

## אסטרונומיה כללית - תרגול 9

מתרגל: עידו אופיר

### תוכן עניינים

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| 2..... | 1. הפרדה זוויתית.....                |
| 2..... | 1.1. דיסקת איירי.....                |
| 2..... | 1.2. דוגמא.....                      |
| 2..... | 2. מערכות קואורדינטות.....           |
| 2..... | 2.1. מערכת קואורדינטות משווניות..... |
| 3..... | 2.2. דוגמא.....                      |
| 4..... | 3. הגדלה - Magnitude.....            |
| 4..... | 3.1. הגדלה נראית.....                |
| 4..... | 3.2. הגדלה מוחלטת.....               |
| 5..... | 3.3. דוגמאות.....                    |
| 5..... | 3.4. תרגיל 1.....                    |

## 1. הפרדה זוויתית

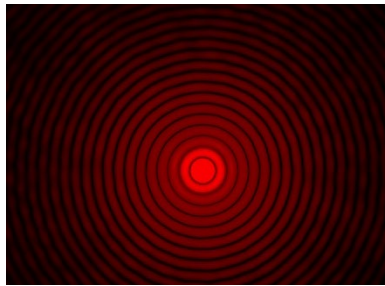
### 1.1. דיסקת איירי

באופטיקה, דיסקת איירי היא כתם האור הממוקד ביותר המתקבל על ידי עדשה אידיאלית עם מפתח גדול כאשר גודל הכתם מוגבל כתוצאה מעקיפה של אור. תבנית העקיפה המתקבלת ממפתח עגול מורכבת מאזור בהיר במרכז הנקרא Airy disk. הזווית שבה רואים את המינימום הראשון, ניתנת על ידי הנוסחה:

$$(1) \quad \theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

כאשר  $\theta$  נמדדת ברדיאנים,  $\lambda$  הוא אורך הגל ו-  $D$  הוא קוטר המפתח.

השימוש החשוב ביותר של טבעות איירי הוא במצלמות, מיקרוסקופים וטלסקופים. בגלל דיפרקציה, הנקודה הקטנה ביותר שעדשה/מראה יכולה לפקס אור היא בגודל של דיסקת איירי.



איור 1: דיסקת איירי הנוצרת מלייזר אדום העובר דרך חריץ של  $90 \mu\text{m}$

### 1.2. דוגמא

אסטרונום רוצה לבנות טלסקופ עבור אור אינפרה-אדום עם רזולוציה של  $1 \text{ arcsec}$  עבור אורך גל של  $20 \mu\text{m}$ . מה צריך להיות הקוטר של מראת הטלסקופ?

$$(2) \quad \theta = 1 \text{ arcsec} = \left(\frac{1}{3600}\right) \left(\frac{2\pi}{360}\right) = 4.8 \cdot 10^{-6} \text{ rad}$$
$$D = 1.22 \left(\frac{2 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{4.8 \cdot 10^{-6} \text{ rad}}\right) = 5.08 \text{ m}$$

## 2. מערכות קואורדינטות

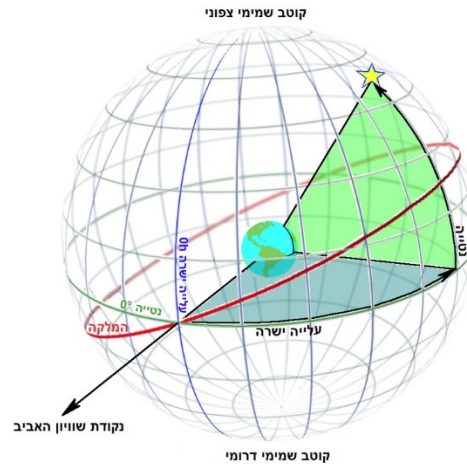
קיימים באסטרונומיה מספר רב של מערות קואורדינטות. כגון:

- אופקית - Alt - Az
- משונית
- מלקה
- גלקטית
- סופר גלקטית

### 2.1. מערכת קואורדינטות משונית

מערכת קואורדינטות משונית היא מערכת קואורדינטות בה מרחיבים את קווי הרוחב והאורך שאנו מכירים מכדור הארץ על השמיים. במערכת זו מציינים קווי אורך ורוחב המקבילים לקווי האורך והרוחב של כדור הארץ כאשר האפס ממוקם במרכז כדור הארץ וקו המשווה של המערכת הוא קו המשווה השמימי שנוצר מההיטל של קו המשווה של כדור הארץ על השמיים. קו האורך ה-  $0$  של המערכת נתון על ידי נקודת

שוויון האביבים (הנקודה בה חצי הכדור הדרומי והצפוני מוארים במידה שווה כלומר אורך היום ואורך הלילה שווים).



איור 2: מערכת קואורדינטות משוונים (באדום מישור המלקה, בירוק קו המשווה השמימי)

בגלל ההטייה של ציר הסיבב במהלך השנה יש נדידה של נקודת שוויון האביבים ולכן יחד עם המדידה מצוין הזמן בה היא נלקחה.

אובייקטים שמיימיים מאופיינים בשתי קואורדינטות ולכן המערכת מאופיינית בשתי קואורדינטות:

- $RA$  - *Right ascension* המסומנת ב-  $\alpha$ .
- $DEC$  - *Declination* המסומנת ב-  $\delta$ .

היחידות המקובלות עבור  $\alpha$  נרשמות בצורה הבאה  $hh:mm:ss$  כאשר על מנת לחשב את השעה, הדקה והשנייה נגדיר:

$$(3) \quad 1 \text{ hour} = \frac{360}{24} = 15^\circ, \quad 1 \text{ minute} = \frac{1}{60} \text{ hour} = 0.25^\circ, \\ 1 \text{ sec} = \frac{1}{60} \text{ minute} = 0.0042$$

את היחידות של  $\delta$  רושמים באמצעות מעלות כאשר  $-90^\circ < \delta < 90^\circ$  (סימן "+" אם מודדים צפונית לקו המשווה ו- "-" מדרום לקו המשווה). דקות קשת ושניות קשת נרשמות בצורה הבאה:  $\pm dd:mm:ss$ .

עבור הזמן מקובל לציין רק את תקופת הייחוס (*epoch*) כאשר התקופות המקובלות הן:

$B 1950 - 31 Dec 1949 22:09$  (שעון גריניץ')

$J 2000 - 1 Jan 2000 12:00$  (זמן אוניברסלי מתואם)

## 2.2. דוגמא

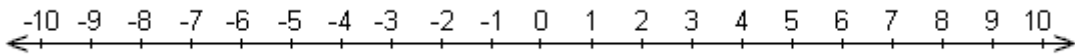
עבור אובייקט בקואורדינטה  $DEC: + 16: 29: 00$  ו-  $RA: 04: 36: 00$  נוכל להסיק את  $\alpha$  ו-  $\delta$  במעלות:

$$(4) \quad \alpha = 4 \cdot 15 + 36 \cdot \frac{15}{60} + 0 \cdot \frac{15}{60 \cdot 60} = 69^\circ$$

$$\delta = 16 + 29 \cdot \frac{1}{60} + 0 \cdot \frac{1}{60 \cdot 60} = 16.49^\circ$$

### 3. הגדלה - Magnitude

באסטרונומיה הגדלה (Magnitude) היא גודל חסר יחידות של בהירות של אובייקט בדרך כלל בספקטרום נראה, אינפרה אדום ולפעמים אפילו בכל אורכי הגל. ההגדלה מחושבת בסקאלה לוגריתמית כך שכוכב עם הגדלה 1 הוא בדיוק בהיר יותר מכוכב עם הגדלה 6. מכאן ניתן לראות כי כל צעד של כוכב בהגדלה 1 משנה את הבהירות בפקטור של  $\sqrt[5]{100} \approx 2.512$ . ככל שאובייקט נראה בהיר יותר ככה ערך ההגדלה שלו נמוך יותר.



איור 3: סקאלת ההגדלה העובדת ביחס הפוך לבהירות - ככל שההגדלה שלילית יותר כך הבהירות גבוהה יותר

אובייקטים שנמצאים בסקאלה משמאל הם בהירים יותר מאשר אובייקטים המופיעים בצד ימין של הסקאלה שם הם עמומים יותר.

באסטרונומיה משתמשים בשתי הגדרות שונות להגדלה: הגדלה נראית והגדלה מוחלטת.

#### 3.1 הגדלה נראית

הגדלה נראית (Apparent magnitude), המסומנת באות  $m$  היא הבהירות של אובייקט כמו שהוא מופיע בשמי הלילה מכדור הארץ. ההגדלה הנראית תלויה בנוהר, במרחק ובכל עצם הנמצא בדרך. ניתן לחשב את ההגדלה הנראית באופן הבא:

$$(5) \quad m_x = -2.5 \log_{10} \left( \frac{F}{F_{reference}} \right)$$

כאשר  $F$  הוא ה- *irradiance* - השטף המתקבל ממשטח ליחידת שטח ולכן  $[F] = \frac{erg}{cm^2}$ .  $F_{ref}$  נלקח על פי הכוכב *Vega* שנבחר ככוכב שבהירותו 0 ושאר הכוכבים כוילו לפיו.

#### 3.2 הגדלה מוחלטת

הגדלה מוחלטת (Absolute magnitude) המסומנת באות  $M$  מתארת את הנוהר הנפלט מאובייקט ומוגדרת להיות שווה להגדלה הנראית של אובייקט אם הוא היה במרחק  $10 \text{ parsec}$  מכדור הארץ. החשיבות של בהירות זו נובע מירידת עוצמת האור עם ריבוע המרחק מהצופה. את הבהירות המוחלטת מחשבים באופן הבא:

$$(6) \quad 100^{\frac{m-M}{5}} = \frac{F_{10}}{F} = \left( \frac{d}{10 \text{ pc}} \right)^2$$

$$M - m = -5 \log_{10} \left( \frac{d}{10 \text{ pc}} \right) = -5 \log_{10}(d) + 5$$

כאשר  $F$  הוא השטף הנמדד במרחק  $d$ ,  $F_{10}$  זה השטף הנמדד במרחק  $10 \text{ pc}$  והיחידות בהן המרחק  $d$  נמדד הן  $[d] = \text{pc}$ .

### 3.3 דוגמאות

1. נניח כוכב בעל  $m = 7$  ומרחקו  $d = 100 pc$  מאיתנו. מה תהיה הגדלתו המוחלטת  $M$ ?  
הכוכב פי 10 רחוק יותר מהמרחק הסטנדרטי איתנו הגדרנו הגדלה מוחלטת ( $M = 10 parsec$  מכדור הארץ). נשתמש בנוסחה שקיבלנו עבור הגדלה מוחלטת כדי למצוא את  $M$ :

$$(7) \quad M - m = -5 \log_{10}(d) + 5 \xrightarrow{ds}^{yiel} M = -5 \log_{10}(100) + 5 + 7 = 2$$

כלומר קיבלנו  $M = 2$ .

2. מה תהיה ההגדלה המוחלטת של כוכב עם הגדלה נראית -  $m = 1.26$  במרחק של  $490 pc$  מאיתנו? נשתמש שוב בנוסחה:

$$(8) \quad M = m - 5 \log_{10}\left(\frac{d}{10}\right) = 1.26 - 5 \log_{10}\left(\frac{490}{10}\right) \approx -7.2$$

### 3.4 תרגיל 1

ההגדלה הנראית של השמש היא  $m = 4.755$ .

א. הראו שההגדה הנראית של כוכב עם נוהר  $L$  נתון על ידי:

$$(9) \quad m = 4.755 - 2.5 \log_{10}\left(\frac{L}{L_{\odot}}\right)$$

- ב. פתרו את המשוואה עבור  $\frac{L}{L_{\odot}}$  בהינתן  $m$  - ההגדלה של הכוכב.  
ג. נמדדה פרלקסה  $0.01 arcsec$  של כוכב שגודלו הנראה הוא  $m = 8$ . מהי ההגדלה המוחלטת של הכוכב?  
ד. מצאו את הנוהר של הכוכב ביחס ל-  $L_{\odot}$ .