

宇宙科学 1 試験対策プリント

2005 年 6 月 23 日

はじめに

授業で扱ったスライドは <http://grape.c.u-tokyo.ac.jp/hachisu/index.shtml> にあります。見ておくことをお勧めします。

ノート（売ってるやつ）が基本ですので、こちらも見てください。このシケプリはノートをピックアップしたようなものです。ぶっちゃけちまうとこれを見ても特に意味は無いかもしれせん。むしろ作者の偏見が混じるおそれがあるので、吐き気やめまい、動悸、息切れを感じたら使用を中止し、薬用養命酒でも飲んで休息をとって下さい。

ちなみに、試験は

- 筆記用具、時計（時計機能のみ）以外の持込禁止
- 試験時間 90 分
- 100 点（成績にはレポート点が最大 10 点付きます）

です。さらに問題形式は、記述（語句説明など）が 40 点くらいで、残りは数式を扱ったものが主流です。

知らなければ解けない問題も出題されますので、ノートはやはり見ておきませう。

タイトルの後ろの数字はノートに対応しています。

間違いがあれば早めに連絡して下さい。

ハッブルの膨張速 (2 . 1)

$$v = H_0 r$$

v は銀河の遠ざかる速度。赤方偏移から測定。 r はここから銀河までの距離。 H_0 は比例定数 (ハッブル定数)。遠い銀河ほど速いわけですね。ハッブル定数の逆数をとると宇宙の年齢になります。ということは定数といっておきながら変数...ちなみにおよそ 126 億歳。

宇宙の距離 (2 . 2) 年周視差 (2 . 4)

重要です。面倒なのでここには書きません。ノート見てください。1 ページ半ですので。ごめんなさい。

星の明るさと距離 (2 . 5 ~ 6)

星の明るさからその星までの距離がわかります。

$$M = m + 5 - 5 \log_{10} d$$

M は絶対等級。 m は見かけの等級。 d は距離で、単位はパーセク。この式はセファイドと共に覚えましょう。

セファイドの特徴は、

- 明るいから遠くまで見える
- 周期 - 光度関係があるので、絶対等級がわかる

などです。こいつを利用することで年周視差では難しい、遠くの銀河までの距離がわかるのです。

黒体輻射 (3 . 3)

- 黒体 外部からの熱放射を完全に吸収する物体。現実には存在しないとされるが、恒星などは近似的にそうみなせる。
- 黒体輻射 黒体からの熱放射。

ある温度の黒体からの電磁波のスペクトルは一定なので、スペクトルを観測することで、温度がわかります。すると、エネルギー・フラックスが求まりステファン・ボルツマンの式

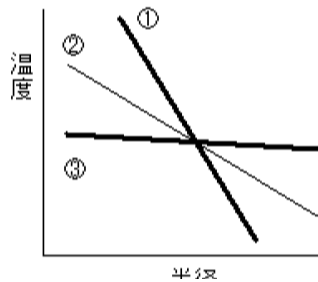
$$f = \sigma T^4$$

が得られます。星の半径を R とすると、総エネルギーは

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

と表せます。 L は光度ともいいます。

輻射平衡、対流平衡 (5 . 4)



温度勾配

2 : 星の中のガスを断熱的に外側にもっていくときの温度変化。断熱的温度勾配。

1 : あるガスの塊 (2 の勾配) は外側に行くにつれて周りのガスに対して温度が高くなるので密度が小さくなる。浮力が発生し、外側へ対流。対流平衡。

3 : 1 と逆。ガスの塊は外側に行くと密度が大きくなるので中心へ戻る。輻射平衡

つまり、勾配がきついと対流し、ゆるいと対流しない。

	勾配	伝わり方	p p チェイン	CNO サイクル
対流平衡	きつい (1)	対流熱輸送	外部	内部
輻射平衡	ゆるい (2)	光子拡散	内部	外部

星の進化 (1 0)

星の質量	進化の最後
$M < 0.08M_{\odot}$	褐色矮星
$0.08M_{\odot} < M < 8M_{\odot}$	主系列星 (これからも進化)
$0.8M_{\odot} < M < 8M_{\odot}$	C + O 白色矮星
$8M_{\odot} < M < 40M_{\odot}$	中性子星
$40M_{\odot} < M < 100M_{\odot}$	ブラックホール

* $40M_{\odot}$ という境界は定かではありません

超新星爆発 (1 1)

- 超新星 星が突然銀河くらいの明るさになる現象。

超新星爆発は主に5つに分類される。*Ia, Ib, Ic, II - L, II - P* (例外、1987A)

超新星爆発のメカニズムとしては、主に2種類考えられます。

- 太陽質量の10倍以上の大質量星ではもともと密度が大きくないために、核融合の灰で作られる中心核が途中で縮退することなく、次々に重い元素に点火してはさらに重い元素が作られ、最終的に鉄の中心核が作られる段階まで核反応が進む。鉄原子は原子核の結合エネルギーが最も大きいためにこれ以上の核融合は起こらず、中心の熱源がなくなるために鉄の中心核は重力収縮しながら温度を上げていく。温度が約100億度に達すると鉄が光子を吸収してヘリウムに分解する鉄の光分解という吸熱反応が起きて急激に圧力を失う。これによってやはり重力を支えられなくなり、星全体が重力崩壊で潰れて超新星爆発を起こす。
- 白色矮星同士からなる連星が相手のガスを取り込んだり、衝突合体することによってチャンドラセカール限界を上回り、中心の炭素、酸素核が爆発的に燃焼する。

超新星爆発によってヘリウムより重い元素 (C , O , Fe , ...) を宇宙空間に供給し、惑星などの源となった 超新星は生命の源 !

ブラックホール (1 3)

- ブラックホール 強い重力のために、光さえも脱出できない天体。
- シュバルツシルト半径 ある質量に対して光がちょうど出れなくなる距離 (半径)。

具体的な境界は判明してませんが、太陽質量の40倍ほどの星が超新星爆発を起こした時に残ると考えられています。

粒子・反粒子の生成・消滅をシュバルツシルト半径の近くで考え、その反粒子だけがシュバルツシルト半径の内側に入ってしまったと考えます。すると残った粒子があたかもブラックホールから飛び出てきたように見えます。ここで、統計力学的処理を行うことでブラックホールの温度が定義できて、黒体輻射をするということがわかります（ここらへんは流すべし）ある質量に対して黒体輻射できる時間というのは限られているので、ブラックホールの寿命というものがわかります。このとき、ブラックホールが消滅することを「ブラックホールの蒸発」といいます。