

立教-JAXA 連携講座 (JAXA 宇宙科学講義)
第7回「高エネルギー天文学」(2020年11月6日)
ISAS/JAXA 宇宙物理学研究系 海老沢 研

講義には One Note を使います。以下の URL で、アクセスできます (編集は不可です):
https://1drv.ms/u/s!AlcLUR-unX0MiTA_GVAX3Yya96k1

1 基礎的な物理の復習

1. 自然界でもっとも重要な3つの単位(次元)は?
2. それに対応して、自然界で最も重要な3つの定数は?
3. 物理のいろいろな理論(式)には、これら3つの定数がでて来ます。それをまとめてみましょう。
4. 黒体放射(プランク関数)の式は?
5. 黒体放射スペクトルのピークのエネルギー(振動数)は、温度が高くなるほど、(高く|低く)なる。
6. 光速に近い速度の電子が磁力線の周りを円運動するとき放出される電磁波を()放射と呼ぶ。
7. 電磁場の振動が電磁波として伝わるように、重力場の振動は、()として伝わる。なぜその発見は、予言から100年もかかったのか?
8. 一般相対性理論が完全でない理論であると言える理由は何か?

2 宇宙についての基礎知識

1. 宇宙は()年前に()で誕生したと考えられている。
2. ビッグバンの名残りである()が、宇宙全体から等方的に観測されている。それは絶対温度約()Kの黒体輻射である。
3. 恒星の中で()によって、炭素、窒素、酸素、鉄などの重元素が作られる。
4. 重い星の最後には、()が起きる。その際、星のコアの質量が太陽質量の約3倍より小さいときは()が、より大きい時は、()が残される。
5. 銀河の中心には()が存在する。私たちの銀河(天の川銀河)の場合、その質量は太陽質量の約()倍である。

3 高エネルギー天文学とは？

1. 「高エネルギー」には二つの異なる状況がある。温度が高い、つまり()エネルギーが高い場合と、温度は定義できないが、電子が高エネルギーに加速されている場合、つまり()エネルギーが場合である。上記 1.6 の放射が発生するのは、後者の場合である。
2. 最近まで、宇宙の高エネルギー現象を探るためには、電磁波が唯一の手段であったが、近年は、観測装置の進歩により、電磁波以外の()や()も観測できるようになってきた。
3. ブラックホールが合体する際、()波は放出されるが、()波は放出されない。一方、中性子星合体の際には、()波も()波も観測される。

4 高エネルギー天体の例

1. 近似的にニュートン力学を用いて、質量 M の天体の脱出速度が光速 c になる半径を見積もれ。これと一般相対性理論によるシュバルツシルト半径を比較せよ。
2. 太陽のシュバルツシルト半径は？ 地球のシュバルツシルト半径は？ (覚えておきましょう。)
3. ブラックホールに無限遠方から物体が落ちていくとしよう。重力エネルギーがブラックホール周辺で解放されて電磁波に変換されると、ブラックホール「周辺」は明るい天体として観測される。質量 m の物体がシュバルツシルト半径まで落ちた時、どれだけのエネルギーが解放されるか？ニュートン力学を用いて、近似的に見積もれ。それを、核融合反応によるエネルギー放出の場合と比較せよ。

5 高エネルギー天文学に関わる JAXA の科学衛星

1. 天文学の研究のために、なぜ人工衛星を打ち上げて、「宇宙から」宇宙を観測する必要があるのか？その理由を3つ述べよ。
2. 「ひとみ」や XRISM に搭載されている()は、()が優れている。これによって、元素からのスペクトル線を分解し、天体の()や()を測定することができる。
3. 電波干渉計の角度分解能(視力)は、()に比例する。
4. JAXA が計画している LiteBIRD 衛星の目的は、()を探ることである。