



מבחן סוף סמסטר – 77938

אסטרופיסיקה מתקדם, מבנה כוכבים ואנרגיות גבוהות

מרצה: פרופ' ניר שביב

יש לענות על 4 מתוך 6 השאלות. מותר להשתמש בכל חומר עזר דומם או אלקטרוני. אסור להשתמש בחומר עזר ביולוגי. אם יש לכם טיפת כבוד, העבודה שלכם תהיה עצמאית. בהצלחה. יש להגיש את המבחן עד יום ב', ה-8 למרץ 2010.

1. נבחן כוכבים על הסדרה הראשית בעלי מסה מאד קטנה, כך שהם קונבקטיביים לחלוטין.
א. בעזרת הומולוגיה או קשר פוליטרופי, מצאו כיצד תשתנה עוצמת ההארה והרדיוס של הכוכב כתלות באחוז המימן X שבו.
ב. מהו ה- X עבורו התאור הנ"ל נשבר כי הכוכב נהיה מנוון?
ג. כמה זמן יקח לכוכב כזה להגיע למצב הזה? תנו תשובה המתיחסת ל- L_0 שהיא עוצמת ההארה ב- $t=0$.
2. נסתכל על הסדרה הראשית של כוכבים שורפי מימן ע"י CNO והנשלטים ע"י לחץ הגז. כעת נשווה אותם לכוכבים העשויים $(Y \sim 1)$ והשורפים הליום.
א. יחסית למקומו בדיאגרמת H-R של כוכב בעל 10 מסות שמש על הסדרה הראשית של כוכבים שורפי מימן (והמכילים $X=0.7$ ו- $Z=0.02$), היכן על דיאגרמת H-R ימצא כוכב בעל מסה זהה המורכב והשורף He? (כוכבים אלה נקראים Wolf-Rayet).
ב. בעזרת הנירמול לתצפיות על הסדרה הראשית, מאיזה מסה ישלט כוכב השורף מימן ע"י לחץ קרינה, ומאיזה מסה אם הוא כוכב העשוי והשורף הליום?
לשם נוחיות כוכב בעל 10 מסות שמש השורף מימן מאיר פי 10000 מהשמש וטמפ' השפה שלו 20000 מעלות.
3. נתונה מערכת בינרית הכוללת ננס לבן בעל מסה של 1 מסת שמש, ובן זוג בעל מסה של 0.5 מסות שמש, ומרחק של $a=10^{12}$ cm ביניהם. בן הזוג מעביר מסה אל הננס הלבן בקצב של 10^{-8} מסות שמש לשנה. חשבו את הספקטרום שיפלט מהמערכת. (דהיינו, ציירו גרף של νF_ν כתלות ב- ν כאשר F_ν היא עוצמת ההארה הספקטרלית הנמדדת ביחידות של erg $\text{sec}^{-1} \text{Hz}^{-1}$). שימו לב שישנם מספר "רכיבים" פולטים במערכת. כמו כן, חלק מהגדלים יש לקחת בקירוב, כמו את הרדיוס החיצוני של הדיסקה. את האינטגרלים שיש, רצוי כמובן לחשב נומרית.

4. נתאר את אפקט החממה בכוכב לכת. נבחן פלנטה דמוית כדור"א (אותו גודל ומרחק מהשמש, אותה השמש וכדומה). נסתכל על מודל לאטמוספירה בו האטמוספירה שקופה לחלוטין לקרינה קצרת הגל מהכוכב, ואילו באינפירה האדום הרחוק (היכן שהקרינה התרמית של הכוכב לכת נפלטת) העומק האופטי הוא τ .

א. מהי טמפר' שיווי המשקל של פני כוכב הלכת כתלות בעומק האופטי τ באינפירה אדום? שימו לב שהבעיה דומה לבעית מעבר קרינה בכוכב. פני השטח מקבל עוצמת הארה נתונה מהכוכב, הצריכה לצאת החוצה דרך האטמוספירה.

ב. אם אנו מניחים שהאטמוספירה באינפירה אדום אטומה רק מאורך גל $\lambda_0 = 20,000 \text{ \AA}$, נקבל שחלק מהפליטה התרמית מהקרקה יפלט ללא כל בעיה (באורכי גל $\lambda > \lambda_0$) ואילו חלק חייב לעבור דרך החלק האטום (עבור $\lambda < \lambda_0$). לעומת זאת, חלק מהקרינה קצרת הגל של הכוכב יגיע לקרקע ללא בעיות (עבור $\lambda < \lambda_0$) ואילו חלק לא יגיע כלל לקרקע (עבור $\lambda > \lambda_0$) כך שניתן להתעלם ממנו. מצאו את כעת נומרית (למשל ע"י שימוש ב-matlab או mathematica) את טמפר' שיווי המשקל כתלות בעומק האופטי באינפירה אדום.

5. נסתכל על ליבה של פרוטו-כוכב. הליבה סופחת מסה בקצב \dot{m} נתון. בקירוב, המסה נופלת מאין-סוף ונעצרת בליבה ע"י גל הלם המחמם ודוחס את הגז. הליבה נמצאת בטמפרטורה אחידה.

א. כתלות ברדיוס ובמסת הליבה, מהם התנאים של הגז לאחר שנעצר ע"י גל ההלם? הניחו שהגז לפני גל ההלם היה קר מאד.

ב. אם מניחים שטמפר' הליבה נקבעת ע"י גל ההלם, מהו רדיוס הליבה כתלות במסתה וקצב הספיחה? (רמז: חישבו על הדריבציה של מסת Sch-Ch).

6. מערכות המאירות מעל לעוצמת ההארה של אדינגטון מאיצות רוח חזקה. באיזורים הצפופים יותר באטמוספירה של אותם גופים, מתפתחות אי יציבויות הגורמות לאותן אטמוספירות להיות לא אחידות, כך שאטימות האפקטיבית קטנה ונטו הכח (גרביטציה + קרינה) כלפי פנים. אולם, מהאיזור בו המבנה הנוצר מאי היציבויות נהיה שקוף, אין יותר הקטנה של האטימות ונטו הכח נהיה כלפי חוץ.

א. אם מניחים שאי היציבויות נותנות מבנים בעלי סדר גודל של סקלת הגובה האופיינית באטמוספירה (למשל, סקלת הגובה של הלחץ), העריכו למה יהיה \dot{m} האופייני. זיכרו, ברוח הנקודה הקריטית היא הנקודה הסופית!

ב. העריכו מה יהיה \dot{m} האופייני בהתפרצות נובה (כמה מסות שמש לשנה). לשם נוחיות, הניחו לשם פשטות כי מהירות הקול בבסיס הרוח היא כ-100,000 מעלות (למעשה יש לפתור את הרוח ואת מעבר הקרינה באופן קונסיסטנטי, כאשר מהירות הקול תלויה במעבר הקרינה שתלויה ברוח, ואילו עצמת הרוח תלויה במהירות הקול בבסיסה...).