

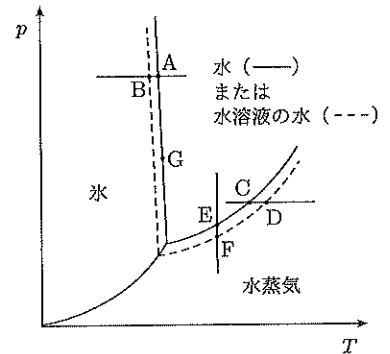
令和 2 (2020) 年度入学試験問題 (後期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学、物理、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば化学、物理を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 裏表紙は計算に使用する。
6. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
7. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
8. 受験票は机に出しておくこと。

I 図は水の状態図である。3本の実線によって分けられた領域はその圧力(p)と温度(T)において水、氷、あるいは水蒸気として存在することを示している。なお、2つの領域の間の実線においては、その実線によって分けられた2つの状態が共存している。



いま、水に溶質を加えて水溶液とすると、水分子はそのモル分率が低下することによって、純水のときに比べて安定になる。そのため、水として存在できる領域が拡大して、2つの実線が点線のように移動する。ここで、 T 軸あるいは p 軸に平行な3つの線分を考え、各々と実線及び点線との交点を図のようにA~Fとする。溶質が添加されることによってAからB、CからD、EからFに状態の共存する点が移動する現象を順番に(ア)、(イ)、(ウ)という。

問1 (ア)~(ウ)に適切な言葉を入れよ。

問2 下線部が原因となって起こる現象として、上記の(ア)~(ウ)以外のものを1つ挙げよ。

問3 水と氷が共存している点Gの状態において水にある量のNaClを加えたところ、状態図の2つの実線が点線のように移動した。この結果どのような変化が起こるか。図から判断される変化を答えよ。

問4 問3で答えた変化に引き続いて何が起こるか。予想される変化を理由とともに答えよ。

問5 問3および問4の変化をそのまま進行させると最終的にどのようなになるか。理由とともに答えよ。なお、外からの熱の流入や圧力の変化はなく、氷の量は十分にあり、NaClは最初に加えたあと追加していないものとする。

II 酸化還元反応を利用して、化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を電池という。電極としてイオン化傾向の異なる2種類の金属を電解液に浸し導線で結ぶと、電流が流れる。2つの電極のうち、(ア)反応が起こる電極を負極、(イ)反応が起こる電極を正極といい、両極間の電位差を電池の起電力という。また、電極で電子のやりとりをする物質を(ウ)という。

ボルタ電池の電池式は、 $(-)Zn|H_2SO_4(aq)|Cu(+)$ で示される。電池から電流を取り出すことを(エ)といい、一次電池は、(エ)を続けると起電力が低下して回復しない。これに対して、鉛蓄電池のような二次電池は、(エ)とは逆向きに電流を流すことで起電力が回復する。この操作を(オ)という。

燃料電池は、(ウ)を外から供給し、化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出している。代表的なリン酸形燃料電池は、還元剤として働く(カ)に水素を、酸化剤として働く(キ)に酸素を、電解液にリン酸水溶液を用い、電極は両極とも白金触媒をつけた多孔質の黒鉛板である。リン酸形燃料電池を(エ)させたところ、標準状態で6.72 mLの水素が消費され、起電力は0.9 Vであった。

ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、また $1 \text{ J} = 1 \text{ C} \cdot \text{V}$ である。なお、気体は理想気体とみなし、標準状態で理想気体のモル体積は 22.4 L/mol であり、溶液への溶解は無視できるものとする。

問1 (ア)~(キ)に適切な語句を書け。

問2 ボルタ電池の負極と正極における(ウ)を答え、その酸化数の変化をそれぞれ書け。

問3 下線部で、リン酸形燃料電池の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書け。

問4 下線部において流れた電気量はどれだけか。小数点以下を四捨五入して単位とともに答えよ。

問5 $H_2O(\text{液})$ の標準状態における生成熱は 286 kJ/mol である。下線部における化学エネルギーから電気エネルギーへの変換効率は何%となるか。小数点以下を四捨五入して答えよ。

Ⅲ 混合物に適切な操作を行うと、その中の純物質を別々に取り出すことができる。この混合物から純物質を取り出す操作を分離といい、さらに少量の不純物を取り除き、より高純度な物質を得る操作を(A)という。分離の操作にはいろいろなものがある。例を挙げると、種々の成分を含む混合物を、適当な溶媒とともにろ紙やシリカゲルのような吸着剤の中を移動させると、各成分が少しずつ分離してゆく。これは、成分によって吸着剤に吸着される強さが違うことで、移動速度に違いが生じるためである。このような現象を利用して、物質を分離する操作を(B)という。(B)に用いる吸着剤には、ろ紙やシリカゲル以外にイオン交換樹脂が用いられることもある。また、水溶液中で混合物の成分の分子が帯電している場合、この水溶液に直流の電圧をかけると、分子が帯電している電荷とは反対の電極の方に移動する。この現象を(C)といい、タンパク質や核酸の分離や分析にも利用されている。核酸は、 $\text{pH} = 8$ の水溶液中ではその分子内に含まれるリン酸が電離するために、(D)の電荷をもつ。このため(C)すると、核酸は(E)極に移動する。

問 1 以下の物質から純物質を選びア～カの記号で答えよ。

(ア) 空気 (イ) 二酸化炭素 (ウ) 塩酸 (エ) 食塩水 (オ) 石油 (カ) 窒素

問 2 文章の(A)～(E)に適切な語句を入れよ。

問 3 以下の(a)～(d)を行うのに、最も効果的なものを【方法】の欄から一つ選び、(1)～(4)の記号で答えよ。記号の使用は1回限りとし、複数回使用した場合は採点の対象としない。

- (a) ヨウ素とヨウ化カリウムと水の混合物からヨウ素を取り出す。
 (b) 硝酸カリウムと少量の硫酸銅(Ⅱ)の混合物から硝酸カリウムを取り出す。
 (c) ヨウ素と砂粒の混合物からヨウ素を取り出す。
 (d) 食塩水から純水を取り出す。

【方法】 (1) 再結晶 (2) 蒸留 (3) ヘキサンで抽出 (4) 昇華

問 4 陰イオン交換樹脂を筒型容器(カラム)につめ、適切な濃度の緩衝液($\text{pH} = 8$)を十分量流した。これに DNA の水溶液を通じたところ DNA は吸着されて、緩衝液を流し続けても溶出されなかった。この状態の DNA をカラムから溶出するためには、どのような緩衝液を流せばよいか。緩衝液を変えることによって DNA がイオン交換樹脂に吸着されなくなる理由とともに答えよ。

Ⅳ 分子式 $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}$ で表される 3 種類の化合物 A, B, C がある。これらの化合物はいずれもベンゼン環をもち、化合物 A は 2 個、化合物 B, C は 1 個、ベンゼンの水素が置き換わった置換基をもつ。また、いずれの化合物も金属ナトリウムと反応し水素を発生したが、塩化鉄(Ⅲ)水溶液による呈色反応は示さなかった。

化合物 A にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて穏やかに加熱すると、黄色の沈殿である化合物 D が生じた。ろ過により化合物 D を除いた後、残ったろ液に塩酸を加えて酸性にすると、分子式 $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$ で表される化合物 E が白色沈殿として得られた。化合物 E を過マンガン酸カリウム水溶液で十分に酸化すると化合物 F が生じた。化合物 F とエチレングリコールとの脱水縮合反応よりポリエチレンテレフタレートが合成された。

化合物 B, C は二クロム酸カリウム水溶液で穏やかに酸化すると化合物 B からは化合物 G, 化合物 C からは化合物 H がそれぞれ得られた。化合物 G と H は同じ分子式を持つ異性体であるが、化合物 G はフェーリング液を還元したのに対し、化合物 H は還元しなかった。また濃硫酸を用いて化合物 C の分子内脱水を行うと、互いにシストランス異性体の関係にある 1 組の化合物を含む合計 3 種類の化合物を生成した。

化合物 A, B, C の分子模型を組み立てると、いずれの化合物も全ての炭素原子を同一平面上に置くことができた。いずれの化合物についても、鏡像異性体は区別しないものとする。

問 1 化合物 A の構造式を示せ。

問 2 化合物 D の化学式を示せ。

問 3 化合物 E の構造式を示せ。

問 4 化合物 B の構造式を示せ。

問 5 化合物 C の構造式を示せ。また、下線に示した 3 種類の化合物の構造式を、それぞれの違いが分かるように示せ。