

クラス		受験番号	
出席番号		氏名	

2018年度

## 第3回 全統記述模試問題

# 理 科

2018年10月実施

(物理基礎・化学基礎) (1科目 30分)  
(生物基礎・地学基礎)

(物 理 化 学) (1科目 60分)  
(生 物 地 学)

試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かず、下記の注意事項をよく読むこと。

### 注 意 事 項

1. 問題冊子は87ページである(物理基礎 1～4ページ, 化学基礎 5～9ページ, 生物基礎 11～16ページ, 地学基礎 17～25ページ, 物理 27～37ページ, 化学 39～53ページ, 生物 55～70ページ, 地学 71～87ページ)。
2. 解答用紙は別冊になっている。(解答用紙冊子表紙の注意事項を熟読すること。)
3. 本冊子に脱落や印刷不鮮明の箇所及び解答用紙の汚れ等があれば、試験監督者に申し出ること。
4. 理科の「基礎を付した科目」のみを受験する場合は、1時間目の前半30分(2科目の場合は1時間目60分)が受験時間となる。「基礎を付した科目」と「基礎を付していない科目」の組み合わせで受験する場合は、1時間目が「基礎を付していない科目」の受験時間となる。

※「基礎を付した科目」と「基礎を付していない科目」の組み合わせで受験する場合は、それぞれ1科目ずつに限る。

5. 試験開始の合図で解答用紙冊子の理科の解答用紙を切り離し、下段の所定欄に **氏名**・**在・卒高校名**・**クラス名**・**出席番号**・**受験番号**(受験票の発行を受けている場合のみ)を明確に記入すること。なお、氏名には必ずフリガナも記入のこと。
6. 解答には、必ず黒色鉛筆を使用し、解答用紙の所定欄に記入すること。解答欄外に記入された解答部分は、採点対象外となる。
7. 試験終了の合図で上記5.の事項を再度確認し、試験監督者の指示に従って解答用紙を提出すること。

河合塾



1861230114110000

# 化 学

## 1 (配点 27点)

次の文を読み、問1～問7に答えよ。ただし、原子量は  $C = 12$ 、 $Al = 27$ 、ファラデー定数は  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

金属は、建築材料や機械部品など、さまざまな用途で大量に利用されている。中でも鉄の生産量は圧倒的に多く、これにアルミニウム、銅、亜鉛などが続いている。

鉄の製錬は、溶鉱炉を用いて、次のように行われる。

溶鉱炉の上部から鉄鉱石とコークス、石灰石を入れ、下部から熱風を吹き込むことにより、主に、(i) 一酸化炭素が鉄鉱石の主成分である酸化鉄(III)を還元して、酸化鉄(III)は鉄に変化する。このようにして得られた鉄は銑鉄とよばれ、不純物として約4%の炭素などを含む。銑鉄を転炉に移して酸素を吹き込むことにより、炭素含有量を0.02～2%に減らしたものを鋼という。鋼は建築材料などに用いられ、あなどの合金の原料にも利用されている。

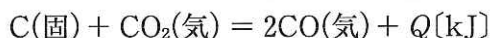
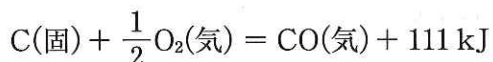
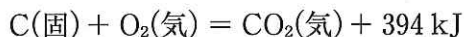
アルミニウムの製錬は、ボーキサイトを原料として、次のように行われる。

ボーキサイトに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、ボーキサイトの主成分である(ii) 酸化アルミニウムが溶解する。このとき、不純物である二酸化ケイ素や酸化鉄(III)は沈殿として除かれる。得られた水溶液を冷却すると、水酸化アルミニウムが沈殿する。これを分離して強熱すると、酸化アルミニウム(アルミナ)が得られる。氷晶石を約1000℃で融かし、この融解液にアルミナを溶融させたのち、炭素電極を用いて電気分解(溶融塩電解)する。(iii) このとき陰極ではアルミニウムが生成し、陽極では一酸化炭素と二酸化炭素が発生する。アルミニウムは飲料缶や建築材料などに用いられ、いなどの合金の原料にも利用されている。

問1 空欄 あ , い に適する合金を、次の(ア)～(オ)のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

- (ア) ジュラルミン      (イ) ブロンズ      (ウ) 無鉛はんだ  
(エ) ステンレス鋼      (オ) 真鍮<sup>しんちゅう</sup>

問2 溶鉱炉内では、コークスが酸素と反応して二酸化炭素や一酸化炭素が生成し、さらに二酸化炭素はコークスと反応して一酸化炭素が生成する。これらの反応を熱化学方程式で表すと次のようになる。



上の式中の  $Q$  の値を求め、整数で記せ。

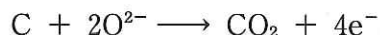
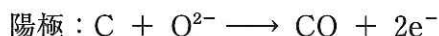
問3 下線部 (i) で起こる反応を化学反応式で記せ。

問4 鉄の単体および化合物に関する記述として正しいものを、次の(ア)～(カ)のうちから二つ選び、その記号を記せ。

- (ア) 鉄に希塩酸を加えると、鉄は水素を発生しながら溶け、淡緑色の水溶液になる。  
(イ) 鉄に濃硝酸を加えると、鉄は二酸化窒素を発生しながら溶け、黄褐色の水溶液になる。  
(ウ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液にシアン化カリウム水溶液を加えると、血赤色の水溶液になる。  
(エ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液にヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると、濃青色の沈殿が生成する。  
(オ) 塩化鉄(Ⅱ)水溶液に塩酸を加えて酸性にしたのち、硫化水素を通じると、黒色の沈殿が生成する。  
(カ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液にアンモニア水を加えると赤褐色沈殿が生成し、さらにアンモニア水を加えても沈殿は溶解しない。

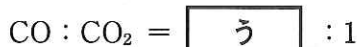
問5 下線部 (ii) について、酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応を、化学反応式で記せ。

問6 下線部 (iii) において各電極で起こる変化は次のとおりである。



アルミナの熔融塩電解により、陰極で 3.00 kg のアルミニウムが得られ、陽極から一酸化炭素と二酸化炭素の混合気体 X が発生した。このとき陽極で消費された炭素の質量は 1.92 kg であった。これについて、次の (1)、(2) に答えよ。

- (1)  $3.00 \times 10^3$  A の電流で電気分解を行ったとすると、電気分解に要した時間は何時間か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。
- (2) 混合気体 X 中の一酸化炭素と二酸化炭素の物質質量比を次のように表したとき、空欄  に適する数値を、四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。



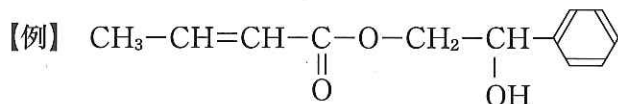
問7 硫酸アルミニウム  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  と硫酸カリウム  $\text{K}_2\text{SO}_4$  の混合水溶液を濃縮すると、ミョウバン (硫酸アルミニウムカリウム十二水和物  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) とよばれる正八面体の結晶が得られる。これについて、次の (1)、(2) に答えよ。

- (1) ミョウバンの水溶液の性質を、次の (ア) ~ (ウ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。
- (ア) 酸性      (イ) 中性      (ウ) 塩基性
- (2) 水 100 g に  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (式量 342) を 3.42 g 溶かした水溶液と、水 100 g に  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (式量 174) を 1.74 g 溶かした水溶液を混合したのち、水の一部を蒸発させて濃縮したところ、 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (式量 474) の結晶が  $w$  [g] 析出した。この結晶をろ別し、得られたろ液に十分な量の塩化バリウム  $\text{BaCl}_2$  水溶液を加えたところ、硫酸バリウム  $\text{BaSO}_4$  (式量 233) の沈殿が 2.33 g 生じた。 $w$  の値を求め、四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

化学の問題は次のページに続く。

2 (配点 30点)

次の I, II に答えよ。ただし、立体異性体は区別せず、構造式は次の【例】にならって記せ。



I 次の文を読み、問 1～問 6 に答えよ。

炭素、水素、酸素のみからなるエステル A がある。A 1 mol を加水分解すると化合物 B, C, D が 1 mol ずつ生成する。

ニトロベンゼンにスズと塩酸を加えて加熱し、冷却後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物 E が生成する。(i) 氷冷下で E に塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加えたのち加熱すると、 気体が発生するとともに B が生成する。

(ii) 分子式  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  の芳香族化合物を過マンガン酸カリウムで酸化すると、 C が生成する。C を約  $230^\circ\text{C}$  に加熱すると分子内で脱水反応が起こり、化合物 F が生成する。

D は分子式が  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$  のベンゼン二置換体であり、D のベンゼン環の水素原子 1 個を臭素原子に置き換えると 2 種類の化合物が得られる。また、D にフェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿が生成する。

問 1 化合物 E, F の名称をそれぞれ記せ。

問 2 下線部 (i) で起こる反応の名称を記せ。

問 3 下線部 (ii) について、分子式  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  の芳香族化合物は何種類あるか。その数を記せ。

問 4 化合物 B, C の構造式を記せ。

問 5 化合物 A の構造式を記せ。

問6 化合物Aに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち冷却して得た水溶液(これをa液とする)から、次の操作1~5により、化合物B, C, Dを分離した。化合物B, Cに該当するものを、化合物(ア)~(ウ)のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

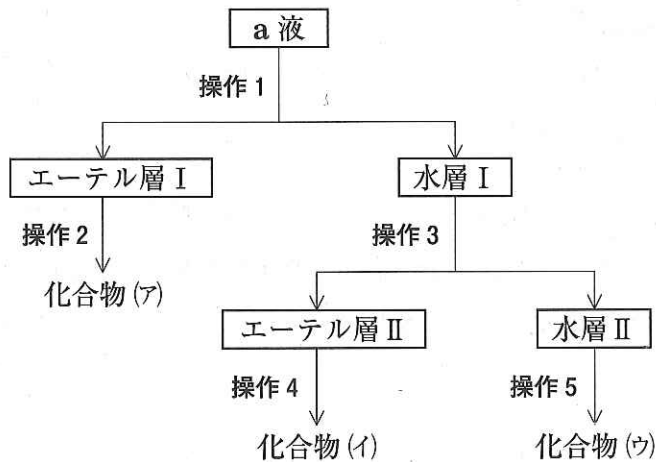
操作1 a液にジエチルエーテル(以下エーテルとする)を加え、分液ろうとを用いてエーテル層Iと水層Iに分離した。

操作2 エーテル層Iからエーテルを蒸発させて、化合物(ア)を得た。

操作3 水層Iに二酸化炭素を吹き込んだのちエーテルを加え、分液ろうとを用いてエーテル層IIと水層IIに分離した。

操作4 エーテル層IIからエーテルを蒸発させて、化合物(イ)を得た。

操作5 水層IIに塩酸を加え、化合物(ウ)を析出させた。



II 次の文を読み、問7～問11に答えよ。

私たちは、糖質、脂質、タンパク質の三大栄養素を食品などからとり入れて生命活動を維持している。糖質の一種であるデンプンは、数百個から数万個の $\alpha$ -グルコース(図1)が縮合重合してできた高分子化合物である。体内に摂取されたデンプンは、図2に示すように、酵素によって加水分解されてグルコースとなり、小腸で吸収され、エネルギー源などに利用される。また、(iii)グルコースに酵素群チマーゼを作用させると、アルコール発酵によりエタノールが生成する。この反応は酒類やバイオエタノールの製造に利用される。

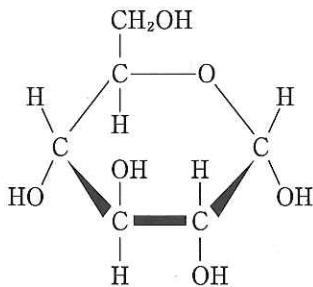


図1  $\alpha$ -グルコース

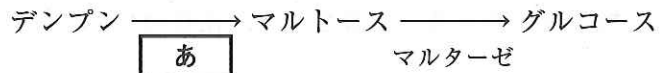


図2 デンプンの加水分解

脂質の一種である油脂は、グリセリンと高級脂肪酸のエステル(トリグリセリド)であり、図3に示した一般式で表される。体内に摂取された油脂は、酵素リパーゼの作用によりモノグリセリドと脂肪酸に加水分解されたのち、小腸で吸収され、エネルギー源などに利用される。

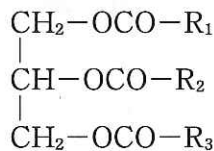


図3 油脂の一般式

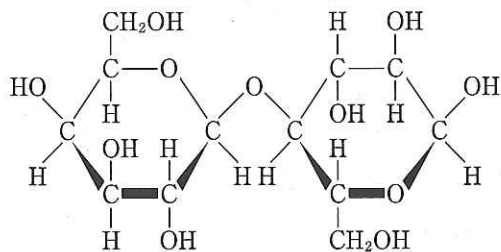
( $R_1 \sim R_3$  は炭化水素基を表す)

問7 空欄 あ に適する酵素の名称を記せ。

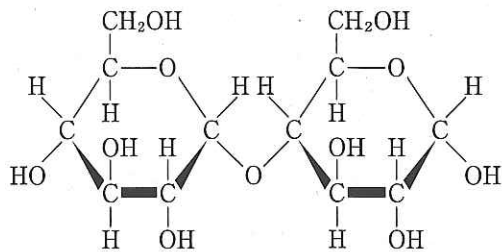


問8 マルトースの構造式を次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

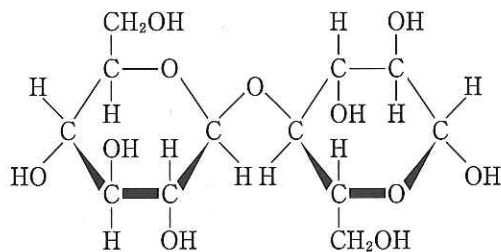
(ア)



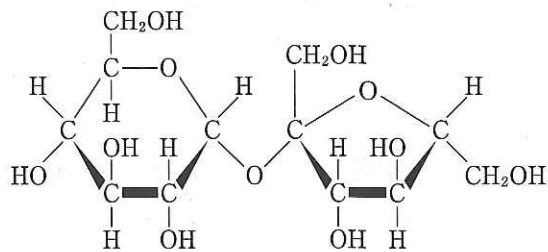
(イ)



(ウ)



(エ)



問9 下線部 (iii) で起こるアルコール発酵の反応を化学反応式で記せ。ただし、グルコースは分子式で、エタノールは示性式で記すこと。

問10 油脂に関する次の(ア)～(エ)の記述のうちから、誤りを含むものを一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) 常温で固体の油脂を脂肪、液体の油脂を脂肪油という。
- (イ) 常温で固体の油脂は構成脂肪酸として飽和脂肪酸を多く含む。
- (ウ) 常温で液体の油脂に触媒を用いて水素を付加させて固体にしたものを乾性油という。
- (エ) 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、セッケンとグリセリンが得られる。

問11 リノール酸(示性式  $C_{17}H_{31}COOH$ )のみを構成脂肪酸とする油脂 1 g を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量は何 mg か。四捨五入により整数で記せ。ただし、原子量は  $H=1.0$ ,  $C=12$ ,  $O=16$ ,  $K=39$  とする。

3 (配点 20点)

次の文を読み、問1～問7に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体として扱えるものとし、原子量は  $H=1.0$ 、 $C=12$  とする。

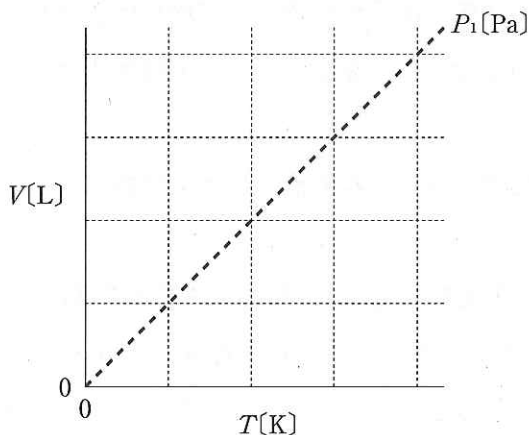
(i) 一定温度のもとで、一定量の気体の体積  $V$  は圧力  $P$  に反比例する。 また、(ii) 一定圧力のもとで、一定量の気体の体積  $V$  は絶対温度  $T$  に比例する。 さらに、一定温度、一定圧力のもとでは気体の体積  $V$  は物質質量  $n$  に比例することを考慮して、次の①式の理想気体の状態方程式が導かれる。

$$PV = nRT \quad \dots \text{①}$$

問1 下線部(i)に最も関連の深い法則を次の(ア)～(オ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) ヘンリーの法則      (イ) アボガドロの法則      (ウ) シャルルの法則  
(エ) ボイルの法則      (オ) ヘスの法則

問2 下線部(ii)について、一定量の気体を圧力  $P_1$  [Pa] に保ちながら温度を変化させたとき、気体の体積  $V$  [L] と絶対温度  $T$  [K] の関係を表すグラフは次の破線のようになる。気体の物質質量は変えず、圧力を  $2P_1$  [Pa] に保ちながら同様に温度を変化させた場合のグラフはどのようなになるか。そのグラフを解答用紙に実線で記せ。



気体の物質量  $n$  は、その質量  $w$  とモル質量  $M$  を用いて  $n = \frac{w}{M}$  と表すことができる。

これを ① 式に代入すると、

$$PV = \frac{w}{M}RT \quad \dots \text{②}$$

② 式を変形すると、

$$M = \frac{wRT}{PV} \quad \dots \text{③}$$

③ 式より、分子量が未知の気体について、 $P$ 、 $V$ 、 $w$ 、 $T$  を測定することによりモル質量  $M$  すなわち分子量を求めることができる。

あるガスボンベから放出される気体(気体 X と気体 Y の混合気体)の平均分子量を調べるために、室温 27℃、大気圧  $1.032 \times 10^5$  Pa の下で次の操作 1～4 を順に行った。ただし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)、27℃における水の飽和蒸気圧は  $3.6 \times 10^3$  Pa、1 cm の水柱がその底面におよぼす圧力は 98 Pa とする。また、気体の水に対する溶解は無視できるものとする。

**操作 1** 十分な量の気体 X と気体 Y が封入されているガスボンベの質量を測定すると、182.88 g であった。

**操作 2** 水で満たされたメスシリンダーを水槽に倒立させ、これに誘導管を用いてガスボンベから混合気体を導入した(図 1)。メスシリンダー内の水面が水槽の水面よりも  $h$ [cm] 上になったところで混合気体の導入をやめた(図 2)。

**操作 3** メスシリンダーを下げてメスシリンダーの内側と外側の水面の高さを一致させ、メスシリンダーの目盛りを読んで内部の気体の体積を測定すると、225.0 mL であった(図 3)。

**操作 4** ガスボンベの質量を測定すると、182.40 g であった。

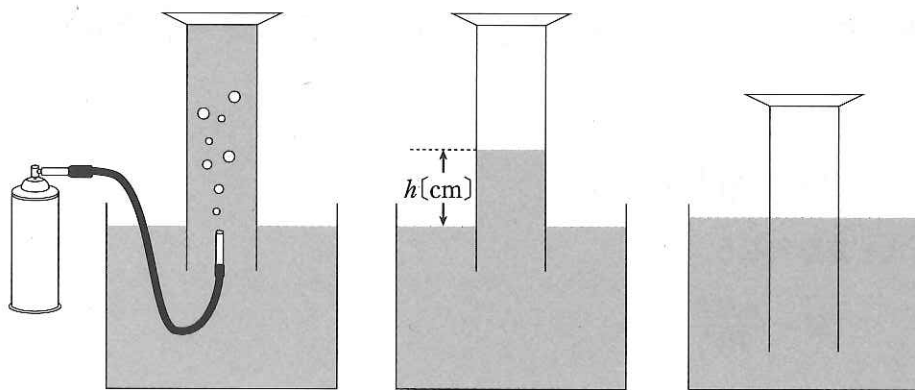


図 1

図 2

図 3

問 3 操作 3 でメスシリンダーの内側と外側の水面の高さを一致させたのはなぜか。その目的を述べた次の文の空欄  に適する語句を 15 字以内で記せ。

メスシリンダー内の  ため。

問 4 操作 3 終了時のメスシリンダー内の気体 X と気体 Y の分圧の和は何 Pa か。四捨五入により有効数字 3 桁で記せ。

問 5 ガスボンベから放出された気体(気体 X と気体 Y の混合気体)の平均分子量はいくらか。四捨五入により整数で記せ。

問 6 気体 X と気体 Y はいずれもアルカンであり、Y は X よりも炭素数が 1 多い。次の (1), (2) に答えよ。

(1) X の分子式を記せ。

(2) ガスボンベから放出された気体中の X と Y の物質質量比を次のように表すとき、空欄  に適する数値を四捨五入により整数で記せ。

X : Y = 1 :

問 7 操作 2 終了時(図 2), メスシリンダー内の気体の体積は 227.5 mL であった。このとき、メスシリンダー内の水面と水槽の水面の差  $h$  は何 cm か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

化学の問題は次のページに続く。

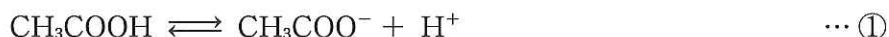
4 (配点 23点)

次の I, II に答えよ。ただし、温度は常に一定とする。また、[X] は平衡状態における X のモル濃度 [mol/L] を表す。

I 次の文を読み、問 1 ~ 問 3 に答えよ。

弱酸とその塩の混合水溶液は、少量の酸や塩基を加えても pH がほとんど変化しない。このような水溶液を緩衝液という。

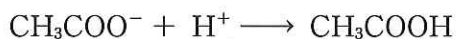
酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  と酢酸ナトリウム  $\text{CH}_3\text{COONa}$  の混合水溶液中では、次の ① 式の平衡が成立している。



酢酸の電離定数(① 式の平衡定数)  $K_a$  は、次の ② 式で表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \dots \text{②}$$

$n_1$  [mol] の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  と  $n_2$  [mol] の  $\text{CH}_3\text{COONa}$  を含む  $V$  [L] の混合水溶液がある。このとき、 $\text{CH}_3\text{COONa}$  は完全に電離し、生じた  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  により、 $\text{CH}_3\text{COOH}$  の電離はほとんど起こらない。よって、この混合水溶液中では、 $[\text{CH}_3\text{COOH}] =$   [mol/L],  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] =$   [mol/L] と表すことができるので、 $[\text{H}^+] =$   [mol/L] と表される。この混合水溶液に少量の酸を加えたとき、次の反応により、 $[\text{H}^+]$  の増加が抑えられるため、pH はほとんど変化しない。



また、この混合水溶液に少量の塩基を加えたとき、次の反応により、 $[\text{OH}^-]$  の増加が抑えられるため、pH はほとんど変化しない。

このように、この混合水溶液は緩衝作用を示す。

問1 空欄  ~  に適する式を,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $V$ ,  $K_a$  のうち適切なものを用いて記せ。

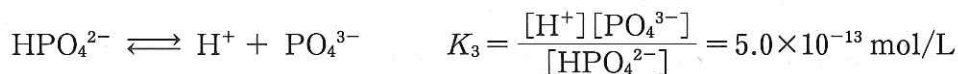
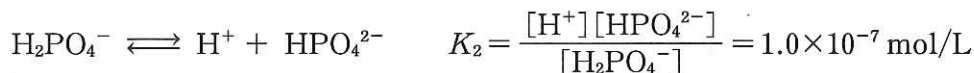
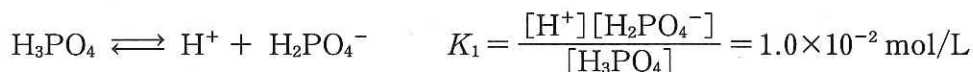
問2 空欄  に適する反応をイオン反応式で記せ。

問3 0.10 mol/L の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  水溶液 20 mL と, 0.10 mol/L の  $\text{CH}_3\text{COONa}$  水溶液 20 mL を混合した水溶液を A とする。これについて, 次の(1)~(4)の水溶液の pH を求めよ。ただし,  $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$  mol/L,  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$  とし, 答の数値は四捨五入により小数第1位まで記せ。また, 水溶液を混合するとき, 混合後の体積は, 混合前の体積の和に等しいものとする。

- (1) 水溶液 A
- (2) 水溶液 A に 1.0 mol/L の塩酸を 1.0 mL 加えた水溶液
- (3) 水溶液 A に 1.0 mol/L の塩酸を 10 mL 加えた水溶液
- (4) 水溶液 A に純水を 10 mL 加えた水溶液

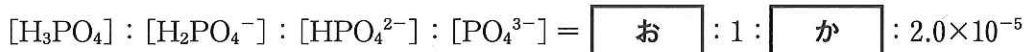
II 次の文を読み、問4に答えよ。

3価の酸であるリン酸  $\text{H}_3\text{PO}_4$  は水溶液中で次のように三段階で電離し、各段階の電離定数  $K_1 \sim K_3$  は次のとおりである。



問4 0.10 mol/L の  $\text{H}_3\text{PO}_4$  水溶液 20 mL と 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液  $v$  [mL] を混合した水溶液を B とする。B の pH は 7.30 ( $[\text{H}^+] = 5.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ ) であった。これについて、次の (1), (2) に答えよ。

- (1) 水溶液 B 中に存在するリン P を含む分子およびイオンのモル濃度の比は、次のように表すことができる。空欄  ,  に適する数値を、それぞれ四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。



- (2)  $v$  の値を求め、四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。