

（答案用紙 両面1枚） 遠藤泰樹

第1問 以下の文の下線部に当てはまる言葉を書け。同じ記号には同じ言葉が入る。

- (1) 太陽系内の元素分布を見ると、その大部分は (a) と (b) である。これらはほとんど宇宙の最初、(c) の時点で生成したと考えられている。一方、より重い元素である炭素や窒素、酸素は、宇宙に拡散していた物質が集合することによって形成された (d) の内部で生成されたと考えられている。一度、炭素、窒素、酸素が生成するとこれらを燃料とする (e) サイクルにより、効率的に (a) から (b) が合成される。この時に発生するエネルギーが (d) を明るく輝かせている。(d) の内部では鉄までの元素が合成されるが、それより重い元素は、質量の大きな恒星がその寿命が尽きたときに引き起こされる (f) 爆発で合成されたと考えられている。
- (2) 水素原子の中の電子の波動関数を (g) と呼ぶ。(g) の形としては様々なものが可能であるが、節の数でそのエネルギーが異なると解釈できる。 $1s$ 、 $3p$ 、 $2s$ 、 $3s$ 、 $2p$ のうちで最もエネルギーの低いのは、(h) である。また、このうち球対称でないものは (i) (複数可) である。
- (3) 多電子原子の構造は、水素原子と同様に考えた (g) に、(g) エネルギーに低いものから順に電子を詰めるという (j) と、一つの軌道に配置することのできる電子数に制限を与える (k) とを考慮することによって考えることができる。

第2問 分子に関する以下の問に答えよ。

- (1) sp 、 sp^2 、 sp^3 の混成軌道で結合を説明できる最も簡単な炭化水素を、それぞれ一つ挙げよ。
- (2) 2-ブテンには $trans$ 型と cis 型の二つの構造異性体が存在する。それらの構造式を異性体が区別できるように書け。
- (3) この二つは通常条件下では互いに移り変わることはないが、紫外線を照射すると移り変わることができる。このことを説明する以下の文の下線部に当てはまる言葉を書け。
2-ブテンの HOMO は、(a) 性の π 軌道であり、 σ 軌道の電子と共に (b) 結合が形成されている。紫外線を吸収すると、(c) 性の π 軌道である (d) (HOMO と対になる言葉) に遷移する。このため、(b) 結合が切れて (e) 結合となり、中央の CC 結合のところで回転できるようになる。
- (4) $CH_3CHCHCH_2CHCH_2$ と $CH_3CHCHCHCHCH_2$ で どちらが π -共役系の長さが長いのか。

第3問 光（電磁波）と物質に関する以下の問に答えよ。

- (1) 波長 600 nm の光の振動数を求めよ。この波長の光の光子1個のエネルギーを求めよ。但し、光速度は $3.0 \times 10^8\text{ m s}^{-1}$ 、プランク定数は $6.6 \times 10^{-34}\text{ J s}$ である。

- (2) 分子のスペクトルと、原子のスペクトルを比較すると、分子のスペクトルの方がずっと複雑である。これは、分子は (a) や (b) など、原子には存在しない運動をしていて、それらの状態変化に伴う構造がスペクトル中に見えるからである。このうち (a) 状態の変化に伴うスペクトルは、(c) の領域に観測され、現在人類の問題になっている地球 (d) にも関連している。一方、(b) 状態の変化に伴うスペクトルは、(e) の領域で観測される。特に宇宙から来る (e) は (e) 望遠鏡で観測され、宇宙空間中の分子についての貴重な情報を与えてくれる。

第4問 化学反応に関する以下の問に答えよ。

- (1) 大気中のオゾンの生成反応は



の二つである。このうち高度が低い方が効率的に進む反応はどちらか。また、その理由を簡単に説明せよ。

- (2) Chapman Cycle では、オゾンの消失に関わる反応をあと二つ考え、全体で定常状態になっていると考える。その反応式を示し、それぞれ (c)、(d) とせよ。
- (3) (a)~(d)で、オゾンが地上の生命にとって不可欠な役割を果たしていることに直接対応する反応はどれか。それはどのような役割か。
- (4) 多くの化学反応の反応速度は Arrhenius の式、

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

で表すことができる。式中の E_a を何と呼ぶか。また、その意味を説明する反応のポテンシャル曲線を書き、どこが E_a に対応するか示せ。

- (5) 化学反応の進行方向を考察するのに、ギブスの自由エネルギー変化 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ を用いることができる。これは、熱力学第二法則で、宇宙のエントロピーが単調に増加するとされることと対応している。ギブスの自由エネルギー変化の式から、化学反応におけるエントロピー変化を導き、熱力学第2法則と関連付けて反応の進行条件を述べよ。

第5問 分子間力に関する以下の文の下線部に当てはまる言葉を答えよ。

- (1) 希ガスのような構造・極性を持たないもの同士にも (a) と呼ばれる弱い引力が存在する。その引力を He と Ar で比較すると、(b) の方が大きい。
- (2) 油（炭化水素化合物）は水に溶けず、それ自身で集合しようとする。油を水に溶かしたとき、油分子の周りの水は (c) 水と呼ばれる規則性の高い構造をしており、(d) が低下している。油が集合すると、相対的に (c) 水の割合が減少し、(d) が増大する。一方、ばらばらの方が全体の (e) は低い。全体としては (d) の増大が、(e) の低下に打ち勝ち、油分子は集合する。