

平成 28 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

化 学

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学校教育学類	I, II, III, IV (4問)
理工学域	数物科学類 物質化学類 環境デザイン学類 自然システム学類	I, II, III, IV, V, VI (6問)
医薬保健学域	医学類 薬学類・創薬科学類 保健学類	I, II, III, IV (4問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 13 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、医学類、薬学類・創薬科学類、保健学類は 4 枚、数物科学類、物質化学類、環境デザイン学類、自然システム学類は 6 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

- ・解答にあたり、必要であれば以下の数値を用いなさい。

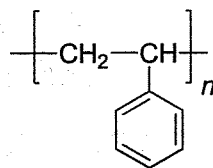
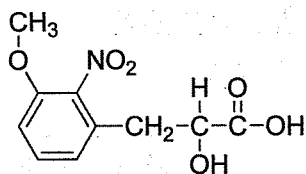
原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Al = 27, S = 32,

Fe = 56, Cu = 64

アボガドロ数： 6.0×10^{23} , 気体定数： $R = 8.3 \times 10^3$ [Pa・L/(mol・K)]

標準状態は、 1.01×10^5 [Pa], 273 [K]である。

- ・字数制限のある解答で、化学式を用いる場合は、例えばCaは2文字、 Ca^{2+} は4文字とする。
- ・構造式は、下図の例にならって記入しなさい。



I [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の原子の構造に関する文章を読み、問1～問4に答えなさい。

原子は、中心に質量のほとんどを有する **ア** と、**ア** の周りに雲のように存在する **イ** によって構成されている。さらに **ア** を構成する粒子は、正の電荷をもつ **ウ** と、電荷を有しない **エ** に分けられる。原子中の **ウ** の個数により、元素の種類を決定する原子番号が決められ、**ウ** の数と **エ** の数の和を質量数と呼ぶ。質量数が12である炭素原子の質量を12と定義し、その他の原子の相対質量が決められる。^(a) 原子の中には同じ原子番号を持つが、質量数の異なる原子が存在し、それらはたがいに **オ** と呼ばれる。**オ** の中には放射線を放出し、**カ** することで他の原子へ変化するものがある。放出する放射線の種類と、放出後の原子の原子番号および質量数の変化量を、次のページの表にまとめる。**カ** によって、もとの原子数が半分になるまでの時間を **キ** と呼ぶ。

表 放射線の種類と原子番号および質量数の変化量

放射線の種類	原子番号の変化量	質量数の変化量
(あ)	(い)	- 4
β 線	(う)	(え)
(お)	0	(か)

問 1 ~ に入る適切な語句を記しなさい。

問 2 表中の(あ)~(か)に入る適切な語句または数字を記しなさい。

問 3 下線部(a)に関して、質量数 12 の炭素原子の質量を 6 に変更した場合、次の(1)~(3)の数値は 12 と定義した場合の何倍になるか、答えなさい。ただし、変化しないときは「変化なし」と記入しなさい。

- (1) 窒素の原子量
- (2) 標準状態の酸素の密度
- (3) メタンの燃焼熱

問 4 塩素には、天然に質量数 35 と 37 の 2 種類の原子が存在し、原子量は 35.5 である。次の(1)と(2)に答えなさい。ただし、各原子の相対質量は、その質量数と等しいとする。

- (1) 質量数 35 の塩素原子は、塩素原子全体の何%か、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (2) 異なる分子量を持つ塩素分子は何種類できるか、答えなさい。また、その中で最も小さい分子量を持つ塩素分子は、塩素分子全体の何%か、有効数字 2 桁で求めなさい。

II [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問1～問6に答えなさい。

アルミニウムは地殻で最も多く存在する金属元素で, 天然に存在するアルミニウム鉱物の多くは3価の化合物である。金や銅の単体は, 水溶液の電気分解を利用して得ることができるが, アルミニウムはイオン化傾向が大きく, アルミニウム鉱物を溶かした酸性水溶液を電気分解しても単体を得ることができない。そこで, アルミニウムの単体の製造では, 鉱石の **A** から純度の高い **B** をつくり, 融解した氷晶石に **B** を溶かして, 水を含まない状態で電気分解して単体^(b)を得る。このようにして金属の単体を製造する操作を **C** という。

さて, **C** によるアルミニウムの製造過程において, 炭素を **D** 極と **E** 極に用いて **B** を電気分解し, **D** 極でアルミニウムイオンが 3.6×10^{24} 個の電子を受け取る反応が起こったとすれば, この電極にアルミニウム **ア** g が析出する。このとき, **E** 極では, 電極の炭素が反応^(d)して気体が生じる。この反応で生じる2種類の気体の物質量の比が1:1であったとすれば, 上と同じ電気量でこの電極の炭素 **イ** g が消費される。

金属アルミニウムの粉末と金属酸化物の粉末の混合物に点火すると, 激しく反応^(e)して融解した金属の塊が生じる。この方法は **F** 法と呼ばれる。酸化数の変化に注目すると, 金属アルミニウムのアルミニウム原子は **G** され, 金属アルミニウムが金属酸化物を **H** したことになる。 **F** 法は, クロム, コバルト, マンガン, 合金鉄等の冶金に利用される。溶鉱炉による冶金と異なり, **F** 法によって生成した金属には炭素が含まれないという特徴がある。また, **F** 法で発生する多量の熱はレールの溶接にも利用される。

問 1 ~ に入る適切な語句を記しなさい。

問 2 文中の , の数値を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 3 下線部(a)の理由を説明しなさい。

問 4 下線部(b)について、水晶石の化学式を記しなさい。また、アルミニウムの単体の製造において、 を融解するのではなく、融解した水晶石に を溶かす理由を説明しなさい。

問 5 下線部(c), (d)において、 極で起こる 1 つの化学反応と 極で起こる 2 つの化学反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示しなさい。

問 6 下線部(e)について、酸化数 + 3 の金属酸化物 (M_2O_3) と金属アルミニウムが反応する際の熱化学方程式を示しなさい。ただし、 M_2O_3 と酸化アルミニウムの生成熱をそれぞれ Q_M kJ/mol, 1676 kJ/mol とする。

Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

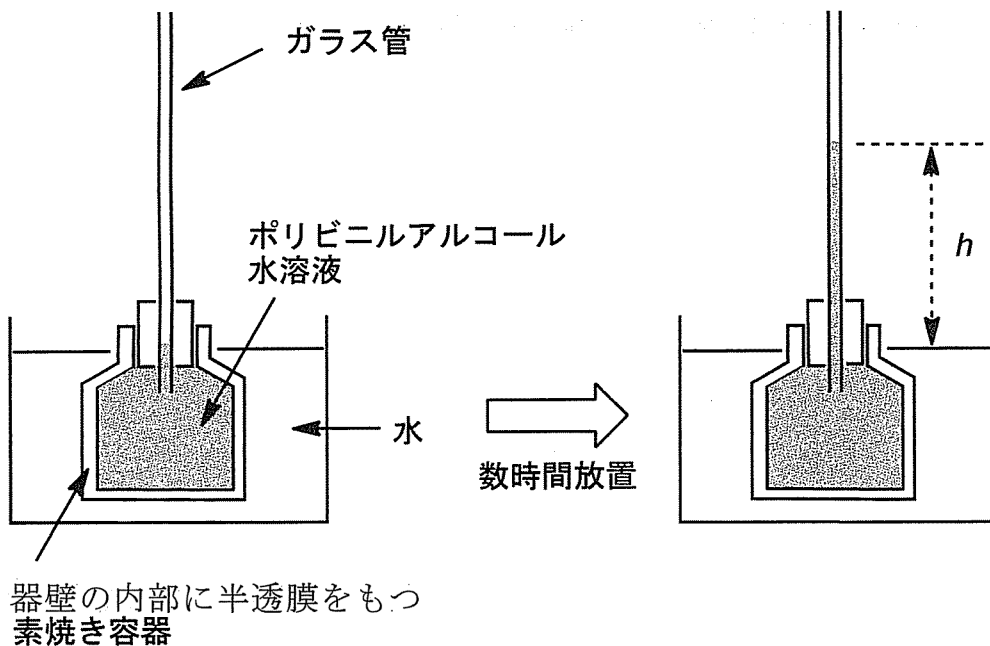
次の文章を読み, 問1～問6に答えなさい。

分子量 1.0×10^5 のポリビニルアルコール 1.0 g を 100 g の水に溶解して水溶液 A を調製し, その凝固点降下度を測定した。さらに, 下図の装置を用いて水溶液 A の浸透圧を測定した。その際, 水溶液 A の温度は 30°C であり, その密度は 1.0 g/cm^3 であった。

また, 重合度の異なるポリビニルアルコール 1.0 g を 100 g の水に溶解して水溶液 B を調製し, その凝固点降下度を測定したところ 0.010 K であった。

解答にあたり, 必要であれば以下の数値を用いなさい。

30°C の水の蒸気圧: $4.24 \times 10^3 \text{ [Pa]}$, 水のモル凝固点降下: $1.85 \text{ [K}\cdot\text{kg/mol]}$, 水銀の密度: $13.6 \text{ [g/cm}^3]$, 標準大気圧の水銀柱の高さ: 760 [mm] , 純粋な水の凝固点: $0 \text{ [}^\circ\text{C]}$



- 問 1 純粋な水が液体からすべて凝固するまでの冷却曲線を図示しなさい。
- 問 2 水溶液 A の凝固点降下度を有効数字 2 桁で求めなさい。
- 問 3 水溶液 A の凝固点ができるように、すべて液体の状態からすべて凝固するまでの水溶液 A の冷却曲線を図示しなさい。
- 問 4 水溶液 A の浸透圧を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、浸透による濃度変化を無視する。
- 問 5 水溶液 A の液柱の高さ h は何 mm か、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、毛細管現象は無視する。
- 問 6 水溶液 B に含まれるポリビニルアルコールの重合度を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、このポリビニルアルコールの重合度に分布はないものとする。

IV [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問 1 ~ 問 3 に答えなさい。

分子式 $C_{17}H_{16}O_4$ の化合物 A について, 次の実験 1 ~ 実験 7 を行った。

- 実験 1 化合物 A 1 mol を完全に加水分解すると化合物 B, C, D がそれぞれ 1 mol ずつ得られた。化合物 B, C, D はそれぞれナトリウムと反応し, 水素を発生した。
- 実験 2 化合物 B は, *p*-キシレンを酸化することによっても得られた。また, 化合物 B とエチレングリコールの縮合重合によって, 高分子 E が得られた。
- 実験 3 化合物 C に臭素水を反応させると, 分子式 $C_6H_3Br_3O$ である化合物 F が得られた。
- 実験 4 化合物 C に 20 °C で希硝酸を反応させると, 互いに異性体の関係にある化合物 G, H が主な生成物として得られた。希硝酸の代わりに濃硝酸と濃塩酸の混合物(混酸)を用いると, 爆薬の原料としても知られる化合物 I が得られた。
- 実験 5 化合物 D には, 他にあと 2 種類の構造異性体である化合物 J, K が存在する。化合物 J はナトリウムと反応して水素を発生したが, 化合物 K はナトリウムとは反応しなかった。^(a)
- 実験 6 化合物 J を酸化すると, フェーリング液を還元しない化合物 L が得られた。
- 実験 7 化合物 D を穏やかに酸化すると, 銀鏡反応を示す化合物 M が得られた。

問 1 化合物 A~M の構造式を示しなさい。

問 2 下線部(a)で起きた反応を化学反応式で示しなさい。

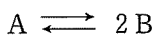
問 3 化合物 J と K は分子量が同じであるにもかかわらず、化合物 J (沸点 82 °C) が化合物 K (沸点 7 °C) よりも高い沸点を示した。その理由を説明しなさい。

V [数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類]

次の平衡の移動に関する文章を読み, 問1~問5に答えなさい。ここでは, 反応することを除いて, 気体を理想気体として扱う。

「気体どうしの可逆反応において, 平衡定数は圧力に依存しないが, 平衡は圧力変化に応じて移動する。」この記述は矛盾にも感じられるが, 次のように考えることで, 容易に理解できる。

今, 気体Aと気体Bは, 次の化学反応式で示される関係にある。



温度一定の条件で, 圧平衡定数 K_P は気体Aの分圧 P_A と気体Bの分圧 P_B を用いて次の式で定義できる。

$$K_P = \boxed{\text{ア}}$$

反応前は気体Aのみが n mol 存在し, 気体Bは0 mol だったとする。次に反応が進み平衡状態に達して, 気体Aは x mol 減少した。このとき, 気体Aの物質量は $\boxed{\text{イ}}$ mol であり, 気体Bの物質量は $\boxed{\text{ウ}}$ mol となる。平衡状態での各分圧 P_A と P_B は, 全圧 P と各気体のモル分率により以下のように求められる。

$$P_A = \boxed{\text{エ}}, P_B = \boxed{\text{オ}}$$

よって, 圧平衡定数 K_P は,

$$K_P = \boxed{\text{カ}}$$

として表せる。この式を変形すると,

$$x = \frac{n}{\sqrt{1 + 4P/K_P}}$$

という関係が得られる。この関係から, 圧平衡定数 K_P が圧力に依存せず一定であつても, 全圧 P が変化すると, 平衡が移動することが分かる。

問 1 ~ に入る適切な式を、それぞれ記しなさい。

問 2 に入る適切な式を、 n 、 x および P を用いて記しなさい。

問 3 下線部(a)に関して、 P/K_P を新しい圧力変数 P_K とし、解答欄のグラフの横軸 P_K に対し、気体 A の物質質量の変化を実線(—)で、気体 B の物質質量の変化を破線(-----)で図示しなさい。

問 4 N_2O_4 が解離して NO_2 が生成する反応は、次の熱化学方程式で示される。この反応が平衡状態にあるとき、下の(1)~(4)の操作を行うと平衡はどうなるか、下の(a)~(d)から選び、それぞれ記号で答えなさい。



- (1) 温度一定の条件で、圧力を上昇させる。
 - (2) 圧力一定の条件で、温度を上昇させる。
 - (3) 温度・圧力一定の条件で、触媒を加える。
 - (4) 温度・圧力一定の条件で、アルゴンガスを加える。
- (a) 左方向へ移動する (b) 右方向へ移動する
- (c) 移動しない (d) この条件から判断できない

問 5 化学平衡の移動について論じた原理を「ルシャトリエの原理」という。ルシャトリエの原理を、60 字以内で説明しなさい。

VI [数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類]

次の文章を読み, 問1～問6に答えなさい。

デンプンは, α -グルコースが縮合重合してできた多糖類である。デンプンの水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると **A** 色を呈する。一方, **B** は, おもに動物の肝臓や筋肉に蓄えられている多糖類であり, ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると **C** 色を示す。

核酸にはデオキシリボ核酸と **D** とがある。核酸の構成単位は, 5つの炭素を骨格とする **E** と, 窒素を含む塩基と, リン酸とが結合した **F** と呼ばれる物質である。核酸は, **F** どうしが縮合重合してできた鎖状の高分子化合物である。

ペプチドは, アミノ酸がほかのアミノ酸と縮合反応することによって得られる化合物である。2分子のアミノ酸の縮合で生じたペプチドをジペプチド, 多数のアミノ酸の縮合で生じたペプチドをポリペプチドという。このポリペプチドが **G** であり, 生命活動を支える重要な働きをしている。酵素は, おもに **G** からなる物質であり, 生体内で起こる複雑な化学反応の触媒として働き, 温和な条件でも反応を速やかに進行させることができる。

動物や植物から得られる油脂は, 高級脂肪酸とグリセリンのエステルである。油脂を構成する脂肪酸には, パルミチン酸やステアリン酸のような **H** 脂肪酸と, オレイン酸のような **I** 脂肪酸がある。 **H** 脂肪酸をおもな構成成分とする油脂は, 常温で固体のものが多く, **I** 脂肪酸をおもな構成成分とする油脂は, 常温で液体のことが多い。常温で液体の油脂にニッケルを触媒として **J** を付加させると, 油脂の融点が **K** くなって固体となる。これを硬化油といい, マーガリンの原料などに用いられる。

問 1 A ~ K に入る適切な語句を記しなさい。

問 2 下線部(a)について、次の問いに答えなさい。

試料 a: デンプンとグルコースを含む水溶液がある。この水溶液 100 mL に十分な量のフェーリング液を加えて加熱したところ、144 mg の酸化銅(I)が沈殿した。一方、この水溶液 100 mL に酸を加えて完全に加水分解した後、中和し、試料 b: 十分な量のフェーリング液を加えて加熱したところ、216 mg の酸化銅(I)が沈殿した。

試料 c: この水溶液 100 mL 中には、デンプンとグルコースはそれぞれ何 mg ずつ含まれていたか、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

問 3 下線部(b)について、あるデオキシリボ核酸の塩基の組成(モル分率)を調べたところ、アデニンが 23 % であった。シトシンは何%か求めなさい。

問 4 下線部(c)について、4つのアミノ酸からなる直鎖状のペプチド X の構造と性質を調べ、次の(1)~(4)の結果を得た。

これらの結果より、ペプチド X のアミノ酸の配列順序を N 末端側から順に示しなさい。

- (1) ペプチド X は、グリシン、アラニン、リシン、アスパラギン酸から構成されていた。
- (2) N 末端側は酸性アミノ酸、C 末端側は不斉炭素原子を持たないアミノ酸であった。
- (3) 塩基性アミノ酸の C 末端側のペプチド結合のみを加水分解する酵素を作用させると分子量の異なる 2 つの化合物が得られた。
- (4) (3) で得られた 2 つの化合物のうち一方はビウレット反応を示した。

問 5 下線部(d)について、次の(1)と(2)の問いに答えなさい。

(1) 酵素は、特定の物質に対してだけ作用する。酵素のこのような特性を何と
いうか答えなさい。

(2) 多くの酵素は $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上でその働きを失う。その理由を 30 字以内で説明
しなさい。

問 6 下線部(e)について、ある 1 種類の脂肪酸からなる油脂 87.8 g を完全にけん
化するのに水酸化カリウム 0.300 mol を要した。

この油脂の分子量を有効数字 3 桁で求めなさい。また、油脂を構成する脂肪
酸の示性式を示しなさい。