

大学院前期 (修士) 課程 (物理学専攻、宇宙地球科学専攻) 入試問題  
物理学 A2  
(平成10年9月)

A2-1 と A2-2 の 2 問題とも解答せよ。解答用紙の問題番号の欄に問題番号を書くこと。

A2-1

距離  $s$  だけ離れた一対の点電荷  $+q$  および  $-q$  ( $q > 0$ ) の系は電気双極子と呼ばれ、 $\mathbf{p} \equiv qs$  で定義される電気双極子モーメント  $\mathbf{p}$  で特徴づけられる。ここで、ベクトル  $\mathbf{s}$  は  $-q$  の点電荷から  $+q$  の点電荷の向きにとる。また、 $s$  は変化しないと仮定する。

二つの電気双極子  $\mathbf{p}_1$ 、 $\mathbf{p}_2$  の間に働く力を、以下の手順で求めよう。ただし、電気双極子自身の空間的広がり (点電荷間の距離  $s$ ) に比べて、電気双極子間の距離  $r$  が十分に大きいとして、 $(s/r)$  の一次の項まで求め、二次以上を無視する近似をとる。

- (1) 電気双極子  $\mathbf{p}_2$  を静電場の中に置いた場合を考える。静電場のポテンシャルを  $\phi(\mathbf{x})$  とするとき、位置ベクトル  $\mathbf{r}$  の点 P に置かれた電気双極子  $\mathbf{p}$  の持つポテンシャルエネルギー  $V(\mathbf{r})$  が

$$V(\mathbf{r}) = +q\phi(\mathbf{r} + \mathbf{s}/2) - q\phi(\mathbf{r} - \mathbf{s}/2)$$

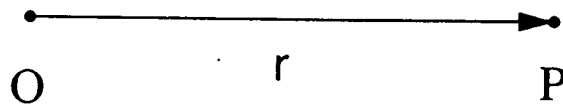
であることを用いて、電気双極子  $\mathbf{p}_2$  の持つポテンシャルエネルギー  $V_2(\mathbf{r})$  を  $\mathbf{p}_2$  と静電場  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  で表せ。

上記の電場が、原点 O に置かれた電気双極子  $\mathbf{p}_1$  によって生じていると考えれば、電気双極子間の相互作用エネルギー  $W_{12}$  を求めることができる。

- (2) 原点 O に置かれた電気双極子  $\mathbf{p}_1$  が位置  $\mathbf{r}$  につくる静電場  $\mathbf{E}_1(\mathbf{r})$  を求めよ。  
(3) 電気双極子  $\mathbf{p}_1$  と  $\mathbf{p}_2$  の相互作用エネルギー  $W_{12}$  を求めよ。

点 O と点 P のそれぞれに置かれた電気双極子  $\mathbf{p}_1$  と  $\mathbf{p}_2$  の間に働く力は、それらの向きによって異なる。

- (4) 電気双極子間の相互作用エネルギー  $W_{12}$  が最も低くなるのは、電気双極子をどのように配置した場合か、図を用いて答えよ (解答用紙に図を書き写し、 $\mathbf{p}_1$ 、 $\mathbf{p}_2$  を小さな矢印として書き入れよ)。またこのとき双極子間に働く力を求めよ。



## A2-2

圧力釜を用いると、釜内の温度を  $100^{\circ}\text{C}$  より高く保って料理をすることができる。この原理を考えるため、以下の各問に答えよ。

(1) 気相 - 液相の境界線は Clausius - Clapeyron の式

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T\Delta v}$$

で与えられる。この式を導け。ただし  $P$ ,  $T$  は沸点における圧力と温度,  $L$  は沸点におけるモルあたりの潜熱, そして  $\Delta v$  は気相と液相のモルあたりの体積の差である。

(2) 水に対して、圧力  $P_0 = 1$  気圧のときの沸点  $T_0$  における  $a = (dP/dT)_{T=T_0}$  の値を [気圧/K] 単位, 有効数字 2 桁で求めよ。ただし水の潜熱は  $L = 540 \text{ cal/g}$ , 気体定数は  $R = 2.0 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  とする。

(3) 加熱前, 圧力釜の内部の水と空気の気温は  $T_1 (< T_0)$  であったとすると, 加熱により温度が  $T$  になったときに釜の内圧  $P$  は何気圧になるか。ただし水は沸騰していないものとする。

(4) 水の蒸気圧曲線を圧力  $P_0$ , 沸点  $T_0$  を通る勾配  $a$  の直線で近似できるとしたとき, 釜の中の水が沸騰する直前の温度を  $T_B$  として  $\Delta T = T_B - T_0$  を  $a$ ,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $P_0$  で表せ。

(5)  $T_1 = 27^{\circ}\text{C}$  のとき  $\Delta T = T_B - T_0$  および  $T_B$  における釜の内圧  $P_B$  はそれぞれいくらになるか。有効数字 2 桁で答えよ。