנות אלו נקראות POINT SAMPLER, כלומר מאפשרות לדגום מהתמונה את הצבע שלה על ידי הבאת הפיפטת אל האזור בתמונה שאנו מבקשים לדגום ולחיצה על מקש העכבר.

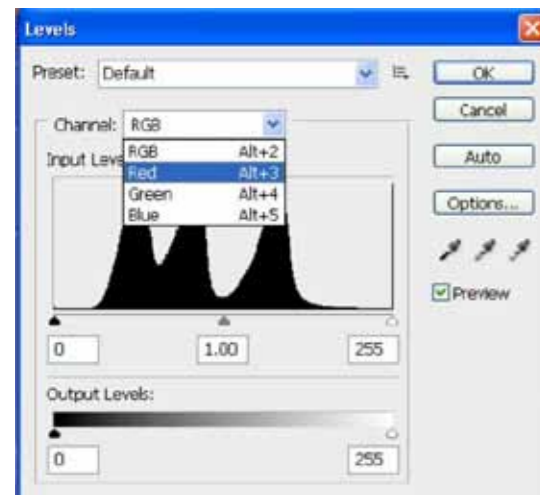
השמאלי צבוע בשחור שכן הוא קובע את הצבע השחור. הימני קובע את הלבן והמרכזי קובע את האפור. ע"י לחיצת העכבר על הפיפטת השחורה ואחר כך לחיצת עכבר בתמונה שלנו על אזור שאמור להיות שחור (לדוגמה אזור בשמיים ללא כוכבים) יהפוך כבמטה קסם את כל השמיים לשחורים - באותה מידה לחיצת עכבר על הפיפטת הלבנה ומייד אחר כך על אזור בתמונה שאמור להיות לבן (לדוגמה מרכז של כוכב גדול) מייד יהפוך את כל הכוכבים ללבנים וגם יבהיר את התמונה.

כעת התמונה נראית הרבה יותר חיה ודינאמית, ע"י בחירת הנקודה השחורה בתמונה והנקודה הלבנה בתמונה מתחנו את ההיסטוגרמה לכל התחום הדינאמי.

2. השיטה העדינה שתורמת גם לאיזון צבעים נכון יותר

כאמור, התמונה מורכבת מ 3 ערוצי צבע - RGB, ע"י ביצוע STRETCHING לכל ערוץ בנפרד נקבל תמונה הרבה יותר מדויקת מבחינת הצבעים. כיצד אנו עושים זאת:

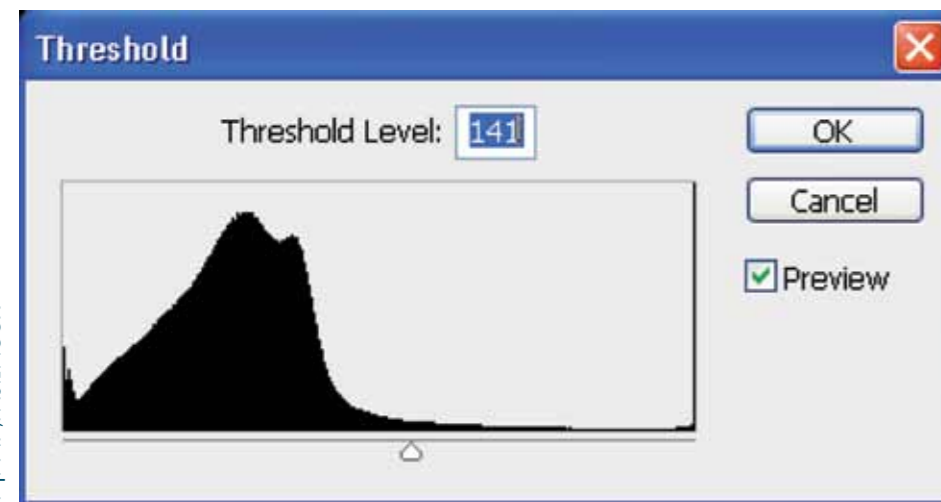
שימו לב שמעל גרף ההיסטוגרמה יש חלונות שמציינת CHANNEL RGB, זאת אומרת שגרף זה מציין את ההיסטוגרמה של כל הערוצים יחד - אדום עם ירוק ועם כחול - ולכן התיקון שנעשה הוא גם ומידי לכל ערוץ צבע.



ע"י לחיצה על הלחצן הקטן שמימין לכיתוב RGB ייפתח חלון שיאפשר לבחור כל ערוץ צבע בנפרד: כעת נבחר כל ערוץ צבע בתורו, למשל אדום, ושוב נבחר ע"י הפיפטות את הנקודה הכהה בתמונה כשחור והבהירה כלבן. כך גם עבור ערוץ ירוק ועבור ערוץ הכחול.

התמונה המוגמרת דומה מאוד למה שקיבלנו בתיקון הגס אבל הפעם התיקון נכון יותר מבחינת הרכב הצבעים. כיצד אנו יכולים לקבוע בתמונה מסוימת מהי הנקודה הכהה ביותר לטובת הפיכתה לשחור ומה התמונה הבהירה ביותר לטובת הפיכתה ללבן?

למזלנו יש לפוטושופ כלי שנקרא THRESHOLD אנו מגיעים אליו ע"י IMAGE-ADJUSTMENTS-THRESHOLD



ונפתח החלון הבא:

ע"י הזזת המשולש הקטן שבתחתית החלון עם העכבר ימינה ושמאלה התמונה מוחשכת ומוארת בהתאם - ע"י גרירה ימינה התמונה מתכהה והנקודה שמתכהה אחרונה או נשארת לבנה היא הנקודה הכי בהירה בתמונה

ע"י הזזת המשולש שמאלה התמונה מתבהרת והאזור שמתבהר אחרון או נשאר שחור הוא האזור שנרצה לדגום עם הפיפטת כאזור השחור.

אנו צריכים לזכור אזורים אלו ולא ללחוץ על OK - אחרת התמונה שלנו תקבל תוצאה שלא התכוונו אליה.

אם לחצנו OK לא לדאוג - יש בפוטושופ UNDO שמגיעים אליו ע"י EDIT-UNDO (מאד שימושי בעיבודי תמונה).
ע"י צעדים פשוטים של LEVELS התמונה שלנו הופכת לתמונה הבאה:



טיפ כמעט אחרון לנושא LEVELS

השמיים באמת לא שחורים - (על כך במאמר ארוך נפרד) לכן קביעת הנקודה הכהה בתמונה כשחור אמיתי (0,0,0) היא כהה מדי להמחשת צבע שמיים אמיתיים, הצבע המקובל לצבע השמיים הוא אפור כהה עם נטייה קטנה לכחול כגון (20,20,25) או (15,15,20) וזה כבר עניין של טעם אישי.

בצבע לבן מושלם (255,255,255) אין שום צבע - לכן אם נרצה שהכוכבים יהיו בצבעם ה"נכון" אנו צריכים שהלבן יהיה כמעט לבן היינו (245,245,245). כיצד נגרום לשחור להיות (20,20,25) וללבן להיות (245,245,245)?

הבה נפתח שוב את חלון LEVELS של תמונת המקור והפעם נלחץ פעמיים על הפיפטה השחורה - ייפתח חלון צבעים שמין בו ערך מספרי של RGB כלומר 20,20,25 נלחץ OK - באותו אופן נלחץ פעמיים על הפיפטה הלבנה ובחלון שייפתח מזין בהתאמה 245,245,245.

כעת נעשה שוב בחירה בתמונה של האזור הכהה והאזור הבהיר ונראה שהפעם השמיים אינם כה שחורים כמו קודם ונראים אמיתיים יותר. כאשר נלחץ OK נשאל את עצמנו האם נרצה לשמור הגדרות חדשות אלו עבור השחור והלבן - נלחץ YES וכעת ההגדרות שמורות לעיבודים הבאים שנעשה!

ולסיום - מה עם הפיפטה המרכזית - זו שקובעת את האפור?

היא מאד שימושית בהורדת זיהום אור ע"י בחירתה והקלקה בתמונה באזורים שונים אנו יכולים לראות כיצד גוון הרקע משתנה מעט בלחיצות במיקומים שונים - את הצבע האדום חיוור ששלט בתמונה (כתוצאה מזיהום אור) הורדתי בצורה זו!

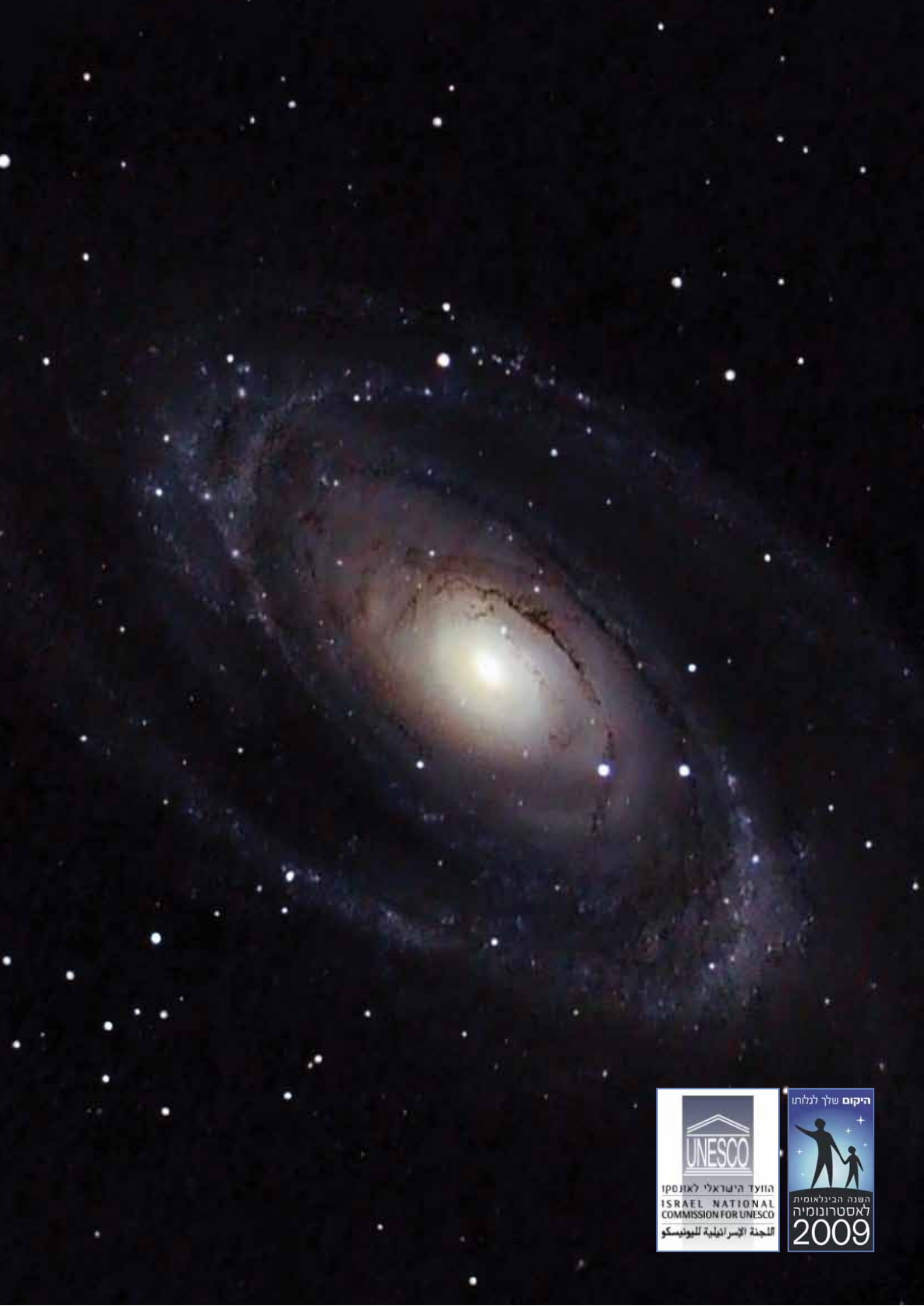
חלק מרכזי בלימוד עיבוד תמונה הוא הניסיון - ולכן אני מפציר בכל אחד לקחת תמונות - אפילו של בני הבית ולעשות להם תיקון קטן זה ב LEVELS ולהשוות את התוצאה לפני ואחרי.

בטוחני שמאד תאהבו כלי פשוט זה! - בשיעור הבא CURVES

אשמח לתגובות והצעות כפיר סימון tango33@gmail.com את תמונותי אפשר לראות ב 33 www.pbase.com/tango







הוועד הישראלי לאונסקו
ISRAEL NATIONAL
COMMISSION FOR UNESCO
اللجنة الإسرائيلية لليونسكو

היקום שלך לגלותו



השנה הבינלאומית
לאסטרונומיה
2009