

I 以下の問いに答えよ。この問題の数値は全て有効数字2桁で答えよ。

問 1 容積百分率でヘリウム 50%，酸素 50% の組成の混合気体を標準状態 (0°C , 1 atm) で 1.0 l 集めた。

(a)何個の気体分子が含まれているか。(b)質量は何 g か。

問 2 あるガスライターには 1.8 g の液化ブタンが入っていた。これを完全燃焼させるには標準状態の空気が何 l 必要か。ただし、空気中には、容積百分率で 20% の酸素が含まれているものとする。

問 3 質量百分率が 10% の塩酸の密度は、 20°C で 1.05 g/cm^3 であった。モル濃度 (mol/l) はいくらか。

問 4 水 200 g に 1.0 g の尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) を溶かした溶液の凝固点は何 $^{\circ}\text{C}$ と計算されるか。水のモル凝固点降下は、 $1.85\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。

問 5 面心立方格子の構造をとる金属銀は、容積が $6.9 \times 10^{-23}\text{ cm}^3$ の立方体の中に 4 個分の銀の原子が含まれている。金属銀 1.0 mol の容積は、何 cm^3 になるか。

問 6 次の化学変化のうち、(a)発熱反応、(b)吸熱反応のものを選び、それぞれ該当する解答欄に反応式を示せ。

- (ア) 窒素と水素からアンモニアが生成する。
- (イ) 高温で二酸化炭素と固体の炭素が反応して一酸化炭素が生成する。
- (ウ) 水が電離する。
- (エ) ナトリウムと液体の水が反応する。

II 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

溶液中にあるイオンを別の種類のイオンに置き換える働きをもつ一連の合成樹脂がある。その構造は、スチレンとジビニルベンゼンとの共重合体を母体として、そのベンゼン環の水素原子を酸性や塩基性の基で置換した構造をしている。この合成樹脂の分子中にスルホ基などの基を多く含むものを(ア)樹脂という。また、合成樹脂の分子中にアルキルアンモニウム基などの基を多く含むものを(イ)樹脂という。この合成樹脂は通常カラムに充てんして、イオンを含む液を流しながら、陽イオンや陰イオンを交換する。この方法を利用して得られる脱イオン水は実験室、研究所、工場で多量に用いられている。この場合、(ア)樹脂では樹脂中の水素イオンが水溶液中の他の陽イオンと交換され、(イ)樹脂では樹脂中の水酸化物イオンが水溶液中の他の陰イオンと交換される。

問 1 空欄(ア)と(イ)に当てはまる適切な語を入れよ。

問 2 スルホ基を含む(ア)樹脂の十分な量をカラムに充てんし、濃度不明の塩化ナトリウムの水溶液を 20 ml 通し、さらに純水を通して洗浄した。

- (a) このとき得られた流出液は何か。流出液の名称を答えよ。
- (b) このカラム中で起こった化学反応を反応式で答えよ。スルホ基を除いた合成樹脂部分はRを用いて表せ。

問 3 問 2 で得られた流出液の全部を中和するのに、0.050 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液が 11.5 ml 必要であった。樹脂に通した塩化ナトリウム水溶液の濃度(mol/l)を求めよ。解答は有効数字 2 桁で答えよ。

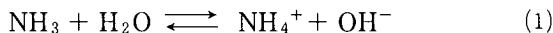
2 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

水分子は2個の水素原子と1個の酸素原子の共有結合からなる簡単な化合物である。しかし、水分子は極性分子であり、水分子同士が水素結合によって結びついてできた水は、他の物質と比べて様々な点で変わった性質をもっている。

例えば、水が蒸発する時には44.0 kJ/mol(25℃)もの大量の熱を必要とする。
(a) これを蒸発熱という。水を一定温度の密閉容器中に入れた場合、ある程度蒸発が進むと平衡状態になる。この時に水蒸気の示す圧力を飽和水蒸気圧という。

水はまた、多様な物質を溶かすという性質をもっている。そのため、化学反応を容易におこなわせるための溶媒として重要である。純粋な水は電気をほとんど通さないが、電解質を溶かすと電気を良く通すようになる。電解質を溶かした溶液に直流電流を流すと酸化還元反応が起こり、様々な物質が得られる。これを電気分解といい、物質の製造プロセスとして工業的にも利用されている。

気体の中では、酸素や水素は水に溶けにくいですが、極性分子であるアンモニアは水によく溶ける。アンモニアは水に溶けると、次式のように一部電離して平衡状態となる。



アンモニアの水溶液に塩化アンモニウム(NH₄Cl)を加えると、塩化アンモニウムはほとんど完全に電離するので、(1)式中の (ア) の濃度はアンモニアが単独でとけている場合よりも大きくなる。したがって、(1)式中のアンモニアの電離平衡は (イ) へ移動して (ウ) が減り、溶液のpHはアンモニア単独の場合よりも (エ) なる。

問1 (1) 水分子の非共有電子対の数と同じ数の非共有電子対をもつ化合物を次の中から選び、電子式で表せ。

(ア) NH₃ (イ) CH₄ (ウ) CO₂ (エ) N₂ (オ) HCl

(2) オキシニウムイオン(H₃O⁺)は、水分子がもっている非共有電子対の1つを、電子をもたない水素イオンが共有することによってできている。このような形式の共有結合を何というか。

問 2 下線部(a)を考慮して、以下の問いに答えよ。

- (1) 25°C で水素と酸素を容器内で混合し、火花をとばして反応させて液体の水を得た。この反応に伴う液体の水 1 mol あたりの生成熱は、何 kJ/mol か求めよ。ただし、25°C、1 atm での結合エネルギーが、H-H で 436 kJ/mol、O = O で 494 kJ/mol、H-O で 463 kJ/mol であるとする。
- (2) 実験室で発生させた水素を、水を満たしたメスシリンダー内に水上置換で捕集したところ、水蒸気が飽和した水素が得られた。メスシリンダーの内外の水面を一致させてその体積を測定すると、2.0 l であった。捕集された水素は何 mol か、有効数字 2 桁で求めよ。実験室の気圧は 1 atm で、メスシリンダー内の温度は 27°C であり、27°C における水の飽和蒸気圧は 3.5×10^{-2} atm として計算せよ。
- (3) 冬の日の朝には窓の内側に水滴がついていることがある。この現象がなぜ起こるのか、飽和水蒸気圧という語句を用いて 60 字以内で説明せよ。

問 3 塩化銅(II)の水溶液を電気分解して金属銅を 0.10 g 析出させるには、0.10 A の電流を何分間流せばよいか。有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 500 ml 中に 0.20 mol のアンモニアが溶けた水溶液の水素イオン濃度 (mol/l) を有効数字 2 桁で求めよ。式(1)の電離度 $\alpha = 6.7 \times 10^{-3}$ 、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/l)² である。

問 5 下線部(b)の水溶液に関連して、以下の問いに答えよ。

- (1) 文章中の ア と ウ にはイオン式を、イ と エ には適当な語句を入れよ。
- (2) 下線部(b)の水溶液に、少量の塩酸を加えても pH はほとんど変化しない。このように、外から加えた酸、または塩基の影響をやわらげて水素イオン濃度をほぼ一定に保つ溶液を何と呼ぶか。

- 3 次の文章を読み、下の問いに答えよ。なお、ベンゼン環の構造式は次のように表せ。



A～Dは以下の物質のいずれかである。これらがそれぞれ20 g 溶けている100 ml の水溶液がある。これらの試料溶液に対して(1)～(6)の操作を行った。

物質

安息香酸ナトリウム、 ベンゼンスルホン酸ナトリウム、
ナトリウムフェノキシド(ナトリウムフェノラート)、
アニリン塩酸塩

操作

- (1) 試料溶液からそれぞれ1 ml を試験管にとり、赤熱した銅線をつけた。この銅線を、炎の中に入れたところ、Bの試料だけ青緑色の炎が見られ、残りの試料はオレンジ色の炎となった。^(a)
- (2) 試料溶液からそれぞれ1 ml を試験管にとり、水で冷やしながら6 mol/l 塩酸1 ml を加えた。この時、AとCの試料で白濁が見られた。これらの遊離してきた有機物を分離し、それぞれ純水5 ml とまぜた。^(b) Cの試料からの有機物はほとんど溶解しなかった。この操作によって得られた水溶液部分を1 ml ずつとり、臭素水を加えたところ、Aの試料から分離してきた有機物とまぜただけ臭素の色が消えた。また、新たに1 ml ずつとって塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、Aの試料から分離してきた有機物とまぜただけ紫色の呈色反応が見られた。
- (3) Dの試料溶液から10 ml を大き目の試験管にとり、加熱して水を蒸発させ、体積を約3 ml としたのち放冷し、析出した結晶をろ過して集めた。この結晶を乾いた試験管にいれ、ガスバーナーでおだやかに加熱すると、結晶は白色粉末Dとなり試験管の冷たい部分に液体が付着した。^(c)

- (4) Bの試料溶液から5 ml をとり、6 mol/l 炭酸ナトリウム水溶液5 ml を試験管中で混合した。この時、気体の発生とともに油滴が生じた。この試験管にジエチルエーテル^(d) 2 ml を加えてよく振り混ぜ、上層をスポイトで蒸発皿に移した。ジエチルエーテルを蒸発させると液体が残った。これに、無水酢酸^(e) 1 ml を加えると発熱しながら反応し、わずかに赤色に着色した固体が生じた。
- (5) Bの試料溶液から5 ml を試験管にとり、濃塩酸2 ml を加えた。これを氷浴中でよく混ぜながら1 mol/l 亜硝酸ナトリウム水溶液7 ml を加えた。この時溶液は淡黄色となった。
- (f)
- (6) Aの試料溶液から1 ml を試験管にとり、氷浴中でよく混ぜながら操作(5)でできた溶液をゆっくり加えたところ橙赤色の色素が生成した。
- (g)

問 1 操作(1)において、下線部(a)の反応を何というか。また、青緑色の炎は、試料中のどの元素の存在を示しているか。

問 2 操作(2)において、下線部(b)の変化で生成した有機物はなにか。構造式で表せ。

問 3 操作(3)において、下線部(c)の液体はなにか。名称を答えよ。

問 4 操作(4)において、下線部(d)の変化で生成した油滴はなにか。名称を答えよ。

問 5 操作(4)において、下線部(e)の生成物は本来無色である。この生成物はなにか。名称を答えよ。また、この生成物を精製するにはどのような方法があるか。

問 6 操作(5)において、下線部(f)でできた化合物の名称を答えよ。

問 7 操作(6)において、下線部(g)の橙赤色の色素はなにか。構造式で表せ。

4

I 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

AからEは以下に示した化合物のいずれかである。

セルロース,	フルクトース(果糖),	マルトース(麦芽糖),
ガラクトース,	スクロース(ショ糖),	ラクトース(乳糖),
デンプン,	グリセリン,	グルコース(ブドウ糖)

A, B, Cは共に分子式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ を持つ化合物である。

Aに希硫酸を加え煮沸すると単一の化合物Dの水溶液となるが、BとCは二種類の化合物の水溶液となる。AとBはフェーリング液と反応するが、Cは反応しない。^(a) 高分子化合物Eに希硫酸を加えて長時間煮沸しても化合物Dが得られる。^(b) Eにヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えても呈色しない。

問 1 化合物B, D, Eの名称を答えよ。

問 2 下線部(a)の反応の結果、どのような変化が生じるか。文章で答えよ。

問 3 下線部(b)の反応の結果、4.5 gのEから何gのDが生じるか。有効数字2桁で答えよ。

II 次の(a)から(e)を読み、下の問いに答えよ。

(a) ペプチドAは元素H, C, N, Oのみよりなる。その分子量は400未満であった。

(b) ペプチドAを塩酸で完全に加水分解すると、B, C, D三種類の α -アミノ酸の混合物が得られ、そのモル比B : C : Dは2 : 1 : 1であった。

(c) Bの分子量は75であった。

(d) Cの分子量は150未満であった。Cの0.2gに含まれる窒素原子をすべて気体のアンモニアに変えたところ、その体積は標準状態で50.3 mlであった。

(e) Dの分子式は $C_5H_{11}O_2N$ であった。

- 問 1 Bには光学異性体が存在しない理由を答えよ。
- 問 2 Cの構造式と名称を答えよ。ただし光学異性体は区別しない。
- 問 3 α -アミノ酸Dとして考えられる構造式2種類を記せ。ただし光学異性体は区別しない。メチル基は CH_3- 、メチレン基は $-\text{CH}_2-$ と略して良い。
- 問 4 ペプチドAの1分子は何分子の α -アミノ酸が縮合したものか。
- 問 5 ペプチドAには何種類の構造異性体が考えられるか。ただし光学異性体は区別しない。