

(一般前期)

平成 22 年度 入学 試験 問題

(2 科目 選択)

理 科

(物理, 化学, 生物)

注 意 事 項

1. 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること.
2. 物理, 化学, 生物の中から 2 科目のみ解答すること.

化学 (問題用紙 1)

必要があれば、次の値を使用せよ。原子量: H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, N = 14.0, Na = 23.0, Cl = 35.5.

アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 気体定数 $8.31 \text{ J/K}\cdot\text{mol} = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L/K}\cdot\text{mol}$, 水の比熱 $4.20 \text{ J/g}\cdot\text{K}$.

I 以下の文章および(1)から(5)の空欄の [A], [I] ~ [L], [O], [P] には適当な数字を, [B] ~ [F] には最も適当な語句を, [G], [H] には適当な電子式を, [M], [N] には適当な化学式を, [Q], [R] には適当な化学反応式を, [S] には適当な文章を 40 字以内で記せ。

周期表の 15 族に属する窒素は [A] 個の価電子を有する元素である。①窒素分子 (N_2) は常温では安定な無色・無臭の気体であり、アンモニアの工業的な製造にも利用されている。このアンモニアの工業的製法は [B] 法とよばれ、窒素と水素を原料に高温、高圧下で行われる。アンモニア分子は水素原子との結合に関与しない一組の [C] を有しており、この [C] をさまざまな金属元素の陽イオンに提供し、お互いに共有する事で新たな結合を形成することができる。このような化学結合を一般に [D] 結合といい、金属元素の陽イオンと複数の分子や陰イオンの [D] 結合よって構築されるイオンを [E] イオンという。②窒素原子は幅広い酸化数をとることができるために様々な酸化物を形成し、③例えば工業的にはこのアンモニアから硝酸が製造されている。また窒素酸化物の一種である一酸化窒素は無色無臭の気体で空気中ではすぐに酸化され褐色で刺激臭を持つ有毒な気体である二氧化窒素になる。④実験室ではこの一酸化窒素と二氧化窒素は金属銅と希硝酸、および金属銅と濃硝酸との反応でそれぞれ得る事ができる。これらの反応において通常⑤一酸化窒素は水上置換で、二氧化窒素は [F] 置換で捕集する。

- (1) 水素分子の電子式を H:H と表すとき、下線部①の窒素分子 (N_2) およびアンモニアを同様の電子式で表すとそれぞれ [G] と、[H] と書ける。
- (2) 下線部②で一酸化窒素、二氧化窒素、硝酸における窒素原子の酸化数は、それぞれ [I] 価、[J] 価、[K] 価である。
- (3) 下線部③で硝酸は工業的には以下の化学反応式で示したオストワルト法によって合成される。(a)~(c)の化学反応式を完成させよ。また、オストワルト法によって濃硝酸 10 L を製造するために必要なアンモニアを有効数字 2 桁で求めると [P] kg である。ただし、製造する濃硝酸の質量パーセント濃度を 63 %、密度を 1.4 g/cm^3 とし、アンモニアは最終的にすべて硝酸になるものとして計算せよ。
- (a) [L] $\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4$ [M] $+ 6\text{H}_2\text{O}$
- (b) 2 [M] $+ \text{O}_2 \rightarrow 2$ [N]
- (c) 3 [N] $+ \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ [O] $\text{HNO}_3 +$ [M]
- (4) 下線部④で一酸化窒素と二氧化窒素が生成する反応を化学反応式で表すと、それぞれ [Q], および [R] である。
- (5) 下線部⑤で一酸化窒素を水上置換で捕集する理由は一酸化窒素が [S] ためである。

化学 (問題用紙 2)

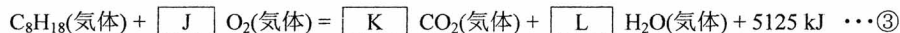
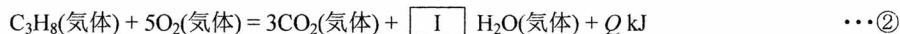
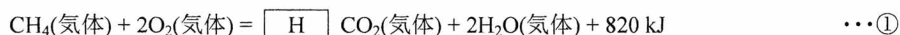
II 空欄 \boxed{A} ~ \boxed{S} に当てはまる最も適切な数字を, \boxed{T} に当てはまる最も適切な語句をそれぞれ記せ. また, \boxed{U} には最も適切な文章を 50 字以内で記せ. ただし, \boxed{H} ~ \boxed{L} は整数または分数で, その他の計算問題は有効数字 3 桁で答えよ.

問 1

- (1) 酸素分子 16.0 g は \boxed{A} mol であり, 分子数は \boxed{B} 個である. また標準状態での体積は \boxed{C} L である.
- (2) 水 1.00 mol が氷の時に占める体積は氷の密度を 920 mg/cm^3 とすると \boxed{D} cm^3 である.
- (3) 密度 1.10 g/cm^3 で 6.00 mol/L の塩酸の質量パーセント濃度は \boxed{E} % である. 3.00 mol/L の塩酸を 100 mL 調製するためにはこの塩酸を \boxed{F} mL 用いればよい. また, 3.00 mol/L の塩酸 100 mL を中和するためには, 固体の水酸化ナトリウムを \boxed{G} g 溶解すれば良い.

問 2

- (1) メタン[CH_4], プロパン[$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$], イソオクタン[$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$]の完全燃焼は下記の熱化学方程式で表される.



- (2) メタン, プロパン, 二酸化炭素の結合エネルギーの総和は表 1 の値を用いるとそれぞれ 1 mol あたり \boxed{M} kJ, \boxed{N} kJ, \boxed{O} kJ である. また, “ヘスの法則”より, プロパンの燃焼熱は $Q = \boxed{P}$ kJ と求まる.
- (3) 10.0°C の水 1.00 kg を 60.0°C に加熱するのに必要な熱量は \boxed{Q} kJ であり, この熱量を得るためにはメタンを \boxed{R} g 燃焼する必要がある. その際, 発生する $\text{CO}_2(\text{気体})$ は \boxed{S} g である.
- (4) メタン, プロパン, イソオクタンを燃焼させた時, 同じ熱量を得る時に発生する $\text{CO}_2(\text{気体})$ が最も少ないのは \boxed{T} である.
- (5) “ヘスの法則”について \boxed{U} に 50 字以内で述べよ.

表 1 代表的な化学結合の結合エネルギー

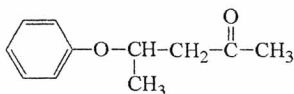
結合の種類	結合エネルギー (kJ/mol)	結合の種類	結合エネルギー (kJ/mol)
H-H	430	C-C	350
C-H	410	C=C	720
O-H	460	C≡C	960
C-O	350	O=O	490
C=O	800		

化 学 (問題用紙 3)

III $C_9H_7NO_2$ の分子式を持つ置換ベンゼン誘導体の異性体に関する下記の間に答えよ。なお、 ~ , ,

, ~ には最も適切な語句または数字を、, , には有機化合物の構造式を例にな

らって記せ。また、 にはフェーリング溶液の特徴を 50 字以内で示せ。ただし、有効数字は 3 桁とする。



例

- (1) この分子式を持つ化合物の元素分析を行うと炭素含有量(質量%)は %, 水素含有量は %, 窒素含有量は % になる。
- (2) 異性体中の窒素原子がニトロ基のものであれば、その異性体の数は 種類である。これらの異性体のすべての構造を例にならって 内に示せ。
- (3) 異性体中の窒素原子がアニリン誘導体のアミノ基のものであれば、それらの異性体の中でパラ 2 置換ベンゼン誘導体の数は 種類である。これらの異性体のすべての構造を例にならって 内に示せ。
- (4) 異性体中の窒素原子が(3)同様アニリン誘導体のアミノ基のものであり、また、フェーリング溶液を加えて過熱すると赤色の沈澱を生ずる化合物には多くの異性体が存在するが、これらの中で置換基が互いに隣り合う 3 置換ベンゼン誘導体には 種類の異性体が存在する。これらの異性体のすべての構造を例にならって 内に示せ。
- (5) (4) で用いたフェーリング溶液の作り方は、まず、A 液として 7 g を水に溶かして 100 mL にし、次に、B 液として 35 g と 10 g を水に溶かして 100 mL にする。使用する直前に等量の A 液と B 液を混合して用いる。フェーリング溶液の特徴を 内に 50 字以内で記せ。