

## 5.23/2016 学修相談実施報告

### 来室学生

二回生 男子 四名

三回生 男子 一名

計五名

### 質問内容

#### 二回生

1. 教科書(マッカーリ・サイモン)の P-V 図(図 20.3)に示された諸過程の仕事エネルギー、熱エネルギー変化の他、内部エネルギー、エントロピー、エンタルピー、ヘルムホルツの自由エネルギー、ギブスの自由エネルギーについて、それらの変化量を求めなければならない。中間試験の課題になっているが、これら熱力学変数について良く理解できていないので、それらの意味と変化量の求め方について教えてほしい(三名)。
2. 理想気体の定容過程について、熱エネルギーの変化量を求める式は、教科書では

$$\Delta Q = \int_{T_1}^{T_2} C_V dT$$

で止めてある。これを  $\Delta Q = C_V(T_2 - T_1)$  としてよいか。例えば式(20.11)の下の式(一名)。

#### 三回生

1. 位置及び運動量の演算子  $\hat{x}$ 、 $\hat{p}_x$  などの交換演算子、や角運動量演算子  $\hat{l}_x$ 、 $\hat{l}_y$ 、 $\hat{l}_z$  の交換関係がわからない。例えば  $[\hat{p}_x, \hat{x}] = -i\hbar$  や恒等演算子の意味がよくわからない。

### 回答内容

#### 二回生

1. 5月19日の質問と同内容なので、ほぼ同じ回答をした。
2. 理想気体の定容比熱は温度に無関係な定数なので、積分の外に出せる。学生の計算のようにしてよい、ただし  $C_V = 3R/2$  となるのは単原気体だけであると回答した。

#### 三回生

1. 量子力学で出てくる演算子の多くは微分演算子であるので、どの順番で微分(演算)するかで結果が異なる、つまり交換関係がゼロにはならない。具体的に  $\hat{p}_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$  は微分演算子であって、演算子  $[\hat{p}_x, \hat{x}]$  は  $[\hat{p}_x, \hat{x}] = \left(-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}\right) \times x - x \times \left(-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}\right)$  と表されるので、任意の関数  $f(x)$  に演算子  $[\hat{x}, \hat{p}_x]$  を作用させることは  $\left(\left(-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}\right) \times x - x \times \left(-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}\right)\right) f(x)$  を計算することになると説明し、実際に学生に計算させ、演算の結果  $-i\hbar f(x)$  が得られること、つまり  $[\hat{p}_x, \hat{x}] = -i\hbar$  であること、また恒等変換は 1 を掛けることに同じなので、得られた結果は  $[\hat{p}_x, \hat{x}] = -i\hbar$  のように表すことができる、と回答。一方、 $[\hat{p}_y, \hat{x}] = 0$  となることは明らかで、可換であることと測定値(固有値)との関係を少し説明した。角運動量演算子の交換関係については、角運動量演算子の表現がわかっているならば、微分の順序に気をつけて根気よく計算すればよいので学生の自習に任せた。

## 5.25/2016 学修相談実施報告

来室学生

二回生 男子 一名

一回生 男子 一名

計二名

質問内容

二回生

1. 今日、物理化学(熱力学)の中間テストがあったが、その中で自信を持って答えられなかった設問、等容過程に伴う熱力学量変化の計算、について、よく理解したいので見てほしい。

一回生

1. クラウジウス-クラペイロンの式を用いて、富士山頂での水の沸点及び加圧鍋(2気圧)内の水の沸点を答えなければならないが、全く分からないので教えてほしい。

回答内容

## 二回生

1. これまでの相談で、テストと同じような等容過程に伴う熱力学量変化を計算していたので、学生は理解していたと思ったが、試験で正答が出せるかはまた別のようだ。学生の答えられなかった等容過程について、一つ一つ答えを確認しながら、回答した。

## 一回生

1. 学生のテキストでクラウジウスクラペイロンの式について説明がある個所を見たが、式は積分形で書かれていて、説明がしにくかったので、通常 of 微分形  $(dP/dT)_{eq}$  を用いてクラウジウスクラペイロンの式の意味を説明した(洗濯物が雨の日には何故乾きにくいのか)。テキストの式はその微分形を積分したものであることをわからせた後、高度と気圧の関係を表す気圧式をテキストや学生のノートで探したが見つからなかった。富士山頂での気圧がわからなかったので、山頂での沸点は求め方だけに止め、圧力鍋内の水の沸点を計算させ、合理的な値が得られることを確かめた。

以上