

קוסמולוגיה - גרנדול 11

קוסמולוגיה תצפיתית

(I) שיטת המגנטיווקורות:

היסטוריה הפכקוס, שכל כיוון הייתה, חלק את הכוכבים לשש מגנטיווקורות (magnitudes), שהן מופרקות בקבוצות שאותן נהגו להכניס לגן.

- הנוכחי, בהדרגה, כמות נקודות magnitudes 1^{st}
- הנוכחי, התלש ביותר שנראה לעין: 6^{th} magnitude

כיום, אנו יוקדים כי פיזיולוגיה, היעין כואה בה' כואה

בצורה פשוטה מית. כלומר "יקבוצות שאותן נהגו להכניס לעין" יחסים שונים על

Fluxes $\leftarrow \frac{F_1}{F_2} = 10^{-K(m_1 - m_2)}$ magnitudes \rightarrow

לכן, עבור 2 כוכבים:

ס'מ'ן ה - הולא כפי ש - m קלן "יתן F כקום, לכן שיטת היפרכוס.

מתקיים פאטומטריים במאה ה-19 הכולל מהלך המשיח מכוכבים המגנטיווקורה השישית קלן פ' 100 מזה שמתיקבל מהמגנטיווקורה הראשונה. כלומר, הפרש של 5 במגנטיווקורה שקום ל'ים על

100 בשלש: $m_1 - m_2 = -5 \iff \frac{F_1}{F_2} = 100$

$10^2 = 10^{5K} \implies K = \frac{2}{5} = 0.4$

$$\frac{F_1}{F_2} \equiv 10^{-\frac{2}{5}(m_1 - m_2)}$$

:דפי

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10} \frac{F_1}{F_2}$$

כמות האנרגיה הנכנסת למערכת, כמות האנרגיה היוצאת ממערכת, כמות האנרגיה הנכנסת למערכת, כמות האנרגיה היוצאת ממערכת

$$F_x = \int_0^\infty f_\lambda S_x(\lambda) d\lambda$$

$S_x(\lambda)$ הוא פונקציית המעבר

הפונקציה $S_x(\lambda)$ נקראת פונקציית סינון (Filter Function). זה קרוי באופן כללי

Band pass or Band

ההבדל בין m_B ל- m_V הוא ההבדל בין המגנטודות של ה-B band ל- m_V band.

m_B B-band mag. m_V V-band mag.

$m_B \equiv B$
 $m_V \equiv V$

סיון / מקובל:

שימו לב שהשיטה הנ"ל משקירה רק יחס שלבים ובהכרח משקולות.

reference magnitude לקבוצה נתונה.

לפניכן פירוט מקובלים בספרות:

~~Johnson-Cousins Filters:~~

	U	B	V	R	I
effective wavelength (nm)	365				
Full Width at Half Maximum	86				
meaning of letter	u				

I Johnson Cousins Filters

λ (nm)	λ (nm)	λ (nm)	Color
U	365 nm	66 nm	Ultra-violet
B	445 nm	94 nm	blue
V	561 nm	88 nm	Visible
R	658 nm	138 nm	red
I	806 nm	149 nm	infrared
Z	900 nm	120 nm	near infrared (NIR)
Y	1020 nm		
J	1220 nm		
H	1630 nm		
K	2190 nm		
L	3450 nm		
M	4750 nm		
N	10,500 nm	460 nm	Far infrared (FIR)
Q		2500 nm	

II SDSS Filters (Sloan Digital Sky Survey)

הפסדיות (התצפית) קהלים הנייר ה-10 סדר גודלם & אורכי גלם $\langle Z \rangle \approx 0.1$, $Z \leq 0.7$

U'	g'	r'	i'	Z'
354 nm	475 nm	622 nm	763 nm	905 nm

מבחינת נכונות, יש 2 שיטות מקובלות:

Ⓘ Vega System: $U, B, V, R, I, \dots = 0$

(in the Lyrae constellation) Vega אדור הוכרע

$$\Rightarrow m = 0 = -2.5 \log_{10} F + C$$

$$C = 2.5 \log_{10} F_{\text{vega}} \rightarrow \text{שיטה אדור כל הוכרע}$$

$$m_x = -2.5 \log_{10} \left(\frac{F_x}{F_{\text{vega}, x}} \right)$$

מבחינת האדור (מספרית) הוכרע קיים.

Ⓜ AB magnitude system: $m_{AB, x} = -2.5 \log F_x - 48.6$

$$\frac{\text{erg}}{\text{sec} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hz}}$$

C.g.s. אדור הוכרע F_x

absolute, Vega אדור, AB אדור, סטנדרט, אובייקט סטנדרט

Vega אדור $V_{\text{band}} - \delta$ (בקיטור) אדור

(SDSS אדור הוכרע הוכרע) •

Absolute Magnitude

Intrinsic Luminosity - הבהרה פנימית של האנרגיה הנפלטת

$$F = \frac{L}{4\pi d^2} \rightarrow \text{Luminosity distance}$$

הבהרה אובייקט, יחס הבהרה בין שני אובייקטים a ו-b (הבהרה)

$$\frac{F_a}{F_b} = \left(\frac{d_b}{d_a}\right)^2$$

M - הבהרה אובייקט, הבהרה אובייקט (apparent mag.)

הבהרה אובייקט הנכסית (apparent mag.)

שהבהרה אובייקט הנכסית הבהרה אובייקט הבהרה

$$m - M = -2.5 \log_{10} \frac{F}{F_{10pc}} = -2.5 \log_{10} \left(\frac{10pc}{d}\right)^2$$

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

Called the distance modulus

$$M_x - M_{x\odot} = -2.5 \log_{10} \left(\frac{L_x}{L_{x\odot}}\right)$$

יחס הבהרה

Colours צבעים

The "colour index", or just colour, of an object

הבהרה אובייקט הבהרה אובייקט הבהרה אובייקט

... , g-r , B-V

יחס הבהרה

$$B - V = -2.5 \log_{10} \frac{F_B}{F_V}$$

יחס הבהרה אובייקט

הבהרה אובייקט הבהרה אובייקט הבהרה אובייקט

יחס הבהרה אובייקט

$$m_B - m_V = M_B - 5 \log \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right) - M_V + 5 \log \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right) = M_B - M_V$$

← ה'צבע ג'לוני כ'ן בספקטרום של הא'ל ומהווה לכ'ן מק'ן טוב ל'מפרטורה של, בה'ת' שמקוב'ל הא'ל ש'חור.

צ'ה מק'י'ר א'ר (Colour temperature) של הא'ל.

• ע"פ ה'ק'ר'ר ה'צ'ב'ע ב'ת'ור X, X-Y ה'א'ל ה'פ'ול'טר ע'ם אורך ה'א'ל ה'ק'צ'ר י'ת'ר (blue)

← א'ם X-Y א'ק'ו'ל ע'ה, א'מ'ר ש' ע'כ'צ' ו'ל'כ'ן ה'א'ו'ב'י'ק'ל מ'א'י'ר פ'א'ו'ת ב'ת'ור X מ'א'נ'ע'ר ב'ת'ור Y ו'ל'כ'ן ו'ח'א'ן א'ק'ו'ס י'ת'ר (ק'ר י'ת'ר, פ'ול'טר ב'ת'ור'ים נ'מו'כ'ים י'ת'ר)

א'ם X-Y נ'מו'ק, א'ז X < Y ו'ל'כ'ן ה'א'ל מ'א'י'ר י'ת'ר ה' - X מ'א'נ'ע'ר כ' - Y, כ'ל'ומ'ר ב'ת'ור'ים ג'בו'ה'ים (א'ו'כ'י' של ק'צ'רים) כ'ל'ומ'ר ה'א'ל ב'ת'ור י'ת'ר ו'ח'ם י'ת'ר.

צ'ה ה'מ'ק'ו'ר ל' - Colour-magnitude או colour-colour diagrams ש'כ'א'י'ת'ם א'ז'לם א'ב'י'ע'ל, ש'ם ה'ז'ל'ק'ט'ו'ת ה'כ'ת'ו'ל'ו'ת (מ'כ'ס'ו'ת ל'מ'ה) ו'ה'א'ק'ו'מ'ו'ת ל'מ'ה'ה

• ב'ש'ט'ר A, B, א'ם א'ל פ'ול'טר ב'ש'ט'ר ז'בו'ה' כ'כ'ל ה'ת'ור'ים (Flat spectrum, Flat SED) נ'ק'ב'ל כ'צ'ב'ע א'פ'ס ת'מ'י'ק
 • ב'ש'ט'ר Vega, י'ם א'ם ה'ס'פ'ק'ט'ר'ם ש'ט'ר ל'ת'מ'ל'א'ן, ה'צ'ב'ע ל'ב'ל י'ת'א'פ'ס כ' ה'ק'ב'ו'ס C ב'מ'ש'ט'ר'ו'ה' מ'ש'ט'ר מ'ת'ור ל'ת'ור.

Reddening and Extinction

• האור הנמשך אלינו מכוכבים בסלקסיה שלנו (the Galaxy) עובר קצת אובך אלקטי (Galactic dust)

big G

כאור שנמצא משלקסיה אחרת עובר גם קצת אובך שם.

• האובך הזה מפזר + בולע אור, ~~אור~~ (אנשים אולי מתקד

אחר, כגלגול הטמפרטורה האפקטור (dust temperature

לפני באופן כללי, מתקד מסוים (נמצא בקווק טמפרטורה האפקט

האור שנמצא אצלו יהיה חלש יותר מהאור הנשלח.

extinction או dimming לפנה קוראים לזה

$$m_x = m_{0,x} + A_x$$

obs. mag. in X

mag. if no dust

"extinction" in band X

• האובך מפזר בגודל של אורכי גל קצרים ($\lambda < R_{dust}$)

סקצרים מרדיוס אופטי של גרנד אובך.

באורכי גל ארוכים יותר, ~~האור~~ קטן פיזור כיווני

Rayleigh scattering, שזה אולי תהליך שמתרחש באטמוספירה

ואדם למעשה פהיראור כחולות.

לכן, ה-extinction אפקטור # חזק בתדרים גבוהים

(כחולות) ובאורכי גל "כחול" לטו "אדום" יותר

colour excess, reddening, או

$$E(x-y) \equiv (m_x - m_y) - (m_{0,x} - m_{0,y}) = (A_x - A_y)$$

x is the bluer band

← הגדל המול, בקורב נקט

$$E(x-y) > 0$$

שיטה לקביעת ה-reddening

Balmer Decrement Method

הצגת כד (gaseous nebula), אטומי מימן מיוננים ואז מבלעים רד-קומבינציה כק שגם ה"כ יש מצבי יציב (steady state).

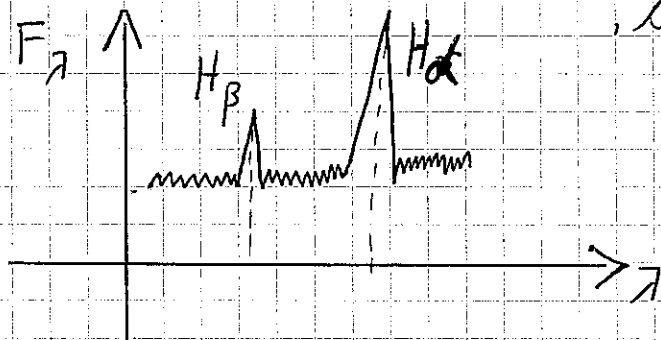
קצב היינון + רד-קומבינציה גלויים הצפיפות והאפקטורה

ורמתם עומד אחרים במקו"ק בתזרה מורה הקוואנטים ופיציקה סטטיסטית.

• בהתאם רד-קומבינציה, אלקטרונים חופשיים נתפסים ע"י יונים, ואז מתקלים לייפוס במורד רמות האנרגיה של אטום מימן נ"ט כלפי צד למטה היסוד.

• נ"טן עומד במקו"ק אור סיכויי היתגר בין רמות ספציפיות לפי קוואנטים, כיתלות בקבוצים אטומיים בלתי קוואנטים.

• צד מאפשר עמס אור היחס והמבנה בין קווים ספקרליים שונים.



$H_\alpha \leftarrow$ מתכיל מראה $n=2$ למטה $n=1$

$H_\beta \leftarrow$ " " $n=3$ " $n=1$

Balmer Decrement $\Leftrightarrow \frac{H_\alpha}{H_\beta} = R \Leftarrow$

צבוק גמאים אופייניים הצגת כד מיון כזב, שם

$R \approx 2.86$ מצבים לקבל $n \approx 10^3 \text{ cm}^{-3}$, $T \approx 10^4 \text{ K}$

Osterbrock & Ferland (2006) R של תורת
 and Ferland, 2006
 "Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei"

גודל היחס $H\beta$ / $H\alpha$ מוגד על ידי היחס $H\alpha$ / $H\beta$

$$\left(\frac{H\alpha}{H\beta}\right)_{observed} > R$$
 רצף היחסים

$$E(B-V) \propto \log \frac{(H\alpha/H\beta)_{obs.}}{(H\alpha/H\beta)_{true}} \sim \log \frac{(H\alpha/H\beta)_{obs.}}{2.86}$$

קבוצת היחסים $H\alpha/H\beta$ מוכוונת על ידי היחסים
 סוגים של תאורה → Schlegel et al. 1998
 היחסים $H\alpha/H\beta$

<http://sa.ipac.caltech.edu/applications/DUST>

זהו אתר שמאפשר להשוות בין היחסים $H\alpha/H\beta$ והקבוצה

$E(B-V)$

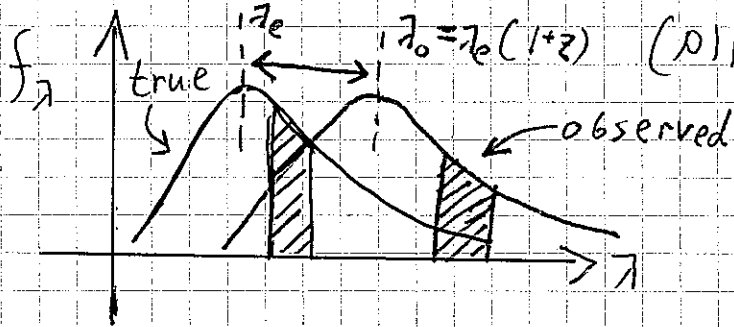
• כדי למדוד את היחסים $H\alpha/H\beta$ עלינו לקבוע את
 היחסים של היחסים $H\alpha/H\beta$ הישנים של היחסים $H\alpha/H\beta$.
 למדוד, יש להשתמש ב-Balmer Decrement על מנת
 תיחס היחסים.

K-correction

redshift $z \gg 0$ - כלולות לזיזון אדום

סלע, R-band - סלע, R-band - סלע, R-band

R-band, R-band, R-band



$$1+z = \frac{\nu_e}{\nu_o} = \frac{\lambda_{observed}}{\lambda_{emitted}}$$

מגדירות: היתרון בזיזון אדום של מנעין קרינה R

מהי המנעין הקוסמולוגי - Q?

$$① m_R = M_R + DM = M_R + 5 \log \left(\frac{D_L}{10 \text{ pc}} \right)$$

Distance modulus Luminosity distance

$$② m_R = m_Q + DM + K_{QR}$$

K-correction from R to Q

$$③ m_R = -2.5 \log F_R + C$$

$$④ C = \begin{cases} 2.5 \log F_{R, \text{vega}} & \text{Vega system} \\ -48.60 & \text{AB system} \end{cases}$$

$$⑤ F_R = \int_0^\infty d\nu_o \underbrace{f_\nu(\nu_o)}_{\text{Flux per unit freq: } \frac{\text{erg}}{\text{sec} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{Hz}}} \cdot \underbrace{S_R(\nu_o)}_{\text{Filter Function for R-band}} = \int_0^\infty d\lambda_o f_\lambda(\lambda_o) S_R(\lambda_o)$$

observed frequency

Flux per unit freq: $\frac{\text{erg}}{\text{sec} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{Hz}}$

Filter Function for R-band

Spectral Energy Density \rightarrow SED

$$g_\nu^R(\nu_o) \quad \nu_o$$

$$10^{\frac{c}{2.5}} = \left\{ \begin{array}{l} F_R \cdot \text{vega} \\ 10^{-48.5/2.5} \end{array} \right\} = \int d\nu_0 \underbrace{g_\nu^R(\nu_0)}_{\downarrow} S_R(\nu_0)$$

• $\int d\nu_0 g_\nu^R(\nu_0) S_R(\nu_0)$ - אורכי גל, AB
 • $\int d\nu_0 f_\nu(\nu_0) S_R(\nu_0)$ - אורכי גל, R
 • $S_R(\nu_0)$ - פונקציית רגישות

$$\Rightarrow M_R = -2.5 \log_{10} \left(\frac{\int d\nu_0 f_\nu(\nu_0) S_R(\nu_0)}{\int d\nu_0 g_\nu^R(\nu_0) S_R(\nu_0)} \right)$$

$$= -2.5 \log_{10} \left(\frac{\int d\nu_0 f_\nu(\nu_0) S_R(\nu_0)}{\int d\nu_0 g_\nu^R(\nu_0) S_R(\nu_0)} \right)$$

Absolute magnitude is apparent mag. at 10 pc distance and at rest

$$① M_Q = -2.5 \log(F_Q(10 \text{ pc})) + C, \quad \text{vega}$$

$$② F_Q(10 \text{ pc}) = \frac{L_Q}{4\pi(10 \text{ pc})^2} = \int \frac{d\nu_e L_\nu(\nu_e) S_Q(\nu_e)}{4\pi(10 \text{ pc})^2}$$

$$③ M_Q = -2.5 \log_{10} \left(\frac{\int d\nu_e L_\nu(\nu_e) S_Q(\nu_e) / 4\pi(10 \text{ pc})^2}{\int d\nu_e g_\nu^Q(\nu_e) S_Q(\nu_e)} \right)$$

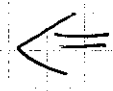
• $\int d\nu_e L_\nu(\nu_e) S_Q(\nu_e) / 4\pi(10 \text{ pc})^2$ - אורכי גל, R + Q
 • $g_\nu^Q \neq g_\nu^R$

$$F_0 = \frac{L_e}{4\pi D_L^2}$$

• Luminosity distance - D (D_L)

$$f_\nu(\nu_0) = \frac{dF_0}{d\nu_0} = \frac{d}{d\nu_0} \frac{L_e}{4\pi D_L^2} = \frac{d}{d\nu_e (1+z)^2} \frac{L_e}{4\pi D_L^2}$$

$$f_v(v_0) = \frac{L_v(v_e)}{4\pi D_L^2} (1+z)$$



$$L_v(v_e) = \frac{4\pi D_L^2}{(1+z)} f_v(v_0) \rightarrow \frac{v_e}{1+z}$$

$$L_\lambda(\lambda_e) = 4\pi D_L^2 (1+z) f_\lambda(\lambda_0)$$

$$\Rightarrow K_{QR} = M_R - M_Q - D.M.$$

$$= -2.5 \log_{10} \left[\frac{\int dv_0 f_v(v_0) S_R(v_0)}{\int dv_0 g_v^R(v_0) S_R(v_0)} \cdot \frac{\int dv_e g_v^Q(v_e) S_Q(v_e)}{\int dv_e f_v\left(\frac{v_e}{1+z}\right) S_Q(v_e)} \dots \right]$$

... $\cdot \left(4\pi \left(\frac{10 \text{ pc}}{\text{Mpc}}\right)^2\right) \cdot \left(\frac{4\pi D_L^2}{1+z}\right)^{-1} \cdot \frac{D_L^2}{\left(\frac{10 \text{ pc}}{\text{Mpc}}\right)^2}$

$$K_{QR} = -2.5 \log_{10} \left[(1+z) \frac{\int dv_0 f_v(v_0) S_R(v_0)}{\int dv_0 g_v^R(v_0) S_R(v_0)} \cdot \frac{\int dv_e g_v^Q(v_e) S_Q(v_e)}{\int dv_e f_v\left(\frac{v_e}{1+z}\right) S_Q(v_e)} \right]$$

$f_v(v)$ תצורה של פוטון
 S_Q, S_R קצוות ספקטרום
 $g_v^Q(v), g_v^R(v)$ פונקציות קצוות ספקטרום

$$K_{QR} = -2.5 \log_{10} \left[\frac{1}{1+z} \frac{\int d\lambda_0 f_\lambda(\lambda_0) S_R(\lambda_0)}{\int d\lambda_0 g_\lambda^R(\lambda_0) S_R(\lambda_0)} \cdot \frac{\int d\lambda_e g_\lambda^Q(\lambda_e) S_Q(\lambda_e)}{\int d\lambda_e f_\lambda((1+z)\lambda_e) S_Q(\lambda_e)} \right]$$