

令和 2 年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

# 理 科

## 試験時間

1. 理学部, 医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻), 薬学部, 工学部は 120 分
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は 60 分

	問 題	ページ
物理	1 ~ 3	1 ~ 3
化学	1 ~ 3	4 ~ 9
生物	1 ~ 3	10 ~ 18
地学	1 ~ 4	19 ~ 26

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません。
  2. あらかじめ届け出た科目の各解答紙に志望学部・受験番号を必ず記入しなさい。  
なお, 解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
  3. 解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
  4. 試験開始後, この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
  5. この冊子の白紙と余白部分は, 適宜下書きに使用してもかまいません。
  6. 試験終了後, 解答紙は持ち帰ってはいけません。
  7. 試験終了後, この冊子は持ち帰りなさい。
- ※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

# 化 学

1 次の文を読み、以下の各問に答えよ。

植物の生育を促進するため土壤に添加される「肥料」には、三要素として窒素、リン、カリウムの化合物が含まれている。肥料に含まれる窒素化合物の原料として、アンモニアや硝酸が工業的に製造されている。アンモニアは、高压下加熱した触媒を用いて、大気中の窒素を水素と反応させて合成される。<sup>a)</sup> また、硝酸は空気と混合したアンモニアを白金触媒の存在下高温で酸化する反応を経て製造される。<sup>b)</sup> 土壤に添加された窒素化合物は、植物体内に取り込まれて<sup>c)</sup>アミノ酸の合成などに利用される。リンの化合物としては、リン鉱石中の<sup>d)</sup>リン酸カルシウム ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) を硫酸で処理して得られる<sup>e)</sup>過リン酸石灰が主成分である。三要素以外にも、植物の成長に不可欠な必須元素として鉄、マンガン、亜鉛、銅などが知られている。

(問 1) 下線部 a) について、以下の問いに答えよ。

(ア) この製造方法の名称を答えよ。

(イ) この反応に用いられる水素は、天然ガスの主成分と水蒸気から生成することができる。この反応の化学反応式を記せ。

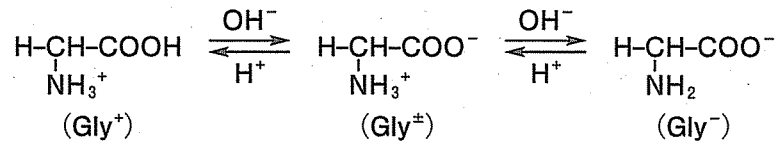
(問 2) 下線部 b) について、以下の問いに答えよ。

(ア) この製造方法の名称を答えよ。

(イ) 原料であるアンモニアから硝酸を生じる多段階の反応は、1つの化学反応式にまとめることができる。その化学反応式を記せ。

(問 3) 下線部 c) のアミノ酸であるグリシンは、水溶液中で 3 種類のイオンとして存在している。グリシンの電離や電離平衡定数  $K_1$ ,  $K_2$  は次のように表される。以下の問いに答えよ。

【グリシンの電離平衡】



【電離平衡定数】

$$K_1 = \frac{[\text{Gly}^\pm][\text{H}^+]}{[\text{Gly}^+]} \quad K_2 = \frac{[\text{Gly}^-][\text{H}^+]}{[\text{Gly}^\pm]}$$

- (ア)  $\text{Gly}^\pm$  のように 1 つのイオン内に正と負の両方の電荷をもつイオンは一般に何と呼ばれるか、その名称を記せ。
- (イ) 水溶液の pH をグリシンの等電点に調整したとき、3 種類のイオンのモル濃度の比  $[\text{Gly}^+] : [\text{Gly}^\pm] : [\text{Gly}^-]$  を電離定数  $K_1$ ,  $K_2$  を用いて示せ。

(問 4) 下線部 d) において、リン酸カルシウムのままでは、肥料の成分として植物に取り込まれにくい。その理由を記せ。

(問 5) 下線部 e) の鉄、マンガン、亜鉛、銅が、2 価の陽イオンとして溶解している水溶液について、以下の問いに答えよ。

- (ア) この水溶液を白金線につけて炎の中に入れた。このときに観察される炎の色を記せ。
- (イ) この水溶液の銅イオンを他の金属イオンと分離する操作について、簡潔に述べよ。

2 次の文を読み、以下の各問に答えよ。

原子内の電子はK殻、L殻、M殻、N殻、…と呼ばれる電子殻に存在している。各電子殻について、K殻を1、L殻を2、…とK殻から順に番号  $n$  をつけると、 $n$  番目の電子殻には電子が  $2n^2$  個まで収容される。各電子殻には、電子を2個まで収容できる軌道が存在し、s軌道、p軌道、d軌道、…などと呼ばれている。電子殻によって最大電子収容数が異なるのは軌道の数が電子殻によって異なるためである。K殻には1つのs軌道が存在し、それは上記  $n$  とあわせて1s軌道と呼ばれる。L殻には1つのs軌道と3つのp軌道が存在し、それぞれ2s軌道、2p軌道と呼ばれる。M殻には1つの3s軌道、3つの3p軌道、 つの3d軌道が存在する。ひとつの電子殻内では、s軌道のエネルギーが最も低く、次いでp軌道、d軌道の順にエネルギーが高くなる。電子はエネルギーの低い軌道から収容され、電子が存在する電子殻内の全ての軌道が電子で満たされている原子は特に安定である。表1の ${}_{20}\text{Ca}$ の電子配置を見ると、M殻はまだ電子を収容し得るにもかかわらずN殻に2個の電子が存在する。これは、N殻の4s軌道がM殻の3d軌道よりもエネルギーが ためである。原子番号21以降の原子( ${}_{24}\text{Cr}$ と ${}_{29}\text{Cu}$ を除く)の電子配置は、4s軌道が2つの電子で満たされてから3d軌道に電子が収容される。

電子配置は元素の種々の性質だけでなく、化学結合や分子を考える上でも重要である。例えば窒素原子のL殻には、 個の電子が存在し、そのうちの 個が不対電子である。窒素原子と水素原子からなるアンモニア分子では、窒素原子の 個の不対電子のそれぞれが水素原子と共有されて結合を形成していると考えることができる。

表1 原子の電子配置

原子	電子殻			
	K	L	M	N
${}_1\text{H}$	1			
${}_9\text{F}$	2	7		
${}_{10}\text{Ne}$	2	8		
${}_{11}\text{Na}$	2	8	1	
${}_{20}\text{Ca}$	2	8	8	2

表中の数字は電子殻中の電子の数を表す

- (問 1) 文中の空欄 **ア** から **エ** に入る数字または語句を記せ。
- (問 2) 下線部 a) について、N 殻の最大電子収容数を求めよ。
- (問 3)  ${}_{5}\text{B}$  と  ${}_{22}\text{Ti}$  の電子配置を表 1 にならって解答欄に記せ。
- (問 4) 2p 軌道に 2 つの電子を有する原子を元素記号で記せ。
- (問 5) 表 1 で最も大きなイオン化エネルギーをもつ原子を元素記号で記せ。
- (問 6) 下線部 b) の「気体のアンモニア」を充填した容器がある。この容器から注射器で  $V$  [mL] のアンモニアを採取し、その前後の容器の質量  $w_1, w_2$  [g] を測定した。この実験の条件や結果は表 2 のとおりであった。アンモニアのモル質量  $M$  [g/mol] を導出する計算式を表 2 の数値を用いて記せ。ただし、アンモニアは理想気体として取り扱えるものとし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3$  [Pa·L/(K·mol)] とする。

表 2 実験の条件および結果

採取前の容器の質量 $w_1$ [g]	121.368
採取後の容器の質量 $w_2$ [g]	121.300
採取体積 $V$ [mL]	100
温 度 $t$ [°C]	27
注射器内の圧力 $P$ [Pa]	$1.0 \times 10^5$

- (問 7) デンプンのような高分子化合物の平均分子量を求めたい。以下の 2 つから適切ではない方法を選び、解答欄に番号で答えよ。また、その方法が適切ではない理由を説明せよ。

- ① 凝固点降下を利用する方法      ② 浸透圧を利用する方法

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

3種類の芳香族化合物 A, B, および C があり、いずれも  $C_9H_{10}O$  の分子式をもつ。A にヨウ素<sup>a)</sup>-ヨウ化カリウム水溶液および水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、ヨウ素の褐色が消失するとともに黄色の沈殿が生成した。得られた混合物を全て分液ロートに移し、ジエチルエーテルを加えてよく振り静置すると、二層に分離した液体が得られた。アルカリ性水溶液の層を取り出し、酸を加えて中和すると、白色の固体が析出した。得られた白色固体に塩基性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱したのち、酸を添加すると、D が析出した。析出した D の粉末を取り出して加熱したところ、無水フタル酸が生じた。無水フタル酸は、図に示す実験装置<sup>d)</sup>で精製することができた。無水フタル酸について調べると、合成樹脂の原料として工業的に利用<sup>e)</sup>されていることがわかった。

一方、化合物 B と C は旋光性を示した。このことは、B と C にはいずれも不斉炭素原子が存在することを示している。B にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると、銀が析出した。C は、ナトリウムと反応して水素と水溶性の化合物を生成した。また、臭素水に C を作用させると臭素の色が消失した。

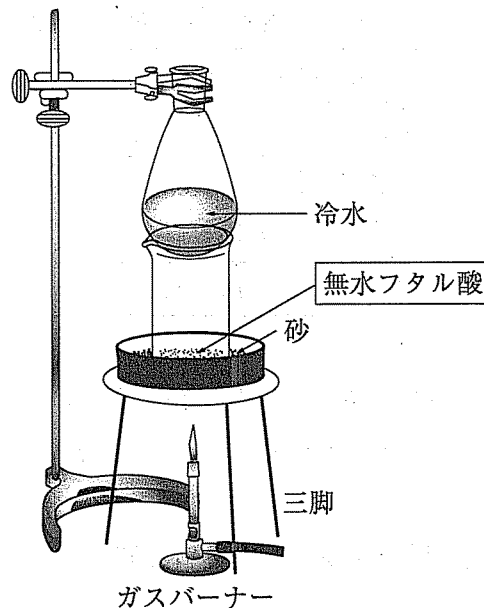


図 無水フタル酸の精製に使用した実験装置

- (問 1) 下線部 a) について、この反応の名称を答えよ。
- (問 2) 下線部 b) について、以下の問い(ア)および(イ)に答えよ。  
(ア) 二層のうち、ジエチルエーテルの層は上側か、下側か、解答欄に○を付けて答えよ。また、そう答えた理由を説明せよ。  
(イ) ジエチルエーテルの層は何色になるか、理由とともに答えよ。
- (問 3) 下線部 c) について、この白色固体はアルカリ性水溶液によく溶ける。その理由を説明せよ。
- (問 4) 下線部 d) について、この精製方法を何というか、名称を記せ。
- (問 5) 下線部 e) のように、無水フタル酸などの多価カルボン酸無水物とグリセリンのような多価アルコールを重合させるとアルキド樹脂が得られる。このことについて、以下の問い(ア)および(イ)に答えよ。  
(ア) この重合反応によって形成される結合を何というか。  
(イ) アルキド樹脂は熱硬化性樹脂のひとつである。熱硬化性樹脂に特徴的な構造を答えよ。
- (問 6) 芳香族化合物 A ~ D の構造式を記せ。また、不斉炭素原子がある化合物については、構造式中の不斉炭素原子に\*を付けよ。