

הנחיות לתלמיד - מעבדה שנה ג' – תצפיות אסטרונומיות

מדריך: דוד פולישוק

הכנה לניסוי:

- לאחר שנקבעו תאריך ושעת התצפית עליכם להתכונן לקראתה. ההכנה כוללת:
1. מציאת הקואורדינטות המשווניות (equatorial coordinates) של האסטרואיד לזמן התצפית.
 2. הדפסת מפת שמים של שדה התצפית הרלבנטי.

מציאת קואורדינטות:

1. היכנסו לאתר: <http://www.cfa.harvard.edu/iau/MPEph/MPEph.html>
2. רשמו בתיבה הגדולה את שם האסטרואיד (באנגלית) או את מספרו הסידורי.
3. מלאו את האפשרויות הבאות:
 - a. Ephemeris start date: מלאו את יום התצפית בפורמט YYYY MM DD.
 - b. Number of dates to output: רשמו 50 (מספר הדגימות שתקבלו).
 - c. Ephemeris interval: 30 דקות.
 - d. נתוני המצפה: Longitude: 34.8, Latitude: 32.1, Altitude: 20.
 - e. Display motions as: סמנו "/sec", קצב תנועת האסטרואיד בשניות קשת לשנייה.
 - f. Suppress output if sun above local horizon: סמנו
 - g. Suppress output if object below local horizon: סמנו
 - h. בטבלה Format for elements output: סמנו: מימין למעלה: MPC 8-line.
4. חיזרו למעלה ולחצו על [Get ephemerides/HTML page](#).
5. כעת קיבלתם את הקואורדינטות המשווניות ופרמטרים נוספים של האסטרואיד לתאריך ולשעת התצפית. בנוסף קיבלתם פרמטרים מסלוליים ואופטיים של האסטרואיד (בראש הדף).
6. שימו לב: השעות נתונות בזמן עולמי (Universal Time, UT). יש להוסיף שעותיים כדי לקבל את הזמן המקומי בשעון חורף ו-3 שעות בשעון קיץ.
7. הטורים: תאריך, זמן (UT), RA (עליה ישרה), Dec (נטייה), מרחק מהארץ (Δ), מרחק מהשמש (r), זווית אסטרואיד-ארץ-שמש (elongation), פאזה (Ph.), הערכת בהירות (V), תנועת האסטרואיד בשמים – מהירות ("/sec) וכיוון (P.A.), קואורדינטות אופקיות (אזימוט וגובה), גובה השמש (הערך צריך להיות שלילי...), אחוז מופע הירח (למשל, 0.5=חצי ירח), המרחק הזוויתי של האסטרואיד מהירח, גובה הירח.
8. יש להגיע אל התצפית עם רשומות אלו הרלבנטיות ליום התצפית.

השיבו על השאלות הבאות ובוואו עם התשובות לניסוי:

1. יחס שניית-קשת לפיקסל עבור המצלמה בה נשתמש הינו 0.9. מהו זמן החשיפה המרבי האפשרי עבור האסטרואיד בליל התצפית?
 2. בהירותם של ירחיו הגדולים של צדק (ירחים גלילאניים) הינה כ-6.5 mag. פי כמה בהירים ירחי צדק מהאסטרואיד? (זכרו שיחידות הבהירות הן בסולם לוגריתמי שבה כל ערך גבוה פי 2.5 מהערך הבא. כמו כן, זכרו שמדובר בסולם הפוך שבו ערך בהירות נמוך מצביע על גוף בהיר).
 3. העבירו את ערכי הקואורדינטות המשווניות (RA, Dec) לקואורדינטות אקליפטיות. לפי קו הרוחב האקליפטי בדקו האם האסטרואיד נמצא בחגורת האסטרואידים.
- כמו כן יש לענות על שאלות אלו בעת כתיבת הדו"ח בפרק על הכנת התצפית. רשמו את המשוואות הרלבנטיות ואת דרך החישוב.

הדפסת מפת שמים לתצפית:

1. הורידו את התוכנה החינמית ds9 (מצאו אותה דרך אתר הקורס).
2. בחרו בתפריט SAO-DSS <- Image Servers <- Analysis.
3. רשמו את הקואורדינטות המשווניות שקיבלתם בשדות α (RA), δ (Dec) הרלבנטיות לשעת התצפית.

4. גודל שדה הראיה של המצלמה הוא 12 (רוחב) על 8 (גובה) דקות קשת. רשמו זאת בחלון ולחצו Retrieve.
5. כדי להציג את התמונה במרכז החלון בחרו בתפריט Single Frame <- Frame (אפשר גם דרך הכפתור Frame ואז הכפתור Single בשורה מתחתיו).
6. כאשר תעבירו את הסמן על התמונה תראו את הקואורדינטות משתנות בשדות α (RA), δ -ו (Dec). באמצעות הלחצן השמאלי של העכבר תוכלו לסמן היכן יהיה האסטרואיד בשעת התצפית.
7. הדפיסו את מפת השמים ובואו איתה אל התצפית.
8. כדי להקל על מציאת השדה, הדפיסו גם מפה גדולה יותר עם שדה ראייה בגודל של 60X60 דקות קשת.

התצפית:

ביצוע הניסוי כולל את הרכבת המערכת (טלסקופ+finder+CCD+חיבור למחשב), כיוול הטלסקופ ופוקוס; זיהוי האסטרואידי והתצפית עצמה; פירוק המערכת.

במהלך הניסוי יש לערוך רישום של הפעולות השונות ולציין אותן בדו"ח שתגישו. כמו כן יש לרשום נתוני תצפית: תאריך, זמן ומיקום התצפית; תנאי הראות (מצב השמים והירח); הציוד בו משתמשים (טלסקופ ומצלמה); טמפרטורת המצלמה; זמני חשיפה; קואורדינטות משונויות אליהן כוון הטלסקופ.

כדאי לבוא אל הניסוי בלבוש חם, עם מזון ושתייה!

הרכבת המערכת (ע"י המדריך):

1. חיבור ה-Finder.
2. כיוון ה-Finder כך שיקביל לציר הטלסקופ.
3. כיוון הטלסקופ ל- $0=Dec$ ול-Sidereal Time.
4. חיבור הטלסקופ לספק כוח.
5. חיבור ה keypad לטלסקופ (ה keypad מאפשר שליטה בטלסקופ).
6. לאחר הדלקת הטלסקופ (כפתור on/off על גבי מארז המנוע של הטלסקופ) אסור להזיז את הטלסקופ ידנית, אלא רק באמצעות ה keypad. הזזת הטלסקופ מתבצעת באמצעות הכפתורים NSWE. הטלסקופ יכול לזוז בארבע מהירויות. המהירות המרבית הינה slow והאיטית find.

כיוון הטלסקופ:

1. כיוון ראשוני של הטלסקופ יעשה ע"י המדריך.
2. כאשר מרכיבים את ה CCD על הטלסקופ שדה הראיה הינו כ 8 על 12 דקות קשת, אך כיוון הטלסקופ מדויק רק עד כדי 15-30 דקות קשת. על מנת שנוכל לכוון את הטלסקופ ביעילות לעבר האסטרואידי, נבצע כיוון מקומי של הטלסקופ באזור בשמיים שבו נמצא האסטרואידי.
3. בסוף חוברת ההדרכה של הטלסקופ, תמצאו קטלוג של כוכבים בהירים. בחרו את הכוכב הקרוב ביותר לאסטרואידי.
4. כיוון הטלסקופ אל הכוכב מתבצע ע"י הקשת "star number" ואחריו את מספר הכוכב (שלוש ספרות) ולאחר מכן goto 1 enter.
5. הכוכב לא ימצא במרכז שדה הראיה. באמצעות ה keypad כווננו (במהירות איטית) את הכוכב למרכז שדה הראיה ולחצו enter ארוך, לאחר הלחיצה תופיע ההודעה "coordinates matched".
6. עתה ניתן להרכיב את ה CCD על הטלסקופ, לשנות את הפוקוס (כשלושה סיבובים עם כיוון השעון) ולצלם תמונה. מאחר ואנו מכוונים לכוכב בהיר, חשיפה של שנייה אחת תספיק. אין צורך לשמור את התמונה. הכוכב לא יופיע במרכז השדה. על מנת לבצע איפוס כאשר ה CCD מורכב על הטלסקופ נחזור על שלב 5 כאשר הפעם ה-CCD מחובר לטלסקופ.

תוכנת הצילום (CCDOPS):

כאשר ה-CCD פתוח יש לפתוח את תוכנת הצילום שנמצאת על שולחן העבודה – CCDOPS. יש לקרר את המצלמה לכ- 0° כך שה-cooling power יתייצב על ערך של כ-30% ולא למעלה מכך.

פיקוס הטלסקופ:

פיקוס מדויק של הטלסקופ מתאפשר ע"י הרכבת מכסה עם שני חורים (המכונה "מסכת הרטמן") המצוי בארון האביזרים של הטלסקופ (חישבו מדוע?). נרכיב את המכסה וניקח תמונות ב"מצב פוקוס" (ראה חוברת הסבר של CCD). נשנה את הפוקוס (מעט מאד) בכל פעם שנלקחה תמונה, עד שהכוכב הכפול יתמזג לכוכב בודד. **לא לשכוח להסיר את המכסה.**

כיוון לאסטרואידי:

לחצו על הכפתור "mode" מספר פעמים עד שיופיע תפריט עם RA ו DEC (קאורדינאטות הטלסקופ). לחצו על goto והקישו את הקאורדינאטות המתאימות ליום ולשעה. למעבר לשורה הבאה (DEC) לחצו על enter, ולבסוף לחצו enter והטלסקופ ינוע לעבר הכוכב המשתנה. צלמו את שדה הראיה ונסו לזהות את האסטרואידי – הגוף שנראה בטלסקופ אך לא במפת השמים שהבאתם. מרכזו את הטלסקופ עם יש צורך. במהלך הניסוי עקיבת הטלסקופ לא תהיה מושלמת, והאסטרואידי וכוכבי השוואה ינועו אל מחוץ לשדה הראיה. השגיחו לא לאבד את האסטרואידי! מדי מספר תמונות השיבו את האסטרואידי למרכז השדה.

צילום האסטרואידי:

יש לצלם את האסטרואידי במשך מספר שעות, בכמה שיותר תמונות. ניתן להשתמש במצב autograb המאפשר צילום מספר תמונות ברצף ללא התערבות. לא מומלץ לצלם יותר מ 5 תמונות ברצף מבלי לבדוק עם האסטרואידי וכוכבי השוואה עדיין נמצאים בשדה הראייה.

צילום תמונות עבור כיוול ה-Flat Field:

כאשר האסטרואידי יהיה נמוך מספיק בשמים והטלסקופ לא יוכל לצפות בו, יש לצלם מספר תמונות של שדות שונים שימשו אותנו ליצירת תמונת "Flat Field" ("החלקת שדה") כדי לכייל החוצה הפרעות שונות – ראו בפרק הבא.

פירוק המערכת:

1. הפסקת קירור המצלמה. יש לסגור את תוכנת המצלמה ולהוציאה מהחשמל רק לאחר שמנוע הקירור מצביע על 0% מאמץ.
2. פירוק המצלמה מהטלסקופ – יש לחבר למצלמה, לעינית הטלסקופ ולקצה הטלסקופ את המכסים הרלבנטיים.
3. שליחת הטלסקופ ל-0 Dec ולמרדיאן ורק לאחר מכן לכבות את הטלסקופ.
4. ניתוק ה-keypad, ספק הכוח וה-finder מהטלסקופ.
5. שחרור הטלסקופ למצב כבוי וכיסויי במתקן הלבן – לא לשכוח להבריג ולנעול.

כדאי להעתיק את התמונות שצילמתם ל-USB כגיבוי.

עיבוד תמונה, מדידה וכיול:

תוכנת IRAF (המותכנת על מחשב הטלסקופ) מאפשרת לערוך עיבוד תמונה, מדידות וכיול. התוכנה רצה על מחשב הטלסקופ תחת מערכת הפעלה Linux.

כניסה למחשב:

ראשית, הדליקו את המחשב.

כאשר יופיע מסך ברירה בין מערכות הפעלה וודאו שהשורה המסומנת היא השורה הראשונה (Red-) (Hat). המחשב יעלה עתה את מערכת ההפעלה Linux. הקישו את שם המשתמש: stud1 ואחריו את הסיסמה: yovel50. לאחר שנכנסת לחשבון יפתח חלון Shell – Konsole, בו ניתן להקיש פקודות למערכת ההפעלה. ניתן לפתוח כמה חלונות כאלה לצורך הפעלה של מספר תכניות.

פקודות Linux בסיסיות:

pwd – present working directory, מראה את ספריית העבודה הנוכחית שבה אתם נמצאים.

ls – מציג את רשימת הקבצים בספרייה הנוכחית.

df – מציג את הדיסקים הקשורים למחשב וכמה מקום נשאר בכל אחד מהם.

emacs - מעבד תמלילים.

cp - העתקת קבצים. לדוגמא אם ברצונך להעתיק את כל הקבצים מהספרייה /dos/data1105 לספרייה שבה אתם נמצאים: cp /dos/data1105/* (המקום שבו אתם נמצאים מסומן בעזרת נקודה).

mkdir - צור ספרייה.

cd – change directory.

rm - מחק קובץ.

יש ליצור ספרייה שבה תרכזו את כל פעילותכם. העתיקו את התמונות שלכם לספרייה שאותה פתחתם.

מחלון ה-shell הקישו את הפקודה: **xterm &**, פקודה זו פותחת חלון חדש דמוי shell. תוספת ה-**&**

משאירה את חלון ה-shell פעיל, לו תזדקקו בהמשך.

בחלון ה-xterm עברו לספריית הבסיס ע"י הקשת הפקודה: **cd ~**. בדוק שאתה אכן נמצא בספריית הבית ע"י הפקודה **pwd** (home/stud1/).

הפעלת IRAF:

רישמו **cl** לפתיחת IRAF (רצוי להגדיל את החלון במקצת, במיוחד לגובה).

IRAF היא תוכנה לעיבוד תמונות אסטרונומיות. מחלון ה-cl ניתן להקיש פקודות UNIX בסיסיות כגון, **ls**, **cd**, **pwd**. על מנת שהתוכנה תעבוד בצורה טובה יש לפתוח אותה מספריית הבית.

על מנת להציג תמונות, עליכם לפתוח תוכנה נוספת שנועדה להצגת תמונות. מחלון xterm רשמו: **!ds9** &

עתה חזרו לחלון ה-cl ועברו לספרייה שבה נמצאות התמונות (שימו לב! כעת אתם נמצאים בתיקייה (home/stud1/iraf/).

רשמו: **display image_name**, כאשר **image_name** הינו שם התמונה שאותה אתם רוצים להציג. לאחר הפקודה תישאלו באיזה frame תרצו להציג את התמונה. פרמטר זה איננו חשוב, הקישו **Enter**.

פקודות IRAF ניתן להפעיל בשתי דרכים:

1. שם פקודה ואחריה הפרמטרים, לדוגמא: **display image_name** או **imstat image_name**. הפקודה **imstat** מציגה נתונים סטטיסטיים על התמונה, כגון הממוצע של ערכי הפיקסלים בתמונה.
2. ניתן לרשום **epar** ואחריו את שם הפקודה, למשל **epar imstat**. פקודה זו מאפשרת לך לראות ולערוך את כל הפרמטרים של הפקודה ועל כן זוהי דרך נוחה מאד להרצת פקודות. על מנת להריץ פקודה ממצב של **epar**, הקש - **go** (נקודתיים **go**). על מנת לצאת ממצב של **epar** ולשמור את הפרמטרים שאותם עדכנת, יש להקיש **ctrl-D** או **q** (נקודתיים **q**), ואילו **ctrl-C** יוצא ממצב **epar** מבלי לשמור את הפרמטרים שעודכנו.

כל פקודות ה-IRAF שעובדות על תמונות יכולות לקבל כפרמטר את שם הקובץ של התמונה, או מספר תמונות (תמונה, תמונה, תמונה) או שם של קובץ רשימה המכיל בכל שורה שלו שם של תמונה. במצב זה הפעולה תבצע על כל התמונות ברשימה. על מנת ש-IRAF ידע שאנו עוסקים ברשימה יש להוסיף לפני שם הקובץ את הסימן @, (למשל @list).

שימו לב: תוכנת ה-IRAF לא מתמודדת טוב עם רווחים, לכן שמות הקבצים של התמונות חייבים להיות רשומים ללא רווחים. שימו לב במיוחד שאין רווח מיותר לפני שם הקובץ. כמו כן אסור שתיהנה שורות רווח בקובץ, וביחוד שאין שורת רווח מיותרת בסוף הקובץ. הדרך הטובה ביותר ליצור קובץ רשימה נכון היא ע"י הפקודה: `ls *.FIT > filename`, כאשר filename מייצג את שם קובץ הרשימה שלכם. פקודה זו יוצרת קובץ רשימה מכל הקבצים עם סיומת FIT בתיקייה.

Task-ים שימושים ב-IRAF:

imexam - מבצע ניתוח גרפי של נתוני כוכב מבוקש.
imarith - מבצע פעולות אריטמטיות בין תמונות ו/או קבועים.
imcombine - מצרף אוסף תמונות לתמונה בודדת.
imstat - מחשב עבור כל תמונה סטטיסטיקה כללית.
phot - ביצוע פוטומטריה (מדידת עוצמת אור), task זה עושה שימוש בחבילות ה-task-ים: `datapars, fitskypars, centerpars, photpars`.
imhist - היסטוגרמה של תמונה.
labc_ast_phot - פוטומטריה ידנית של רצף תמונות.

עיבוד תמונה:

תוכנת הצילום (CCDOPS) מפחיתה מכל תמונה שנלקחת תמונת Dark (תמונה באותו אורך של זמן חשיפה אבל עם צמצם סגור). על כן אין צורך לשמור ולהפחית תמונות dark.

Flat Field – החלקת השדה

כתוצאה ממבנה ה-CCD וכן מאי-אחידות באופטיקה של הטלסקופ (לדוגמא: אבק על המשטחים האופטיים, או על חלון ה-CCD) התמונות שאנו מצלמים אינן בעלות רקע שטוח (קרי במקומות מסוימים עובר יותר אור ובמקומות אחרים פחות אור). מאחר ואנו רוצים למדוד את עוצמת האור של כוכב ביחס לכוכבים אחרים, עלינו לתקן את התמונות מההפרעות. אם לא נבצע את התיקון הנ"ל, כל פעם שהאסטרואידי או כוכבי ההשוואה ימצאו באזור שבו עובר פחות אור יראה לנו כאילו הם נחלשים!

על מנת לנרמל את התמונה, נהוג לקחת תמונת Flat Field.

תמונת ה Flat Field הינה תמונה של מקור אור אחיד, למשל השמיים. לאחר מכן ננרמל את התמונה ע"י חלוקה של כל פיקסל בתמונה במוצעת של כל הפיקסלים. ועתה נקבל תמונה שבה הערכים הינם גדולים מאחד היכן שעבר יותר אור וקטנים מאחד, היכן שעבר פחות אור.

השלב הסופי הינו חלוקת התמונות שלנו בתמונת ה Flat Field (חישבו מדוע?). כתמונות Flat Field יכולות לשמש תמונות של מקור אור אחיד, למשל שמיים בזמן דמדומים. ניתן גם להשתמש בתמונות עצמן של הגופים אותם צילמנו, אבל תמונות אלו מכילות כוכבים ולא רק שמיים. על מנת להעלים את הכוכבים מתמונת ה Flat Field ולהישאר רק עם הרקע, ממצעים את התמונות ע"י ממוצע חציוני (Median), כך שפיקסלים בעלי ערכים גבוהים או נמוכים מסוננים החוצה. כמובן שיש לנרמל את תמונת ה Flat Field המתקבלת על ידי חלוקה שלה במוצעת של כל התמונה, כך שלבסוף ממוצע תמונת ה Flat Field הינו אחד. עתה על ידי חלוקת תמונות האסטרואידיים בתמונת ה Flat Field ננרמל את התמונה ותתקבל תמונה בעלת רקע אחיד ושטוח (ודאו שתהליך זה ברור לכם).

על מנת לקבל Flat Field טוב, יש לזכור כי שגיאות המנייה הינן פואסוניות, ועל כן השגיאה היחסית קטנה כמו $1/\sqrt{N}$ ועל כן ככל שמספר המניות הכולל גדול יותר כך תמונת ה-Flat Field טובה יותר. על כן, רצוי לחבר מספר רב ככל האפשר של תמונות.

- עם הרקע בתמונה ממוצעת הינו כ 300 אלקטרונים, כמה תמונות Flat Field יש צורך לחבר על מנת שהשגיאה היחסית תהיה קטנה מאחוז אחד?

ראשית יש ליצור תמונת Flat-Field שהיא כאמור תמונה האמורה לייצג את מעבר האור במערכת האופטית. תהליך זה מתבצע ע"י צילום של מקור אור אחיד, או ע"י לקיחת החציון (median) של תמונות שמייים רבות ככל האפשר. למספר התמונות חשיבות רבה: ראשית, כך נעלים את דמויות הכוכבים המופיעות בתמונות (בתנאי כמובן שיש הזזה בין תמונה לתמונה) בנוסף על כך מספר תמונות גדול משפר את יחס האות לרעש ועל כן את דיוק תמונת ה Flat-Field.

את תמונת ה Flat-Field נייצר באמצעות הפקודה **combine**. באמצעות פקודה זו ניתן לחבר תמונות ע"י מיצוע או חציון. ניתן לקרוא בהרחבה על פקודה זו ואחרות ע"י הקשת help ולאחר מכן את שם הפקודה. הפקודה combine מקבלת רשימת תמונות ומחזירה תמונה בודדת, שיטת חיבור התמונות צריכה להיות median, הפרמטר scaling צריך גם הוא להיות על median ואילו weight ו-zero צריכים להיות על none. פרמטר חשוב נוסף הינו reject, באמצעותו, לפני פעולת "חיבור" התמונות ניתן לזרוק פיקסלים עם ערכים גבוהים או נמוכים. מומלץ להשתמש ב minmax, מספר הפיקסלים הנמוכים/גבוהים שיזרקו נשלט ע"י הפרמטרים nhigh/nlow.

פקודת ה combine יצרה תמונת Flat-Field אך עתה יש לנרמלה כך שהממוצע של התמונה יהיה 1. באמצעות הפקודה imstat מצאו את הממוצע של תמונת ה Flat-Field, ועתה באמצעות הפקודה imarith חלקו את התמונה בממוצע של עצמה ותקבלו תמונת Flat-Field מנורמלת. (שימו לב: פעולת combine יכולה לעבוד על רשימה של עד 110 תמונות).

הפקודה imarith מקבלת operand1, operator, operand2 ו result. האופרטור יכול להיות / * - + ואילו האופרנדים יכולים להיות תמונות, רשימת תמונות או קבועים. אם עובדים על תמונה אחת כמו במקרה זה operand1 יהיה שם התמונה, operand2 יהיה הממוצע בו מחלקים ו-result יהיה שם של תמונת התוצאה. לאחר שיצרתם פקודת Flat-Field מנורמלת, הציגו אותה ובדקו שהממוצע שלה אכן שווה 1. עתה חלקו את כל התמונות בתמונת ה Flat-Field המנורמלת, בעזרת imarith (כעת operand1 צריך להיות רשימה של תמונות המקור ו-result יהיה רשימת תמונות התוצאה). הציגו מקצת התמונות ובדקו אם מצבן השתפר.

- **תארו בדו"ח את תהליך יצירת תמונת ה-Flat Field ואת משמעותו, וצרפו תמונה של "לפני" ו"אחרי" החלקת השדה.**

פוטומטריה (מדידת אור):

עתה אתם מוכנים לביצוע מדידת עוצמת האור של האסטרואידי ביחס לכוכבים אחרים בשדה הראיה (לפחות שניים). ישנן מספר דרכים לביצוע פעולה זו:

דרך אחת הינה לעשות שימוש בפקודה `labc_ast_phot`. עליכם להבין היטב את הפרמטרים של פקודה זו, בעיקר, יש לבחור מיפתח (aperture) מתאים (ראו למטה הערות והסברים על הפרמטרים). הפקודה מקבלת את רשימת התמונות שעליהן יש לעבוד וכן שם קובץ שלתוכו ירשמו התוצאות. (כמו בכל מקרה מומלץ לנסות את הפקודה על מעט תמונות לפני שמריצים אותה על הרשימה המלאה). הפקודה תציג את התמונות על פי סדרן ברשימה, לאחר שתמונה הוצגה יהפוך הסמן על גבי מסך ה ds9 ממצב של חץ למצב של טבעת. בשלב זה מדידת כוכב מתבצעת ע"י הבאת הסמן לכוכב אותו רוצים למדוד והקשת **space**. הפעולה תגרום להופעת שורת נתונים על מסך ה-IRAF. חזרו על הפעולה עבור כל הכוכבים שברצונכם למדוד. לאחר מכן הקישו **q**, עתה **עבור למסך ה-IRAF** והקישו **w**. עתה תוצג התמונה הבאה, וכך הלאה.

חשוב: יש לבחור מראש את הכוכבים שאותם אתם מעוניינים למדוד, ולדאוג שהם מופיעים בכל התמונות, יש להקיש על הכוכבים בכל תמונה באותו הסדר תמיד (סמנו את הכוכבים הללו על מפת ההשוואה וציינו בדו"ח באילו כוכבים השתמשתם). סדר ומספר הכוכבים חשוב, מאחר והתוצאה הסופית הינה קובץ שבו שורה עבור כל כוכב, ע"פ סדר ההקשה. הקובץ מכיל מספר פרטים, וביניהם, הזמן שבו צולמה התמונה, הבהירות והשגיאה. המשך ניתוח הנתונים יהיה על קובץ זה.

הערות בנוגע לפרמטרים של labc_ast_phot:

labc_ast_phot היא תכנית שנכתבה ע"י אחד ממדריכי הניסוי בעבר (ד"ר ערן אופק), לכן צורת הפרמטרים שהיא מקבלת שונה במעט מצורת הפרמטרים בפקודות הסטנדרטיות של IRAF.

הפעלת התוכנה מבוצעת מתוך מצב epar בעזרת הקשת **go**.
iraflist - מקבל קובץ רשימה של התמונות אותן רוצים למדוד, **אין להכניס @** לפני שם הקובץ (הכנסת @ בטעות תיתן שגיאה בהפעלה).

apertur - קובע את רדיוס המעגל בו תבוצע מדידת אור הכוכב. מעגל זה צריך להיות גדול מספיק כדי להכיל כל כוכב שתמדוד אך לא קטן מדי כדי להימנע מהכנסת רעש מיותר לשדה הנמדד.

sannulu - קובע את הרדיוס הפנימי של "טבעת השמיים" סביב הכוכב. האור מטבעת השמיים יחוסר מאור הכוכב הנמדד כדי לקבל מדידה נטו של אור הכוכב. יש לבחור רדיוס כזה שאור השמיים לא יזוהם מאור הכוכב הנמדד או כוכבים אחרים באזור.

wannulu - רוחב טבעת השמיים.

לשם מציאת הרדיוס האופטימלי יש להשתמש בפקודה imexam. לאחר הצבת הסמן על הכוכב המבוקש ניתן לקבל גרפים של התפלגות האור שלו בעזרת המקשים:

r – נותן גרף רדיאלי של התפלגות האור.

e – נותן גרף קונטורים של התפלגות האור.

s – גרף תלת מימדי של התפלגות האור.

j – התפלגות האור לאורך ציר x.

k – התפלגות האור לאורך ציר y.

q – יציאה.

- **על-סמך הגרף הרדיאלי של התפלגות האור: על כמה פיקסלים נמצא כוכב בתמונה? תרגמו זאת לשניות קשת ורשמו את גבול ההפרדה הזוויתית של מערכת התצפית. פי כמה הייתה ההפרדה הזוויתית טובה יותר ללא ההפרעות האטמוספריות ביחס להגבלת ה-CCD? וביתס להגבלת הטלסקופ?**

פתרון מצבים בעייתיים אחדים בתוכנת IRAF:

1. בעיה: חלק מהפקודות לא עובדות.
פתרון: תוכנת ה-IRAF לא הופעלה מספריית הבית. יש לצאת מכל החלונות, לפתוח xterm, לחזור לספריית הבית ולהפעיל מחדש.
2. בעיה: בהפעלת imexam מקבלים ג'יבריש של טקסט ב-IRAF במקום גרף של התפלגות עוצמת האור.
פתרון: כמו ב-1. יש להפעיל את IRAF מחדש מספריית הבית.
3. בעיה: בהפעלת פקודות המערבות רשימות מתקבלת הודעת שגיאה.
פיתרון: בדוק האם השתמשת בסימן @ לפני כל שם קובץ רשימה. ובדוק האם בקובצי הרשימה אין רווחים מיותרים לפני שמות התמונות, ואין שורת רווח מיותרת בסוף.
4. בעיה: בהפעלת הפקודה labc_ast_phot מתקבל בקשה לפרמטר lis1, ולאחר הכנסתו הודעת שגיאה.
פיתרון: בדוק האם סימן @ מופיע לפני קובץ הרשימה, אם כן יש להסירו.
5. בעיה: בהפעלת labc_ast_phot מופיעה השורה:
Boolean expression for record selection (yes):
פיתרון: הפקודה לא הופעלה בצורה הנכונה. יש להפעילה מתוך epar בעזרת הקשת **go**.
6. בכל מצב אחר בו לא ברורה סיבת התקלה נסה להפעיל פעמיים את הפקודה flpr, ולאחר מכן צא והיכנס שנית ל-IRAF.

ניתוח נתונים:

העבירו את הקובץ לתוכנת עיבוד הנתונים המועדפת עליכם כמו MATLAB או Excel.

כיול יחסי של בהירות האסטרואיד בעזרת כוכבי השוואה:

קיבעו תמונת ייחוס אחת ובדקו את בהירות כוכבי השוואה בתמונה זו. עברו על כל התמונות האחרות וחשבו את ההפרש הממוצע בין בהירות כוכבי השוואה בתמונת הייחוס לבין בהירותם בכל תמונה ותמונה. את ההפרש הממוצע יש להוסיף לבהירות האסטרואיד בתמונה הרלבנטית. שימו לב ששגיאת הבהירות גדלה עבור כל תמונה וכוללת כעת גם את שגיאת בהירות כוכבי השוואה! רשמו בדו"ח כיצד לחשב את שגיאת הבהירות לאחר הכיול היחסי.

כיול מוחלט של בהירות האסטרואיד:

שימו לב שערכי הבהירות שקיבלתם עבור האסטרואיד וכוכבי השוואה הם יחסיים למערכת התצפית המסוימת (טלסקופ, CCD) ולמצב האטמוספרי בליל התצפית. למעשה, יש להוסיף קבוע לכל המדידות בכדי להגיע ל-"סולם הבהירות הסטנדרטי". מכיוון שהקבוע איננו ידוע ודורש תצפיות לכיול השאירו אותו כנעלם המסומן ב-ZP (Zero Point).

כיול מרחק האסטרואיד:

ערכו ממוצע לערכי הבהירות המכוילים של האסטרואיד. מתוך נתוני הכנת התצפית מצאו את מרחקו הממוצע בעת התצפית מהשמש ומכדור הארץ. מצאו את הבהירות המוחלטת של האסטרואיד H (ראו מצגת). הציגו את המשוואה הרלבנטית ופתרונה. אל תשכחו את השגיאה של H. שאלו את המדריך מהי הבהירות המוחלטת של האסטרואיד וחשבו באמצעותה את הקבוע ZP למעבר ל-"סולם הבהירות הסטנדרטי".

הערכת קוטר האסטרואיד:

שאלו את המדריך מהו האלבדו של האסטרואיד. עם נתוני הבהירות המוחלטת H והאלבדו של האסטרואיד העריכו את רדיוס האסטרואיד (ראו מצגת). אל תשכחו את שגיאת הרדיוס.

עקומת אור:

העלו על גרף את המדידות המכוילות של בהירות האסטרואיד כפונקציה של הזמן. זוהי עקומת האור. בהירות האסטרואיד השתנתה עם הזמן. לפי הנתונים שבידכם והמשוואות מהמצגת שניתנה בכיתה נסו להעריך את צורת האסטרואיד (יחסי הצירים a/b) ואת זמן המחזור של האסטרואיד. לא לשכוח חישובי שגיאות.

הנחיות כלליות לכתיבת הדו"ח:

1. הדו"ח צריך להכיל מבוא ("רקע תאורטי") על נושא התצפית - אסטרואידיים.
2. הוסיפו פרטים מהספרות על האסטרואיד בו צפיתם.
3. תיאור תמציתי של הכנת התצפית ותשובות על השאלות שנשאלו בפרק זה.
4. תיאור תמציתי של מערכת התצפית ומהלך התצפית.
5. הציגו תמונה מליל התצפית וסמנו בה את האסטרואיד וכוכבי ההשוואה. אפשר ורצוי להדפיס אותה בתשליל (נגטיב – השמים לבנים, והכוכבים שחורים).
6. תיאור של שלבי עיבוד התמונה, המדידות וניתוח הנתונים, כולל הפרמטרים שבהם השתמשתם לביצוע הפוטומטריה והרציונל שמאחורי השלבים השונים.
7. בפרק "תוצאות ומסקנות" יש להציג את התוצאות השונות אליהם הגעתם. השוו אותם לנתונים מהספרות (אינטרנט...) והסבירו את ההתאמה או אי-ההתאמה לערכים אלה.
8. חישובים צריכים לכלול את המשוואות, הסבר על הפרמטרים שלהם, ותוצאות.
9. יש להוסיף חישובי שגיאות היכן שאפשר.
10. גרפים צריכם להיות ברורים! עם יחידות, שגיאות, צירים, כותרות והסברים. שטח הגרף צריך להיות מנוצל בצורה טובה.
11. טבלאות ארוכות מקומם בנספחים ולא בגוף הדו"ח.
12. יש להימנע מהערכות שרירותיות ולהשתמש במשוואות.