# סיווגים ספקטרליים של כוכבים

הפרק מיועד לתלמידים בכל הרמות ולמורים
הפרק כולל מספר ביטויים מתמטיים המיועדים לתלמידים מתקדמים ולמורים
המתקשים בפיתוחים המתמטיים יכולים לדלג עליהם

לקריאה משלימה

האנציקלופדיה של קבוצות הכוכבים, ד"ר יגאל פת-אל, הוצאת קוסמוס טלסקופים
http://cosmos.co.il/wfile/catalog/books.htm

# סיווגים ספקטרליים של כוכבים

עם תחילת המדידות הספקטרליות של כוכבים, הוחל בסיווגם לפי שכיחות היסודות בהם. שכיחות היסודות נמדדה לפי חוזק קווי הבליעה בספקטרום של הכוכב.

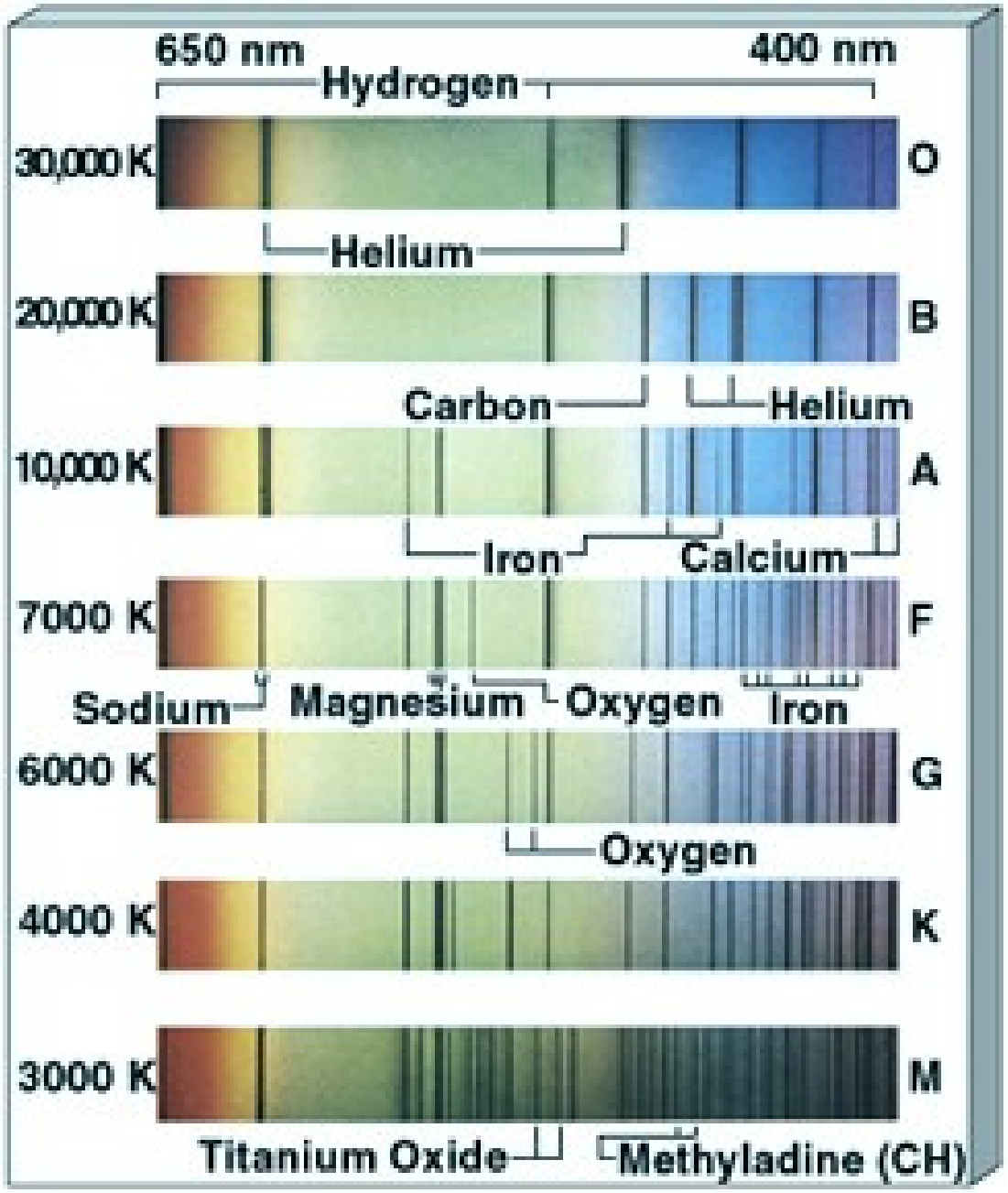
כוכבים בעלי טמפרטורה אפקטיבית הנמוכה מ-10000 מעלות הראו שכיחות גבוהה של מימן בספקטרום. אלה סווגו ככוכבי A, להראות ששכיחות המימן בהם היא הגבוהה ביותר. עליהם נמנו סיריוס, ווגה וכוכבים אחרים שצבעם לבן-תכול.

# סווג ספקטרלי של כוכבים - המשך

עם שכלול אמצעי המדידה, היה צורך להרחיב את הסווג הספטקטרלי של הכוכבים בהתאם לטמפרטורה האפקטיבית שלהם. הטמפרטורה היא הגורם החשוב ביותר לעירור וליינון של הגזים בפני הכוכב, ולכן הסיווגים הספטרליים היו קשורים באופן ישיר לטמפרטורה של הכוכב ומכאן גם לצבעו (חוק וין).

כדי לפשט את הסיווג הספקטרלי, הונהגה מערכת של אותיות, מהכוכבים החמים יותר לקרים יותר: O,B,A,F,G,K,M, כאשר O הם הכוכבים הכחולים והחמים יותר ואילו M הם הכוכבים הקרים והאדומים יותר.

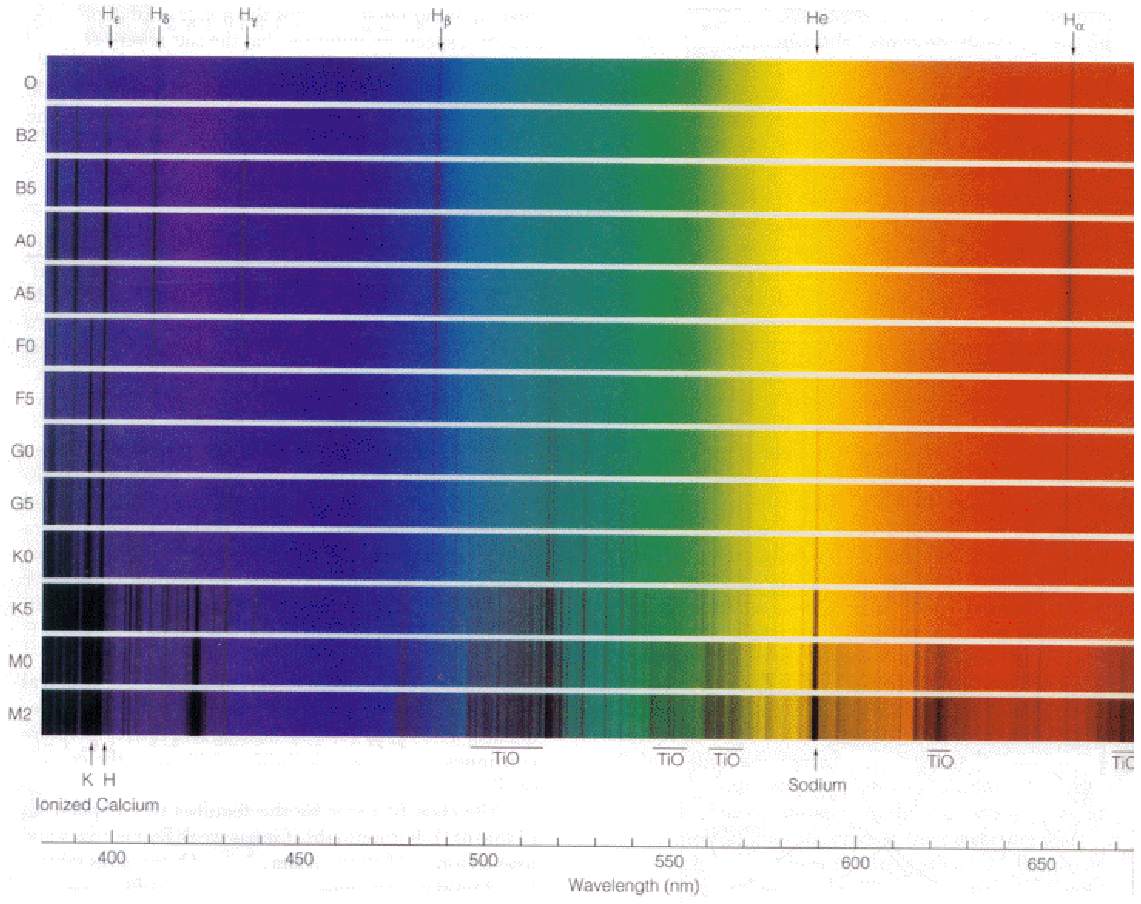
# סוגים ספקטרליים



# קווי מימן בספקטרום

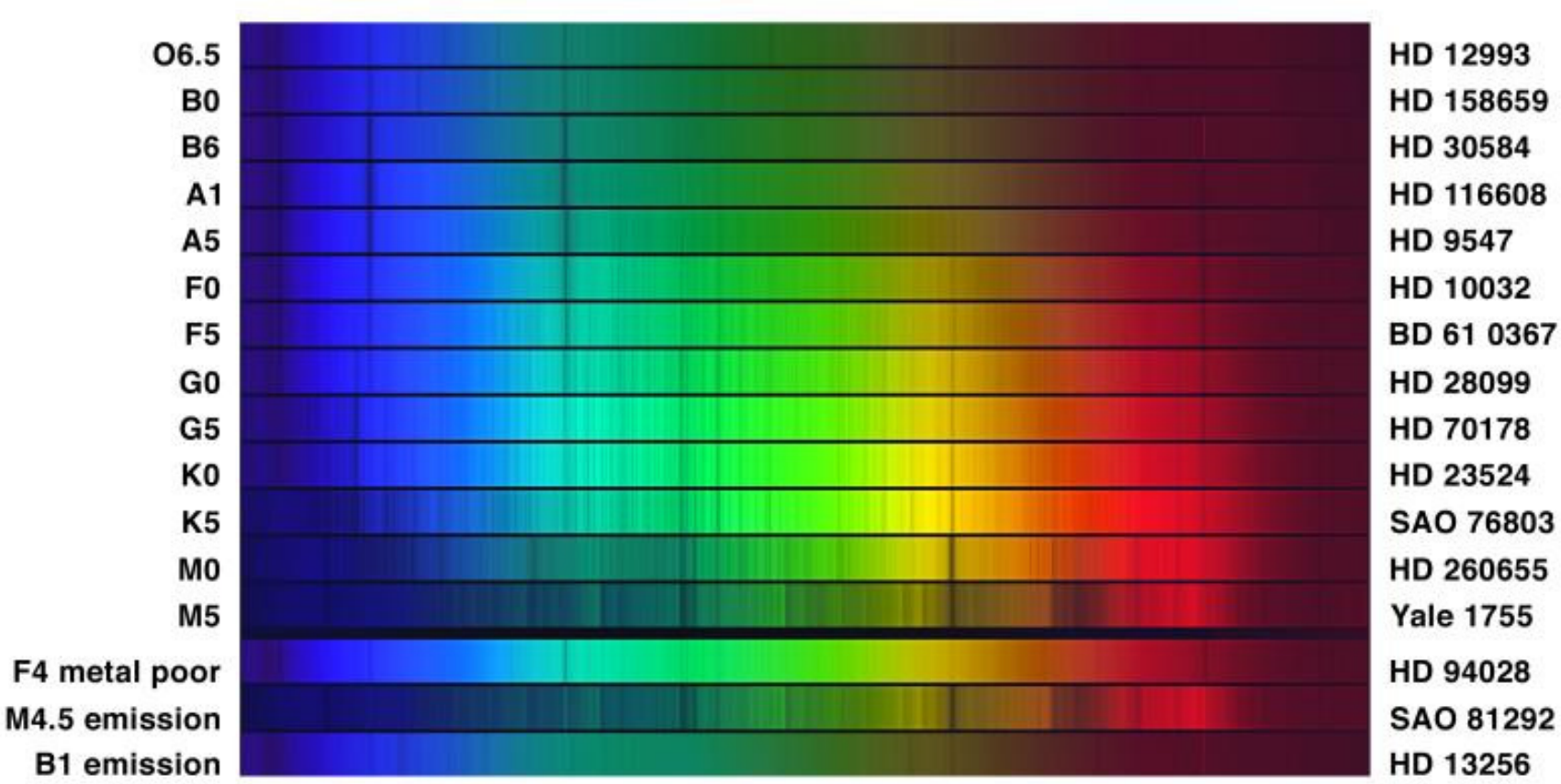
קווי מימן בספקטרום של כוכבים מטיפוסים שונים. עצמת קווי המימן מתחזקת סביב כוכבי A. בסיווגים ספקטרליים קרים (M), מופיעים קווי בליעה של מולקולות (TiO)

(מקור: NASA, Robert Nemiroff (MTU) & Jerry Bonnell (USRA



# סיווגים ספקטרליים

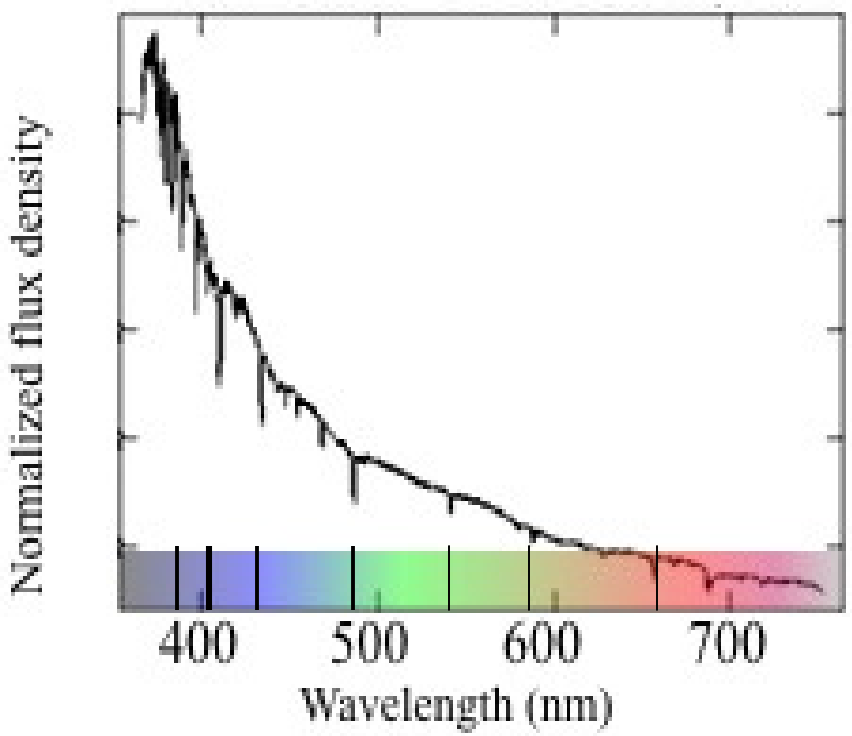
ככל שהכוכב קר יותר, מופיעים יותר קווי בליעה, בעיקר של מתכות, בהן יש הרבה אלקטרונים חיצוניים שקל לערר אותם, או מולקולות




(מקור: NASA, Robert Nemiroff (MTU) & Jerry Bonnell (USRA)

# השוואה בין סקפטרום דיגיטלי לאנלוגי

בעבר, לפני עידן הצילום הדיגיטלי, הפסטרום היה מתקבל כספקטרום רציף, עליו היו פסי בליעה שחורים. כמובן שהיה קושי רב לקבוע את חוזק הקווים הספקטרליים. כיום, בעידן הדיגיטלי, המלאכה קלה הרבה יותר. בתמונה למטה אפשר לראות השוואה בין הספקטרום המתקבל באמצעים דיגיטליים ומתהווה כעקומה ובה שקעים, שהם קווי הבליעה, לעומת הספקטרום האנלוגי שהתקבל על ידי צילום




http://www.astro.washington.edu/users/anamunn/Astro101/Project1/stellar_spectroscopy_introduction.html

# סיווגים מאוחרים ומוקדמים

כיוון שהסיווגים הספקטרליים קשורים לטמפרטורה והצבע, נהוג לקרוא לסיווג של כוכבים כחולים יותר – סיווג מוקדם או טיפוסים מוקדמים ואילו הכוכבים האדומים יותר יהיו מסיווג ספקטרלי מאוחר יותר.

# חלוקת משנה

ככל שאמצעי המדידה השתכללו, היה צורך להתאים את הסיווג לרמת הדיוק של המדידות, לכן, נוספו רמות ביניים בין הסיווגים, מ-0 ועד 9 (0 מוקדם יותר, 9 מאוחר יותר), כאשר לעתים מתווספים גם חצאים.

# דיאגרמת HR

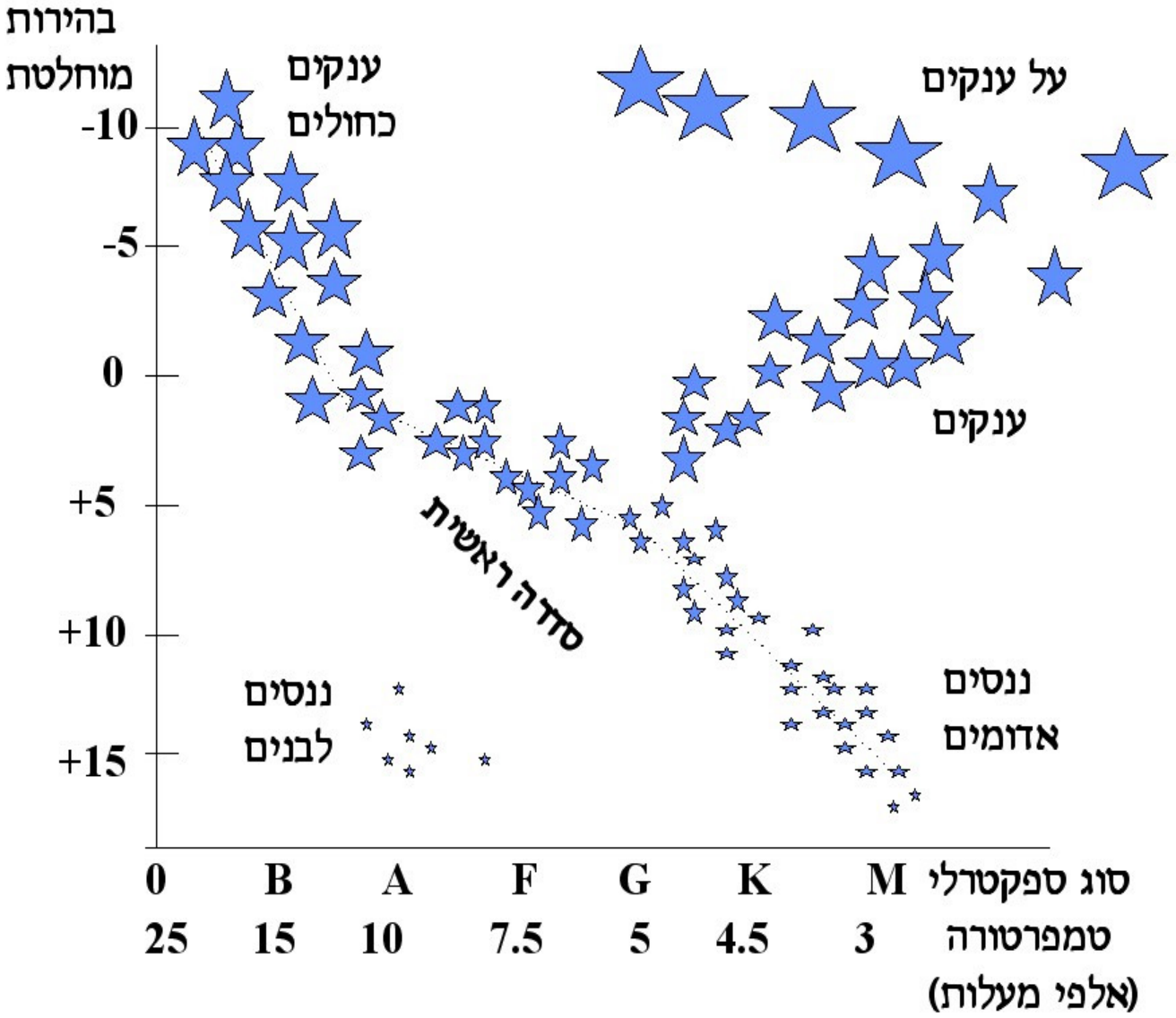
בשתי עבודות בלתי תלויות, הושמו כוכבים על גרף באופן שבציר האופקי מוצג הסיווג הספקטלרי שלהם ובציר האנכי עצמת האור. הגרף נועד לבדוק את התפלגות הכוכבים בצבירי כוכבים ובשמים.

הגרף קרוי דיאגרמת HR, שהם ראשי התיבות של שמות שני האסטרונומים שיצרו אותו לראשונה – איינר הרצשפרונג והנרי ראסל.

כיוון שציר ה-X מביא את הסיווג הספקטראלי, הרי שאפשר במקביל לציין את הערכים המקבילים של צבע וטמפרטורה, שקשורים באופן חד ערכי לסיווג הספקטרלי.

בערכים של ציר ה-Y אפשר לשים את עצמת ההארה של הכוכבים ביחס לשמש או את בהירותם המוחלטת, שני ערכים שאף הם קשורים זה לזה.

# סוגי כוכבים בדיאגרמת HR



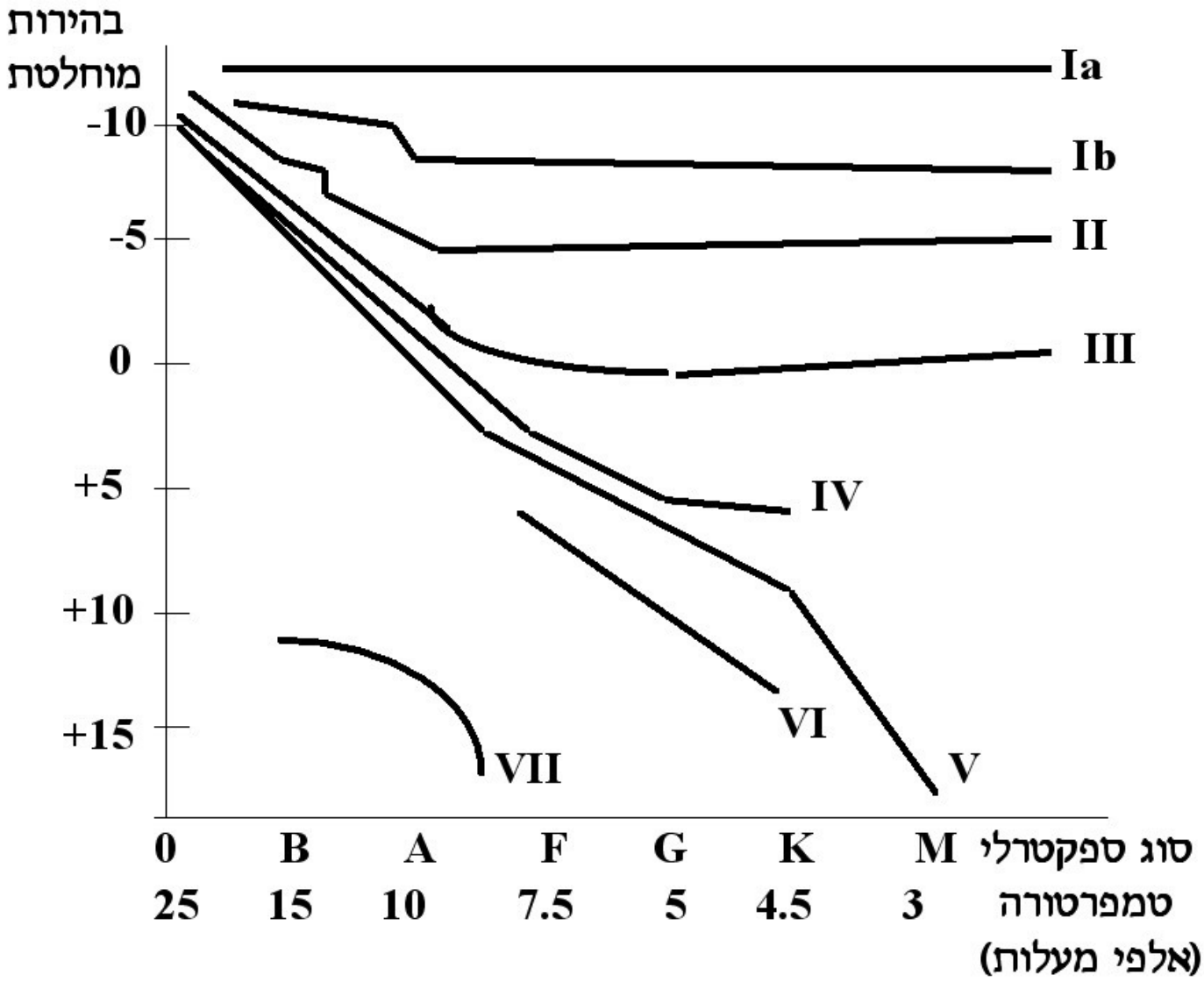
# דיאגרמת MK

הואיל וסיווג ספקטרלי מראה את התלות הספקטראלית בטמפרטורה, הוא אינו מייצג פרמטרים אחרים, למשל – את עצמת ההארה של גופים מאותו סיווג ספקטראלי. לדוגמה, כוכב מטיפוס M עשוי להיות ננס אדום, או ענק אדום ולקבל שני ערכים בציר האנכי.

לכן, הונהג סיווג נוסף, על גבי דיאגרמת HR, לפיו מבוטא הקשר האנכי בין דירוגים ספקטרליים זהים. סיווג זה קרוי – סיווג MK והוא קרוי על שם ראשי התיבות של מורגאן וקינן שיצרו אותו.

סיווג MK מחלק כל סיווג ספקטראלי לפי עצמת ההארה והוא נע מעל ענקים מאירים המצווים גבוה יותר עד לננסים.

# דיאגרמת MK


בהירות
מוחלטת
-10
-5
0
+5
+10
+15
Ia
Ib
II
III
IV
V
VI
VII
0
B
A
F
G
K
M
סוג ספקטרלי
25
15
10
7.5
5
4.5
3
טמפרטורה
(אלפי מעלות)

# סיווג MK

סיווג זה מבדיל בין שני כוכבים בעלי אותו דרג ספקטרלי. למשל, בין ננס אדום לענק אדום בעלי ספקטרום זהה. לפיכך סיווג MK הוא סיווג ההארה של הכוכבים ומצוין בספרות רומיות **מימין** לסיווג הספקטרלי:

Ia – על-ענקים בהירים במיוחד.

Ib – על-ענקים.

II – ענקים בהירים.

III – ענקים.

IV – תת-ענקים.

V – כוכבי סדרה ראשית.

VI – תת-ננסים.

# סיווגי ביניים בסיווג MK

עם השתכללות מכשירי המדידה הפוטואלקטריים והספקטרוסקופיים, נוספו עוד דרגות ביניים בין הסיווגים הרגילים. כך לדוגמה, IIa ו- IIIa, IIIb, IIIab מציינים דרגי ביניים של ענקים, Va וVb- מציינים דרגי ביניים של כוכבי סדרה ראשית ועוד. לעתים מסמנים את דרגי הביניים גם במקף, לדוגמה: II-III,IV-V וכדומה

# אינדקס צבע

דרך מהירה כד לקבוע צבע וסיווג של כוכב. מתבססת על חוק וין, לפיו גוף שחור פולט את שיא הקרינה באורך גל קצר יותר ככל שהוא חם יותר.

לכן, כוכב חם יותר יפלוט את שיא הקרינה באורך גל קצר (כחול יותר)

נקבעה מערכת סטנדרטית של מסננים, שמעבירים אורכי גל בתחומים שונים. החלוקה הבסיסית הראשונית היא לפי שלוש הצבעים:

B – כחול

V – צהוב (Visual)

R – אדום

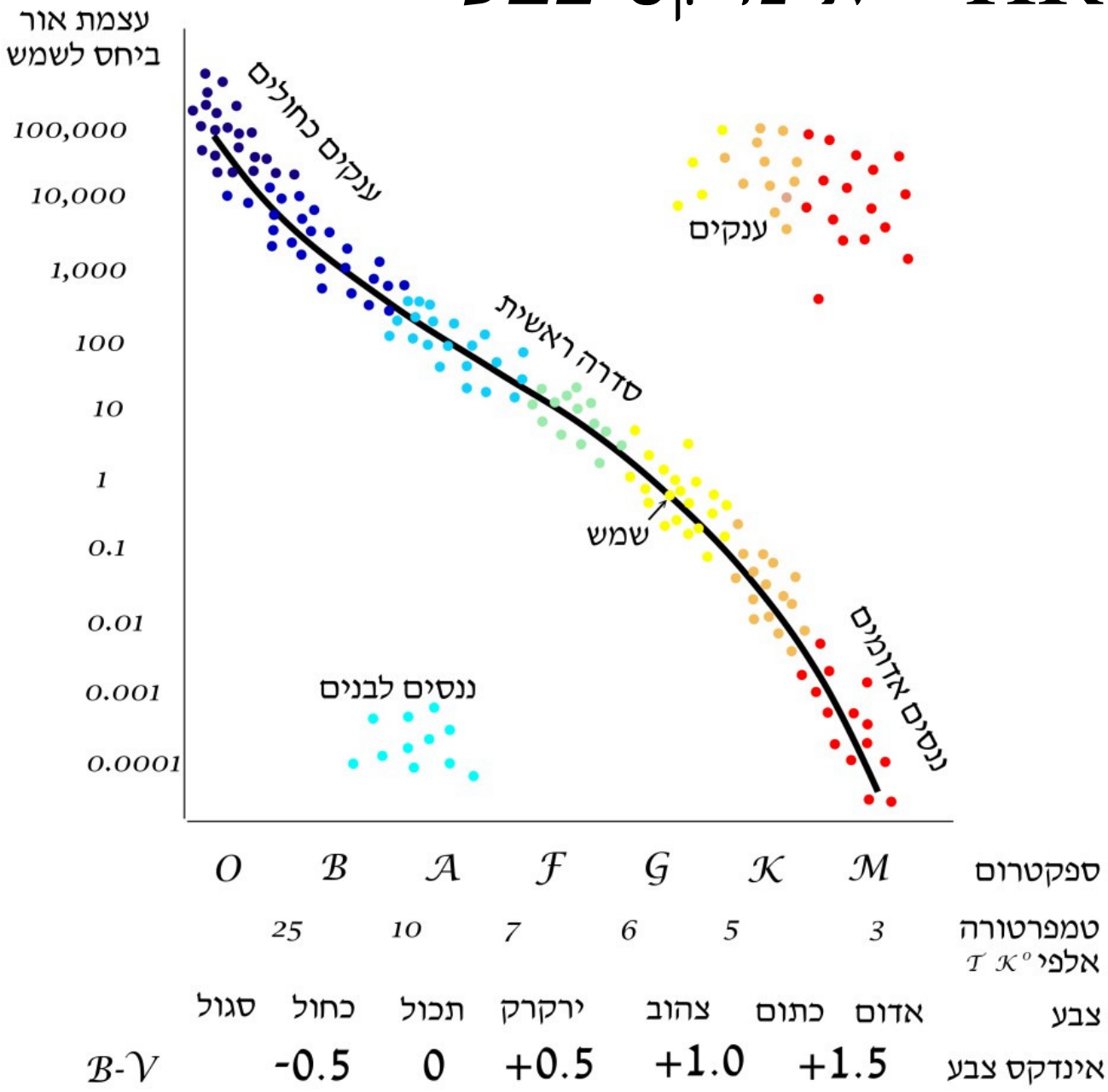
כאשר מודדים את שטף הקרינה של כל כוכב מבעד כל אחד מהמסננים הסטנדרטיים, אנו מקבלים למעשה עקמה בסיסית המראה לנו 3 נקודות על גרף שאמור להיות קירוב של עקומת הגוף השחור של הכוכב

# אינדקס צבע - המשך

אינדקס הצבע מבטא את ההפרש בין שטף הפוטונים הנמדד בכל אחד מהמסננים האלה, למשל B-V או V-R. כאשר יש לנו את ההפרש המנורמל בין הפרשי השטפים לבין הטמפרטורה, אנו יכולים לקבוע על פני הפרש השטפים את טמפרטורת הכוכב בקירוב וכן את סיווגו הספקטרלי.
שיטה זו קרויה – אינדקס הצבע

בתור יחידה סטנדרטית נקבע שסיווג ספקטרלי של A0 הוא בעל אינדקס צבע של B-V=0.

# דיאגרמת HR – אינדקס צבע



# מסננים סטנדרטיים

כיום יש מערכת סטנדרטית של מסננים, כאשר המסננים נקבעים לפי אורך הגל שבו מועבר רוב השטף במסנן ורוחב המסנן. המערכות נבנו לפי יחסי היענות של גלאים, כיום מצלמות CCD. אחת הדוגמאות היא המערכת של ג'ונסון. המסננים העיקריים הם

U – על סגול

B - כחול

V - צהוב

R - אדום

I – תת-אדום

# מאפיינים חשובים בדיאגרמת HR

מרבית הכוכבים (כ-90%) בדיאגרמת HR מצויים על רצועה הנמשכת מהצד השמאלי העליון (על ענקים כחולים) אל הפינה הימנית התחתונה (ננסים אדומים).לכן, רצועה זו קרויה – הסדרה הראשית.

בפינה הימנית העליונה מצויים הענקים האדומים

בפינה השמאלית התחתונה מצויים הננסים האדומים

# סיווגים ספקטרליים נוספים

מאוחר יותר, לאר הנהגת הסיווגים העיקריים בדיאגרמת HR, הובחן כי בקרב הכוכבים הקרים (ענקים כתומים ואדומים), יש שוני מסוים בשכיחות של מולקולות המכילות חמצן – מולקולות המכילות זירקוניום, ונדיום וטיטניום. אלה הובילו ליצירה של שלושה סיווגים חדשים – R,N,S המקבילים לכוכבי K,M אך בשכיחות שונה של טיטניום אוקסיד, ונאדיום אוקסיד וזירקוניום אוקסיד.

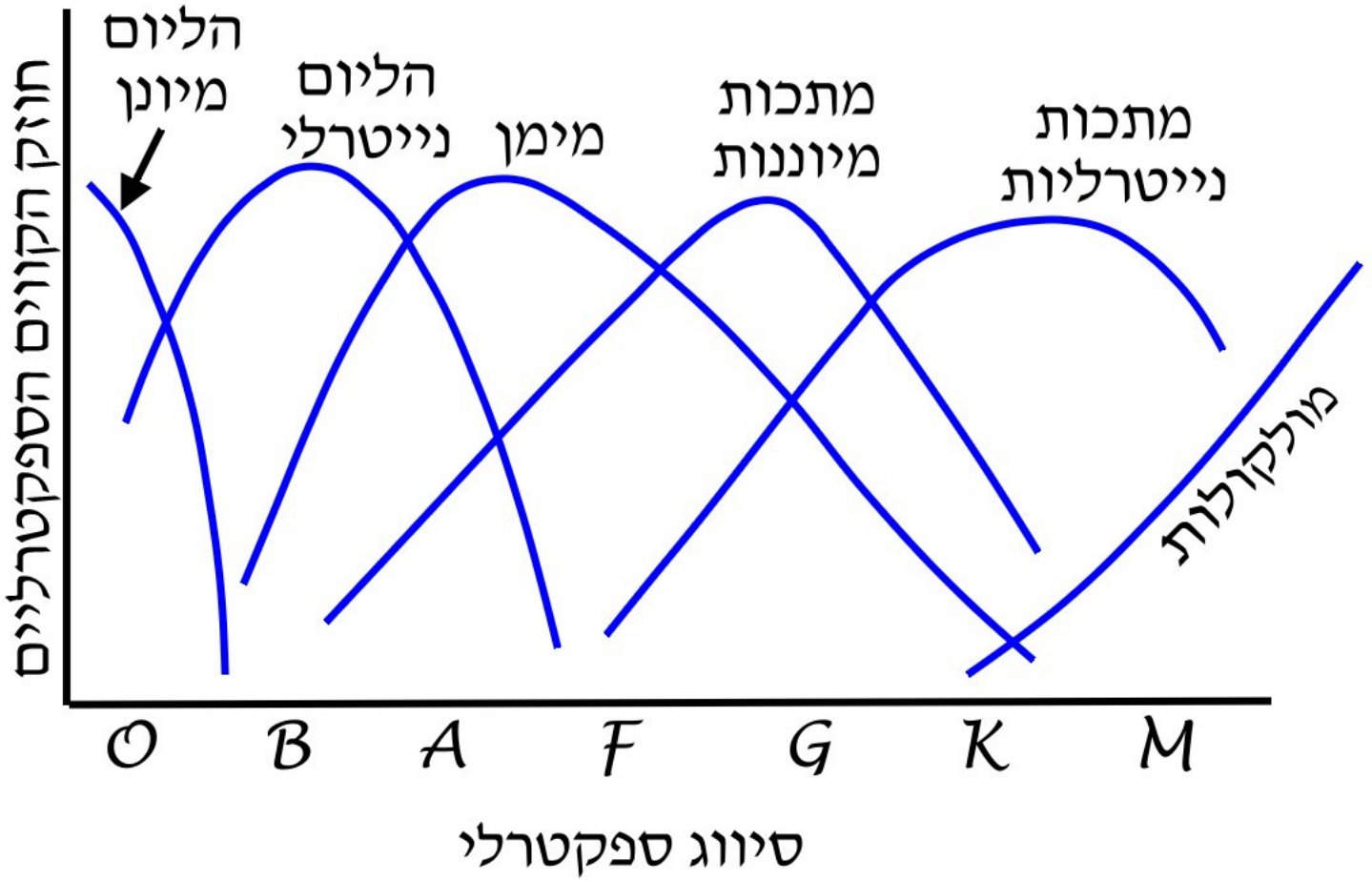
# כוכבי פחמן

כוכבים העשירים בתרכובות של פחמן, מסווגים כיום ככוכבי C.
אלה מחליפים בעיקר כוכבים מהסיווגים המאוחרים של S,N,M.
כיוון שבכוכבים קרים יש עושר של קווים ספקטלריים, בין היתר
של מולקולות, יש חלוקת משנה עשירה מאוד בסיווגים אלה.

# כוכבים מאוחרים וננסים חומים

בשנים האחרונות התווספו סיווגים מאוחרים יותר מאשר הסיווגים של כוכבי M ואלה הם הכוכבים הקרים והקטנים ביותר המצווים בין הננסים האדומים לבין הננסים החומים, שהם שלב הביניים שבין שמשות לכוכבי לכת.

# קווים ספקטרליים של יסודות



# דרגות עירור ויינון של יסודות מסוימים

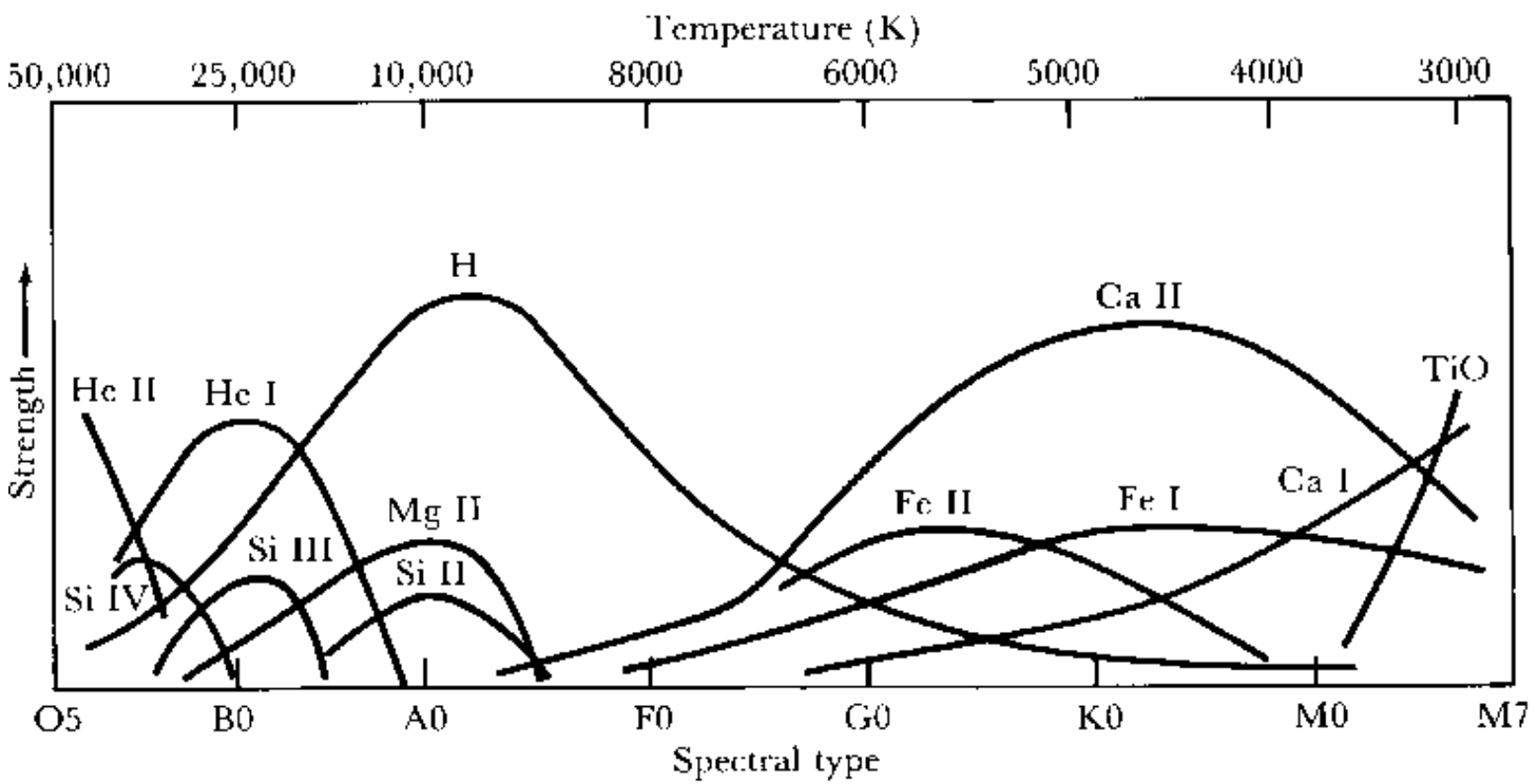
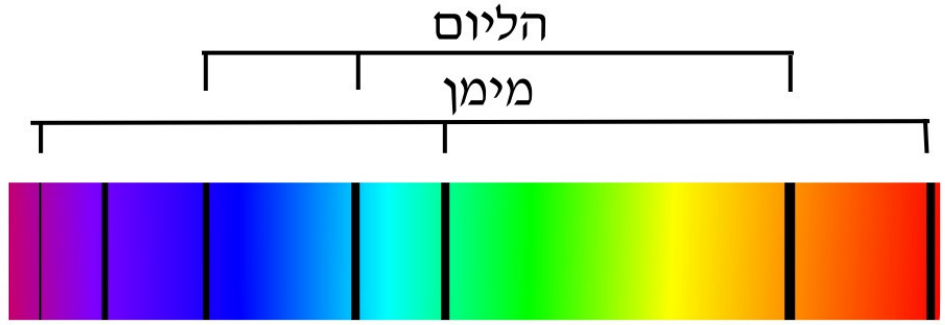



**Figure 12-9**
**Kaufmann**
**DISCOVERING THE UNIVERSE**
**Second Edition**
*© 1990, W. H. Freeman and Company*

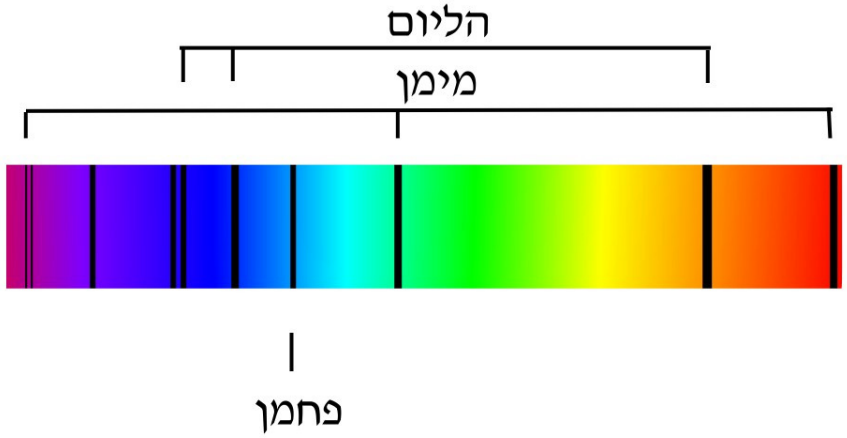
# כוכבי O

צבעם של כוכבי O כחול-סגול. אלה כוכבים חמים מאוד, ומרבית $T > 25,000\ K$. קרינתם בתחום העל-סגול. בספקטרום של כוכב O נראים קווי בליעה של הליום מיונן פעם אחת (HeII), חנקן מיונן פעמיים (NIII), סיליקון מיונן שלוש פעמים (SiIV). ככלל יש מעט קווי בליעה בספקטרום של כוכבים אלה. ומאחר שהטמפרטורה האפקטיבית שלהם היא מעבר לטמפרטורת היינון של מימן לא נצפים בספקטרום קווי בליעה של מימן. כוכבי O הם כוכבים מסיביים וצעירים מאוד, שמאכלסים צבירי כוכבים צעירים, אגדי OB ומצויים בעיקר סמוך לאזורי HII (דוגמאות: ζ **ירכתיים**, λ **אוריון**, θ **אוריון**).



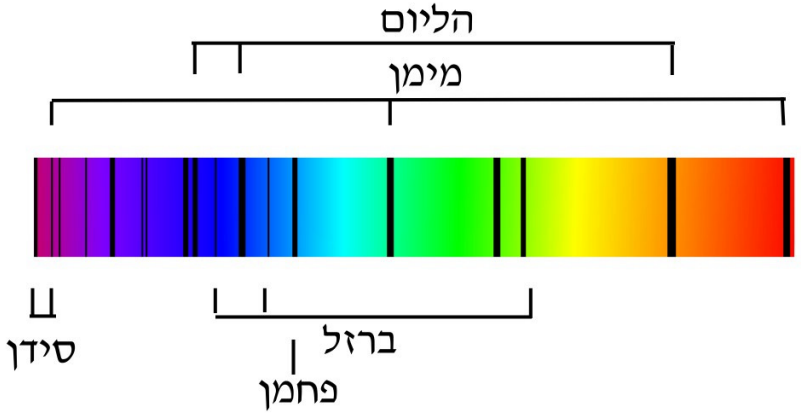
# כוכבי B

*T11,000 =K-25,000K*. כוכבים כחולים עד לבנים. בספקטרום נראים קווי הליום ניטרלי (HeI), שמתחילים בסיווג B2, מגיעים לשיאם בכוכבים מטיפוס B5, נעלמים בהדרגה בדרגים מאוחרים יותר של B ונעלמים כליל ב-A0. כמו כן נראים קווי בליעה של חמצן מיונן פעם אחת (OII), פחמן מיונן, בעיקר בטיפוס B3, וכן קווים של מגנזיום מיונן פעם אחת. קווים של מימן, בעיקר קווי באלמר, מתחילים להופיע בטיפוסים מאוחרים יותר של כוכבי B. גם כוכבי B הם כוכבים כחולים וחמים מאוד, אם כי מסיביים פחות מכוכבי O. אף הם מצויים בצבירי כוכבים פתוחים צעירים ובצבירי OB. כוכבי B צעירים מתפתחים עשויים ליצור מעטפת גז סביבם בגלל רוח כוכבית חזקה. כוכבים אלה מתגלים בגלל נוכחות של קווי פליטה בספקטרום שלהם ומכונים בשל כך כוכבי Be, או כוכבי מעטפת, ורובם משנים את בהירותם בזמן מחזור קצר (דוגמאות: β **אוריון**, α **אריה**, γ **קסיופיאה**, β **קפאוס**).



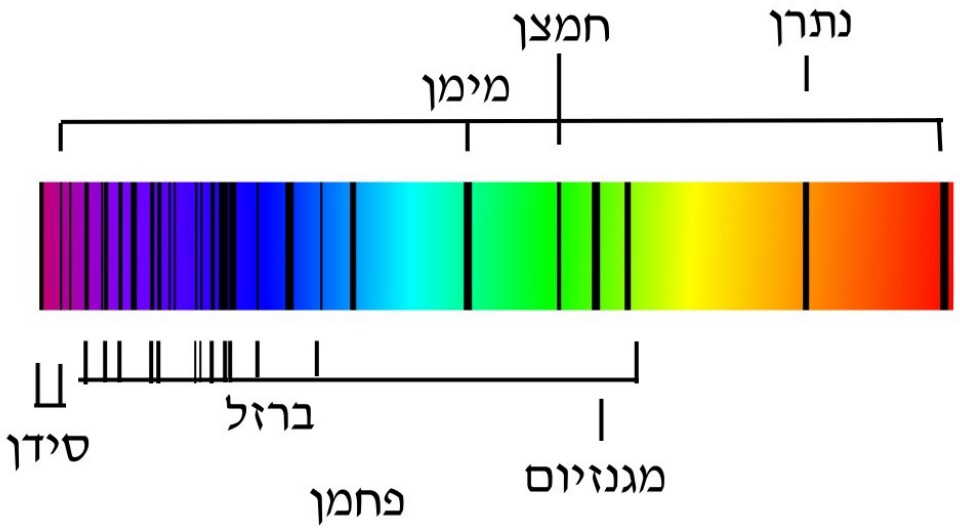
# כוכבי A

*T= 7,500K-11,000K*. צבעם לבן. לכוכב **וגה** מטיפוס A0 אינדקס צבע (B-V) ששווה 0. בספקטרום של כוכב A מופיעים קווי מימן חזקים ובולטים, שנחלשים בטיפוסים המאוחרים יותר של כוכבי A. כמו כן מופיעים קווי בליעה של יסודות מיוננים פעם אחת כגון מגנזיום, סידן, סליקון, ברזל וטיטניום. קווי בליעה של מתכות ניטרליות (ברזל, טיטניום, סידן וכדומה) מתחילים להופיע בדרגים המאוחרים, לקראת F. קווי ההליום והחמצן המיוננים, שהיו חזקים בכוכבי B, נעלמים כליל. כוכבי A מופיעים בסדרה הראשית באזור של כוכבים שמסתם כמה מסות שמש. כמו כן יש כוכבי A ענקים ועל-ענקים וכן תת-ננסים. תופעה ייחודית לכוכבי A (אף שיש כוכבים דומים בקרב כוכבי F מוקדמים), היא הכוכבים בעלי השדה המגנטי החזק, המכונים משתנים מגנטיים (כוכבי α **כלבי ציד**). בשל קווים ספקטרליים של מתכות אקזוטיות כגון אירופיום, כרום ועוד, המושפעים מהשדות המגנטיים של הכוכבים האלה, הם מסווגים ככוכבי Ap. (דוגמאות: α **כלב גדול**, α **נבל**, α **נשר** )



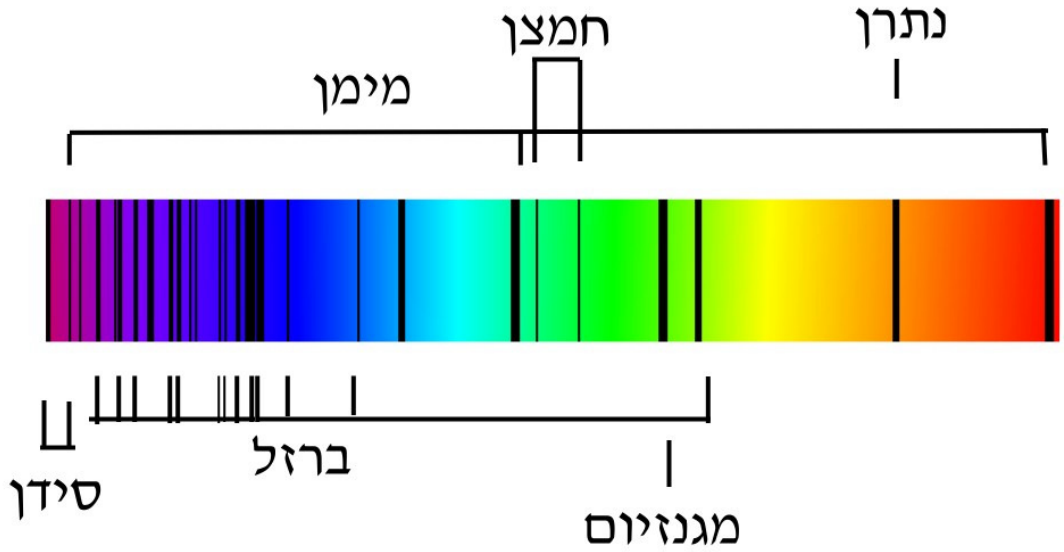
# כוכבי F

$T = 6{,}000K\text{-}7{,}500K$ . צבעם לבן-צהבהב ויש ביניהם גם בעלי גוון ירקרק. בספקטרום של כוכב F קווי הבליעה של המימן נחלשים ומתחזקים קווי הבליעה המורכבים של המתכות. בסיווג F0, הקווים הספקטרליים הדומיננטיים הם קווי הבליעה H וK- של סידן מיונן פעם אחת (CaII). בכוכבי F מאוחרים יותר עדיין יש קווים ספקטרליים חזקים של סידן וברזל מיוננים פעם אחת וכן כרום מיונן פעם אחת. על-ענקים מטיפוס **F** נמנים עם הכוכבים המאירים ביותר בשמים (דוגמאות: α **שדרית**, α **כלב קטן**, α **פרסאוס**).



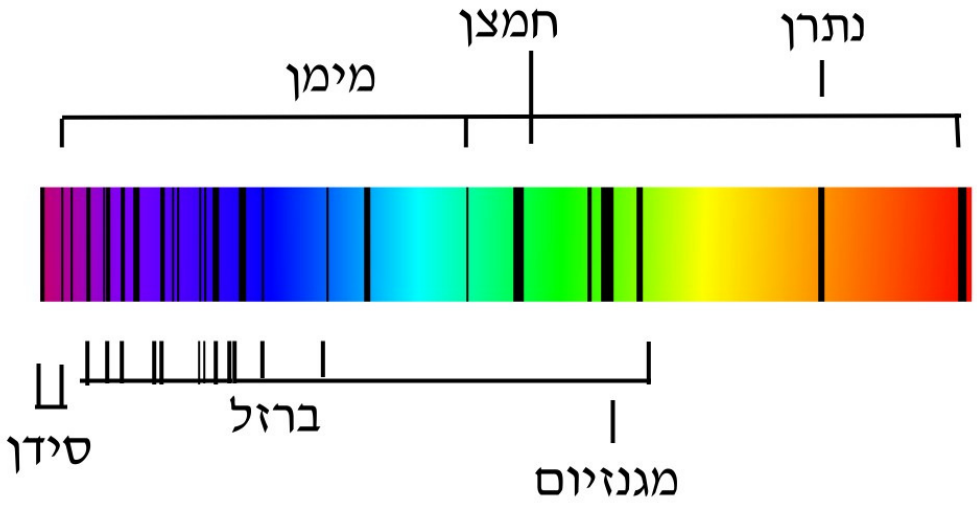
# כוכבי G

$T = 5{,}000K\text{-}6{,}000K$. כוכבים צהובים. בספקטרום של כוכב G שולטים קווי הבליעה של סידן מיונן (CaII), ומופיעים קווי בליעה רבים יותר של מתכות ניטרליות ומתכות במצבי יינון שונים. כמו כן מופיעים קווים של מולקולות CH (הידרוקרבון) ו-CN. השמש שלנו היא כוכב מטיפוס G2. כוכבי G הם כוכבי סדרה ראשית שדומים לשמש, אך יש גם כוכבי G שהם ענקים או על-ענקים צהובים (דוגמאות: $\alpha$ **עגלון**).



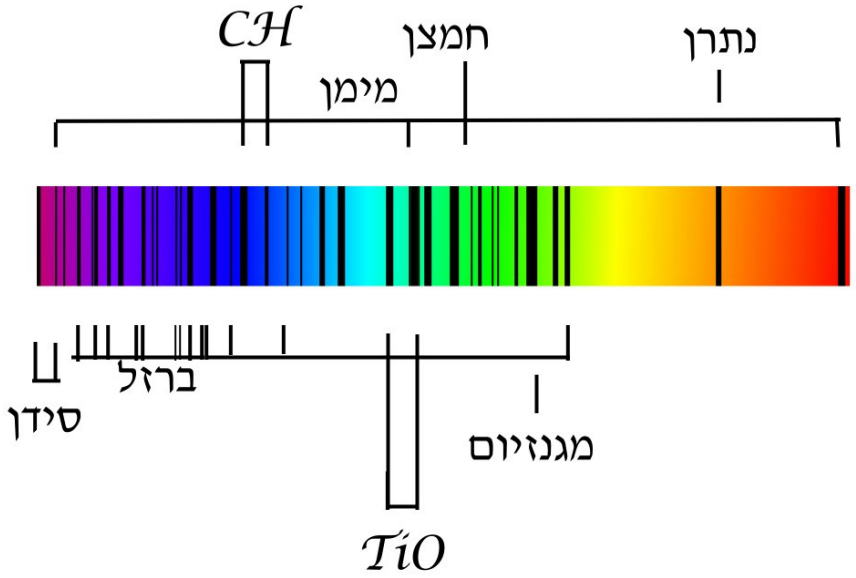
# כוכבי K

$T = 3,500K\text{-}5,000K$. כוכבים כתומים. בספקטרום נראים בעיקר קווי בליעה של מתכות וכן מתחזקים הקווים של מולקולת CH, ובטיפוסים K5 אפשר להבחין בקווי הבליעה של המולקולה TiO (טיטניום אוקסיד). קווי הבליעה של המימן כמעט נעלמים. בשל הטמפרטורה הנמוכה של כוכבי K, הקווים הספקטרליים מורכבים מאוד. כוכבי K הם כוכבי סדרה ראשית קטנים מהשמש אך הם כוללים גם ענקים ועל-ענקים כתומים (דוגמאות: $\alpha$ **רועה דובים**, $\beta$ **תאומים**).



# כוכבי M

$T < 3,500K$. כוכבים אדומים. M הוא הדרג הספקטרלי של הענקים ושל העל-ענקים האדומים וכן של הננסים האדומים הקלים. בנוסף לקווי המתכות המורכבים והרבים, שולטים בספקטרום של כוכבי M קווים רחבים של המולקולה TiO (טיטניום אוקסיד). בעל-ענקים אדומים וכן בחלק מהננסים האדומים נראים קווי פליטה של מימן שנובעים ממעטפת אבק וגז שמצויה סביבם. כוכבים אלה מסווגים ככוכבי Me. במעטפות של על-ענקים אדומים מטיפוס M הטמפרטורה מאפשרת יצירת מולקולות של מים, SiO, CO ועוד. בחלק מכוכבים אלה משמשות המולקולות האלו המצויות מסביב לכוכב מקור לקרינת מייזר. הכוכבים הענקים והעל-ענקים מטיפוס M הם כוכבים משתנים ארוכי מחזור, או מחזוריים למחצה (דוגמאות: **α אוריון**, **α עקרב**, **o לווייתן** וכן **UV לווייתן**



# כוכבי R, N, S

אלו הם כוכבים ענקיים ועל ענקים קרים, בעלי הסתעפויות ושונות
מספקטרום של כוכבים קרים סטנדרטיים, כגון כוכבי M

# כוכבי R

$T = 2{,}500K\text{-}5{,}500K$. לענקים כתומים-אדומים. לכוכבי R טמפרטורה זהה לזו של כוכבי G מאוחרים (G4) וכוכבי M מוקדמים. בספקטרום של כוכב R נראים קווי בליעה של מולקולות שמכילות פחמן כגון C2, CN, CH. כיום מסופחים הכוכבים האלה לסיווג חדש של כוכבי הפחמן, סיווג C ו- C-H עבור כוכבי R מאוכלוסיה II (דוגמאות: **S גמל-נמרי**, R **ארנבת**).

# כוכבי N

. $K = T2,500$. ענקים בעלי גוון אדום עמוק ביותר. אף אלה הם כוכבי פחמן, אלא שהם קרים יותר מכוכבי R ומקבילים לטיפוסים מאוחרים של K עד כוכבי M. כוכבי N הם בעיקר ענקים ועל-ענקים קרים מאוד ולא יציבים (דוגמאות: **S קפאוס**, **R אריה**, **R ארנבת**).

# כוכבי S

$T < 3500K$. ענקים אדומים. כוכבים אלה הם ענקים ועל-ענקים אדומים, בעלי קווים ספקטרליים זהים לכוכבי M אלא שבמקום קווי בליעה של טיטניום אוקסיד שאופייניים לחלק מכוכבי M מופיעים קווים חזקים של המולקולה ZrO (זירקוניום אוקסיד), ולעתים גם קווי המולקולות הנדירות VO (ונאדיום אוקסיד), YO (איטריום אוקסיד) ו-LaO (לנתנום אוקסיד). בנוסף לנוכחות חזקה של זירקוניום בספקטרום של כוכב S, מופיעים קווים של Tc (טכנטיום) ניטרלי, קווי בליעה של פחמן וקווי פליטה של מימן (דוגמאות: **R ברבור**).

# כוכבי פחמן (C)

כוכבי פחמן. כוכבים אלה מחליפים את כוכבי R ו-N בסיווגים המודרניים. כוכבים מטיפוס C הם ענקים ובעיקר על-ענקים קרים מאוד, שמאופיינים בעיקר בקווים ספקטרליים בולטים של פחמן ושל מולקולות שמכילות פחמן כמו CH,CN וכדומה, והמולקולה TiO האופיינית לכוכבי M נעלמת. כוכבי הפחמן נדירים ביותר בגלקסיה שלנו ולעומת זאת שכיחים ביותר בגלקסיות הלא סדירות של ענני מגלן. כמה כוכבי פחמן מכילים גם אלמנטים שאינם שכיחים בספקטרום של כוכבים כגון ליתיום. קיימים סיווגי משנה כמו C-J שבהם יש שכיחות גדולה של מולקולת $CN^{13}$ (דוגמאות: Y **כלבי ציד**, R **ארנבת**, RV **שור**, R **כתר צפוני**).

# סיווגים מאוחרים קרים וננסים חומים

עם גילויים של ננסים חומים המקיימים בעירה  גרעינית מוגבלת, נוצר הצורך להכיל גם את הכוכבים ותת-הכוכבים האלה בסיווג הספקטרלי המקובל ולכן נוצרו סיווגים חדשים עבור כוכבים ותת-כוכבים אלה

# כוכבי L

. $T=1,500\text{-}2,000K$ בסיווג זה כלולים ננסים אדומים קרים מאוד שמייצרים ריאקציות היתוך של מימן בליבה או ננסים חומים שמייצרים ריאקציות מוגבלות של דיאוטריום. ייתכנו גם על-ענקים קרים מאוד בסיווג זה, אם כי המנגנון ליצירת על-ענקים כאלה עדיין לא ברור והם כנראה מצויים בקצה ה- AGB (בתמונה שצולמה על ידי טלסקופ החלל ע"ש האבל (NASA) נראה הכוכב הענק **V838 חד-קרן**).

# כוכבי T

*T=700-1.500K*. בסיווג זה מסווגים בדרך כלל ננסים חומים קרים. בספקטרום של ננסים חומים אלה שכיחים קווי בליעה של מולקולות מתאן. (דוגמא: ε **אינדיאני**).

# כוכבי Y

$T < 700K$. בסיווג זה כלולים ננסים חומים הקרים ביותר. נכון לכתיבת שורות אלה סיווג זה הוא תיאורטי בלבד ולא נתגלו כל ננסים חומים שאפשר לשייכם לסיווג זה.

# כוכבים חמים מאוד - WR

כוכבים חמים מאוד שמצויים בקצה השמאלי של $T = 20000K - 50000K$. העליון של דיאגרמת HR. כוכבי WR, שקרויים כוכבי וולף-ראייט על שם מגליהם, מצויים בעיקר במערכות זוגיות או בתוך ערפיליות דמויות ערפיליות פלנטריות והם משליכים החוצה את השכבות העליונות שלהם תוך איבוד מסה רב. כוכבי WR מאופיינים בקווי פליטה רחבים מאוד (דוגמאות: כוכבי וולף-ראייט, $\gamma$ **מפרש**).

# ננסים לבנים

מסומנים כננסים מטיפוס D. ננסים לבנים שהם השלב האחרון בהתפתחות כוכבים קלים והם מצויים בחלק הימני התחתון ובחלק המרכזי התחתון של דיאגרמת HR (דוגמאות: ננס לבן, α **כלב גדול**). הם מצויינים בדרך כלל באות המראה את הקרבה לסוג ספקטרלי מסוים (DA, DB) או לשכיחות של יסוד מסוים בספקטרום (DC לפחמן, DN לחנקן וכדומה).

# סווגי משנה

כאשר לכוכב יש אפיונים יוצאי דופן, מוסיפים לסיווג הספקטרלי הרגיל שלו אותיות לטיניות קטנות. האותיות הללו מופיעות **משמאל** לסיווג הספקטרלי והן מתארות את מיקום הכוכב בדיאגרמת HR. במקרים שבהם מציינים את סיווג MK של הכוכב, לא משתמשים בהן כדי למנוע כפילות.

d – ננסים כוכבי סדרה ראשית

D – ננסים לבנים

g – ענקים

sd – תת-ננסים

sg – על-ענקים

# אותיות לציון תופעות מיוחדות בספקטרום

האותיות הבאות מופיעות **מימין** לסיווג הספקטרלי ומציינות בדרך כלל אפיונים מיוחדים שקשורים בספקטרום של הכוכב:

c – קווים ספקטרליים חדים מאוד.

e – כאשר בספקטרום של הכוכב נראים קווי פליטה, כתוצאה מנוכחות גז מסביב לכוכב.

em – נוכחות קווי פליטה של מתכות.

ep – קווי פליטה מוזרים.

eq – קווי פליטה, כאשר באורכי גל קצרים יותר יש קווי בליעה.

f – קווי פליטה של הליום וניאון בכוכבי O.

k – כאשר בספקטרום של הכוכב מופיעים גם קווים של חומר בין-כוכבי שמצוי ביניינו לבין הכוכב.

m – קווי מתכות חזקים במיוחד.

n – קווים של חומר ערפילי שקשור עם הכוכב.

nn – קווים מעורפלים במיוחד.

p – ספקטרום מוזר שאינו נופל חד-משמעית בקטגוריה מסוימת.

wk – קווים חלשים.

# חוזק של קווים ספקטרליים

ספקטרום של כוכב מושג על ידי שבירת אורו של כוכב והטלתו על מערך חד מימדי של פיקסלים בשבב CCD, כאשר כל פיקסל קולט פוטונים באורך גל (או סביב אורך גל, בהתאם לכושר ההפרדה) מסוים. ככל שבאורך גל יש שטף גדול יותר של פוטונים, בפיקסל המתאים ייקלטו יותר פוטונים. בצורה זו נבנית עקומה של שטף (מספר פוטונים לכל פיקסל) שמתארת למעשה גרף הדומה לעקומה של גוף שחור שמעטפת הכוכב מתנהגת בקירוב אליה.

קווי בליעה הם אותם מקומות בהם בעקומה של הגוף השחור ייראו שקעים. חוזק קו הבליעה נמדד לפי עומק השקע (היחס בין מספר הפוטונים שנקלטו באותו פיקסל למספרם הצפוי בהתאם לעקומת הגוף השחור.

קווי בליעה הם המקומות בהם ייראו בליטות מעל לעקומת הגוף השחור