

現代物理学概論 I (原子核物理学パート、レポート問題)

次の7問のうち、2問を選択して解答せよ。(解答用紙を配りますので、この裏表の範囲内で解答してください。)

1. ガイガー・マースデンの実験では、粒子を金原子核に入射して散乱角度分布の測定が行われた。この実験で、粒子 (${}^4\text{He}$ 原子核, $Z_\alpha = 2$) は標的の金原子核 ($Z_T = 197$) に「触れて」いたかどうか答えよ。また触れていないとすれば、原子核に触れるためにはどうすればよいか考察せよ。

ここではクーロンポテンシャル

$$V(r) = \frac{Z_\alpha Z_T e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

のもとで粒子が散乱されたと考えてよい。原子核の半径は $R \sim 1.1A^{1/3}\text{fm}$ 、線のエネルギー $E_\alpha = 8.8\text{ MeV}$ 、 $e^2/4\pi\epsilon_0 = 1.44\text{MeV}\cdot\text{fm}$ 、金の原子番号 $Z_T = 79$ 、質量数 $A_T = 197$ 、の原子番号は $Z_\alpha = 2$ である。

2. ヒトが生きていくのに必要な元素を5種類(以上)あげ、それらの元素が宇宙の「どこで、どのように」作られたか述べよ。
3. もしも、原子の魔法数と原子核の魔法数が一致していれば、どのようなことが起こっていたか述べよ。
(ヒント: 魔法数をもつ原子核は作られやすい。魔法数をもつ原子核・原子は安定(=不活性)である。)
4. 3次元調和振動子ポテンシャルでの魔法数は、2, 8, 20, 40, 70, 110, ... である。1次元、3次元調和振動子ポテンシャルでのエネルギーが

$$1\text{次元: } E = \hbar\omega(n_x + \frac{1}{2}), \quad 3\text{次元: } E = \hbar\omega(n_x + n_y + n_z + \frac{3}{2}), \quad (n_x, n_y, n_z = 0, 1, 2, \dots)$$

であることを用いて、この魔法数を導出せよ。(ヒント: $n = n_x + n_y + n_z$ を3つの整数に分ける場合の数を考えよ)

5. 身近にも放射線をだして崩壊する不安定核は存在する。その例を2つ以上あげ、どのように利用されているか(またはどのような害があるか)を述べよ。
6. 超重元素生成の意義(科学的意義、社会的意義)について述べよ。(各人の見解を交えてよい。)
7. 非常に簡単な模型では、クォーク・グルーオン・プラズマは、「真空の圧力」にクォークとグルーオンの圧力が打ち勝つときに作られると考えるとよい。真空の圧力を $B = (200\text{MeV})^4$ とし、クォークとグルーオンをあわせた数密度が $\rho = 37\pi^2 T^3/90$ であるとして、理想気体の状態方程式から、相転移温度 T_c を求め、最新の数値計算の結果 $T_c = 170\text{ MeV}$ と比較せよ。(ここでは、 $\hbar = c = k = 1$ という自然単位系を用いている。)