



מבחן סוף סמסטר - 77938 - 2010/2011

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-7 למרץ 2010.

ניתן להשתמש במחשב (למשל matlab או mathematica) כדי לפתור נומרית משוואות לא פתירות או סתם כדי להציג תוצאה סופית.

1. נבחן (פרוטו-)כוכבים בדרכם אל הסדרה הראשית, כשהם על ה-Hayashi Track. בשלב זה הכוכבים הם כבר בשיווי משקל הידרוסטטי, קונבקטיביים לחלוטין (בגלל האטימות הגבוהה, הנובעת ממימן עם אלקטרונים הקשורים חלש) אך הם עוד לא הציתו ראקציות גרעיניות (הם משחררים את אנרגיית הקשר הגרביטציונית ומתכווצים). נניח גם שהכוכבים נשלטי לחץ גז. כדי לפתור את הבעיה, נתפור בין פתרון המתאר את הכוכב הקונבקטיבי ופתרון עבור איזור הפוטוספירה בו הקרינה נפלטת.

א. עבור כוכב קונבקטיבי בעל מסה M ורדיוס R , מצאו מהו הקשר בין הלחץ לטמפרטורה באיזורים החיצוניים של הכוכב.

ב. מהו הקשר בין הטמפרטורה והלחץ בפוטוספירה המתקבל מפתרון בעיית מעבר הקרינה? ניתן להניח לשם פשטות שהאטימות קבועה.

ג. כאשר נתפור את הפתרונות, מה יהיה הקשר בין הטמפ' בפוטוספירה לעצמת ההארה של הכוכב? עבור האיזור בו מימן מתיינן, האטימות ליחידת מסה מתנהגת כמו $P^a T^b$ כאשר $a \sim -1$ ו- $b \sim 3$. כיצד יראה המסלול על דיאגרמת H-R? (ניתן להניח בקירוב שהאטימות בפוטוספירה קבועה אך היא משתנה מכוכב לכוכב לפני החוק הני"ל).

2. בעקבות סיכוך דביי היקל Debye-Huckel screening, ליונים יש "אנרגיית קשר" בתוך הפלסמה. היות ואנרגיית הקשר הזו אינה לינארית במטען היון, כאשר שני יונים מתקרבים, אנרגיית הקשר גדלה. המשמעות היא שהיונים שעוברים ראקציה גרעינית עושים זאת עם אנרגיה גדולה יותר ממה שהיה להם "באין-סוף".

א. העריכו בכמה גדל קצב יצור האנרגיה הגרעינית בשמש כתוצאה מסיכוך, בהנתן תנאים קבועים של צפיפות וטמפרטורה. העריכו בכמה עולה קצב יצור האנרגיה תחת התנאים הקיימים בכוכב על הסדרה הראשית (שוב, בתנאים קבועים) בכוכב בעל מסה של 5 מסות שמש.

ב. מה ההשפעה של סיכוך על מיקום הכוכבים הני"ל על הסדרה הראשית?

3. נתונה מערכת בינרית הכוללת ננס לבן בעל מסה של 1 מסת שמש, ובן זוג בעל מסה של 0.5 מסות שמש, ומרחק של $a=10^{12}\text{cm}$ 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 $\text{erg sec}^{-1} \text{Hz}^{-1}$). 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. נבחן אטמוספירה של כוכב לכת גזי (ללא קרקע מוצקה). נניח כי לאטמוספירה יש מקדם פיזור ומקדם בליעה נתונים (ליחידת מסה), באור נראה. לעומת זאת, לאטמוספירה ישנו מקדם פליטה נתון (ליחידת מסה) באורכי גל תרמיים.

א. בעזרת קירוב שתי הקרניים, חשבו מהו פרופיל צפיפות האור הנראה כתלות בעומק (הנתון ע"י הצפיפות המשטחית עד עומק נתון).

ב. תחת ההנחה שהאור הנראה הנבלע חייב להפלט באינפרה אדום הרחוק, חשבו מהו פרופיל טמפרטורת שיווי המשקל שמתקבל (שוב, ע"י שימוש בקירוב שני הקרניים).

5. נסתכל על סילון הנוצר בתהליך ספיחה לתוך חור שחור, וננסה למדל (בקירוב רב) את הקרינה שתפלט ממנו. נניח במודל את ההנחות הבאות: הסילון בעל זווית פתיחה קבועה $\Delta\theta$, ופקטור לורנץ Γ מסדר גודל יחידה. נניח גם שבתחתיתו של הסילון מואצים אלקטרונים למהירויות יחסותיות (למשל מגלי הלם), ומקבלים התפלגות חזקתית $E^{-p} \sim dN/dE$ עבור אלקטרונים עם אנרגיות יחסותיות, במערכת הסילון. נניח גם שישנו שדה מגנטי מבולגן, הקטן עם המרחק בגלל זווית הפתיחה של הסילון. כמו כן, נניח כי האלקטרונים אינם מתקררים (דהיינו שהפליטה שלהם קטנה ביחס לאנרגיה שיש להם).

א. העריכו את צורת ספקטרום הפליטה שיתקבל כתוצאה מסינכרוטרון במערכת הסילון. כיצד יראה הספקטרום לצופה הנמצא בזווית α מציר הסילון? מה יקרה אם צפיפות האלקטרונים תהיה גבוהה מספיק?

ב. רכיב נוסף חשוב יהיה פיזור אינברס-קומפטון של אור דיסקת הספיחה ע"י האלקטרונים היחסותיים. העריכו כיצד יראה הספקטרום לצופה הנמצא בזווית α מציר הסילון.

6. בלינק: <http://www.phys.huji.ac.il/~shaviv/students/77938/papers-for-review> ישנם שלושה מאמרים (השתמשו במספר הקורס כשם משתמש, ובמספר הקורס פלוס אחד כסיסמה).

בחרו שני מאמרים וכתבו עליהם דו"ח referee המשכנע מדעית מדוע אין לקבל את אותם מאמרים.