

演示 恒星の色と明るさ

1 目的

恒星の明るさと色には関係があることを知る。

2 準備するもの

直流電源装置、自動車用ヘッドランプ、もしくは交流電源装置、200W 電球
発展として 直視分光器

3 実習の内容

所要時間 20 分程度 **実験室の暗幕を閉めて行う。**

注意 電圧が低い時には近づいて観察させてよいが、上げてゆくと目を痛めるのではないかと思うほど明るくなるので、遠ざかって観察し電球を凝視しないようにする。

(1) 電圧を上げていき、ランプの色と明るさの変化を観察する。

T : 電球の色は何色か? . . . 電圧を上げながら聞いてみる。

S : 電圧を上げていくに従って、色が「黒色→赤色→橙色→黄色→白色」と変化する。

T : 赤色のときと白色のときの明るさは? . . . 明るさと色の関係を問う。

S : 赤色は暗く、白色に近づくほど明るい。

T : 暖かさの違いは? . . . ランプ近くで手をかざし、暖かさの違いを感じさせてみる。

S : 白色に近いほど暖かい。

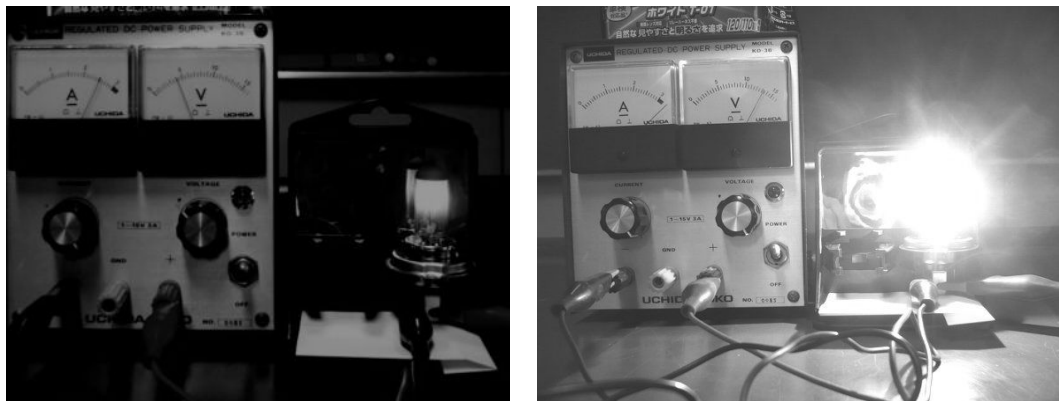


図1 直流電源とヘッドランプの例 (左 4V, 右 12V)

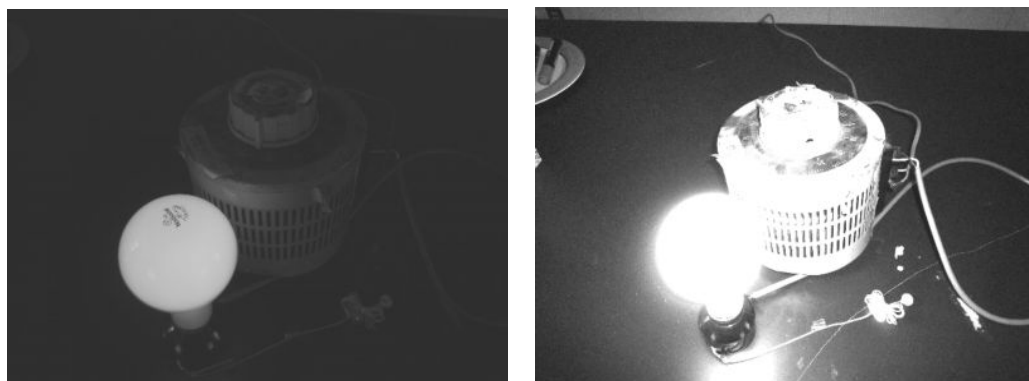


図2 交流電源と電球の例 (左 30V, 右 100V)

(2) <発展> 直視分光器を用いて観察する。

T : ランプが赤色のときに見える青の領域と、白色のときの青の領域の広さを比べてみる。

S : 白色のときの方が青の領域が広がる(図3)。



図3 電圧によるスペクトルの変化(左が短波長) 上 30V と 下 100V の比較

4 中学校までの既習事項

星には明るいものと暗いものがあり、色が違うものがある。

5 実習間のつながりについて

- ・分光器の取り扱いは『演示 スペクトルの観察』を参照。
- ・『恒星の分類』では、明るさと色(表面温度)の関係が、恒星の進化を考えるため必要な基礎知識である。

6 実習上の留意点

- (1) 電圧がフィラメント温度に関係し、星の内部で発生するエネルギー源と考えている。
- (2) 明るさと色の関係がフィラメント温度に依存すると考えている。
- (3) このような明るさと色の関係が直接的に結び付けられるのは、主系列星である。巨星、白色わい星では成り立たないことに注意(『恒星の分類』の指導資料を参照)。
恒星の明るさは、表面温度の4乗と半径の2乗に比例をするが、この実験では半径が一定の恒星を想定している。
- (4) 直流電源、交流電源のいずれか、用意できる電源装置によってランプを選べばよい。
- (5) ヘッドランプはハロゲンなどのガス成分で輝線を放射するものではなく、フィラメントを使った白色ランプを使用する。
- (6) 自動車用の白色ヘッドランプは、たとえばオートバックス純正のH4(T001)が1,000円程度で買える。電球でも可能だが、明るさの差がはっきりし、低電力でかなり明るいこと、白色まで再現できることがヘッドランプを使うメリットである。100Wではそれほどでもないが、200Wの電球は、定格の100Vにするとまぶしいので、ほとんど白色に見える。
- (7) どちらのランプも青色までは出せない(青色のヘッドランプは輝線)ので、規定電圧以上の電圧をかけるとランプは切れてしまうので注意。
- (8) これ以上のエネルギーが発生すると、ランプの色が青色に近づいていくことは推測させる。

7 補足

(1) 輝度温度

実験で使うランプは、厳密には恒星の放射とは異なる。実際の温度は以下のとおりである。

色	暗赤色	橙黄色	白色	輝白色
温度 [K]	1000	1400	1600	1800

(理科年表より引用)

恒星は黒体放射をしている。黒体とは、あらゆる波長の電磁波を吸収、かつ放出すると仮定されるもので、可視光であれば連続スペクトルが見える(図4)。温度に依存する電磁波を出すので、温度放射とも言われる。

日常的な黒体放射の例として、「炭」に火をつけて温度が上昇していくと黄白色になることがあげられることも多い。しかし、炭素の熱放射の輝度温度の上限値は2300[K]程度である。これも厳密には恒星とは異なる。

(2) 発展の補足

連続光を発する恒星は「青い星も赤い光を出している」、「赤い星も青い光を出している」ということを理解させることが大切である。恒星の色が違って見えるのは、温度が違っていると、放出する色の強さが違うことを理解させたい。

使用する分光器はプリズムを使っているため、短波長の分散が大きい。「青色の領域が広がったかどうか」を問うとよい。ここで逆に、赤色に注目させると図4からわかるように、温度が高いと赤色も強く出するため、「赤が明るくなった」という回答が出てくるので注意が必要である。CD-ROMを用いた分光器は波長分散が変わらないので、「青色が明るく見えてきたか」という問いに変えるとよい。

(3) 資料

この実験は恒星の黒体放射の演示である。ランプの大きさは変わらないため、単位面積あたりの放出エネルギーを観察するということになる。実際の恒星では、図4のように温度が高いほど青色の光が多いことがわかっている。

温度が上昇するとエネルギーの総量が大きくなる。これが白色に見える電球が明るい理由である。

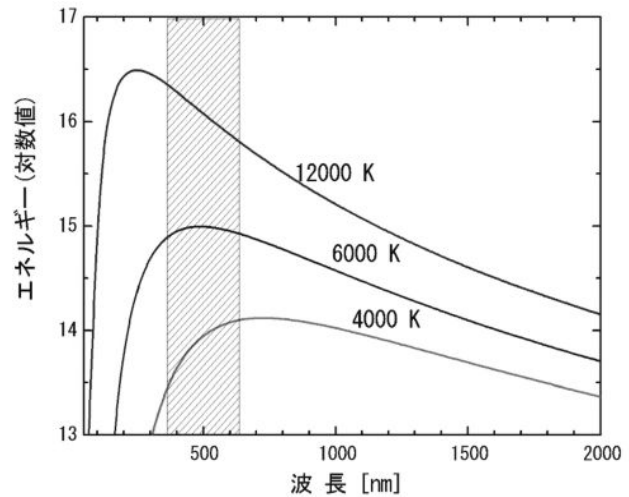


図4 黒体放射の波長別エネルギー（斜線が可視光域）

[天文分野の引用・参考文献一覧]

- 「平成 22 年度理科年表」, 国立天文台 編, 丸善株式会社
「ゼミナール地球科学入門」, 宮下 敦 著, 日本評論社
「基礎地球科学」, 西村 祐二郎 他著, 朝倉書店
「地球学入門」, 酒井 治孝 著, 東海大学出版会
「生命の化学」, 安藤 祥司 他著, 化学同人
「宇宙・地球：その構造と進化」, 山中 高光 編, 学術図書出版社
「惑星地質学」, 宮本 英昭 他編, 東京大学出版会
「惑星気象学」, 松田 佳久 著, 東京大学出版会
「異形の惑星」, 井田 茂 著, NHK ブックス
「最新・月の科学」, 渡部 潤一 編, NHK ブックス
「太陽系外に生命を探せ」, 観山 正見 著, 光文社新書
「新しい太陽系」, 渡部 潤一 著, 新潮新書
「一億個の地球」, 井田 茂・小久保 英一郎 著, 岩波科学ライブラリー
「宇宙と生命の起源」, 嶺重 慎・小久保 英一郎 編, 岩波ジュニア新書
「宇宙 その始まりから終わりへ」, 杉山 直 著, 朝日新聞社
「Google Earth でみる地球の歴史」, 後藤 和久 著, 岩波科学ライブラリー
「シリーズ現代の天文学 6 星間物質と星形成」, 福井 康雄 他編, 日本評論社
「シリーズ現代の天文学 7 恒星」, 野本 憲一 他編, 日本評論社
「シリーズ現代の天文学 8 ブラックホールと高エネルギー現象」, 小山 勝二 他編, 日本評論社
「シリーズ現代の天文学 9 太陽系と惑星」, 渡部 潤一 他編, 日本評論社