

第 13 回 気液相転移と星の熱力学

7 月 20 日

本日の内容

0-1. レポートについて

先週のレポート問題で $Mg_2 Si O_3$ と書いたのは、もちろん $Mg_2 Si O_4$ の誤りでした。すみません。これが原因の誤りは減点していません。

0-2. 先週の補足

8-4. van der Waals の状態方程式と気液相転移

Chapter 9. 星の熱力学

9-1. ビリアル定理

9-2. みかけ上の負の熱容量

試験について

本日はレポートは出しません。

来週試験を行います。以下のような問題を出すつもりです。

(1) 相図の見方：相図から境界のどちら側が体積やエントロピーが大きいか、どの相変化が発熱（吸熱反応）になるかとかを判断するやりかたを理解しておいてください。

(2) Maxwell の関係式、エネルギー方程式、断熱曲線の微分方程式（教科書 (3.30) 式）のうちのいくつかの導く問題：これらはそれらの式自身を覚えておく必要はないですが、導き方は覚えておいてください。

(3) 熱容量と状態方程式から内部エネルギー $U(T, V)$ 、エントロピー $S(T, V)$ 、断熱曲線、等温準静的過程に伴う仕事や熱を求める：これがメイン。レポート問題でいえば問題 3.3, 4.1, 4.2 のあたりを中心に復習をしておいてください。使用する熱容量と状態方程式は、レポートや教科書でやったものと少しだけ変えますから、結果ではなくて導き方を良く理解しておくようにしてください。

以上のような問題ですので、電卓、定規等は不要です。鉛筆と消しゴムのみを机の上に置いて試験を受けてください。

問題を解くときに何かと覚えておくの良いのは、第 10 回にやった 4 つの偏微分公式です。それから、熱容量の

$$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_V \quad (1)$$

$$C_P = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P \quad (2)$$

(3)

くらいも覚えておくの良いでしょう。

なお、熱力学においては、同じ答えを出すのに複数の導き方があり得ます。自分なりに覚えやすいやり方を考えておいてください。たとえば、エネルギー方程式は、教科書 6.3 のやりかた以外にも、偏微分公式

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S + \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T \quad (4)$$

から出発するのもあります。これに、熱力学関係式 (5.40), (5.41)

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S = -P \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V = T \quad (6)$$

と Maxwell の関係式

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad (7)$$

を用いれば、

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = -P + T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad (8)$$

が導けます。このあたりは自分で覚えやすいやり方を考えておいてください。

成績評価について

出席(1回10点計130点満点)とレポート(計165点満点:提出遅れは減点していることに注意)と試験(80点満点の予定)の総計点(375点満点の予定)を元に評価することにしました。基準は、最初に言うてある通り、8割以上が優、6割以上が良、4割以上が可、4割以下が不可です。昨日の時点での暫定的な評価(出席+レポート285点満点)は、受講登録者27名のうち

A 15名、B 7名、C 2名、D 3名

です。平常点重視で試験の割合は2割くらいですから、試験の結果によっては、現在の状況から1ランクくらい変わりうるという計算になります。