

'16

受験  
番号

帰国生

# 理科問題

(医学部医学科)

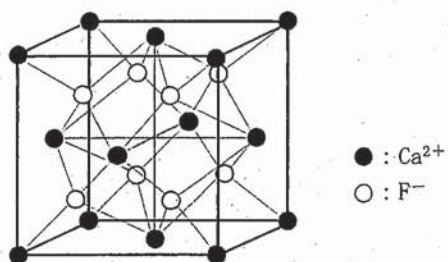
## 注意事項

問題(①～⑦)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. この冊子のページ数は24ページです。問題に落丁、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. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには下書用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を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。

理科問題（医学部医学科） 問題訂正

【14 ページ 4 (2) フッ化カルシウム  $\text{CaF}_2$  の図を下図に差し替え】



フッ化カルシウム  $\text{CaF}_2$

【20 ページ 6 (2) 問 2 問題文 2~3 行目 説明文を追加】

誤：化合物 B の収率を，有効数字 2 桁で答えよ。また，計算過程も示せ。な

お，収率とは，…

正：化合物 B の収率を，有効数字 2 桁で答えよ。また，計算過程も示せ。ただし，反応

には過剰の二酸化炭素と希硫酸を用いたものとする。なお，収率とは，…

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	C = 12.0	Ca = 40.1	Cl = 35.5	Cu = 63.5
	F = 19.0	Fe = 55.8	H = 1.0	K = 39.1
	Mn = 54.9	N = 14.0	Na = 23.0	O = 16.0
	Si = 28.1			

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

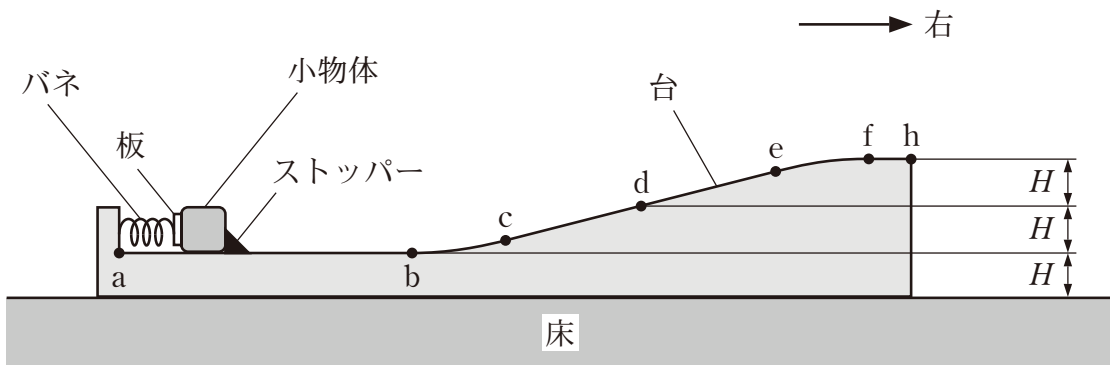
気体定数  $8.31 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数  $6.02 \times 10^{23}$  /mol

ファラデー定数  $9.65 \times 10^4$  C/mol

1 図のように、水平な床面上に質量  $M$  の台が置かれている。台は、床面からの高さ  $H$  の水平面  $ab$ 、傾き一定の斜面  $ce$ 、床面からの高さ  $3H$  の水平面  $fh$  をもち、水平面と斜面はなめらかにつながっている。台の水平面  $ab$  の左端に、バネが水平に取り付けられている。バネの右端には板が取り付けられている。バネと板の質量は無視できる。台の水平面  $ab$  の長さは、バネの自然長より十分に長い。台の水平面  $ab$  上に質量  $m$  の小物体を置き、板に押し当てバネを縮める。この状態で、小物体をストッパーで台に固定する。ストッパーの質量は無視できる。「バネの自然長からの縮みが  $x(x > 0)$  で、台と小物体が床に対して静止している状態」を、初期状態とよぶ。

摩擦力およびバネ定数を変化させ、初期状態からストッパーを静かに取り外し、その後の台と小物体の運動を観察する実験を 4 種類行った。重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗は無視できるとする。以下の(1)~(10)の間に答えよ。



図

【1】 床面と台の間、台と小物体の間に、摩擦力がはたらくとする。床面と台の間、ならびに台と小物体の間の静止摩擦係数は  $\mu$  である。

**実験 1** : バネ定数  $k_1$  のバネを用いて実験を行った。初期状態からストッパーを静かに取り外したところ、台と小物体はともに床に対して静止し続けた。

- (1) ストッパーを取り外したのちの、台と小物体の間にはたらく摩擦力の大きさを求めよ。
- (2) ストッパーを取り外したのちの、台がバネからうける力と台が小物体からうける摩擦力の合力の大きさを求めよ。
- (3) 上で述べた実験1の結果が観察されるためにバネ定数  $k_1$  が満たすべき条件として、以下の空欄  にあてはまる最も適切な式を答えよ。

$$k_1 \leq \text{  }$$

**実験2**：バネ定数  $k_2$  ( $k_2 > k_1$ ) のバネを用いて実験を行った。初期状態からストッパーを静かに取り外したところ、 という結果が観察された。つづいて、バネ定数  $k_3$  ( $k_3 > k_2$ ) のバネを用いて実験を行った。初期状態からストッパーを静かに取り外したところ、 という結果が観察された。

- (4) 上の文章の空欄  ,  に入れる記述として、実験2で観察されうる結果の適切な組合せを下の表の①～⑥の中からひとつ選べ。

	①	②	③	④	⑤	⑥
(A)	あ	あ	い	い	う	う
(B)	い	う	あ	う	あ	い

- あ) 台は床に対して運動を開始し、小物体も床に対して運動を開始する
- い) 小物体は床に対して運動を開始し、台は床に対して静止し続ける
- う) 台は床に対して運動を開始し、小物体は床に対して静止し続ける

【II】 次に、床面と台の間、台と小物体の間に、潤滑剤を塗った。これ以降、床面と台の間、ならびに台と小物体の間には、摩擦力がはたらかないとする。また、潤滑剤の厚さは無視できる。

**実験 3** : バネ定数  $k_4$  のバネを用いて実験を行った。初期状態からストッパーを静かに取り外したところ、台と小物体はどちらも床に対して運動を開始した。小物体は、バネが自然長まで伸びた瞬間に板から離れ、台の斜面上を上って床面からの高さ  $2H$  の点  $d$  に到達し、斜面を下りてきた。ただし、小物体は、台の点  $b$  と点  $c$  の間をなめらかに通過したとする。

- (5) 小物体が板から離れた瞬間の、床に対する台の速度の水平成分を、 $M$ ,  $m$ ,  $k_4$ ,  $x$  を用いて表せ。ただし、水平右向きを正とする。
- (6) 小物体が板から離れた瞬間の、床に対する小物体の速度の水平成分を、 $M$ ,  $m$ ,  $k_4$ ,  $x$  を用いて表せ。ただし、水平右向きを正とする。
- (7) 小物体が台の斜面上の点  $d$  に到達した瞬間の台の運動の様子を、以下の①～③の中からひとつ選べ。
- ① 床に対して左向きに運動                      ② 床に対して静止
- ③ 床に対して右向きに運動
- (8) バネ定数  $k_4$  を、 $M$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $g$ ,  $H$  のうち必要なものを用いて表せ。

**実験 4** : バネ定数  $k_5$  のバネを用いて実験を行った。初期状態からストッパーを静かに取り外したところ、台と小物体はどちらも床に対して運動を開始した。小物体は、台の斜面上を上り水平面  $fh$  上を運動したのち、点  $h$  から飛び出し床面に衝突した。ただし、小物体は、台の点  $b$  と点  $c$  の間、点  $e$  と点  $f$  の間を、台から離れることなくなめらかに通過したとする。

- (9) 小物体が点  $h$  から飛び出した瞬間の、床に対する小物体の速度の水平成分を、 $M$ ,  $m$ ,  $k_5$ ,  $x$ ,  $g$ ,  $H$  を用いて表せ。ただし、水平右向きを正とする。
- (10) 小物体が衝突した床面の点と、小物体が床面に衝突した瞬間の点  $h$  から床面に鉛直に下ろした点との距離を、 $M$ ,  $m$ ,  $k_5$ ,  $x$ ,  $g$ ,  $H$  を用いて表せ。

2 以下の【I】，【II】，【III】，【IV】について，設問に解答せよ。ただし，クーロンの法則の比例定数を  $k_0[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2]$  とし，座標の単位はメートル(m)とする。

【I】 図1のように，真空中の  $xy$  平面上の点  $A(a, 0)$  および点  $B(-3a, 0)$  に，それぞれ  $-q[\text{C}]$ ， $+3\sqrt{3}q[\text{C}]$  の電気量をもつ二つの点電荷が固定されている。 $q > 0$ ， $a > 0$  として，以下の(1)~(5)の問に答えよ。

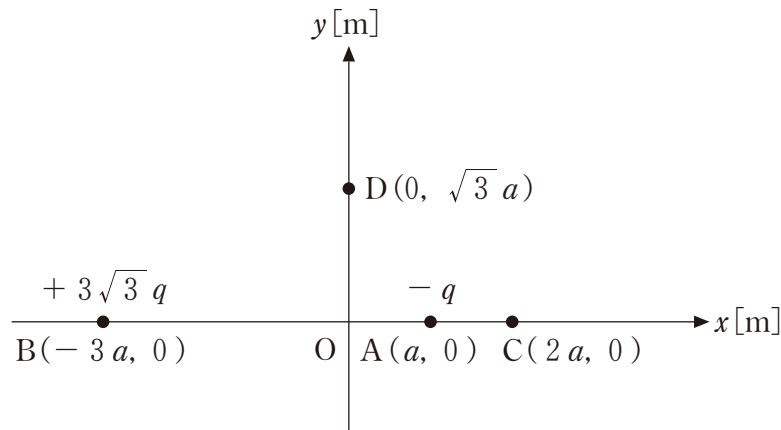


図1

まず，図1の点  $C(2a, 0)$  に， $+q[\text{C}]$  の電気量をもつ点電荷を置き，固定した。

(1) 点  $C$  に置かれた点電荷にはたらく静電気力の合力の  $x$  成分および  $y$  成分をそれぞれ答えよ。

次に，点  $C$  に置かれた点電荷を取り除き，その後，図1の点  $D(0, \sqrt{3}a)$  に， $+q[\text{C}]$  の電気量をもつ点電荷を置き，固定した。

(2) 点  $D$  に置かれた点電荷にはたらく静電気力の合力の  $x$  成分および  $y$  成分をそれぞれ答えよ。

点  $D$  に置かれた点電荷を取り除き，点  $A$  および点  $B$  にのみ点電荷が固定されている状態に戻した。



- (3) 点Cおよび点Dにおける電場(電界)の強さをそれぞれ答えよ。
- (4) 点Cおよび点Dの電位をそれぞれ答えよ。ただし、無限遠における電位を0とする。
- (5)  $+q$ [C]の電気量をもつ点電荷を、点Cから点Dまで移動させた。この点電荷が点Cから点Dまで動く間に、静電気力が点電荷にした仕事を答えよ。

【II】 真空中に $-q$ [C]の電気量をもつ点電荷が一つだけ存在している場合を考える。 $q > 0$ として、以下の(6)の問に答えよ。

- (6) この場合の電気力線に関する以下の説明文の  ~  を埋め、文章を完成させよ。 , ,  については、適切な式を、 $k_0$ ,  $q$ ,  $r$ のうち必要なものを用いて解答欄に記入せよ。  については、①または②のどちらか適切な番号を選び、解答欄に記入せよ。

電気力線の本数について考える。電場の強さが $E$ [N/C]の場所では、電場の向きに垂直な面 $1\text{ m}^2$ あたり $E$ 本の電気力線が通るものとする。電場の強さを電気力線の密度で表現できる。 $-q$ [C]の点電荷を中心とする半径 $r$ [m]の球面を考えた場合、この球面上での電場の強さは  である。半径 $r$ [m]の球面の表面積は  であるから、この球面を貫く電気力線の総本数 $N$ は、 $N =$   となり、 $N$ は球面の半径によらず、点電荷の電気量の大きさで決まることがわかる。

また、電気力線の向きは、

である。

- 【Ⅲ】 図2のように、真空中の $xy$ 平面上の点 $A(a, 0)$ および点 $B(-3a, 0)$ に、それぞれ $+q$ [C]の電気量をもつ点電荷を置き、固定した。以下の(7)、(8)の問に答えよ。ただし、 $q > 0$ 、 $a > 0$ とし、静電気力以外の力は全て無視できるとする。

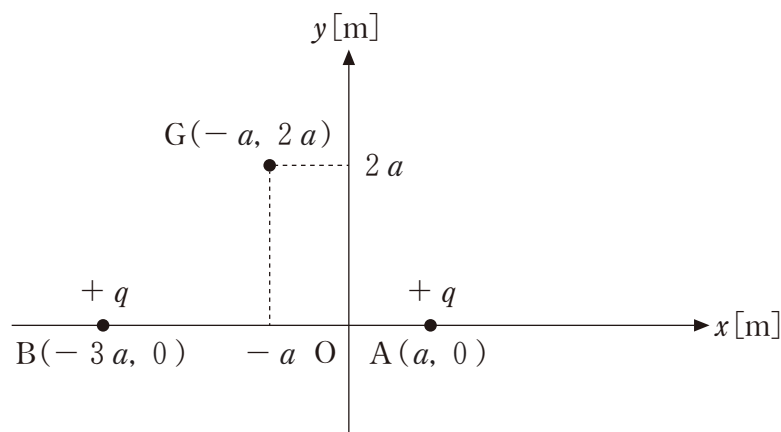


図2

- (7)  $xy$ 平面上の電気力線の様子を、向きも含めて特徴がわかるように解答欄に描け。解答欄には、 $x$ 軸および $y$ 軸は描かれており、点電荷は $\oplus$ と図示されている。

次に、図2の点 $G(-a, 2a)$ に、質量が $M$ [kg]で $+q$ [C]の電気量をもつ荷電粒子を置き、 $y$ 軸の負の向きに大きさ $v_0$ [m/s]の初速度を与えたところ、この荷電粒子は $y$ 軸と平行に運動した。

- (8) この荷電粒子が $x$ 軸を通過し、第3象限( $x < 0$ 、 $y < 0$ )に到達するためには、初速度の大きさ $v_0$ [m/s]が、

$$(v_0)^2 > \boxed{\text{オ}}$$

を満たす必要がある。 $\boxed{\text{オ}}$ にあてはまる適切な式を求めよ。

【IV】 図3のように、真空中の  $x$  軸上の  $x = a$  および  $x = -3a$  の位置に、それぞれ  $+q$  [C] の電気量をもつ点電荷を固定し、その後、質量が  $M$  [kg] で  $+q$  [C] の電気量をもつ荷電粒子を  $x = 0$  の位置で静かにはなすと、その荷電粒子は  $x$  軸上を運動した。以下の(9), (10)の問に答えよ。ただし、 $q > 0$ ,  $a > 0$  とし、静電気力以外の力は全て無視できるとする。

(9) この荷電粒子の速さは、 $x =$   の位置で最大値  となる。,  にあてはまる適切な式をそれぞれ答えよ。

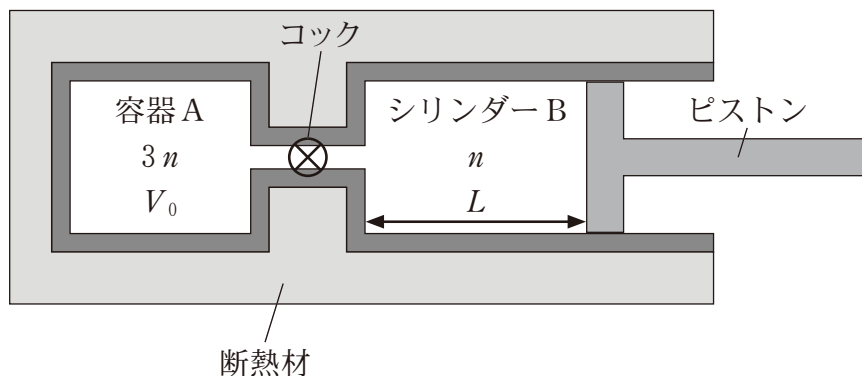
(10) この荷電粒子は、最初に  $x =$   の位置を通過した後、どのように運動するか。解答欄内に簡潔に記述せよ。



図3

- 3 断熱材で囲まれた図のような容器 A とシリンダー B からなる装置がある。容器 A は体積が  $V_0[\text{m}^3]$  であり、コックのついた細管により断面積  $S[\text{m}^2]$  のシリンダー B とつながれている。シリンダー B には、断熱材で作られた、なめらかに動くピストンがはめ込まれている。装置全体の熱容量、および、容器をつなぐ細管の体積は無視してよいものとする。気体定数を  $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$  として以下の(1)~(8)の間に答えよ。

最初、ピストンはシリンダー B の左端から  $L[\text{m}]$  の位置で固定されている。コックは閉じられており、容器 A 内には単原子分子理想気体が  $3n[\text{mol}]$ 、シリンダー B 内には容器 A 内の気体と同種の単原子分子理想気体が  $n[\text{mol}]$  入っている。容器 A 内の気体とシリンダー B 内の気体の温度はそれぞれ  $T_A[\text{K}]$ 、 $T_B[\text{K}]$  であった。



図

- (1) 容器 A 内の気体の内部エネルギーを  $n$ ,  $R$ ,  $T_A$  を用いて表せ。
- (2) シリンダー B 内の気体の内部エネルギーを  $n$ ,  $R$ ,  $T_B$  を用いて表せ。

次に、コックを開くと容器 A 内の気体とシリンダー B 内の気体は混合し、全体として均一な状態になった。この気体および装置の状態を状態 1 とし、このときの気体の温度を  $T_1[\text{K}]$ 、圧力を  $p_1[\text{Pa}]$  とする。

- (3)  $T_1$  を  $n, R, T_A, T_B, V_0, S, L$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (4)  $p_1$  を  $n, R, T_A, T_B, V_0, S, L$  を用いて表せ。

状態 1 から始まる次の 2 種類の過程【I】，【II】を考える。

【I】 状態 1 からコックは開いたまま，ピストンの固定を外し，ピストンをシリンダー B の左端から  $\frac{L}{3}$  [m] の位置までゆっくりと押し込んで，気体を断熱圧縮したところ，気体の温度は  $T_2$  [K]，圧力は  $p_2$  [Pa] となった。この断熱過程では，気体の圧力  $p$  [Pa]，体積  $V$  [m<sup>3</sup>] の間に， $pV^\gamma = \text{一定}$  (ただし， $\gamma = \frac{5}{3}$ )，という関係が成り立つ。

- (5)  $p_2$  を  $n, R, T_A, T_B, V_0, S, L$  を用いて表せ。
- (6) この過程で気体がされた仕事の大きさ  $W_1$  を， $n, R, T_A, T_B, V_0, S, L$  を用いて表せ。

【II】 状態 1 から容器 A とシリンダー B を取り囲む断熱材を取り外し，温度  $T_1$  [K] の熱源で装置を取り囲む。コックは開いたまま，ピストンの固定を外し，気体の温度を  $T_1$  [K] に保ちながら，ピストンをシリンダー B の左端から  $\frac{L}{3}$  [m] の位置までゆっくりと押し込んで，気体を圧縮したところ，気体の圧力は  $p_3$  [Pa] となった。 $p_3$  と(5)で求めた  $p_2$  の間には  $p_2 = \boxed{\text{(a)}} \times p_3$  の関係が成立する。

- (7)  $\boxed{\text{(a)}}$  に入る適切な式を  $V_0, S, L$  を用いて表せ。

この過程で気体がされた仕事の大きさを  $W_2$  とするとき， $W_2$  と(6)で求めた  $W_1$  の間には  $\boxed{\text{(b)}}$  の関係が成立する。

- (8)  $\boxed{\text{(b)}}$  に入る最も適切な関係式を(ア)~(ウ)より選べ。

(ア)  $W_1 > W_2$                       (イ)  $W_1 = W_2$                       (ウ)  $W_1 < W_2$

## 4

- (1) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  は  $3.0 \times 10^{-5}$  mol/L とする。

酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  を純水に溶かすと、その一部が電離して次のような平衡状態になる。



一方、酢酸ナトリウム  $\text{CH}_3\text{COONa}$  を純水に溶かすとほぼ完全に電離し、酢酸イオン  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  とナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  になる。a 酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は、少量の酸や塩基を加えても、その pH はほとんど変化しない。これを緩衝作用といい、このような溶液を緩衝液という。

緩衝液として、b 0.10 mol/L の酢酸水溶液 0.40 L に 0.10 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 0.60 L を加えて 1.00 L の溶液をつくった。この溶液の pH は 4.7 であった。

問 1 酢酸の電離定数  $K_a$  を、酢酸イオンのモル濃度  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、水素イオンのモル濃度  $[\text{H}^+]$ 、および酢酸のモル濃度  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  を用いて表せ。

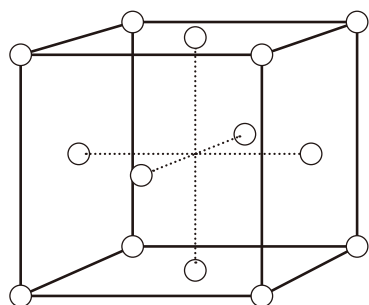
問 2 下線部 a について、少量の酸を加えても pH がほとんど変化しない原因となる反応を、イオン反応式で記せ。

問 3 下線部 b でつくった溶液の酢酸イオン  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  のモル濃度を、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 下線部 b でつくった溶液を 100 mL はかりとり、純水で 10 倍に希釈した。希釈後の溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

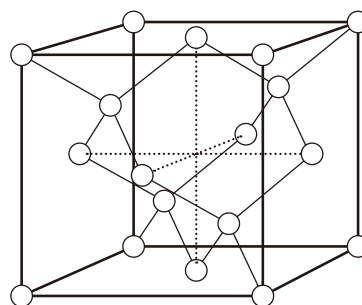
問 5 下線部bでつくった溶液を 100 mL はかりとり、1.0 mol/L の塩酸 1.0 mL を加えた。塩酸を加えた後の溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、塩酸を加えたことによる溶液の体積変化は無視せよ。また、必要ならば  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 5 = 0.70$  の値を用いよ。

(2) 下の図は、銅 Cu、ダイヤモンド C、塩化ナトリウム NaCl、フッ化カルシウム CaF<sub>2</sub> の結晶の単位格子を表したものである。ここで、丸印(○, ●)は、原子あるいはイオンの中心位置を示す。これらの結晶に関する問 1 ~ 問 4 の答を解答欄に記入せよ。



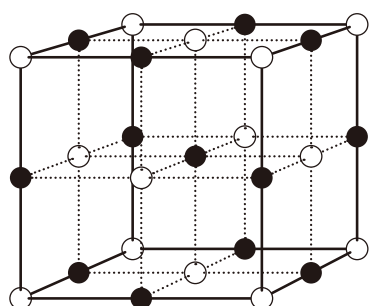
○ : Cu 原子

銅 Cu



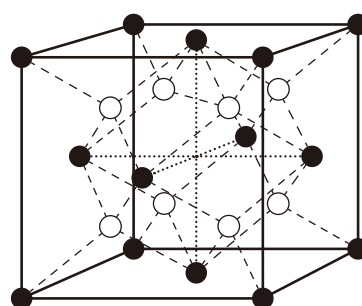
○ : C 原子

ダイヤモンド C



● : Na<sup>+</sup>  
○ : Cl<sup>-</sup>

塩化ナトリウム NaCl



● : Ca<sup>2+</sup>  
○ : F<sup>-</sup>

フッ化カルシウム CaF<sub>2</sub>

問 1 下の記述①~④について、正しいものには○, 誤っているものには×を記せ。

- ① 銅 Cu の結晶中の Cu 原子の配位数は 12 である。
- ② ダイヤモンド C の結晶の密度は、同じくダイヤモンド型の結晶構造をもつケイ素 Si の結晶の密度より小さい。ただし、ケイ素 Si の結晶の単位格子の一辺の長さは、ダイヤモンド C の結晶の単位格子の一辺の長さの 1.5 倍とする。
- ③ ダイヤモンド C の結晶中で、各 C 原子と隣接する C 原子との 4 つの C-C 結合の距離は全て等しい。
- ④ フッ化カルシウム CaF<sub>2</sub> の結晶はイオン結晶であり、高い電気伝導性を示す。



問 2 それぞれの結晶の単位格子中に含まれる原子またはイオンの総数の大小関係について、正しいものを下の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 銅 = ダイヤモンド < NaCl < CaF<sub>2</sub>
- ② 銅 < ダイヤモンド = NaCl = CaF<sub>2</sub>
- ③ 銅 < ダイヤモンド < NaCl = CaF<sub>2</sub>
- ④ 銅 < ダイヤモンド = NaCl < CaF<sub>2</sub>

問 3 ヨウ化ナトリウム NaI, 塩化ナトリウム NaCl, フッ化ナトリウム NaF の結晶はいずれも塩化ナトリウム型の結晶構造をとる。これらの化合物を融点の低いものから並べるとどの順になるか、正しいものを下の①～⑥から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① NaI < NaCl < NaF
- ② NaI < NaF < NaCl
- ③ NaF < NaI < NaCl
- ④ NaCl < NaI < NaF
- ⑤ NaCl < NaF < NaI
- ⑥ NaF < NaCl < NaI

問 4 塩化ナトリウム NaCl の結晶の単位格子当たりの質量を  $w$  [g] とし、ナトリウムイオン Na<sup>+</sup> と塩化物イオン Cl<sup>-</sup> をそれぞれイオン半径  $r$  [cm] および  $R$  [cm] の球とすると、塩化ナトリウム NaCl の結晶の密度 [g/cm<sup>3</sup>] を表すものを下の①～⑧の中から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ①  $\frac{w}{2\sqrt{2}r^3}$
- ②  $\frac{w}{2\sqrt{2}R^3}$
- ③  $\frac{w}{16\sqrt{2}r^3}$
- ④  $\frac{w}{16\sqrt{2}R^3}$
- ⑤  $\frac{w}{(r+R)^3}$
- ⑥  $\frac{w}{8(r+R)^3}$
- ⑦  $\frac{3\sqrt{3}w}{(r+R)^3}$
- ⑧  $\frac{3\sqrt{3}w}{8(r+R)^3}$

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。

酸素は、岩石や鉱物の成分元素として、地殻中に最も多く含まれる元素である。酸素を含む無機物質中では、多くの場合、酸素原子の酸化数は  であるが、過酸化水素に含まれる酸素原子のように酸化数が  の場合もある。a 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)の粉末を加えると、過酸化水素の分解反応が促進され、気体が発生する。

窒素は、空気中に単体  $N_2$  として存在する。単体の窒素  $N_2$  は空気の体積の約 78% を占め、常温では化学反応を起こしにくい、高温・高圧ではいろいろな化合物をつくる。アンモニアは、工業的には  を主成分とする触媒を用いて、窒素  $N_2$  と水素  $H_2$  を高温・高圧で直接反応させて合成される。また硝酸は、アンモニアを空気中の酸素で酸化し、得られた化合物を水と反応させて製造される。このような工業的な硝酸の製造法は  と呼ばれる。アンモニアと硝酸からは、b 硝酸アンモニウムが製造される。硝酸アンモニウムや硫酸アンモニウムなどのアンモニウム塩は、化学肥料として重要である。c 硝酸は強い酸性を示し、また酸化力が強い物質であり、銅や銀などを溶かす。

問1 空欄  ,  に当てはまる数字、空欄  に当てはまる化学式、および空欄  に当てはまる語句を記せ。

問2 下線部 a について、生成する気体を化学式で記せ。また、質量パーセント濃度 3.0% の過酸化水素を含む過酸化水素水 10 g に酸化マンガン(IV)粉末を添加して、過酸化水素の分解反応を行った。この水溶液中に含まれる過酸化水素がすべて分解したとき、生成する気体の標準状態(0℃,  $1.01 \times 10^5$  Pa)での体積を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、生成する気体は理想気体とみなす。

問 3 下線部 b の硝酸アンモニウムを構成するアンモニウムイオンと硝酸イオンに含まれる窒素原子それぞれについて、酸化数を答えよ。

問 4 下線部 c について、銅が希硝酸に溶解する反応を化学反応式で記せ。また、この反応で生成する気体の捕集法として適当なものを下の①～③から 1 つ選び、その番号を記せ。

① 上方置換

② 下方置換

③ 水上置換

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 4 の答を解答欄に記入せよ。

電解質の水溶液に電極を浸し、直流電源を用いて通電すると、水溶液を電気分解できる。直流電源として電池を用いて電気分解するとき、電池の正極につないだ電極を ，負極につないだ電極を  という。例えば、  
a 塩化ナトリウム水溶液に 2 本の炭素電極を浸して電気分解すると、  
 では ， では水素がそれぞれ発生する。また、  
 付近の水溶液を取り出して濃縮し乾燥させると、電解質として用いた塩化ナトリウムの他に  が得られる。

の水溶液と二酸化炭素を反応させて得られる炭酸塩の水溶液を放置すると、水が蒸発して、b 無色透明な十水和物が得られる。この結晶を乾いた空気中で放置すると、白色粉末状の一水和物へと変化する。このような現象を  という。

問 1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

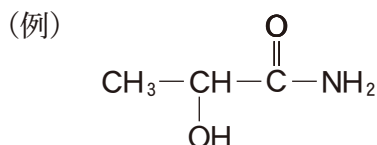
問 2 空欄  に当てはまる最も適切な化合物を組成式で記せ。

問 3 下線部 a の電気分解において、塩化ナトリウム水溶液に 4.0 A の直流電流を 16 分 5 秒間通電した。この電気分解によって生成する水素  $H_2$  は何 mol か、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 4 下線部 b の化合物を化学式で記せ。

## 6

- (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。



分子式が同じで構造が異なる化合物を互いに異性体という。分子式が  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  で表される化合物には様々な異性体が存在し、これらは鎖式炭化水素と環式炭化水素に大別される。

- 問 1 鎖式炭化水素  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  には何種類の異性体が存在するか、記せ。ただし、シス-トランス異性体がある場合には、別の異性体として数えよ。

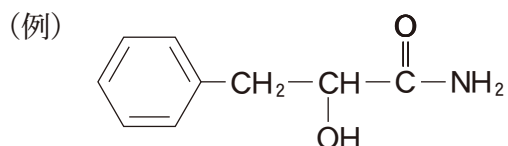
- 問 2 鎖式炭化水素  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  に水素  $\text{H}_2$  を付加させると  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  となるが、この反応によって得ることができない  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  の構造式を記せ。

- 問 3 鎖式炭化水素  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  のすべての異性体に対して水を付加させると、様々なアルコールが得られる。得られるアルコールについて次の(a)、(b)に答えよ。

(a) 最も酸化されにくいアルコールの構造式を記せ。

(b) 得られる第二級アルコールには、不斉炭素原子をもつ構造異性体が 2 種類存在する。これら 2 種類のアルコールの構造式を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1、問 2 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。



ナトリウムフェノキシドの水溶液に二酸化炭素を通じたところ、有機化合物として化合物 A が得られた。一方、ナトリウムフェノキシドに二酸化炭素を高温・高圧下で反応させた後に希硫酸を作用させると、分子式  $C_7H_6O_3$  で表される化合物 B が得られた。この化合物 B にメタノールと濃硫酸を加えて加熱すると、化合物 C が得られた。また、化合物 B と無水酢酸に濃硫酸を加えて反応させると、酢酸とともに化合物 D が得られた。

問 1 化合物 A~D の構造式を記せ。

問 2 58 g のナトリウムフェノキシドから化合物 B が 63 g 得られたときの化合物 B の収率を、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。なお、収率とは、化学反応において、出発物質の量から理論上見積もられる目的物質の量に対して、実際に得られた目的物質の量の割合をパーセントで示した値である。たとえば以下の反応で、出発物質であるアニリン 1.0 mol に過剰の塩酸を加えて、目的物質であるアニリン塩酸塩が 0.80 mol 得られたときのアニリン塩酸塩の収率は、80% である。



7

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

二価アミンと二価カルボン酸を反応させると、水分子が次々と取れて、多数の  結合を生じ、鎖状の重合体が生成する。この重合体はポリ  とよばれ、繊維として用いられる。ナイロン66は脂肪族のポリ  であり、a 工業的にはヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を加熱しながら、生成する水を除去してつくられる。 実験室では、アジピン酸の代わりにアジピン酸ジクロリドを用いて、以下の手順1～手順4によりナイロン66を合成することができる。

手順1：ビーカーにアジピン酸ジクロリド0.50gをはかりとり、ヘキサン15mLに溶かす。

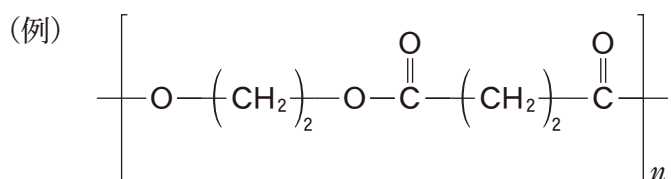
手順2：ヘキサメチレンジアミン1.0gを別のビーカーにはかりとり、水15mLを加えて溶かす。これに b 水酸化ナトリウム0.70gを加えて溶かす。

手順3：手順1でつくった溶液を、手順2で準備したビーカーに、ガラス棒を伝わらせて静かに加える。

手順4：有機層(ヘキサン層)と水層の境界面にできた膜をピンセットで静かに引き上げ、アセトンで洗って乾燥させる。

問1 空欄  に当てはまる語句を記せ。

問2 ナイロン66の構造式を下の例にならって記せ。



問 3 ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを用いた実験室でのナイロン 66 の合成において、下線部 a の水の代わりに生成する化合物を、化学式で記せ。

問 4 下線部 b について、下の記述①～④のうち誤っているものを 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 水酸化ナトリウムは、ナイロン 66 とともに生成する物質がヘキサメチレンジアミンと反応して塩を生じるのを防ぐ。
- ② 水酸化ナトリウムは、ナイロン 66 とともに生成する物質を中和する。
- ③ 水酸化ナトリウムは、ナイロン 66 の生成反応において、触媒としてはたらく。
- ④ 水酸化ナトリウムの代わりに炭酸ナトリウムを用いてもよい。

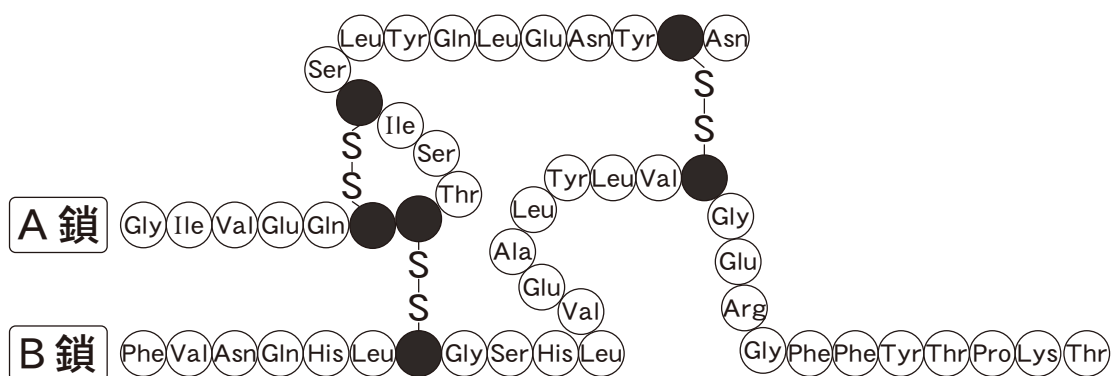
問 5 ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸ジクロリドを用いた実験室でのナイロン 66 の合成において、平均分子量  $2.0 \times 10^4$  のナイロン 66 を  $1.0 \times 10^{-4}$  mol つくるのに必要なアジピン酸ジクロリドは、理論上何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。



(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

ご飯の主成分であるデンプンは、ヒトの唾液やすい液に含まれる <sup>a</sup> アミラーゼ によってデキストリンや  ア  に分解される。さらに  ア  は腸液などに含まれる  イ  によってグルコースに分解され、体内に吸収される。グルコースが体内に吸収されると血液中のグルコース濃度(血糖値)が高くなり、これに反応してすい臓からインスリンが分泌される。インスリンは下図のように、21個のアミノ酸からなるA鎖と30個のアミノ酸からなるB鎖が、 あ  の側鎖の間につくられる  ウ  結合(S-S結合)により結ばれた構造をしており、脳、筋肉、脂肪、肝臓などの細胞に結合して血液中のグルコースを細胞内に取り込むはたらきを担っている。

筋肉や肝臓などに取り込まれたグルコースは  エ  と呼ばれる多糖類の形で蓄えられ、 エ  は動物デンプンとも呼ばれる。その構造は、温水中に不溶なデンプンである  オ  によく似ているが、枝分かれがさらに多く、分子量も大きいのが特徴である。肝臓に蓄えられた  エ  は必要に応じて <sup>b</sup> グルコースへ加水分解され、血液中に放出されてエネルギー源となる。



問1 空欄  ア  ~  オ  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄  あ  に当てはまるアミノ酸の名称を記せ。

問 3 下線部 a のように，酵素はそれぞれ決まった基質にしか作用せず，これを酵素の基質特異性と呼ぶ。次の基質(A)~(C)それぞれについて，分解する酵素を①~⑦から 1 つ選び，番号で答えよ。また，それぞれの基質に対する酵素反応で生成する 2 種類の分解生成物の名称を記せ。

【基質】

- (A) スクロース                      (B) 脂 肪                      (C) 尿 素

【酵素】

- ① セルラーゼ                      ② インベルターゼ(スクラーゼ)  
③ ウレアーゼ                      ④ DNA アーゼ  
⑤ リパーゼ                        ⑥ カタラーゼ  
⑦ ペプチダーゼ

問 4 下線部 b について，グルコースは細胞で最終的に二酸化炭素と水に分解され，そのときに放出されるエネルギーの一部が体温の維持などに使われる。次の熱化学方程式を用いて，グルコース  $C_6H_{12}O_6$  (固体) 1 mol が二酸化炭素(気体)と水(液体)に分解されるとき反応熱を求めよ。

