

平成 27 年度 入学 試験 問題

理 科

注 意 事 項

1. この問題冊子は試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 学部名、受験番号を解答用紙の指定されたところへ必ず記入し、決して氏名を書いてはいけない。
4. この問題冊子は、40 ページある。ページの脱落等があった場合は監督者に申し出ること。
5. 理学部の受験者は、出願の際に選択科目として届け出た 1 科目又は 2 科目を解答すること。
6. 医学部医学科の受験者は、化学を解答すること。
7. 繊維学部の受験者は、出願の際に選択科目として届け出た 1 科目を解答すること。
8. 下書きには問題冊子の中の余白を使用すること。
9. この問題冊子は持ち帰ること。

(後期日程) 化学の問題訂正

訂正箇所	訂正内容	
2 (2)	誤	<p>(2) 1.0 molの窒素N_2と3.0 molの水素H_2を密閉容器Cに入れ温度500℃、<u>圧力6.0×10^7 Paに保ったところ</u>、反応が進行し混合気体中の全物質 量に対するアンモニアNH_3の割合が...</p>
	正	<p>(2) 1.0 molの窒素N_2と3.0 molの水素H_2を密閉容器Cに入れ、<u>温度500℃に保ったところ</u>、反応は進行し圧力が6.0×10^7 Paになった。このとき、 混合気体中の全物質量に対するアンモニアNH_3の割合が...</p>
4 本文5行目	誤	<p>・・・, または2種類以上の官能基をもつ・・・</p>
	正	<p>・・・, または2個以上の官能基をもつ・・・</p>

1

次の文を読み、問(1)～(4)に答えよ。

水素は元素の周期表の1族に属する非金属元素であり、自然界に広く分布している。水素の同位体には重水素 ^2H の他に、放射性の三重水素 ^3H も知られている。

単体の水素 H_2 は、常温常圧で〔ア〕色・〔イ〕臭の気体である。実験室では、水を電気分解するか、あるいは鉄などのイオン化傾向が大きい金属に希硫酸を加えることにより発生させる①。

水素 H_2 は燃焼の際に二酸化炭素を発生しないエネルギー源として注目されている。そのため、水素を安全に貯蔵できる水素吸蔵合金②などの開発が行われている。

- (1) 文中の空欄〔ア〕と〔イ〕に適切な語句を書け。
- (2) 浮遊する風船の充填ガスにはヘリウムが使われている。これを水素にしたときの利点と欠点をそれぞれ1つずつ記せ。
- (3) 下線部①について、気体の発生と捕集を行う実験装置の概略図を描け。図には、実験器具の名称も書け。
- (4) 下線部②に関連する以下の文を読み、問a)～c)に答えよ。

水素吸蔵合金を単純化した構造モデルとして、仮想的な金属Mだけからできた体心立方格子を考える。体心立方格子には金属原子6個に囲まれた隙間^{すきま}が存在する。この隙間に、水素 H_2 が解離して水素原子Hとして取り込まれるとする。このとき水素原子は隙間の中心、つまり体心立方格子の面の中心および辺の midpoint に1つずつ入ると仮定する。また、仮想的な金属Mのモル質量を 51.0 g/mol 、この金属の密度を 6.00 g/cm^3 とする。以下の計算において、有効数字は3桁とし、計算過程も示せ。

- a) 金属原子Mが剛体球で互いに接していると仮定して、体心立方格子の空間充填率を求めよ。
- b) この金属 102 g に吸蔵される水素は何gか、計算せよ。

c) 上記 b) で計算した質量の水素から分子状の水素を得たとする。その気体を、水素を吸蔵していないこの金属と同じ体積にするために必要な圧力は、 27.0°C で大気圧 ($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) の何倍か、計算せよ。ただし、水素は理想気体であると仮定する。

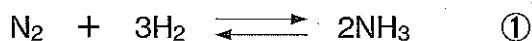
2

次の文を読み、問(1)～(4)に答えよ。

以下は、気体の性質と化学平衡に関する設問である。ただし、気体は全て理想気体としてふるまうとする。また、容器以外の容積は無視できるとせよ。計算は有効数字2桁とし、計算過程も示せ。なお、本問題では平衡状態を表す化学反応式は、 \rightleftharpoons を用いる。

(1) コックで連結された容器 A と B がある。容器 A と B の容積は、それぞれ 50 L で等しい。温度を 27°C に保ち、コックを閉じた状態で容器 A に水素 H_2 を 2.0 mol、容器 B に窒素 N_2 を 4.0 mol 入れた。その後、温度を 27°C に保ちコックを開けると、しばらくして圧力が一定となった。このとき水素と窒素の分圧を求めよ。ただし、この条件下での水素と窒素の反応は無視できると仮定せよ。

(2) 1.0 mol の窒素 N_2 と 3.0 mol の水素 H_2 を密閉容器 C に入れ温度 500°C、圧力 $6.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ に保ったところ、反応が進行し混合気体中の全物質質量に対するアンモニア NH_3 の割合が 40% となり、①式の可逆反応が平衡状態となった。



この平衡状態での水素、窒素、およびアンモニアの分圧を求めよ。ただし、容器の容積は一定とする。

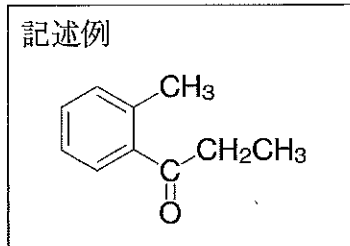
(3) 0.50 mol の水素 H_2 と 1.0 mol の気体のヨウ素 I_2 を密閉容器 D に入れ、ある温度に保ったところ、ヨウ化水素 HI が生成して②式に示す平衡状態となった。



この平衡状態での温度を保ち、密閉容器 D にさらに 0.50 mol の水素を加えたところ、再び平衡状態に達し容器内のヨウ化水素は 1.6 mol となった。水素を加えて平衡に達した後、水素の物質質量は何 mol となるか答えよ。

(4) ②式のヨウ化水素 HI の生成反応が平衡状態にあるとき、一定温度において圧縮によって圧力が増加した場合、平衡はどうなるか理由とともに説明せよ。

- 3 次の文を読み、問(1)~(7)に答えよ。また化合物の構造式は、以下の記述例にならって解答せよ。



① カルボニル化合物はアルデヒド、ケトン、カルボン酸など分子内にカルボニル基を有する化合物の総称であり、カルボニル基は様々な官能基への変換が可能であることから、有機化学において重要な置換基である。

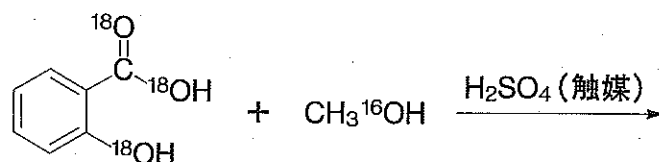
アルデヒドは酸化反応によって〔ア〕となり、また還元反応では〔イ〕を生成する。このような性質を利用したアルデヒドの検出反応の1つにフェーリング②反応があり、この反応においてアルデヒドは〔ウ〕され、さらに赤褐色の〔エ〕の沈殿が生じる。

ケトンは還元反応によって〔オ〕を生成する。最も単純な構造を有するケトンであるアセトンは、水酸化ナトリウムとヨウ素を加えて反応させると特異臭をもつ〔カ〕を生成する。この反応は、分子内に $\text{CH}_3\text{CO}-$ の構造を有するアルデヒドやケトンの検出に用いられる。

分子内にカルボキシ基を有する化合物をカルボン酸といい、その誘導体にはギ酸、酢酸、安息香酸そしてシュウ酸などがある。酸触媒を用いたカルボン酸とアルコールとの脱水反応の生成物を〔キ〕③といい、濃硫酸存在下、サリチル酸④とメタノールとの〔キ〕化反応では〔ク〕が生成する。

油脂も高級脂肪酸($\text{R}-\text{COOH}$)とグリセリンとの反応で生成する〔キ〕であり、動物の体内や植物の種子などに含まれている。油脂を構成する高級脂肪酸にはRに炭素-炭素二重結合をもつ〔ケ〕脂肪酸と、炭素-炭素二重結合をもたない〔コ〕脂肪酸がある。油脂は水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、けん⑤化されてグリセリンと高級脂肪酸のナトリウム塩であるセッケンが生成する。

- (1) [ア]~[コ]に適切な語句を書け。
- (2) 下線部①について、分子式 $C_5H_{10}O$ で示されるカルボニル化合物のすべての構造異性体を構造式で示せ。また、これらを還元した際、生成物が不斉炭素原子をもつ化合物はいくつあるか答えよ。
- (3) 下線部②について、フェーリング反応以外のアルデヒドの検出に用いる反応名を1つ示し、それに必要な試薬をすべて書け。
- (4) 下線部③について、[キ]化反応では酸触媒として濃硫酸が用いられることが多いが、同じ強酸である塩酸はほとんど用いられない。この理由を書け。
- (5) 下線部④について、以下の化学反応の生成物を書け。ただし、酸素の同位体 ^{16}O と ^{18}O の区別を明確に書け。



- (6) 下線部⑤について、4.41 g の油脂 X を完全に、けん化するために 0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 30.0 mL 要した。油脂 X の分子量を有効数字 3 桁で答えよ。
- (7) 油脂 100 g に付加させることができるヨウ素 I_2 の質量を g 単位で表した数値をヨウ素価という。(6)の油脂 X のヨウ素価が 115.2 であるとき、油脂 X の分子内には、いくつの炭素-炭素二重結合が含まれているか答えよ。ただし、油脂 X の分子内には、炭素-炭素三重結合は含まれていないものとする。

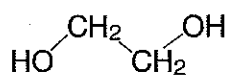
4・5 は選択問題

4 次の文を読み、問(1)~(8)に答えよ。

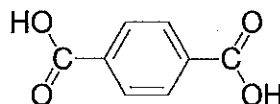
高分子化合物の多くは、小さな構成単位が繰り返し結合した構造を持っている。この構成単位となる小さな分子を〔ア〕といい、これらが順に結合を繰り返して高分子化合物を生成する反応を〔イ〕という。これらの反応には、炭素原子間に二重結合をもつ〔ア〕が次々に付加を繰り返して高分子化合物を合成する〔ウ〕、または2種類以上の官能基をもつ〔ア〕が水分子などを放出しながら高分子化合物を生成する〔エ〕がある。

① スチレンが〔ウ〕するとポリスチレンが得られる。ポリスチレンを揮発性の高い溶媒と混合して発泡することにより発泡ポリスチレンが得られ、緩衝材や断熱材として利用される。また、スチレンに少量のカジビニルベンゼンを混合して〔イ〕すると溶媒に不溶となる。②このようなポリスチレンのベンゼン環にスルホン酸基を結合させると、陽イオン交換樹脂が得られる。③

④ エチレングリコールとテレフタル酸が〔エ〕するとポリエチレンテレフタレートが得られる。また、乳酸が〔エ〕すると〔オ〕が得られ、生分解性材料として利用される。⑤



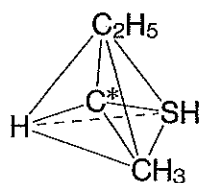
エチレングリコール



テレフタル酸

- (1) 〔ア〕~〔オ〕にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①の反応で得られるポリスチレンの構造式を示せ。なお、ポリスチレンの末端の構造を示す必要は無い。
- (3) 下線部②について、ポリスチレンが溶媒に不溶となる理由を、30字程度で説明せよ。

- (4) 下端にコックがついたガラス管に下線部③の陽イオン交換樹脂を充填し、コックを開けて十分な量の希塩酸を流した後、純水で完全に水洗いした。この陽イオン交換樹脂に塩化ナトリウム水溶液を流したとき、最初に下部から出て来る溶液に含まれる主要な2種類のイオンを書け。
- (5) 下線部④について、エチレングリコール 31 g と等モルのテレフタル酸から合成されるポリエチレンテレフタラートの質量を整数値として求めよ。なお、高分子の末端構造の影響は無視できるものとし、反応は完全に進行するものとして、計算過程も示せ。
- (6) ポリエチレンテレフタレートと[オ]に共通する結合の名称を書け。
- (7) 分子量 4.8×10^4 のポリエチレンテレフタレートに含まれる上記結合の個数を有効数字2桁として求めよ。ただし、高分子の末端の構造の影響は無視できるものとし、反応は完全に進行するものとして、計算過程も示せ。
- (8) 乳酸の分子式は $C_3H_6O_3$ であり1個の不斉炭素原子をもつ。乳酸の2つの光学異性体の構造式を、立体構造の違いが分かるように示せ。なお、光学異性体の立体的な表記法は、下記に示す表記例にならって解答用紙の四面体上に記入すること。



光学異性体の表記例(C* は不斉炭素原子を表す)

4・5 は選択問題

5 次の文を読み、問(1)～(5)に答えよ。

核酸は、多数のヌクレオチドが連結した天然高分子であり、遺伝情報の受け渡しやタンパク質合成への関与など、すべての生物にとって重要な役割を果たす。

ヌクレオチドは、核酸塩基と呼ばれる窒素を含む環状化合物と、炭素数〔ア〕個の糖と、リン酸とが結合した化合物であり、糖の部分が〔イ〕のものと〔ウ〕のものに大別される。糖の部分が〔イ〕で構成された核酸を DNA、〔ウ〕で構成された核酸を RNA と呼ぶ。

DNA は、生体内で遺伝情報を保存し受け渡す。核酸塩基はアデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種類であり、これらのうちの2つずつが〔エ〕結合によって塩基対をつくる。 DNA は、2本のポリヌクレオチド鎖が塩基対を内側に、リン酸基を外側にして全体としてねじれた構造をとる。この構造を〔オ〕構造と呼ぶ。

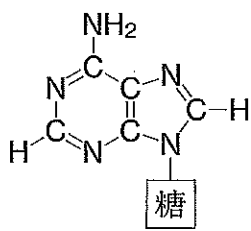
一方 RNA は、タンパク質の合成に関与する。DNA の塩基配列に基づき、20種類のアミノ酸が決められた順序で連結され、ポリ〔カ〕が合成される。 その際、あるアミノ酸の〔キ〕基と別のアミノ酸の〔ク〕基との間で〔カ〕結合と呼ばれる結合を形成する。

合成されたポリ〔カ〕鎖は、〔エ〕結合や、電荷をもった側鎖間のイオン結合、システイン側鎖間の〔ケ〕結合等により折りたたまれて安定な立体構造を取り、タンパク質としての機能をもつようになる。 このようにして生じる1本のポリ〔カ〕鎖の全体的な立体構造のことを、タンパク質の〔コ〕次構造と呼ぶ。

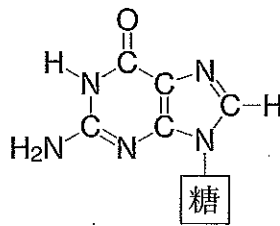
(1) 空欄〔ア〕～〔コ〕にあてはまる適切な語句または数字を記入せよ。ただし〔キ〕と〔ク〕の順序はどちらでもよい。

(2) 下線部①に関して、以下の間に答えよ。

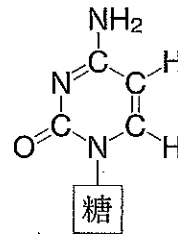
a) アデニン、グアニン、シトシン、チミンに糖が結合した構造はそれぞれ以下のとおりである。これらを適切に配置し、2組の塩基対の構造を示せ。形成される結合を点線(…)で表すこと。



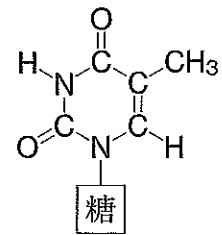
アデニン(A)



グアニン(G)



シトシン(C)



チミン(T)

b) ある核酸の核酸塩基を分析したところ、アデニンの物質量の割合が19%であった。他の核酸塩基、すなわちグアニン、シトシン、チミンのそれぞれの割合を求めよ。

(3) 下線部②に関して、分子量 3.0×10^5 のあるタンパク質を完全に加水分解したところ、下表の3種のアミノ酸が、同表に示す物質量の割合で得られた。このタンパク質を構成するアミノ酸単位の個数を求めよ。有効数字は2桁とし、計算過程も示せ。

表 分子量 3.0×10^5 のあるタンパク質を構成するアミノ酸

アミノ酸の種類	アミノ酸の分子量	物質量の割合(%)
グリシン	75	50
アラニン	89	33
セリン	105	17

(4) 下線部③に関して、タンパク質の水溶液に硫酸ナトリウム、塩酸のいずれを加えても同様に沈殿が生じるが、一方ではタンパク質の立体構造が破壊されるのに対し、他方では維持される。この違いについて、以下の語句をすべて用いて説明せよ。

変性, pH, 塩析, 水和

(5) 下線部④に関して、以下の間に答えよ。

a) 生体内で触媒として機能するタンパク質を何というか。

b) このようなタンパク質の例を3つ答えよ。