

האם אנו יכולים לתקשר עם חוצנים?

האתגר

אסטרונאוטים גילו יותר מ-5000 כוכבים, בנוסף לשמש שלנו, שסביבם חגות פלנטות! אף אחד אינו יודע אם קיימים חיים במערכות כוכבים אלה. התבקשתם על ידי האו"ם לחקור את אפשרות לנסוע לאחת ממערכות הכוכבים החיצוניות הללו. האו"ם גם רוצה שתחקרו את האפשרות לתקשר, מכדור הארץ, עם כל צורות חיים שיכולות להתקיים שם.

האתגר שלכם הוא להשתמש בטלסקופ כדי לקבוע מהו המרחק אל אחת ממערכות הכוכבים החדשות שהתגלו. בעזרת הממצאים שלכם עליכם לדווח: כמה זמן ייקח להגיע לכוכב ולפלנטות החגות סביבו באמצעות ספינת חלל? האם נוכל לתקשר עם ישויות שאולי קיימות שם?



ציור אומן המתאר מערכת שמש חיצונית ופלנטות החגות סביבה.

1. הרעיונות שלכם לגבי כוכבים

נניח שכדור הארץ היה תמיד מעונן בלילה, כך שאף אחד לא הצליח לראות את שמי הלילה. האם יש לעובדה זו משמעות עבורכם? אם כן כיצד הדבר משפיע עליכם? אם לא יש להסביר מדוע.

האם אתם חושבים שניתן לנסוע ולהגיע אל כוכבים? האם הייתם רוצים להגיע אליהם? אם כן, מדוע?
מה אתם מצפים/מקווים למצוא כאשר תגיעו לכוכבים?

תארו כמה מסיפורים או סרטים שראיתם בהם מסע של בני אדם בין מערכות כוכבים. איך הם עושים
מצליחים לעשות את זה?

האם אתם חושבים שיש יצורים תבוניים על כוכבי לכת המקיפים כוכבים אחרים?
האם אתם חושבים שמישהו מהם ביקר אי-פעם בכדור הארץ?

2. תכנון המחקר שלכם

לפני שאתם אורזים מזוודות ויוצאים לטיול, עליכם לדעת מהו המרחק אל הידע, כמה זמן ימשך
המסע, וכמה זמן תעדרו. אבל איך ניתן לדעת כמה רחוקים הכוכבים? באתגר הזה, תבחרו כוכב
דומה לשמש שלנו, ואז תנסו לקבוע את המרחק אליו.

דונו עם הצוות שלכם בשאלה: כיצד ניתן לקבוע את המרחק אל משהו, מבלי להגיע לשם? יתכן
שתצליחו לענות על השאלה אם תחשבו על המצבים הבאים: נהג מכונית מנסה להגיע רחוק יותר
מהמקום אליו הגיע אי פעם. באיזו מידה מצבו דומה למצבכם? כיצד מעריך ספן בספינה השטה בים
את המרחק אל מגדלור בלילה?

באילו רמזים אפשר להשתמש כדי לדעת מהו המרחק של כוכבים מאתנו?

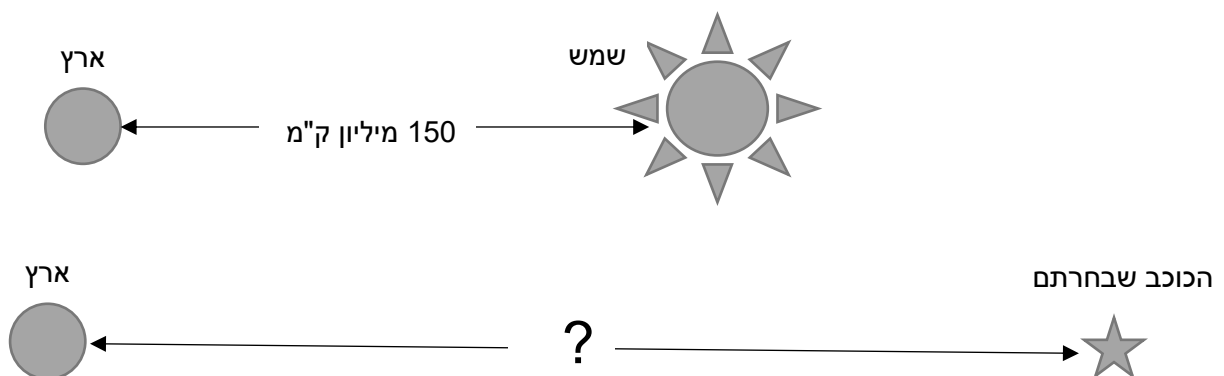
משאבים שניתן להסתייע בהם

לצורך חקירה זו, ניתן לגשת אל:

- רשימה של כוכבים שלדעתם דומים בבהירותם לשמש, וקואורדינטות של הכוכבים הללו.
- טלסקופ, לצילום תמונות של הכוכב שתבחרו לחקור.
- תמונה של השמש להשוואה, שצולמה עם אותו הטלסקופ שצולמו הכוכבים.
- תוכנת מחשב המאפשרת למדוד ולהשוות את בהירות של אובייקטים בתמונות שלך.

מידע חיוני לצורך ביצוע הפעילות

- עליכם לבחון כיצד משתנה בהירות של מקור אור נקודתי ביחס למרחק. עליכם לדון ולבצע ניסוי עם המורה בכיתה בנושא זה.
- תצטרכו לדעת את מרחק מכדור הארץ אל כוכב שבחרתם. המרחק של השמש מכדור הארץ הוא 150 מיליון ק"מ.



מיקוד התוכנית שלכם

בזמן שאתם מכינים את התוכנית, חשוב שתדונו בנושאים הבאים:

בחירת כוכב לחקור. למה חשוב לבחור כוכב שידוע כי הנגיהות שלו (כמות האור שהכוכב פולט - Luminosity) היא בערך אותה נגיהות כמו זו של השמש?

ביצוע הערכה באמצעות מודל

לפני שאתם קובעים את המרחק לכוכב היעד שלכם, נסו להעריך מה תקבלו, באמצעות דגם מוקטן של מערכת השמש:

במודל זה, השתמש בכדור בקוטר 1 ס"מ כדי לייצג את גודל השמש שלנו.

(קוטר השמש הוא בערך 1.4 מיליון ק"מ, לכן בקנה מידה זה, 1 ס"מ = 1.4 מיליון ק"מ.)

הטבלה הבאה מציגה את המרחקים בין השמש לפלנטות לפי קנה המידה הזה. כדי להרגיש עד כמה גדולה מערכת השמש, רצוי שתלמידים יעמדו במרחק של הפלנטות מהשמש, בהתאם למרחב העומד לרשותכם.

טבלה המתארת את המרחקים של הפלנטות מהשמש לפי קנה מידה.

מספר	שם הפלנטה	מרחק מהשמש לפי קנה מידה (מטרים)
1.	מרקורי	0.40
2.	נוגה	0.72
3.	ארץ	1.0
4.	מאדים	1.5
5.	צדק	4.2
6.	שבתאי	9.5
7.	אורנוס	19
8.	נפטון	30

לפי קנה מידה זה מה יהיה לדעתכם המרחק אל הכוכב שבחרתם?

(באיזה יחידת מרחק: מטרים? / ק"מ?) _____

אחרי שקבעתם את המרחק לכוכב שבחרת, בדקו את הערכות שלכם מתחילת הפעילות.

3. ביצוע החקר

שימוש בטלסקופ לשם צילום כוכב.

בחרו מערכת כוכבים לחקירה. ברשימה הבאה מופיעים כוכבים שלהם לפחות פלנטה אחת. אסטרונומים מצאו שכוכבים אלה דומים לשמש בצבע, בטמפרטורה ובהרכב; לכן כנראה שלכוכבים אלה יש נגיהות דומה לזו של השמש. אף אחד לא יודע אם מערכות הכוכבים אלה אכן מאוכלסות. אתם יכולים לחקור ולהשתמש בכוכבים אחרים אם תרצו, אבל עליכם לוודא שהם דומים ככל האפשר לשמש.

טבלה של מיקום כוכבים הדומים לשמש

	Right Ascension (R.A.)		Declination (Dec.)	
	Hours	Minutes	Degrees	Minutes
Eta Cassiopeia	00 ^h	49.1 ^m	57 ^o	49'
Upsilon Andromeda	01	36.8	41	24
HR483	01	40.6	42	31
55 Cancri	08	52.6	28	20
47 Ursae Majoris	10	59.5	40	26
61 Ursae Majoris	11	41.1	34	12
Beta Canum Venaticorum	12	33.2	41	25
Lambda Serpentis	15	45.9	7	23
HD209458	22	3.16	18	53
51 Pegasi	22	57.5	20	46

<i>Middle of this Month</i>	<i>RA highest at midnight</i>
Jan	07 ^h
Feb	09
Mar	11
Apr	13
May	15
Jun	17
Jul	19
Aug	21
Sep	23
Oct	01
Nov	03
Dec	05

"בדיקה חשובה"

ודאו שאתם בוחרים כוכב שיהיה הרבה מעל האופק בתקופה זו של השנה. הסתייעו בטבלה של מיקום מרכז השמים בחודשים השונים.

מצא את החודש הנוכחי בטבלה. המספר מימין מציג את הערך של קואורדינטת העליה הישרה (RA) הגבוה ביותר בחצות.

לפי ערך העליה הישרה של הכוכב ניתן לדעת בכמה שעות פחות (או יותר) הוא נמצא ביחס לרום השמים.

לדוגמה: בחודש מרץ, כוכב עם RA שערכה 11 נמצא ברום השמים בסביבה חצות. כוכב בעל RA של 7 יהיה הגבוה ביותר 4 שעות לפני חצות, בשעה 8 בערב.

זמן הצילום.

ניתן לצלם את הכוכב שלכם בכל עת במהלך הלילה כשהוא נמצא מעל האופק. עם זאת, האם המדידה של בהירות הכוכב דמוי השמש מושפעת ממידת הגובה מעל האופק?
חשבו על מה קורה לבהירות של השמש כשהיא גבוה בשמיים, בהשוואה לבהירותה במצבי שקיעה או זריחה. מהם המועדים המתאים לביצוע הצילום של הקבוצה שלכם? נמקו.

מצלמה: השתמשו במצלמה הראשית של הטלסקופ.

מסנן: השתמשו בצילום ללא מסנן.

זמן חשיפה: צלמו תמונות עם זמני חשיפה שונים: 0.1 שנייה, 0.5 שניות, שנייה אחת, 5 שניות ו-10 שניות. יש לתעד את זמני החשיפה עבור כל תמונה בדף הנתונים שלך. יש צורך בזמן חשיפה ארוך דיו כדי שניתן יהיה לראות את כוכב המטרה שלכם בתמונה, אבל לא ארוך מדי כך שתמונת הכוכב תהיה "רוויה".

התמונה "רוויה" כאשר חיישן האור בטלסקופ אינו יכול לקלוט אור נוסף מהכוכב. זה קורה כאשר כל אחד מהפיקסלים בתמונת הכוכב מגיע לערך המקסימלי המותר, כלומר 4095. ערך זה מתאים לצבע לבן טהור. (למידע נוסף ראה סעיף למטה).

כאשר תכפילו את זמן החשיפה, איך ישפיע הדבר לדעתכם על הבהירות שאתם מודדים עבור הכוכב בתמונה שלכם?

מדוע תצטרכו לדעת את זמן החשיפה כדי לעשות השוואה הוגנת עם בהירות תמונת השמש?

הורדה ושמירה של התמונה שלכם.

הקפידו לשמור את התמונות של הכוכב שבחרת בפורמט תמונה FITS. עיקבו אחר ההוראות עבור הורדה ושמירה בדף האינטרנט המכיל את התמונות שלך. הקפד לתייג ולהקליט את שמות הקבצים עבור התמונות שלך בעמוד נתונים.

הדפסה וזיהוי הכוכב שלכם.

רצוי להדפיס את תמונות שלכם כדי להקל על זיהוי כוכב היעד שלכם. טיפ ראשון הפוך את התמונה שלך כך שהכוכבים ייצאו שחורים על גבי לבן רקע כללי. זה חוסך בטונר של המדפסת שלך! כדי לזהות את הכוכב שלכם בין הכוכבים בתמונה שלכם, השתמשו במפות כוכבים המופיעים בנספח לחקירה זו, או הסתייעו בתוכנת סטלאריום [/https://stellarium.org](https://stellarium.org)

כיצד למדוד את הנגיהות של הכוכב שלכם?

עכשיו אתם מוכנים למדוד את הנגיהות של הכוכב שלכם. תצטרכו להשתמש בתוכנה לעיבוד תמונה Afterglow Access שניתן להורידה למחשב שלכם בקישור הבא:

<https://afterglow.skynetjuniorscholars.org/>

1. הפעל את Afterglow Access תוכנית עיבוד התמונה.

2. פתחו את התמונה של הכוכב שלכם באמצעות Afterglow Access . באמצעות סמל התיקיה הנמצא בצד שמאל למעלה פתחו את התמונה שלכם בפורמט FITS.

3. התאמת התצוגה של התמונה. כדי לראות את התמונה בצורה ברורה יותר, עברו לתפריט **Display setting** המסומן בצורת עין מצד ימין למעלה. בחרו באפשרות של Default Presentation כדי לראות את התמונה שלכם.

4. מצא את כוכב היעד שלך. באמצעות תרשימי הכוכבים בסטלריום, או תרשימי כוכבים אחר, זהה את כוכב היעד שלך בין שני כוכבים. הכוכב שלך כנראה יהיה הכוכב הבהיר ביותר בסביבתו.

5. ניתן למצוא את הבהירות הנראית של הכוכב בעזרת תפריט Photometry בצורת כוכב ☆

עליכם להקליק על הכוכב הרצוי לאחר שתקליקו עליו יופיעו סביבו שלושה מעגלים ולאחר מכן יופיע תפריט בו הערך של הגודל הנראה (m) של הכוכב.

מהו הגודל הנראה m_1 של הכוכב: _____

ידוע כי הגודל הנראה של השמש m_2 הוא : -26.832

לכן ההפרש בין הגודל הנראה של הכוכב לגודל הנראה של השמש הוא:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

8

אמנות המדע:

מהי "התשובה הנכונה"?

לידיעתכם! בעולם האמתי, אין "תשובה נכונה" - יש רק תוצאות. אחרי הכל, היקום לא מגיע עם מדריך למשתמש. אבל לא כל התוצאות שוות: כמה שיטות ניסוי טובות יותר מאחרות, וכמה ניסויים מבוצעים בהירות רבה יותר מאחרים. רצוי לקבוע עד כמה התוצאות שלך טובות - כאשר הטבע אינו מספק תשובה של "ספר לימוד" לבדיקה מולו – ניצב לפניך אחד האתגרים האמתיים כחוקר.

השווה את התוצאה שלך לתוצאות שהתקבלו אצל תלמידים אחרים או חוקרים מקצועיים. האם הם מאותו סדר גודל? קביעת המרחק לגופים אסטרונומיים הוא אתגר אפילו עבור אנשי מקצוע, קיימת אי ודאות אפילו בתוצאות שלהם!

האם זה נכון? זיהוי מקורות הטעות

מומלץ להסתכל בביקורתיות על התוצאות שלך. מהם מקורות שגיאה אפשריים בתוצאה שלך? למשל, אילו גורמים יכולים להשפיע על בהירות התמונות שלך? האם שם שגיאות בלתי נמנעות במדידות שלכם? איך ניתן לחשב את אלה גורמים השפיעו על הדיוק הכולל של התוצאה שלכם?

חלק 4. בדיקת התוצאות

עכשיו, כשיש ערך למרחק אל הכוכב שלכם, מה זה אומר? הנה כמה שאלות שיעזרו לך להבין התוצאות שלכם.

מידול היקום. במודל מוקטן של מערכת השמש השתמשו בענב כדי לייצג את השמש. השתמשו בענב שני כדי לייצג את הכוכב שחקרתם. באיזה מרחק מהענב מהראשון נכון לשים את הענב השני?

השווה את התשובה שלך עם הניחוש הראשוני שלך מחלק 2 בפעילות זו. האם כוכב היעד שלכם הרבה יותר רחוק ממה שחשבתם? הכוכבים רחוקים להפליא!

טלסקופים כמכונת זמן. חלקיקי אור נעים ב-300,000 ק"מ לשנייה. כמה זמן לוקח לחלקיק אור להגיע לכדור הארץ מכוכב היעד שלכם?

באיזו מידה ניתן להשתמש בטלסקופ כ"מכונת זמן"?
האם הטלסקופ מאפשר לך להסתכל אחורה בזמן?

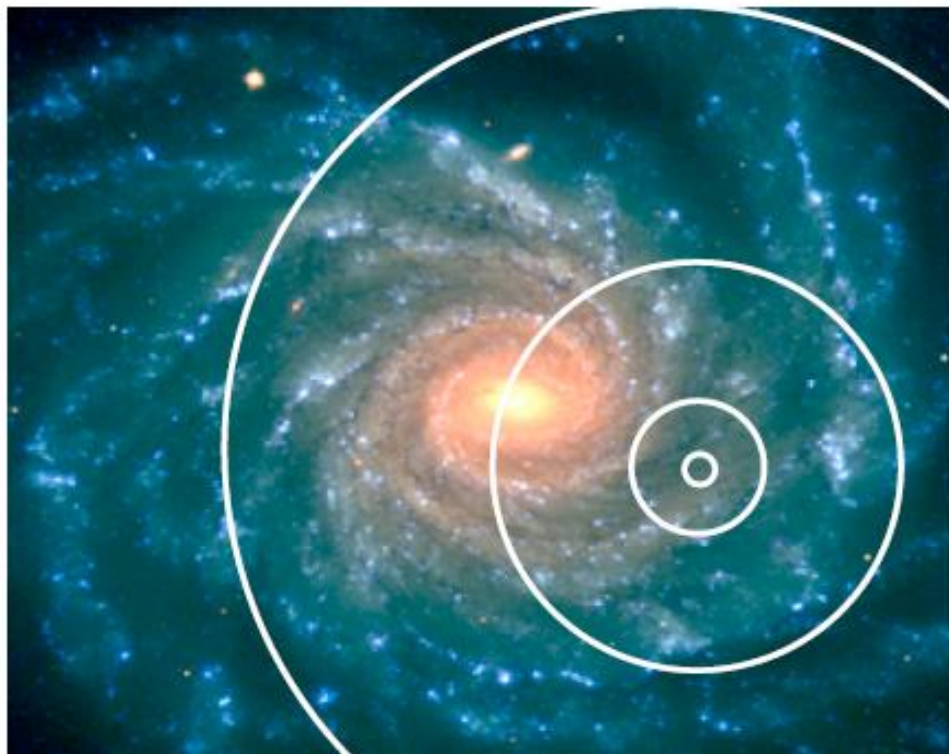
לנסוע בין הכוכבים? מסע החללית המהיר ביותר כיום הוא סביב 160,000 ק"מ לשעה. כמה זמן ייקח לחללית זו כדי להגיע אל כוכב היעד שלכם? אם יכולת לנסוע במהירות האור (ואתה לא יכול: לראות "מהר יותר מהאור?"), כמה זמן זה ייקח לך להגיע לכוכב? מה היה עליך לארוז במזוודה שלך לחודש? שנה? לשארית החיך?

E.T. מתקשר הביתה? נניח שקיימים יצורים תבוניים על הפלנטה מקיפה את הכוכב היעד שלך. כמה זמן ייקח להודעה מיצורים אלה להגיע אל כדור הארץ? כמה זמן יחלוף עד שתקבל הודעה חוזרת מכדור הארץ צריך אל הכוכב? אם יש לך שיחה היא יכולה להימשך פני דורות - אילו סוגי שאלות היית שואל? מה האם היית רוצה שהילדים והנכדים שלך ילמדו על ישויות בעולמות אחרים?

חלל מדהים. יש אנשים שאומרים שהמרחב העצום גורם להם מרגישים בודדים, מבודדים או חסרי משמעות. אבל אחרים מתרגשים מהעובדה שאנחנו יכולים לראות מרחקים מדהימים כאלה בחלל, אפילו בעין בלתי מצוידת - ושנוכל לחקור את השמים מעצמנו מכוכב הבית. מה דעתך על המקום שלך בחלל? עד כמה זה חשוב לך, ואיך זה גורם לך להרגיש?

חידה: עד איזה מרחק אתה יכול לראות?

בציור זה של גלקסיית שביל החלב, מערכת השמש שלנו קטנה יותר מאשר אטום, הנמצא במרכז המעגלים. אחד המעגלים למטה מכיל את כל הכוכבים שאתה יכול לראות בנפרד העין הבלתי מצוידת בלילה חשוך מנקודת התצפית הטובה ביותר על פני כדור הארץ. באיזה מעגל מדובר? (הכוכב שחקרתם זה עתה נמצא גם במעגל הזה!)



חלק 5. פרויקטים נוספים העוסקים כוכבים

כוכבים בעיניים שלך? הנה כמה הצעות לנוספות

פרויקטים באמצעות הטלסקופ הרבובטי. בהצלחה – וכן תמיד עקוב אחר הכוכב שלך!

כתב לענייני כוכבים

כתוב טור פופולרי בכתב-עת על חייהם של כוכבים – על כוכב אמיתי. המחיש את המאמר שלך עם תמונות טלסקופ שלך המתארות כוכבים נולדים, כוכבים גוססים, צבירי כוכבים, כוכבים בעלי צבעים מיוחדים או חלקים אחרים בחיים הסודיים של כוכבים שמעניינים אותך.

בטור שלך, נסה להתייחס לכמה שאלות שהקוראים שלך עשויים לשאול:

כמה זמן חיים כוכבים - ואיך נדע זאת? מה קורה עם כוכב כשהוא מת? האם כוכבים טובים - למשל, איך הם משפיעים על החיים שלנו?

כתבות מומלצות על הגופים הבאים: ערפילית אוריון, פליאדות, ערפילית סרטנים, ערפילית הטבעת. (כדי לכוון את הטלסקופ למטרות אל, פשוט השתמש בתפריט של הטלסקופ הרבובטי.)

כוכבים משתנים

השמש שלנו נשארת בערך אותה בהירות לאורך מיליוני שנים, אפילו מיליארדי שנים - וטוב שכן, אחרת שהחיים אולי יקפאו או יעלו באש. אבל האם יש כוכבים שמשנים את בהירותם? השתמש בטלסקופ כדי לעקוב אחר "כוכב משתנה" במשך מספר ימים או שבועות. האם אתה יכול להוכיח שהכוכב אכן משנה את בהירותו?

זה לא כל כך קל כמו שזה נראה. תצטרך להשוות את בהירות הכוכב שלך לכוכב ייחוס הנמצא באותו שדה ראייה. (אחרת, השפעות אחרות עלולות להפריע, כגון ערפל או עננות בשמיים, או שינויים בגובה הכוכב וכו')

דווח מהי הסיבה שכמה כוכבים משנים את בהירות שלהם. כתבו איך זה יכול להיות לגור ליד אחד הכוכבים האלה.

כוכבי מתאימים למחקר: אלגול, קפאוס.

כמה כוכבים יש בגלקסיה?

עליך לחשוב בגדול באתגר זה. השמש שלנו היא רק כוכב אחד קטן בגלקסית שביל החלב. עד כמה ענקית גלקסיה? כדי לגלות, עליך לחקור את הגלקסיה הקרובה ביותר שנראית כמו הגלקסיה שלנו: גלקסיית אנדרומדה.

נסה לדמין את גלקסית אנדרומדה, שנמצאת במרחק של 2 מיליון שנות אור מכאן. (היא הגוף השמימי הרחוק ביותר שניתן לראות בעין בלתי מצוידת). באמצעות אותה טכניקה כמו ב"אל הכוכבים!", נסה למדוד את הבהירות של גלקסיית אנדרומדה. (או שאתה יכול למדוד רק חלק מהגלקסיה, ולאחר מכן להעריך את הבהירות של הגלקסיה כולה.)

אם כל הכוכבים בגלקסיית אנדרומדה היו בערך בעלי אותה בהירות כמו השמש שלנו - (במציאות, חלקם בהירים יותר, חלקם רפים יותר) - כמה כוכבים להערכתך מכילה גלקסיה אנדרומדה? (ראשית נסה להעריך, איזו בהירות תהיה השמש אם היא תהיה במרחק של 2 מיליון שנות אור? הבהירות

הנמדדת שלך עבור כל גלקסיית אנדרומדה תהיה הרבה יותר גדולה, כמובן. פי כמה גדולה יותר?
תשובה לשאלה זו מצביעה על מספר השמשות שהגלקסיה שלימה מכילה.

בדוח שלך, עליך להסביר לקוראים איך להתמודד עם המספרים שאתה עומד לקבל. כמה גדולים הם
יהיו? איך זה בהשוואה, למשל, למספר האנשים על פני כדור הארץ? האם אתה חושב שקיימת
לפחות עוד ציוויליזציה אחת אינטליגנטית בין כל הכוכבים האלה?

אתה יכול גם לנסות את הפעילות הזו גם עם הגלקסיה M-33, בקיץ היא נמצאת בקבוצת הכוכבים
משולש. (גם עבור אנדרומדה וגם עבור M-33 ניתן להשתמש בתמונות ארכיון שאחרים צילמו, אם
תרצה, אבל התמונות חייבות להיות בפורמט FITS, המכיל את המקור מידע על בהירות.)