

'18

前期日程

化 学

(理 工 学 部)

注 意 事 項

問題(①～⑤)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(20頁)、解答用紙は5枚、下書用紙は1枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	Ag = 108	C = 12.0	Ca = 40.1	Cl = 35.5
	H = 1.0	I = 127	K = 39.1	N = 14.0
	Na = 23.0	O = 16.0	Pb = 207	S = 32.1

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C, 1.01×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

1

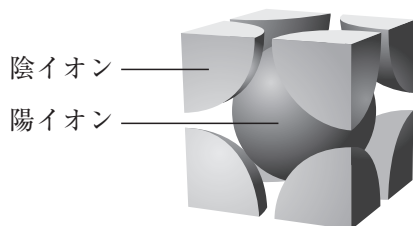
(1) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

原子は、電子を放出したり受け取ったりして、イオンになる。典型元素のイオンは、原子番号が最も近い 族の原子と同じ電子配置を取る傾向がある。例えば、Caは 個の価電子を放出し、 と同じ電子配置のイオンになる。原子から最外殻電子を1個取り去って1価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを という。逆に、原子が電子を1個取り込んで1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを という。 が 原子ほど陽イオンになりやすく、 が 原子ほど陰イオンになりやすい。a 陽イオンと陰イオンがイオン結合によって規則正しく配列している固体をイオン結晶という。

族以外の非金属元素の原子は、電子対を共有し、共有結合を作ることで 族の原子と同じ電子配置を取る傾向がある。共有結合において、電子対を引きつける強さを数値で示したものが であり、周期表の左下にある元素ほど は なる。共有電子対が一方の原子に偏っているとき、結合に があるという。b 多原子分子の場合、結合に があっても、分子全体に があるとは限らない。

問 1 空欄 , に当てはまる数字, に当てはまる元素記号, ~ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について, 下図に示す単位格子の構造をもつイオン結晶における陰イオンの配位数を記せ。また, 陽イオンの半径を R [cm], 陰イオンの半径を r [cm] としたとき, 単位格子の一辺の長さ L [cm] を R と r を用いて記せ。



問 3 下線部 b の例として二酸化炭素分子がある。二酸化炭素分子に がない理由を 40 字以内で記せ。

- (2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。ただし、気体はすべて理想気体とする。

プロパン C_3H_8 の燃焼の化学反応式は、

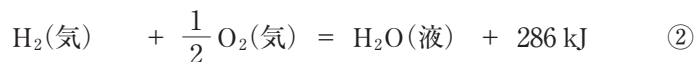
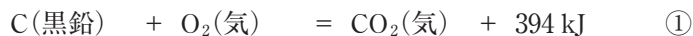


で表される。プロパン 4.40 g を完全燃焼するのに最低限必要な酸素 $\boxed{\text{エ}}$ mol と反応させ、完全燃焼したとき、生成する二酸化炭素の体積は標準状態で $\boxed{\text{オ}}$ L である。このとき、反応前のプロパン、酸素、反応後の二酸化炭素の標準状態における体積の比は 1 : $\boxed{\text{カ}}$: $\boxed{\text{キ}}$ である。このように 反応物および生成物の気体の体積の比は同温、同圧のもとで簡単な整数比になる。 また、この反応で生成する水の質量は $\boxed{\text{ク}}$ g である。反応前のプロパンと酸素の質量の和と、反応して生成した二酸化炭素と水の質量の和は等しい。 この反応で生成する二酸化炭素と水の分子数の和は $\boxed{\text{ケ}}$ 個である。

問 1 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ケ}}$ に当てはまる数値を記せ。 $\boxed{\text{エ}}$, $\boxed{\text{オ}}$, $\boxed{\text{ク}}$, $\boxed{\text{ケ}}$ は有効数字 3 桁で答えよ。

問 2 下線部 a, b の法則の名称をそれぞれ記せ。

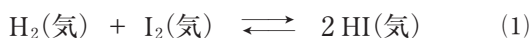
問 3 次の熱化学方程式①～③を用いて、プロパン C_3H_8 (気) の燃焼熱を計算し、有効数字 3 桁で答えよ。



2

(1) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

水素 H_2 とヨウ素 I_2 からヨウ化水素 HI が生成する反応は可逆反応であり、(1)式の化学反応式で表される。 HI の生成速度 v_1 、 HI の分解速度 v_2 はそれぞれ $v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$ および $v_2 = k_2[\text{HI}]^2$ で与えられる。 k_1 、 k_2 はそれぞれ正反応、逆反応の速度定数である。なお、(1)式の正反応は発熱反応である。



問1 この反応の平衡の移動に関する下の記述①～④のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① 体積を一定に保ったまま温度を上げると、平衡は右向きに移動した。
- ② 温度を一定に保ったまま圧力を上げると、平衡は右向きに移動した。
- ③ 温度と体積を一定に保ったままアルゴンを加えると、平衡は移動しなかった。ただし、アルゴンは反応に関与しないものとする。
- ④ 温度と圧力を一定に保ったままアルゴンを加えると、平衡は移動しなかった。ただし、アルゴンは反応に関与しないものとする。

問2 ある温度で2.0 Lの密閉容器に H_2 0.60 mol と I_2 0.64 mol を入れ、温度を一定に保ったところ、平衡状態に達し、 HI が0.96 mol 生成した。次の各問に答えよ。

- 1) (1)式の濃度平衡定数 K_c を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。
- 2) $k_2 = 9.0 \times 10^{-4} \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ であるとき、反応開始時における v_1 を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 2.0 Lの密閉容器に HI のみを 2.0 mol 入れ, 問 2 とは異なる温度で温度を一定に保った。平衡状態に達したときの H_2 , I_2 , HI の物質量をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ。ただし, この温度における(1)式の濃度平衡定数 K_c は 64 とする。

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

ある不揮発性の溶質の希薄溶液とその純溶媒の冷却曲線を図1に示す。液体を冷却していくと、a凝固点以下になってもすぐに凝固しないことがある。bその状態で凝固が始まると、一旦、温度が上昇する。その後、凝固が進むあいだ、純溶媒では温度は一定であるが、c希薄溶液では温度は少しずつ低下する。希薄溶液の凝固点は純溶媒の凝固点よりも低くなり、その凝固点の差を凝固点降下度という。

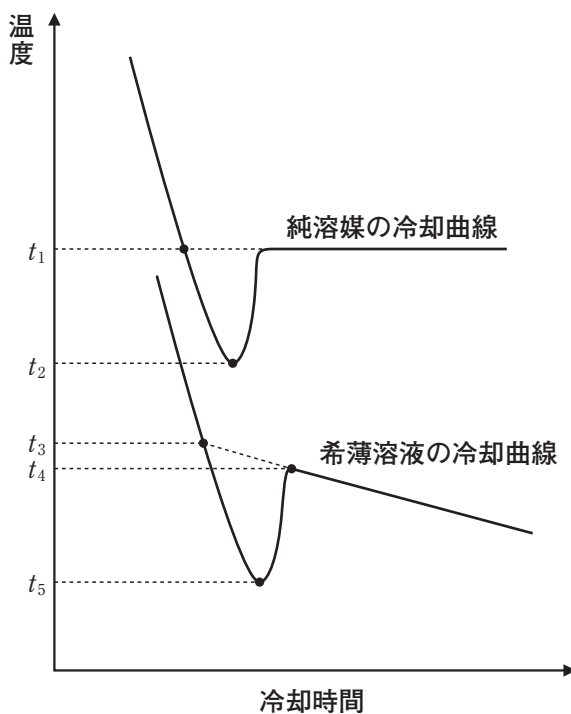


図1 希薄溶液と純溶媒の冷却曲線

問 1 下線部 a の状態を表す最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 b の理由を 10 字以内で記せ。

問 3 下線部 c の理由を 40 字以内で記せ。

問 4 図 1 中の希薄溶液の凝固点降下度を表す式として、最も適切なものを下の①～⑥から 1 つ選び、その番号を記せ。

① $t_1 - t_3$

② $t_1 - t_4$

③ $t_1 - t_5$

④ $t_2 - t_3$

⑤ $t_2 - t_4$

⑥ $t_2 - t_5$

問 5 下の①～④の物質 1.0 g を水 100 g に溶かした希薄溶液のうち、凝固点が最も高い溶液と最も低い溶液の溶質はどれか、その番号を記せ。ただし、()内は分子量または式量を表す。また、電解質は陽イオンと陰イオンに完全に電離するものとする。

① グルコース(180)

② スクロース(342)

③ 塩化カルシウム(111)

④ 硝酸カリウム(101)

問 6 問 5 において凝固点が最も低い溶液の凝固点降下度を、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とし、電解質は陽イオンと陰イオンに完全に電離するものとする。

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

周期表の **ア** 族に属する元素をハロゲン元素という。この元素は **イ** 個の価電子をもち、1価の陰イオンになりやすい。ハロゲン元素の単体はすべて **ウ** 原子分子であり、有色で強い毒性をもつ。また、それらの酸化力は強い。

塩素はハロゲン元素の中で **エ** 番目に原子番号の小さな元素である。塩素の単体は工業的には 塩化ナトリウム水溶液の電気分解 で製造される。

塩素の陰イオンである塩化物イオンは銀イオンと反応して水に難溶の塩化銀 (AgCl) を生成する。AgCl を水に加えると、ごく一部が溶解して 飽和水溶液 になる。この水溶液では、(1)式の平衡が成立している。



分子中に酸素を含む酸を **オ** 酸という。塩素の **オ** 酸には、表1に示すような塩素原子の酸化数が異なるものが複数存在する。

表1 塩素と酸素を含む酸

①	HClO
②	HClO ₂
③	HClO ₃
④	HClO ₄

問1 空欄 **ア** ～ **エ** に当てはまる数字、**オ** に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 a において、塩素は陰極と陽極のいずれで発生するか答えよ。また、その反応を電子 e⁻ を含むイオン反応式で示せ。

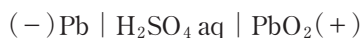
問 3 下線部 b の AgCl 飽和水溶液中の銀イオン濃度を有効数字 2 桁で答えよ。ただし, AgCl の溶解度積 K_{sp} は $2.0 \times 10^{-10}(\text{mol/L})^2$ とする。

問 4 AgCl 飽和水溶液に HCl の気体を吹き込むと, 飽和水溶液中の銀イオン濃度はどう変化するか, 下の①~③の中から 1 つ選び, その番号を記せ。また, その理由を 35 字以内で記せ。

- ① 増加する ② 減少する ③ 変わらない

問 5 表 1 に示した化合物①~④のうち最も強い酸はどれか, その番号を記せ。また, その化合物に含まれる塩素原子の酸化数を答えよ。

(2) 次の電池に関する問1～問3の答を解答欄に記入せよ。



問1 この電池を放電したとき、負極と正極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。また、放電したときの全体の反応を化学反応式で記せ。

問2 この電池を 0.50 A の一定電流で 19300 秒間、放電した。次の各問に答えよ。

1) この放電によって、負極活物質である Pb の質量は何 g 減少するか、有効数字2桁で答えよ。

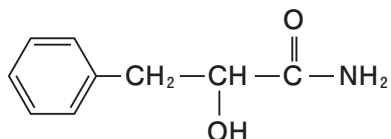
2) 放電前の希硫酸の質量は 200 g で、 H_2SO_4 の質量パーセント濃度は 35% であった。放電後の H_2SO_4 の質量パーセント濃度を計算し、有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問3 放電された電池を充電した。充電が完了してもなお同じ方向に電流を流し続けると(過充電)、正極(PbO_2 極)から気体が発生した。この反応を電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は下の例にならって記せ。

(例)



トルエンのようにベンゼンの1つの水素原子が別の基で置換されたものをベンゼンの一置換体、キシレンのようにベンゼンの2つの水素原子が別の基で置換されたものをベンゼンの二置換体という。

分子式が $C_9H_{10}O_2$ で、ベンゼンの一置換体であるエステルA、B、Cがある。A～Cに希硫酸を加えて加水分解したところ、Aからは化合物DとEが、Bからは化合物FとGが、Cからは化合物HとIがそれぞれ得られた。Hに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色を呈した。Fを酸化するとアルデヒドを経て、Eが得られた。また、Dを酸化するとアルデヒドを経て、Gが得られた。Gはトルエンの酸化でも得られる。

問1 加水分解により得られた化合物D～Iのうち、DとIについては構造式を、E～Hについては化合物名を記せ。

問2 化合物A～Cの構造式を記せ。

問3 分子式が $C_9H_{10}O_2$ で、ベンゼンの一置換体であるカルボン酸およびベンゼンの二置換体であるカルボン酸にはそれぞれ何種類の構造異性体が存在するか、その数を記せ。

(2) 次の(ア)～(ス)の記述のうち、誤っているものをすべて選び、その記号を記せ。

- (ア) 不飽和炭化水素であるエチレン、シクロヘキセン、アセチレンに臭素を作用させると、いずれも容易に付加反応が進行する。
- (イ) シクロヘキサンを構成する原子は、すべて同じ平面上に存在する。
- (ウ) エタノール、エチレン、アセトアルデヒド、フェノールの中で、ナトリウムと反応して水素を発生するのは、エタノールだけである。
- (エ) ヘキサンの構造異性体の中には、不斉炭素原子をもつものはないが、ヘプタンの構造異性体の中にはある。
- (オ) エステルは希塩酸と加熱すると加水分解されるが、水酸化ナトリウム水溶液と加熱しても加水分解されない。
- (カ) C_3H_6O の分子式をもつ化合物が属するのは、アルデヒド、ケトン、アルカン、アルコール、エーテル、カルボン酸の中で、アルデヒドとケトンだけである。
- (キ) ホルムアルデヒド、アセトン、メタノール、酢酸の中で、フェーリング液と共に加熱したとき、赤色沈殿が生じるのはホルムアルデヒドだけである。
- (ク) メタノール、1-ブタノール、2-メチル-1-プロパノールは、すべて第一級アルコールに分類される。
- (ケ) アニリン、フタル酸、フェノール、ニトロベンゼンを含むジエチルエーテル溶液を分液漏斗に入れ、これに水酸化ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜると、フェノールをそれ以外の化合物から分離することができる。
- (コ) 2-ブテンには、立体異性体が存在する。
- (サ) アルデヒドにアンモニア性硝酸銀水溶液を加え温めると、銀が析出する。このとき、アルデヒドが酸化された化合物も同時に生成する。
- (シ) $C_8H_{10}O$ の分子式をもつ芳香族化合物の構造異性体の中には、ヨードホルム反応を示すものがある。
- (ス) 不飽和ジカルボン酸であるマレイン酸はトランス形構造をもち、加熱すると無水マレイン酸になる。

5

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

一般に分子量が約1万以上の化合物を高分子化合物という。多くの高分子化合物は小さな構成単位が繰り返し共有結合した構造をしている。この構成単位となる小さな分子を単量体という。多数の単量体が次々に結合し、高分子化合物を生成する反応を重合反応という。

重合反応には、a 不飽和結合が開いて単量体が次々に結び付く重合反応、b 単量体間で水などの簡単な分子が取れる反応を繰り返して単量体が結び付く重合反応、c 環状構造をもつ単量体が環を開きながら結び付く重合反応などがある。

合成高分子化合物は用途によって合成樹脂、合成繊維、合成ゴムなどに分類される。合成樹脂には、加熱すると軟化し、冷却すると再び硬化する 性樹脂と加熱により硬化する 性樹脂がある。 性樹脂は成形・加工はしやすいが、機械的強度や耐熱性などは高くない。一方、 性樹脂は硬く、耐熱性には優れるが、一度硬化すると加熱しても再び軟化することはない。このため、一旦、d 重合反応を低い重合度の段階で止めることで液状または粉末状の中間生成物を得る。この中間生成物を加熱したり、硬化剤を加えて加熱することにより重合反応をさらに進め、 構造を形成して硬化させることで成形・加工する。

合成高分子化合物は身の回りの様々な用途に利用されるようになった。その一方で、合成高分子化合物は自然界では分解されにくいため、廃棄処理が問題となっている。現在では、合成高分子化合物の製品には法律で識別マークが付けられ、使用後には回収されてリサイクルが行われている。リサイクルの方法には、融かしてもう一度製品として用いる リサイクルや、単量体や分子量の小さな化合物まで分解して再び原料として利用する リサイクルなどがある。

問 1 下線部 a～c の重合反応の名称をそれぞれ記せ。また、それぞれの反応で合成されている高分子化合物の例を下の①～⑤からすべて選び、その番号を記せ。

- ① ポリエチレン
- ② ナイロン 6
- ③ ポリエチレンテレフタレート
- ④ ポリ塩化ビニル
- ⑤ ナイロン 66

問 2 空欄

ア

 ～

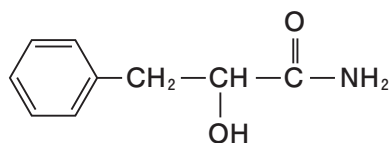
オ

 に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 3 下線部 d の例として、フェノール樹脂の合成ではフェノールとホルムアルデヒドを酸触媒または塩基触媒を用いて反応させることで中間生成物を得る。それぞれの触媒を用いたときに生成する中間生成物の名称を記せ。

問 4 尿素樹脂とメラミン樹脂はそれぞれホルムアルデヒドと何を重合して得られるか。その構造式を下の例にならって記せ。

(例)



(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

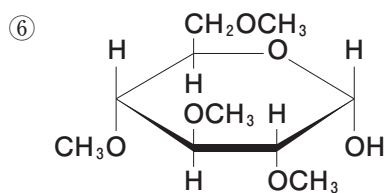
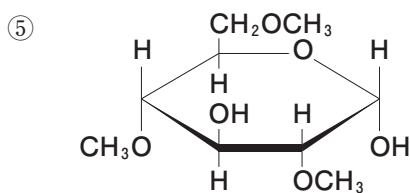
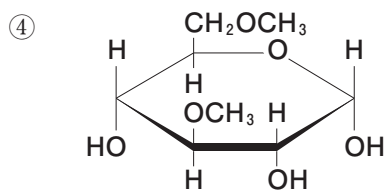
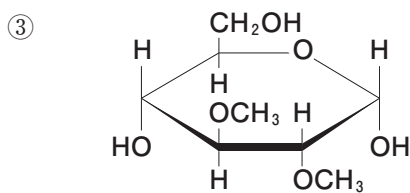
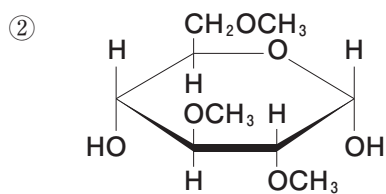
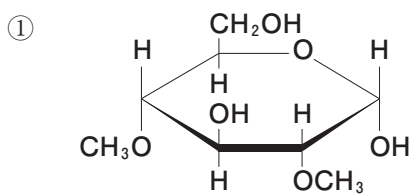
デンプンは植物のエネルギー貯蔵物質であり、 α -グルコースが鎖状に結合した構造をもつ と枝分かれ構造をもつ ^aアミロペクチンからなる。

は動物のエネルギー貯蔵物質であり、その構造はアミロペクチンに似ているが、枝分かれがさらに多い。植物や動物はそれらの貯蔵物質をエネルギー源として生命活動を支えている。

デンプンや からエネルギーを取り出すには、^b酵素が必要である。デンプンにアミラーゼを作用させると二糖類の となり、 に を作用させると単糖類のグルコースになる。このグルコースが、生体内の各器官で最終的に二酸化炭素と水になり、そのとき放出されるエネルギーが活動や体温維持に使われる。グルコースは、生体内で水に溶けた状態で存在するため、^c酸化されやすく、貯蔵物質としては適さない。このため、動物は必要に応じて、 を加水分解することで血液中にグルコースを必要量供給している。

問 1 空欄 ア ~ エ に当てはまる物質名を記せ。

問 2 下線部 a のアミロペクチンを構成するグルコース単位の $-OH$ をすべて $-OCH_3$ に変換し、その後、すべてのグリコシド結合を加水分解したときに生成する化合物の構造として、正しいものを下の①~⑥の中からすべて選び、その番号を記せ。



問 3 下線部 b の酵素の一般的性質に関する下の記述①～④のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① 酵素は特定の基質にだけ作用する。
- ② 酵素は失活しても、触媒としてはたらきを容易に取り戻すことができる。
- ③ 酵素反応の反応速度は温度が高くなるほど大きくなる。
- ④ 酵素反応の反応速度が最大となる pH が存在する。

問 4 下線部 c はグルコースのもつどのような官能基によるものか。その官能基名を記せ。また、その官能基をもつ状態のグルコースの構造式を示せ。

