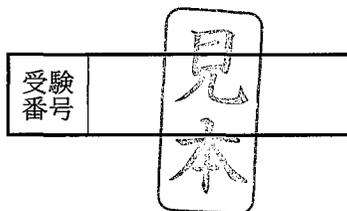


'14

前期日程



化 学 問 題

(理 工 学 部)

注 意 事 項

問題(①~④)は全て解答してください。問題(⑤, ⑥)は、どちらか一題を選択して解答してください。問題(⑤, ⑥)では、選択した問題の答案用紙左下の選択欄に、○を記入してください。ただし、問題(⑤, ⑥)の両方の選択欄に○を記入した場合は、どちらの答案も0点となるので、十分注意してください。

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21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. 解答は指定の答案用紙に記入してください。
4. 下書きには下書き用紙と問題冊子の余白を利用してください。
5. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 理科・化学

問題訂正

問題 **1** (1)

3 ページ の 問 5 の 2 行目
(誤) ・ 正しい方に ○ で囲め。

(正) ・ 正しい方を ○ で囲め。

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 理工学部 化学

問題訂正

問題 2 (2)

8ページ の 問2の式 (2)

(誤) ・ $\Pi = \underline{c} R T$

(正) ・ $\Pi = \underline{c} R T$

斜体 (イタリック)

※ 問題文中の「モル濃度 \underline{c} 」と同じ。

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	H = 1.0	Li = 6.9	C = 12.0	N = 14.0
	O = 16.0	F = 19.0	Na = 23.0	P = 31.0
	S = 32.1	Cl = 35.5	K = 39.1	Ca = 40.1
	Zn = 65.4	Br = 79.9		

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

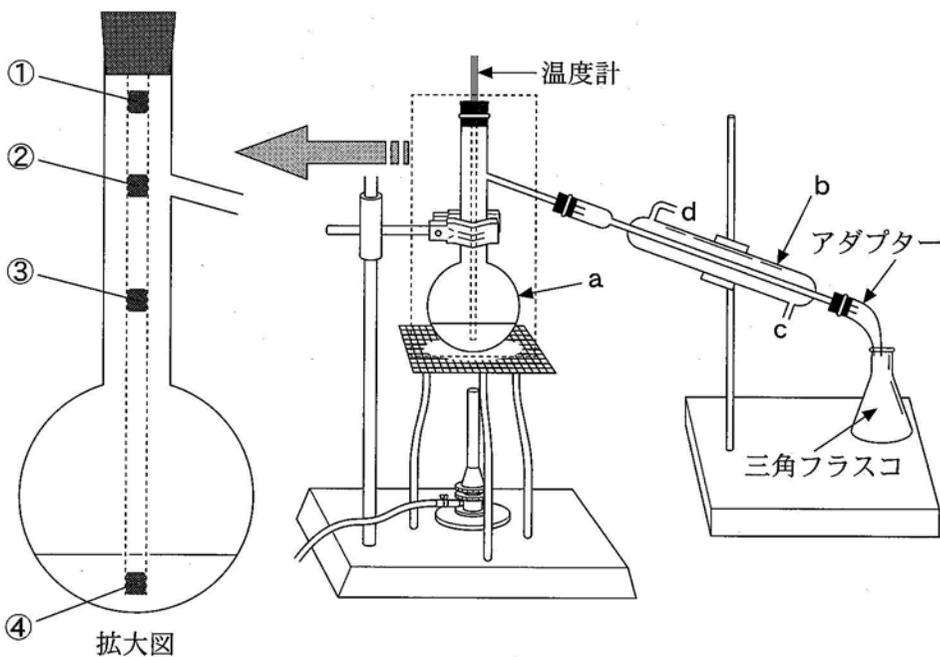
気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

1

(1) 化合物の合成において、生成物を純物質として取り出す分離・精製操作は不可欠である。液体の化合物を精製する場合、蒸留は有効な操作の一つである。下図に蒸留装置の一例を示した。蒸留に関する以下の問1～問6の答を解答欄に記入せよ。



図

問 1 a と b の器具の名称を答えよ。

問 2 蒸留する際には、突発的な沸騰を防ぐため、器具 a の液体中にあるものを入れる。その名称を答えよ。

問 3 温度計下端の球部の正しい位置を、上の拡大図の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

問 4 蒸留中はアダプターと三角フラスコの接続部分を密栓してはいけない。

その理由を 40 字以内で説明せよ。

問 5 器具 b で水を流す方向は、図の c から d (下方から上方)か d から c (上

方から下方)のどちらが正しいか、解答欄の正しい方に○で囲め。また、

その理由を 25 字以内で説明せよ。

問 6 正しい手順で蒸留がなされているとき、純物質を取り出す操作は、温度

計の目盛りが示す温度がどうなっているときに行うのがよいか、以下の

①～③の中から最も適切なものを 1 つ選び、その番号を記せ。

① 徐々に下降している

② 一定である

③ 徐々に上昇している

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

希ガス元素(族)以外の原子は電子を放出したり、受け取ったりして原子番号の最も近い希ガス元素の電子配置になりやすい。原子が陽イオンになりやすい性質を , 陰イオンになりやすい性質を ^a という。陽イオンと陰イオンが によって引き合っできる結合をイオン結合といい、イオン結合でできている結晶をイオン結晶という。

それぞれの原子が出しあった価電子を2個の原子で共有してできる結合を共有結合という。原子間に共有された電子対を共有電子対といい、共有されない電子対を非共有電子対という。共有結合している分子中の原子は希ガス元素の原子に似た安定な電子配置になっている。

異なる原子からなる2原子分子では の大きい原子の方に共有電子対が引きよせられ、結合に極性が生じる。例えば、塩化水素 HCl の共有電子対の電子は の大きい Cl 原子側に偏っており、結合に極性がある。2原子分子では結合の極性が分子全体の極性になるため、HCl は極性分子である。3原子以上からなる分子の極性は結合の極性に加えて分子の形も関係し、^bメタンは無極性分子であるが、水やアンモニアは極性分子である。

鉄や銅のような金属の結晶では、それぞれの原子の最も外側の電子殻は互いに一部重なりあつてつながり、価電子はこの電子殻を伝わって移動することができる。すなわち、各原子の価電子は特定の原子間で共有されるのではなく結晶内を移動できる。このような電子による金属原子の結合を金属結合という。

問1 空欄 ~ にあてはまる最も適切な数字または語句を記せ。

問2 第2周期の元素で下線部 a の性質が最も強い元素の元素記号を記せ。

問 3 下線部 b に関して、水が極性分子である理由を結合の極性と分子の形を関連付けて 70 字以内で記せ。

問 4 アンモニアの電子式を例にならって記せ。

(例) $\text{H}:\text{H}$

問 5 下線部 c について、このような電子を何とよぶか記せ。

問 6 金 Au など特に顕著であるが、金属には薄く広がる性質がある。このような性質を何とよぶか記せ。また、金属でこのような性質が現れる理由を 60 字以内で記せ。

2

- (1) 気体の化学反応に関する次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

二酸化硫黄と酸素をある温度で反応させると、三酸化硫黄が生成する。この生成反応は発熱反応である。生成した三酸化硫黄は二酸化硫黄と酸素に分解するので、この化学反応は可逆反応である。気体の二酸化硫黄および気体の三酸化硫黄の生成熱はそれぞれ 297 kJ/mol と 397 kJ/mol である。この化学反応が平衡状態にあるときの二酸化硫黄、酸素、三酸化硫黄の分圧をそれぞれ p_{SO_2} 、 p_{O_2} 、 p_{SO_3} とし、気体は全て理想気体と見なすと、温度が一定のもとでは次の式(1)が成り立つ。

$$\frac{(p_{\text{SO}_3})^2}{(p_{\text{SO}_2})^2 p_{\text{O}_2}} = K_p \quad (1)$$

K_p を圧平衡定数という。式(1)で表される関係を の法則という。

一般に、可逆反応の正反応と逆反応は、同じ反応経路と活性化状態を経由して進行する。三酸化硫黄が分解して二酸化硫黄と酸素が生成する反応の活性化エネルギーは 351 kJ/mol であるが、ある触媒が存在すると 163 kJ/mol になる。

問1 空欄 にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 気体の二酸化硫黄と酸素が反応し、気体の三酸化硫黄が生成するときの熱化学方程式を記せ。

問3 この化学反応が平衡状態にあるとき、三酸化硫黄の分圧を増加させるためには温度、混合気体の全圧、二酸化硫黄の分圧をそれぞれどのように変化させればよいか。解答欄の「上げる」か「下げる」のいずれかを選び、○で囲め。

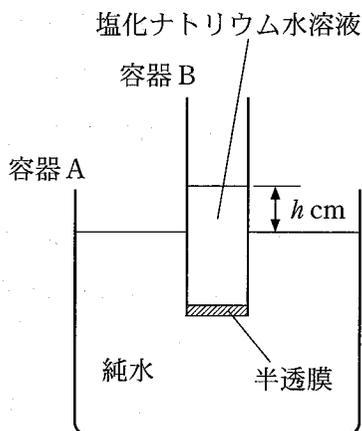
問 4 二酸化硫黄 2.0 mol と酸素 1.0 mol を反応させ、三酸化硫黄を生成させる実験を行った。反応開始時の混合気体の全圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ として、温度と体積を一定にして反応させたところ、平衡時の全圧は $8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ になった。このときの三酸化硫黄の分圧を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 5 下線部の触媒が存在するとき、二酸化硫黄と酸素が反応して三酸化硫黄が生成する反応の活性化エネルギーを計算し、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。

容器Aと容器Bは、図に示す位置に固定されており、水分子しか通さない半透膜で仕切られている。また、容器Bは円筒形である。

大気圧(1.01×10^5 Pa)の下で、容器Aに純水を、容器Bに5.85 mgの塩化ナトリウムNaClを含む水溶液を入れ、両容器内の液体の温度を300 Kに保った状態で放置した。すると、半透膜を通して、2つの容器の間で水の移動が起こり、しばらくして液面差 h cm で平衡状態になった。このとき、容器Bの水溶液の体積は1.0 Lであった。



ただし、平衡時の容器B内の塩化ナトリウム水溶液の濃度は一様とし、さらに、容器Aの容積は、容器Bの容積と比べて十分大きいので、水の移動が起こっても容器Aの液面の高さは変わらないとする。また、水の電離および蒸発の影響は無視する。

問1 下線部において容器Bに溶解している全イオンのモル濃度を有効数字2桁で答えよ。ただし、塩化ナトリウムは、水溶液中で完全に電離しているとする。

問2 ファントホッフの法則によると、希薄溶液の浸透圧 Π [Pa] は、溶液中の全イオンのモル濃度 c [mol/L]、気体定数 R [Pa·L/(K·mol)]、および絶対温度 T [K] を用いて、式(2)で与えられる。

$$\Pi = cRT \quad (2)$$

下線部における容器Bの塩化ナトリウム水溶液の浸透圧を、式(2)を用いて有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 下線部の状態から，容器 B を鉛直下向きに h cm 押し下げ，容器 A と容器 B の液面の高さが等しくなった位置で固定した。その後，半透膜を通して容器 A から容器 B へ水の移動が起こり，液面差が h' cm となったところで再び平衡状態になった。この h' と h の大小関係について，最も適切なものを以下の①～③の中から 1 つ選び，その番号を記せ。

① $h' = h$

② $h' > h$

③ $h' < h$

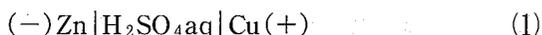
問 4 下線部の塩化ナトリウム水溶液と同じ浸透圧を示す塩化カルシウム CaCl_2 水溶液 1.0 L には，何 g の塩化カルシウムが溶解しているか，水溶液が十分希薄であるとして，有効数字 2 桁で答えよ。また，計算過程も示せ。ただし，塩化カルシウム水溶液の密度は，塩化ナトリウム水溶液の密度と等しいとし，水に溶解した塩化カルシウムは完全に電離しているとする。

問 5 G 君は酸として塩酸ではなくシュウ酸水溶液を中和滴定に用いた。これは、塩酸は濃度が増減しやすく、中和滴定における酸の標準液として通常使われないためである。塩酸の濃度が増減しやすい理由を 20 字以内で記せ。

問 6 下線部 b にあるように、必要な水酸化ナトリウム水溶液 X の量が増加したのは、フタを閉め忘れた瓶の中で水酸化ナトリウムと空気中に通常約 0.04 % (体積) 含まれる気体が反応したためである。その気体の化学式を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

式(1)および式(2)で表される電池がある。式(2)の電池では負極と正極で電解液が異なり、両極の電解液の間に素焼き板が存在する。式(1)の電池を放電すると、負極で が酸化され が生成し、正極で が還元され が生成する。



問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを以下の①～⑩から選び、番号を記せ。

- ① Cu ② Cu^{2+} ③ Zn ④ Zn^{2+} ⑤ SO_4^{2-}
⑥ SO_2 ⑦ O_2 ⑧ OH^- ⑨ H_2 ⑩ H^+

問2 式(2)の電池を放電したときの全体の反応をイオン反応式で記せ。

問3 式(2)の電池を5.00 Aの一定電流で放電したとき、亜鉛電極の質量が0.163 g減少した。放電時間は何分か、有効数字3桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問4 式(2)の電池において銅電極を炭素棒電極に代えて放電したとき、正極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

問5 式(2)の電池の負極の電解液を硫酸亜鉛水溶液から塩化ナトリウム水溶液に代えて放電した。電池の放電後に負極側および正極側の全ての電解液中に存在する Na^+ 、 Cu^{2+} および Zn^{2+} イオンのそれぞれの総量は放電前と比較してどのように変化するか、解答欄の中から最も適切なものに○を記せ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

軟体動物の一種であるイカに含まれる物質を調べるため、以下のような実験を行った。

まず、フラスコに溶媒(沸点 62℃)と細かく切ったイカを入れ、これを 70℃で1時間加熱した。冷却後、この溶媒に溶け出した成分を、吸着剤と有機溶媒を用いた **ア** により分離した。分離された成分の一つである、物質Aを精製するため、メタノールを用いて **イ** したところ、きれいな白色の固体が得られた。このAは分子量が386の炭素・水素・酸素からなる脂環式化合物であり、38.6 mgのAを完全燃焼させると、水が41.4 mg、二酸化炭素が118.8 mg 生成した。Aの構造を調べてみると、ヒドロキシ基が存在し、不飽和結合として、炭素—炭素二重結合が1つだけ含まれていた。さらに5員環と6員環の2種類の環構造が含まれていた。これらの結果と他の実験データから、最終的にAはコレステロールであることがわかった。

問1 空欄 **ア** と **イ** にあてはまる最も適切な語句を、以下の語群より選び答えよ。

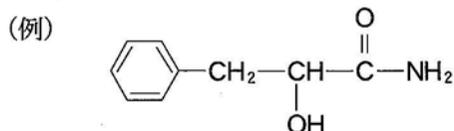
【語群】 ろ過、抽出、昇華、蒸留、分留、再結晶、クロマトグラフィー

問2 Aの組成式と分子式を求めよ。また、計算過程も示せ。

問3 Aの構造式には5員環と6員環が合わせていくつ含まれると考えられるか、その数を記せ。

問4 下線部の実験を行うための装置図を、化学実験でよく使われる器材を用いて描け。ただし、装置を支持するための器具(スタンド、三脚など)については省略してよい。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 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。



エチレン(エテン)への水の付加ではエチルアルコールが得られる。エチルアルコールをおだやかに酸化すると が得られる。アセチレン(エチン)への水の付加では ビニルアルコール が生じるが、これは不安定なため ^a へ異性化する。 は酸化により に変換される。 を炭酸水素ナトリウムに加えると、激しく気体が発生する。^b

分子構造が炭素—炭素二重結合に関して対称でないアルケンに水が付加する場合は、生成するアルコールとして 2 種類の異性体が考えられる。例えば、プロピレン(プロペン)への水の付加では、アルコール A、またはアルコール B の生成が考えられる。アルコール A は、酸化されると化合物 C となり、化合物 C はさらなる酸化を受けにくい。一方、アルコール B はおだやかな酸化で化合物 D となり、化合物 D がさらに酸化されると化合物 E に変換される。なお、アルコール A と化合物 C はヨードホルム反応を示すが、^cアルコール B、および化合物 D、E は示さない。

問 1 空欄 と にあてはまる最も適切な化合物名を記せ。

問 2 下線部 a のビニルアルコールの構造式を記せ。

問 3 下線部 b の気体は何か、その化合物名を記せ。

問 4 化合物 A～E の構造式を記せ。

問 5 下線部 c の実験操作，およびそのときに観測される現象として最も適切なものを，①～⑤の中からそれぞれ1つ選び，その記号を記せ。

実験操作

- ① ヨウ化ナトリウムと硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えて温める。
- ② ヨウ化ナトリウムとアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温める。
- ③ ヨウ素とヨウ化カリウム水溶液を加えて温める。
- ④ ヨウ素と希硫酸水溶液を加えて温める。
- ⑤ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温める。

観測される現象

- ① 赤褐色の沈殿が生じる。
- ② 緑色の沈殿が生じる。
- ③ 黄色の沈殿が生じる。
- ④ 溶液の色が青から無色に変化する。
- ⑤ 溶液の色が無色から青紫色に変化する。

5 次の文章を読んで、問1～問9の答を解答欄に記入せよ。

高分子化合物は、一般的に分子量が1万を超える巨大な分子であり、大別すると、デンプンや羊毛のような **ア** 高分子化合物とポリスチレンやポリ**エステル**^aのような **イ** 高分子化合物に分けられる。このような高分子化合物は、小さい構成単位が繰り返し結合した構造をしている。この構成単位のもととなる小さな分子を単量体(モノマー)といい、単量体を次々に結合する反応を重合という。

重合は、その反応様式により **ウ** 重合と縮合重合に分類される。

ウ 重合は、不飽和結合を持つ単量体が連続的に **ウ** 反応し、結合が形成される重合である。もう一方の縮合重合は、**エ** 個以上の官能基を持つ単量体から分子間で簡単な化合物がとれ、結合が形成される重合である。

イ 高分子化合物に含まれる**単量体の数**^bは一定ではなく、分子量は平均の値(平均分子量)で表される。

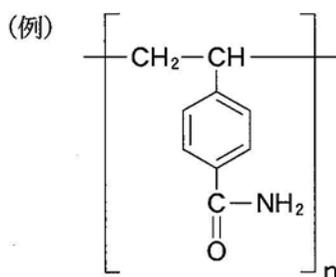
多くの高分子化合物は加熱すると、ある温度で柔らかくなって変形する。さらに加熱すると次第に流動性を増し、^cやがて液体となる。一方、加熱しても柔らかくならず、硬くなる高分子化合物もある。このような高分子化合物の代表的な例として^d尿素樹脂やメラミン樹脂のようなアミノ樹脂がある。

高分子化合物は繊維や樹脂など様々な形状で利用されている。ナイロン繊維は、ナイロンを加熱により熔融し、細孔から押し出すことで得られる。^e繊維の染色^fには、染料が用いられ、ナイロン繊維は綿や羊毛と同様に染色されやすい。

酸性または塩基性の官能基を持つ樹脂には、水溶液中のイオンを別のイオンと交換する働きがあり、イオン交換樹脂とよばれている。特に、スルホ基を持つ樹脂は、陽イオン交換樹脂^gとよばれている。

問 1 空欄 ア ~ エ にあてはまる最も適切な語句や数字を記せ。

問 2 下線部 a のポリエステル的一种に、エチレングリコールとテレフタル酸から得られるポリエチレンテレフタレートがある。その構造式を下の例にならって記せ。



問 3 分子量 2.4×10^4 のポリエチレンテレフタレート 1 分子に含まれているエステル結合の数を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 4 下線部 b の単量体の数は何とよばれているか記せ。

問 5 下線部 c の柔らかくなって変形する温度は何とよばれているか記せ。

問 6 下線部 d のように加熱により硬くなる理由を 15 字以内で記せ。

問 7 下線部 e の尿素樹脂とメラミン樹脂を得る際に、両方で使用される共通の単量体名を記せ。

問 8 下線部 f の染料が繊維を染色するしくみを 40 字以内で記せ。

問 9 下線部 g の陽イオン交換樹脂に塩化ナトリウム水溶液を通すと、その水溶液の pH の値が変化した。pH の値の変化で正しいものは以下の①または②のどちらか、その番号を記せ。また、その理由を 50 字以内で記せ。

① 大きくなる

② 小さくなる

6

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

生体の基本単位である細胞を構成する物質には、水、無機化合物、そして糖類(炭水化物)・核酸・タンパク質・などの有機化合物がある。

は、水に溶けにくく、エーテルやトリクロロメタン(クロロホルム)などの有機溶媒に溶ける物質の総称である。糖類の中の多糖、核酸、タンパク質は、低分子量の単量体(モノマー)が縮合重合することにより生成する高分子化合物^aである。

多糖には、植物の細胞壁を構成する重要な物質であるや、光合成により作られ、植物の種子や根茎に多く存在するデンプンがある。

核酸は、リン酸基・糖(ペントース)・塩基からなるとよばれる化合物が鎖状に縮合重合した高分子化合物であり、構成成分の糖がデオキシリボースであるデオキシリボ核酸(DNA)と、リボースであるリボ核酸(RNA)の2種類に大別される。DNAは遺伝情報を伝えるはたらきをし、DNAから転写されたRNAの情報にしたがってタンパク質が合成される。DNAとRNAを構成する塩基はどちらも4種類であり、アデニン(A)・グアニン(G)・シトシン(C)の3種類が共通で、残りの1つはDNAでは (T)、RNAでは (U)である。2本のDNA分子鎖間で、A—T、G—Cのように塩基対^bを形成することにより、DNAは構造をとっている。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aについて、多糖、核酸、タンパク質のいずれの化合物においても、縮合重合により取れる化合物は同一である。その名称を記せ。

問 3 下線部 b について、塩基対の形成に重要な役割をはたす結合の名称を記せ。

問 4 デンプン水溶液はフェーリング液を還元しない。一方、デンプン水溶液に希硫酸を加えて加熱し、その後中和した溶液は、フェーリング液を還元し、沈殿が生じる。この沈殿物の化学式と色を記せ。また、希硫酸を加えて加熱した試料では、フェーリング液の作用により沈殿が生じる原因を 50 字以内で説明せよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

酵素は、主にタンパク質からなる物質であり、生体内で起こる複雑な化学反応の触媒としてはたらき、温和な条件でも反応を速やかに進行させることができる。酵素は特定の基質に作用する。これを酵素の基質 **ア** という。酵素がその基質 **ア** をもつのは、酵素が特有の **イ** 構造をもっているからである。酵素は特有の **イ** 構造にはまりこむ基質とだけ結合し、速やかに **ウ** をつくる。このとき、基質と結合する酵素の部位を **エ** という。また、酵素反応の反応速度は、温度、水素イオン濃度、基質濃度などの影響を強く受ける。

問1 空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aについて、酵素カタラーゼが作用する基質の物質名とその酵素による反応式を記せ。

問3 下線部bについて、酵素反応の反応速度に関する記述①～③のうち、正しいものには○、誤っているものには×を記せ。

- ① だ液に含まれるアミラーゼの最適pHは約7、すい液に含まれるトリプシンの最適pHは約8であり、生体内の全ての酵素の最適pHは6～8の間にある。
- ② 酵素反応の反応速度が最適温度より高い温度において小さくなるのは、酵素を構成しているタンパク質が変性するためである。
- ③ 酵素の濃度が一定の条件では、基質の濃度の増加に伴って酵素反応の反応速度は大きくなり、ある濃度で反応速度は最大値に達するが、それ以上の濃度では反応速度は一定になる。

問 4 無酸素状態での嫌気呼吸のアルコール発酵において、グルコースは酵母が持つ酵素群チマーゼのはたらきで、エタノールと二酸化炭素に分解される。この反応において、グルコースを 9.0 g 含む水溶液に酵母を混ぜてアルコール発酵を行うと、二酸化炭素が発生し、その体積は 1.01×10^5 Pa, 310 K のもとで 1.0 L であった。この時点での未反応のグルコースと生成したエタノールはそれぞれ何 g か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、グルコースとエタノールの分子量は 180 と 46 とし、発生した二酸化炭素は、理想気体として扱うものとする。