

必要なら次の定数を用いて以下の問いに答えなさい。

リュードベリ定数 $R = 13.6\text{eV}$ 、プランク定数 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{Js}$ 、

電子の質量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}\text{kg}$ 、電子の電荷 $e = 1.60 \times 10^{-19}\text{C}$ 、光速 $c = 3.00 \times 10^8\text{ms}^{-1}$

1. 波長が 58.4nm であるヘリウム原子共鳴線 (He I) の光を N_2 分子に照射して、 N_2 分子のイオン化によって放出された光電子の速度を測定した結果、 $v = 1.406 \times 10^6\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ にピークが観測された。この結果を用いて以下の問いに答えなさい。ただし数値は全て eV 単位を用いること。

(a) 波長 58.4nm の光子がもつエネルギーを答えなさい。

(b) N_2 分子のイオン化エネルギー (IE) を答えなさい。

(c) He I 共鳴線は、 He 原子の励起状態からの発光で、 $2p \rightarrow 1s$ ($1s^1 2p^1 \rightarrow 1s^2$) の遷移による。この励起状態にある $2p$ 電子から見ると、 He の原子核と括弧の小さい $1s$ 電子の集合体は、全体で $+1$ の電荷を持ち、陽子と同等とみなせる。このため、この種の励起軌道にある電子のエネルギー準位は水素原子と同じ $E_n = -R/n^2$ に従う。 $1s^1 2p^1$ の励起状態にある He の IE を答えなさい。

(d) (a) で求めた励起 He がもつエネルギーと (c) の結果を併せて、基底状態にある He の IE を推定しなさい。

2. 原子番号 3 ~ 10 までの原子および等核 2 原子分子について以下の問いに答えなさい。

(a) 原子の IE は、周期表の同じ周期内で、アルカリ金属から希ガスに向かって原子番号を大きくするにつれて全般的には増加する傾向にあるが、例外も見られる。このことと 2 原子分子の電子配置に注意して、 N , N_2 , O , O_2 の 4 つを、その IE の大きい順に、 $\text{N} > \text{N}_2 > \text{O} > \text{O}_2$ のように並べなさい。

(b) 等核 2 原子分子として安定に存在しないものすべてを、原子記号で示しなさい。

(c) 常磁性を示し、負イオンになると結合が弱まる等核 2 原子分子とその電子配置を例 2 にならべて示しなさい。 (例 2) $\text{Li}_2 : (\sigma_g 1s)^2 (\sigma_u^* 1s)^2 (\sigma_g 2s)^2$

3. 次の (ア) ~ (コ) に、適当な語句、記号、または数値を入れて文章を完成しなさい。

炭素上の原子軌道 $2s$ と $2p_y$ の線形結合を考え、 $T_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_{2s} + \phi_{2py})$, $T_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\phi_{2s} - \phi_{2py})$ とす

る。これら T_1 , T_2 軌道は、(ア) 混成軌道とよばれる。この混成にある 2 つの炭素原子が結合すると、(イ) 軸方向の 結合だけでなく、原子軌道 (ウ) どうしの重なりによる 結合と原子軌道 (エ) どうしの重なりによる 結合の、合計 (オ) 重の結合ができる。 T_1 を (カ) 度回転させると T_2 軌道になるため、この結合をしている 2 つの炭素原子とその隣接原子は直線状の構造をもつ。

$\text{CH}_3\text{-HC=CH-CH=CH-CH}_3$ のように 1 重結合と 2 重結合が交互になっている結合を (キ) 二重結合とよぶ。この分子中央の炭素-炭素 1 重結合の結合距離は、エタンのものよりかなり短い。これは分子中に存在する合計 (ク) 個の 電子が、分子内を比較的自由に運動し、中央の炭素-炭素 1 重結合も部分的に 結合性を帯びるためである。炭素原子の 3 種の混成軌道が存在する分子構造式の 1 例は (ケ) である。また、炭素以外の例として、 BF_3 のホウ素は (コ) 混成軌道を持つ。