

5月28日(2018) 学修相談実施報告

来室学生

四回生 男子 一名

計一名

質問内容

1. 量子化学のテキストの、 $\text{He}^+$ のイオン化エネルギーを Bohr モデルに基づいて求める問題で、解答を見ながら解いてみたが、答が同じにならないので見てほしい。
2. 演算子やそれらの交換関係、不確定性関係に関するプリント等の問題がわからない。
3. Planck の黒体輻射則(エネルギー分布)とレイリー・ジーンズの輻射則との関係について、何を聞かれているのか、よく理解できていない。

回答内容

1. テキストにある Bohr モデルの式は、核電荷を $+1e$ とした水素原子のもので、核電荷を $+Ze$ とした水素様原子(*hydroge-like atom*)にも使える一般的な式になっていないため、学生は正しいイオンエネルギーを得られなかったようだ。

原子番号が  $Z$  で電子が 1 個だけのイオン、例えば  $\text{He}^+$ 、 $\text{Li}^{+2}$ 、等を水素様原子と呼び、量子化された電子のエネルギー準位は、テキストの Bohr モデルの式で、 $+1e$ を $+Ze$ で置き換えれば、正しく計算できること、また、原子軌道半径や軌道運動の速度等、についても同じで、結果だけは、水素原子の電子についてこれらを表わす式に、 $e^2$ があればそれを  $Ze^2$ に、 $e^4$ があればそれを  $Z^2e^4$ に置き換えればよい、したがって H のイオン化エネルギーを与える式がわかっているならば、 $\text{He}^+$ のイオン化エネルギーは直ちに求められる、と回答。学生はテキストの解答と同じ結果が得られることがわかった。

2. 量子化学の基礎で用いられる演算子、位置座標の演算子  $(x, y, z)$ 、運動量の演算子  $(-i\hbar\partial/\partial x, -i\hbar\partial/\partial y, -i\hbar\partial/\partial z)$ 、エネルギーの演算子  $(H)$  について、演算子と固有値の説明をし、「演算」を「観測」と考えると、「固有値」は「観測値」と捉えることができる、したがって 2 つの演算を続けて行うことは、観測を 2 度続けて行うことと同じである、このとき大切なのは演算の順序、すなわち観測の順序で、順番を入れ替えたとき、同じ結果が得られるとは限らない、このことを、位置の測定で考えると、演算子は  $(x, y, z)$  なので、 $x \cdot y$ も  $y \cdot x$

も同じで、演算(測定)の順序には全く関係がない、これを  $x \cdot y - y \cdot x = 0$  と表わす。一方、位置と運動量となると、例えば  $x \cdot \frac{\partial}{\partial x}$  ( $-i\hbar$  は省略) か順序を入れ替えて  $\frac{\partial}{\partial x} \cdot x$  かでは結果が異なる、このように2つの異なる演算子には、演算の順序を入れ替えたときに、可換か可換でないかの関係があり、可換であれば、それぞれの測定値(固有値)を不確定性なく知ることができる、可換でない場合には両方の値を不確定性なく知ることができない、不確定性関係は演算子の交換関係から導かれる(誘導はせず)、と回答。いくつか簡単な例について実際に演算結果を確かめた。 $x \cdot \frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \cdot x$  はそれ自体演算子なので、 $\left(x \cdot \frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \cdot x\right) f(x)$  として演算すれば、交換関係が確め易い。

3. 学生のわからないところは、Planck の式で、低振動数域の近似式がレイリー・ジーンズの式になっていることを示すテキストの例題に解答できればよい、で解決したようであった。

#### 5月30日(2018) 学修相談実施報告

来室学生

二回生 男子 一名

計一名

質問内容

1. 学生実験の実験を進めるのが大変遅く、先生からも指摘されている。どうしたら実験をスムーズに速く済ませることができるか。

回答内容

1. 遅い理由は主に何かにつけて慎重なことのように、実験で大切なことは、事故を起こさないことなので、慎重なことは決して悪くない、むしろとても大切なことである、とした上で、学生実験では、所定の操作を一定時間内に済ませて所定の結果を得ることも大切な練習なので、何故実験が遅いのか、自分でわかるところがないか尋ねたが、特にここが、という答はなかった。学生の実験操作を実地に見ていれば、不要なものや慎重に過ぎるところがわかるかもしれないが、それはできないし、かって先生に実験のシミュレーションをしてはどうか、と言われたそうなので、次のように回答した。

料理では、新しい料理はレシピを頼りにするのだけれど、何を作りたいかがわかっていてはじめて、個々の手順とそれらの意味がわかるわけで、実験でも同じではないか、と説明。「何を対象」に、「どのような結果」を得るのかを、明確に把握して初めてスムーズに実験ができるので、「何を対象」から始めて「どのような結果」までを、一連の流れ図(フローチャート、できるだけ絵を用いる)で表わしておいて、実験の全体像を掴んだ上で、実験に臨んでみてはどうかと言って、次回の実験テーマについて、およそのフローチャートを一緒に描いてみた。

以上