

(令 4 前)

# 理 科

	ページ
物 理	1～5
化 学	6～14
生 物	15～24
地 学	25～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点





# 化 学

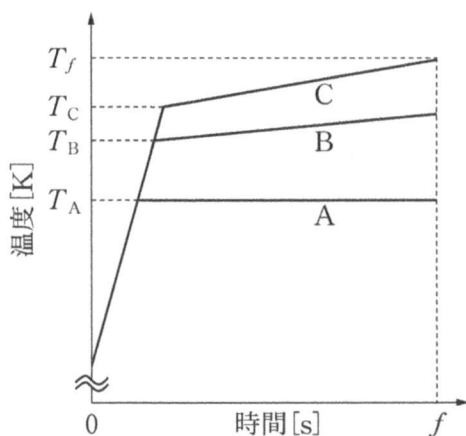
計算のために必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 O 16.0 Na 23.0 Al 27.0 Cl 35.5

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

純水 100 g、およびそれぞれ異なる溶質を溶解させた2種類の水溶液がある。これらの水溶液のうち一方は水 100 g に不揮発性物質であるエチレングリコール ( $C_2H_6O_2$ ) 1.86 g を溶かした水溶液である。もう一方は水 100 g に塩化ナトリウム ( $NaCl$ ) 1.17 g を溶かした水溶液であり、完全電離しているものとする。これらを大気圧下の開放系において突沸しないように単位時間当たり一定の熱量を加えることで加熱して沸騰させた。このときの加熱時間に対する純水および各水溶液の温度変化を模式図として以下の図に示す。この温度変化の過程において各水溶液は希薄溶液であるとみなせる。また、純水および各水溶液の熱容量は同じであり、沸騰するまでの水の蒸発量は無視できるものとする。



問 1 溶液の沸点が純粋な溶媒よりも高くなる現象を何と呼ぶか答えなさい。

問 2 エチレングリコール水溶液の質量モル濃度(mol/kg)はいくらか。有効数字3桁で答えなさい。

問 3 塩化ナトリウム水溶液の沸点は  $T_A$ [K],  $T_B$ [K],  $T_C$ [K] のいずれであるか答えなさい。

問 4  $T_B$ [K] と  $T_A$ [K] の温度差は 0.156 K であった。 $T_C$ [K] と  $T_B$ [K] の温度差(K)はいくらか。有効数字3桁で答えなさい。

問 5 沸騰開始後も水溶液 B および C の温度が上昇する理由を記しなさい。

問 6 時刻  $f$ [s] における水溶液 C の温度  $T_f$ [K] と  $T_A$ [K] の差は 0.260 K であった。このときの水溶液 C の質量(g)はいくらか。有効数字3桁で答えなさい。

II 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

原子番号13のアルミニウム(Al)は、現代社会で最も利用されている金属の一つであり、K殻に  個、L殻に  個、M殻に  個の電子をもつ。酸とも強塩基の水溶液とも反応して水素を発生するため  と呼ばれるが、空気中では表面に酸化アルミニウムの被膜を形成するので化学的に安定である。これを利用してAlの表面に人工的に厚い酸化被膜をつけた製品を  という。Alと酸化鉄(III)の粉末の混合物に点火すると、多量の熱を発生して酸化鉄(III)が還元され、融解した鉄の単体が得られる。この反応は  反応と呼ばれ、小規模な金属の製錬や鉄道のレールの溶接などに利用される。

Alはイオン化傾向が大きく、 $Al^{3+}$ を含む水溶液を電気分解しても  極では水の還元によって  が発生するだけでAlの単体を得ることが出来ない。そこで、単体のAlを得るには以下の  を行う。原料鉱石の  を精製して得られた酸化アルミニウムを約1000℃に加熱して融解させた氷晶石に溶かし、炭素を電極として電気分解すると、 極ではAlの単体が析出する。

問1  ～  にあてはまる数字を答えなさい。

問2  ～  と  ・  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問3  にあてはまる適切な物質を化学式で答えなさい。

問4  にあてはまる、イオン化傾向の大きな金属の一般的な製錬方法の名称を答えなさい。

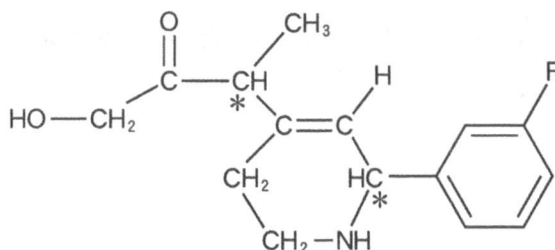
問5 下線部(a)に対応する反応について、化学反応式を答えなさい。

問 6 下線部(b)について、以下の(i)~(iii)の問いに答えなさい。

- (i) Al が析出する電極で発生する化学反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で答えなさい。
- (ii) 1.80 g の Al を析出させるために必要な電気量(C)を有効数字 3 桁で答えなさい。
- (iii) 1.80 g の Al を 1 時間で析出させるために必要な電流の値(A)を有効数字 3 桁で答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1～6 に答えなさい。なお、構造式は以下の例にならって示しなさい。(配点 19 点)

構造式の記入例  
(\*印は不斉炭素原子を示す。)



分子式  $C_{11}H_{12}O_2$  で表されるエステルを、水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解(けん化)したのち中和すると、カルボン酸と化合物 A が生成した。生成したカルボン酸には二つの構造異性体が含まれており、いずれの構造にも不斉炭素原子があった。また、化合物 A を塩化鉄(Ⅲ)水溶液に加えると紫色に呈色した。

化合物 A は次に示す実験 1 で合成できた。

実験 1：アニリンの希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 B が生成した。低温 ( $0 \sim 5^\circ C$ ) で安定に存在した化合物 B は、温度が  $5^\circ C$  以上に上がると加水分解して、化合物 A と気体分子 C と塩酸を生じた。

化合物 A は次に示す実験 2 でも合成できた。

実験 2：クメン(イソプロピルベンゼン)を酸素で酸化すると化合物 D が生成し、化合物 D を硫酸で分解すると、化合物 A と化合物 E が生成した。



化合物 A は実験 1 で生成した化合物 B と反応し、次に示す実験 3 で色素を生成した。

実験 3：化合物 A の水酸化ナトリウム水溶液に化合物 B の水溶液を加えると、橙赤色の化合物 F が生成した。

問 1 化合物 B と気体分子 C の物質名を書きなさい。

問 2 実験 1 において、化合物 B が生成する反応名を書きなさい。

問 3 化合物 D の構造式を示しなさい。

問 4 化合物 E の物質名を書きなさい。

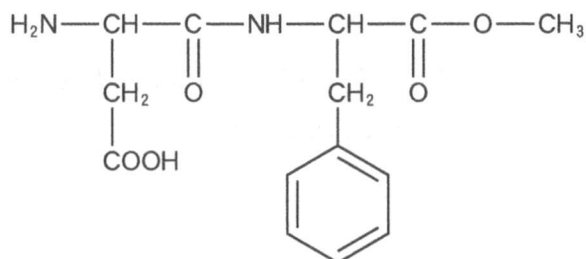
問 5 化合物 F の構造式を示しなさい。

問 6 下線部(a)の記述に該当する二つのカルボン酸の構造式をそれぞれ示しなさい。なお、不斉炭素原子には\*印をつけなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点18点)

生命活動を行うのに必要なエネルギーを供給する物質には糖類があり、ヒトの体内では、グルコースが最も重要なエネルギー源として働く。必要なグルコースの多くは、<sup>(a)</sup>砂糖の成分であるスクロースや、デンプンの成分である<sup>(b)</sup>アミロースや<sup>(c)</sup>アミロ<sup>(d)</sup>ペクチンを食物として摂取し消化することで得られる。スクロースはグルコースと  が縮合した二糖であり、アミロースとアミロペクチンは、グルコースが多数縮合した多糖である。アミロースとアミロペクチンを  という酵素で消化すると、二糖であるマルトースが生成し、これに  <sup>(e)</sup>という酵素を作用させることでさらに加水分解し、グルコースが生成する。

ヒトにとって糖類の摂取は必要不可欠であるものの、食物が豊富な現代社会では、過剰摂取により疾病の原因となることもある。このため、アスパルテームのよ<sup>(f)</sup>うな人工甘味料を加工食品に使用することがある。アスパルテームは以下のような構造式を持ち、砂糖の200倍近い甘味を示す。

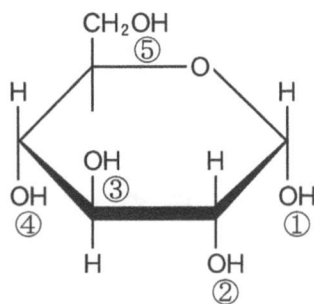


問 1 ア ~ ウ にあてはまる語句を答えなさい。

問 2 次の(i)~(iv)の反応を示す化合物を、下線部(a)~(f)の中からすべて選び、記号で答えなさい。該当するものが無い場合には「無し」と記しなさい。

- (i) 硝酸銀水溶液にアンモニア水を過剰に滴下した水溶液を調製し、これを加えて試験管内で 60℃ に加温すると、器壁に銀が析出し鏡のようになった。
- (ii) ヨウ素溶液を加えると、濃青色を示した。
- (iii) 水酸化ナトリウム溶液で塩基性にした後に薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると、赤紫色を示した。
- (iv) ニンヒドリン溶液を加えて温めると、紫色を示した。

問 3 ジメチル硫酸は  $-OH$  基を  $-OCH_3$  基へとメチル化する試薬である。アミロペクチンをジメチル硫酸と十分反応させた後に加水分解したところ、グルコースの 3 箇所の  $-OH$  基がメチル化された化合物 A が主要な生成物として得られた。このほかに、2 箇所の  $-OH$  基がメチル化された化合物 B および 4 箇所の  $-OH$  基がメチル化された化合物 C も得られた。下に  $\alpha$ -グルコース  $C_6H_{12}O_6$  の構造式が示されているが、A と B でメチル化された  $-OH$  基はそれぞれ①~⑤のどれであるか、答えなさい。



問 4 問 3 と同様の操作において、アミロペクチンをジメチル硫酸と反応させた後、完全に加水分解すると、A が 0.24 mol、B が 0.012 mol 得られた。アミロペクチンの重合度が  $9.3 \times 10^4$  であるとき、1 分子のアミロペクチンに含まれる分枝の数は何個か、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 アスパルテームはアミノ酸を原料として合成されているため、アスパルテームを加水分解すると、二種類のアミノ酸とメタノールが生成する。アスパルテームの加水分解物を中性の緩衝液に溶かし、電気泳動装置に入れて電圧をかけたときに、より陽極側に移動するアミノ酸の構造式を示しなさい。このとき、表示方法はアスパルテームの構造式にならぬ、また、中性でのイオン化状態が分かるようにすること。