

平成 26 年 度

前 期 日 程

理 科 問 題

〔注 意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 7 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 8 \text{ ページから } 16 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 17 \text{ ページから } 34 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に 1 枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1 ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科、化学科、生物科学科生物科学コースを志望する者は、物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は、物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は、物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

なお、物理については、〔2〕問8を解答しなくてよい。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

化学問題

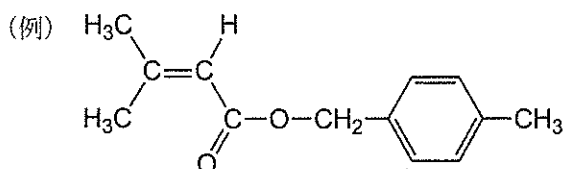
(解答はすべて化学解答用紙に記入すること)

【注意】

1. 必要があれば次の原子量を用いよ。

$$H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0$$

2. 特にことわらない限り，構造式は下に示す例にならって書くこと。



3. 字数制限のある解答は，下に示す例にならって書くこと。

(例)

L	—	ア	ラ	ニ	ン	を	,	0	.	5	g	/	L	の
N	a	2	C	O	3	水	溶	液	に	溶	か	し	た	。

4. 文中の体積の単位記号 L は，リットルを表す。

〔1〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

14族元素に属する炭素の枝分かれのない水素化合物は、分子量が大きくなるほど沸点が高くなる。また、分子量が同じ炭素の水素化合物の場合でも、その構造の違いにより沸点は異なる^①。これは、分子の集合のしかたの違いによるものである。

第2～5周期の15, 16, 17族元素の水素化合物は、同程度の分子量をもつ14族元素の水素化合物よりも沸点が高い。中でも、第2周期の15, 16, 17族元素のうち、最も分子量の小さな水素化合物はいずれも強い極性をもつため、それらの沸点は、分子量から予想される値よりも異常に高い。沸点は、高い方から > > となっている^②。また、これらの水素化合物における水素結合1つの強さは > > となっている。

金属単体の融点にも、一般的な順序が存在している。例えば、アルカリ金属であるカリウムの融点は、ナトリウムよりも ^③、ルビジウムよりも 。これは、金属結合に使用される単位体積当たりの の数に影響されるためである。

問1 ～ の空欄にあてはまる適切な語句または分子式を答えよ。

問2 下線部①について、 C_5H_{12} の分子式をもつ化合物の全異性体の構造式を沸点の高い順に左から記せ。また、その順序となる理由を50字以内で記せ。

問3 下線部②について、 > となる理由を30字以内で記せ。

問4 下線部③について、単位格子の1辺の長さが0.52 nmであるカリウム結晶 $4.5 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$ に含まれる のもつ電気量を、有効数字2桁で求めよ。また、その計算過程を解答欄に示せ。ただし、結晶構造は、体心立方格子であり、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ 、ファラデー定数を $9.7 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

〔2〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

図1は、化合物A、B、Cが関係する2種類の可逆反応(1)、(2)について、反応の進行に伴うエネルギー変化を表したものである。



300 Kにおいて、式(1)の逆反応の速度定数は正反応の速度定数の3倍、式(2)の逆反応の速度定数は正反応の速度定数の0.5倍であることがわかっている。なお、以下の問では、式(1)、(2)の反応のみが起こるものとする。

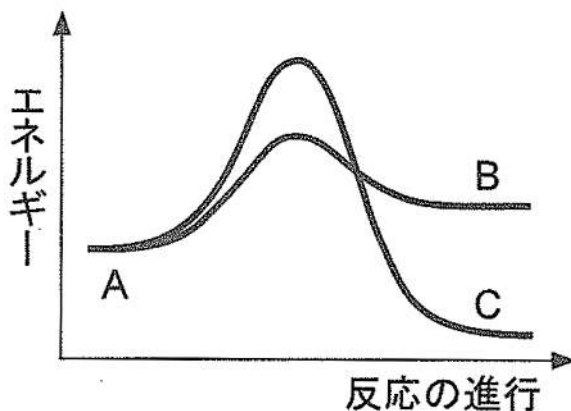


図1

【実験1】

体積可変の空の反応容器に20 molのAを加え、反応容器の温度を300 Kに、圧力を 1.0×10^5 Paに保ち、平衡に達するまで放置した。その後、反応容器内の物質量を測定した。

問1 実験1で測定されたA、B、Cの物質量を求めよ。また、その計算過程を解答欄に示せ。

- 問 2 反応容器に触媒を加え、実験 1 と同じ実験を行った。この触媒の存在下では式(2)の正反応の反応速度が 11 倍になることがわかっている。平衡に達した後の反応容器内の A, B, C の物質量を求めよ。ただし、加えた触媒の体積は無視できるものとする。
- 問 3 実験 1 終了後の反応容器に B を加え、その物質量を 2 倍にした。その後、温度を 300 K に、圧力を 1.0×10^5 Pa に保ち、平衡に達するまで放置した。この時の反応容器内の B の物質量を求めよ。また、その計算過程を解答欄に示せ。
- 問 4 実験 1 終了後に、反応容器の温度を 350 K に上げた。この温度を保ち、平衡に達するまで放置した。この時の B に対する C の物質量の比は、温度を上げる直前に比べどのように変化すると予想されるか記せ。また、その理由を図 1 をもとに考え、解答欄に記せ。

〔3〕 次の実験に関する文章を読み、問1～問7に答えよ。

【実験1】

分子量が100以下の第二級アルコールで、炭素、水素、酸素からなる化合物Aがある。化合物A(5.28 mg)を完全燃焼させると、二酸化炭素13.20 mgと水6.48 mgが得られた。

【実験2】

分子量が100以下の脂肪酸で、炭素、水素、酸素からなる化合物B(0.5 mol)を化合物A(6.6 g)に加え、さらに少量の濃硫酸を加えて加温した。反応終了後、反応液をジエチルエーテルと水が入った分液ろうとに移してよく振った。水層を除き、ジエチルエーテル層に再度水を加えてよく振った後に、さらにジエチルエーテル層に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振った。ジエチルエーテル層を減圧下で濃縮したところ、芳香をもつ化合物Cが11 g得られた。

【実験3】

化合物C(6.32 mg)を完全燃焼させると、二酸化炭素15.84 mgと水6.48 mgが得られた。

【実験4】

化合物A(10 g)をジエチルエーテル20 mLに溶解し、単体のナトリウムを徐々に加えたところ、気体が発生した。発生する気体を回収したところ、標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)で560 mLの体積の気体が集まった。

問1 化合物Aの分子式を答えよ。

問2 化合物Aの異性体は光学異性体も含めて何種類あるか答えよ。

問 3 化合物 C の分子式を答えよ。

問 4 化合物 B の分子式を答えよ。

問 5 化合物 C の異性体は光学異性体も含めて何種類あるか答えよ。

問 6 分液ろうと中のジエチルエーテル層に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて処理した理由を 25 字以内で記せ。

問 7 単体のナトリウムとの反応で消費された化合物 A は何 g か答えよ。

〔4〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

グルコースは、ブドウ糖とも呼ばれる代表的な単糖類である。純粋な α -グルコース^①(1)を水に溶解すると、異性体である β -グルコース(2)と約36:64の比率で平衡混合物となる。この水溶液には還元性があり、アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると、銀鏡が生じる。この際に生成するグルコン酸は、脱水して六員環の環状エステルであるグルコノデルタラクトン^②へ変化する。グルコノデルタラクトンは食品添加物として使用されており、水溶液中において加水分解によってグルコン酸と平衡状態で存在する。

フルクトースは、果糖とも呼ばれるグルコースの異性体である。水溶液中では六員環構造をもつ β -フルクトース(3)を含む複数の構造の平衡混合物として存在し、この水溶液にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えた場合 ア。フルクトースの水溶液は、低温において甘さの強い五員環構造をもつ β -フルクトースの割合が高くなるため、冷製飲料の甘味成分として高い効果を生む。グルコースやフルクトースは、酵母菌がもつ酵素群チマーゼによってエタノールと二酸化炭素に分解される。この原理はエタノールや酒類の生産などに用いられる。

グルコースとフルクトースからなる二糖類であるスクロースは、天然に多く存在する。グルコースとは異なりこのスクロースには還元性がなく、アンモニア性硝酸銀水溶液による銀鏡反応は起こらない。スクロースを酵素インベルターゼを用いてグルコースとフルクトースの混合物^⑤に変換したものを転化糖という。これはスクロースよりも甘さが強く、菓子等の食品に広く用いられている。

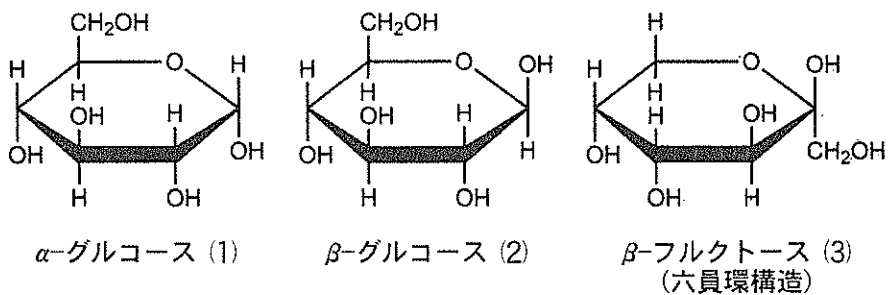


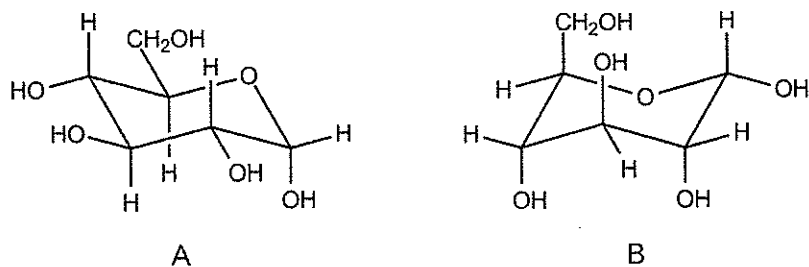
図1 化合物1, 2, 3のハースの構造式

問 1 ア に予想される結果を書け。

問 2 下線部①について、以下の設問に答えよ。

α -グルコース(1)を立体的に描いた構造式を A に示す。 α -グルコースには、3つのヒドロキシ基と CH_2OH 部分が垂直方向を向いた構造 B も考えられるが、この構造は、分子の混み合いが大きいために水中では安定に存在しない。

構造式 A および B にならって、 β -グルコース(2)のうち、水中でより安定に存在するものを立体的に表現した構造式で書け。また、 β -グルコースが水中で α -グルコースより高い比率で存在する理由を 70 字以内で記せ。



問 3 下線部②について、グルコノデルタラク톤の構造式を、図 1 のハースの構造式にならって書け。

問 4 下線部③について、360 g のフルクトースのアルコール発酵が 20 % 進行する場合、生成するエタノールは何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程を解答欄に示せ。ただし、消費されたフルクトースはすべてエタノールと二酸化炭素に変換されたものとする。

問 5 下線部④について、この理由を 60 字以内で記せ。

問 6 下線部⑤について、以下の設問に答えよ。

ここで、単位モル濃度あたりのスクロースの甘さを 100 とした際の、グルコースおよびフルクトースの甘さをそれぞれ 40, 90 とする。いま、スクロース水溶液をインベルターゼによってグルコースとフルクトースに変換する過程で、混合物の甘さが元のスクロース水溶液より 24 % 上昇した。このとき、変換されたスクロースは何%か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、混合物の甘さは、各成分の甘さの和として表されるものとする。