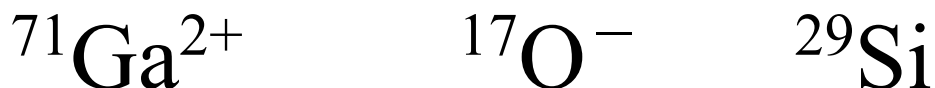


※紙媒体の資料を見たり，関数電卓などの計算機を使用しても構わない。ただし，通信機能のある機器類（携帯電話，パソコン等）の使用は禁止する。

1. 以下の原子やイオンについて，それぞれ「陽子数」，「中性子数」，「電子数」，「最も外側の電子殻にいる電子の主量子数」を答えよ（一つの原子・イオンについて全て合っていて2点，計6点）



2. 分子軌道法に基づき，二原子分子に関する以下の問いに答えよ（2点×4，計8点）

(1) N_2 分子に電子を一つ追加して N_2^- にすると，結合の次数はどうか？理由も簡単に答えよ。

(2) N_2 分子から電子を一つ取って N_2^+ にすると，結合の次数はどうか？理由も簡単に答えよ。

(3) O_2 分子に電子を一つ追加して O_2^- にすると，結合の次数はどうか？理由も簡単に答えよ。

(4) O_2 分子から電子を一つ取って O_2^+ にすると，結合の次数はどうか？理由も簡単に答えよ。

3. ルイス酸・ルイス塩基に関する以下の問いに答えよ（計7点）

(1) ルイス酸とルイス塩基がそれぞれどんなものなのか簡単に説明せよ（両方合っていて4点）

(2) ルイス酸およびルイス塩基の例をそれぞれ一つずつ挙げよ（両方合っていて3点）

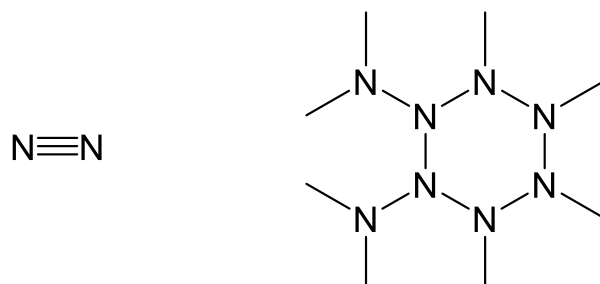
4. ハロゲンに関する以下の問いに答えよ（計5点）

(1) 4種類のハロゲン元素の単体 F_2 ， Cl_2 ， Br_2 ， I_2 を酸化力の強い順に並べ，そのような順になる原因を説明せよ。（3点）

(2) 金属アルミニウムとこれら4種類のハロゲンの単体それぞれとを反応させた場合，一番大きな反応熱を発するものはどれだと考えられるか？（2点）

5. 同素体の安定性に関する以下の問いに答えよ (計7点)

(1) 窒素の同素体として、以下の二種類の構造 (三重結合で繋がった2原子分子構造と、単結合で無限に広がった平面状の構造) を考える。1 mol の窒素原子(分子ではないので間違えないように!) がこれらの構造をとったとき、どちらがどれだけ安定になるか答えよ。ただし、 $N \equiv N$ 三重結合の結合エネルギーは 946 kJ/mol, N-N 単結合の結合エネルギーは 163 kJ/mol とする。(3点)



(2) 同様に、これら二種類の構造をしたリンの同素体の場合は、どちらがどれだけ安定になるか答えよ。ただし、 $P \equiv P$ 三重結合の結合エネルギーは 480 kJ/mol, P-P 単結合の結合エネルギーは 201 kJ/mol とする。(1点)

(3) 窒素とリンを比較すると、単結合はリンの方が強く、三重結合は窒素の方が強いことがわかる。これらの原因をそれぞれ答えよ。(一つだけ正解で1点, 二つともあっていれば3点)

6. リンに関する以下の問いに答えよ (6点)

リンは生物にとって非常に重要な元素である。リンは土壤中に元素としてはそこその量含まれているのだが、植物(生物)が利用できない(非常に利用しにくい)状態となっており、それを補うためにリン化合物が肥料としてよく使用されている。なぜ土壤中のリンは利用しにくいのか、その理由を説明せよ。

7. バリウムに関する以下の問いに答えよ (4点)

重金属のイオンは一般に強い毒性を示すため、塩化バリウムは高い毒性を示す。ところが同じバリウムイオンの塩であっても、硫酸バリウムの毒性はかなり低い。この理由を簡単に説明せよ。

8. 放射性元素に関する以下の問いに答えよ (6点)

水素原子の同位体である三重水素 (^3H) は、半減期 12.3 年で核崩壊を起こし安定な ^3He へと変化する事が知られている。今、純粋な三重水素が存在したとして、発する放射線の量が 1/100 になる ($=^3\text{H}$ の量が 1/100 になる) には何年かかるかを計算し、有効数字3桁で答えよ。

9. フッ素に関する以下の問いに答えよ (7点)

原子中のある電子を引き抜くのに必要なエネルギー E が、その電子から見た有効核電荷 Z_{eff} とその電子の主量子数 n を用いて $E = E_0 \times (Z_{\text{eff}} \div n)^2$ で表されるものとする (E_0 は正の定数)。この式を用いて、「フッ素原子は、 -1 価の状態に比べて、 -2 価の状態の方がかなり安定性が低い」事を示せ。

10. 貴ガスに関する以下の問いに答えよ (7点)

Ne_2 という分子が安定ではない事を、 Ne_2 という分子ができたと仮定した場合の分子軌道の準位図(軌道のエネルギー関係を、上の方がエネルギーが高くなるように示した図)をもとに説明せよ。ただし、以下の注意を守ること (以下のルールに反した回答は無効とする)

- ・ 結合前の Ne 原子の原子軌道を書き込まない (=分子軌道のみ書く)。
- ・ 内殻由来の分子軌道は書き込まず、Ne の最外殻に由来する軌道のみを書く。
- ・ 反結合性軌道には「*」等の印を付け、どの軌道が反結合性なのかわかるようにする。

11. ガラスに関する以下の問いに答えよ (計6点)

(1) 日常で使われるガラスは、ケイ砂 (SiO_2) に炭酸ナトリウムなどを加えてできるソーダガラスと呼ばれるものである。純粋な SiO_2 (石英ガラス) ではなくソーダガラスとした際の利点と、そのような利点を生む構造上の原因を答えよ。(4点)

(2) 化学実験でよく用いられる理化学用のガラスは、ケイ砂にホウ素と少量のナトリウムイオンなどを加えて作られるホウケイ酸ガラスであり、通常のソーダガラスよりも優れている点が二つある。一つは化学的な安定度の高さ(アルカリなどが溶出しにくく、反応を起こしにくい)なのだが、もう一つの優れている点は何か?(2点)

12. アルカリ金属元素に関する以下の問いに答えよ (4点)

Li, Na, K, Rb, Cs を水との反応が激しい順に並べ、そのような順序になる原因を説明せよ。