

(前期日程)

平成 29 年度 理 科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科、電気電子工学科を受験する者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

環境建設工学科、機能材料工学科、応用化学科、情報工学科を受験する者は、届け出た 1 科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～11
化学基礎・化学(化学)	12～21

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、～の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Al = 27.0

アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

単体のアルミニウムは銀白色の軽くてやわらかい物質であり、展性や延性を示す。これらの性質は 結合の特徴であり、 が結晶全体を移動できるため、原子核の位置が多少ずれても結合が切れないためである。単体のアルミニウムの結晶格子は面心立方格子である。^① 単体のアルミニウムは、鉱石のボーキサイトから純粋な酸化アルミニウムをつくり、さらにこれを 電解して製造される。

単体のアルミニウムを空气中に放置したり、濃硝酸に入れたりすると、表面に酸化被膜を形成し、 になる。また、単体のアルミニウムは 元素であり、塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶解する。^②

問1 ～ に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部①について、1個のアルミニウム原子に接している原子の数を答えなさい。

問3 下線部①について、単位格子中に含まれるアルミニウム原子の数を答えなさい。

問 4 下線部①について、アルミニウムの単位格子の1辺の長さが 4.0×10^{-8} cm であるとする、アルミニウムの結晶 1.0 cm^3 当たりの質量は何 g か。有効数字2桁で答えなさい。

問 5 下線部②について、単体のアルミニウムが塩酸と反応する反応式を示しなさい。

問 6 下線部②について、単体のアルミニウムが水酸化ナトリウム水溶液と反応する反応式を示しなさい。

2 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

酸素は、周期表において **ア** 族に属する典型元素である。酸素原子は価電子を **イ** 個もち、酸素原子同士あるいは他の原子と結合し、分子を構成する。酸素分子は植物の **ウ** によって生成し、人間の生命活動を維持するために必要な物質である。酸素分子と水素分子が反応すると水が生成する。水分子は酸素原子の価電子のうち ^① **エ** 個が水素原子と共有結合をつくり、残りの価電子は **オ** をつくる。

酸素の水素化合物である水は、圧力や温度によって状態が変化し、固体・液体・気体の状態をとる。^② 0℃における水(液体)の密度は氷の結晶(固体)の密度よりも大きい。また、水は、第3周期、第4周期の同族元素の水素化合物であるH₂SやH₂Seに比べて分子量は小さいが、沸点が高い。このような水の特異的な性質は水分子の間に働く分子間力^③に起因している。

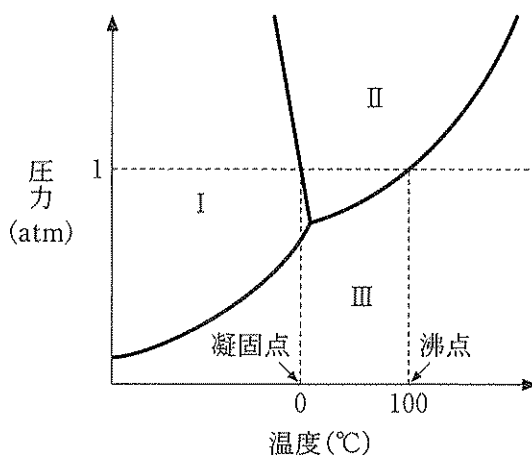
問1 **ア** ~ **オ** に適切な語句または数字を入れなさい。

問2 下線部①について、この反応を利用した水素-酸素燃料電池に関する以下の問いに答えなさい。

- (A) 電解質にリン酸を用いたとき、正極では酸素の還元反応が、負極では水素の酸化反応が起こり、正極側に水が生じる。各電極で起こる反応を、電子(e⁻)を含むイオン反応式で示しなさい。
- (B) 正極で標準状態の酸素を672 mL消費したときに、生成する水の重量(g)および発生する電気量(C)を有効数字3桁で答えなさい。

問 3 下線部②について、下図に示す水の状態図に関する以下の問いに答えなさい。

- (A) 状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの状態名を答えなさい。
- (B) 状態Ⅰから状態Ⅱ、状態Ⅰから状態Ⅲ、状態Ⅱから状態Ⅲの状態変化は何と呼ばれているか答えなさい。
- (C) 圧力が大気圧から低下するにつれて、水の凝固点と沸点はそれぞれどのように変化するか答えなさい。

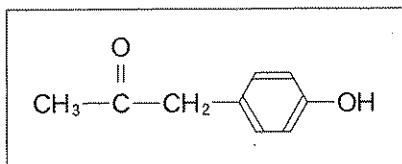


問 4 下線部③について、この分子間力は何と呼ばれているか答えなさい。また、この分子間力を「電気陰性度」という語句を用いて、40文字以内で説明しなさい。

3 次の I, II の間に答えなさい。

なお、構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



I. 次の文章を読み、問 1～問 3 に答えなさい。

ベンゼン環をもつ化合物は芳香族化合物とよばれ、医療、染料などのほか、樹脂の原料として用いられている化合物もある。ベンゼンを原料として、
① ア 法と呼ばれる工業的製法により合成されるフェノールは、その 1 つである。フェノールは、ナトリウムと反応することでナトリウムフェノキシドと イ を生成し、得られたナトリウムフェノキシドに高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させ、これに希硫酸などを加えることで、サリチル酸^aが合成される。サリチル酸を ウ 化したサリチル酸メチルやアセチル化した アセチルサリチル酸^bは、医薬品として広く用いられている。フェノールは水に エ 性を示し、オ 水溶液を加えると紫色の呈色反応を示す。

フェノールはベンゼンと比べて置換反応を起こしやすく、フェノールの水溶液に臭素水を加えると、白色沈殿^cを生じることから、フェノールの検出反応にも利用される。一方、フェノールのニトロ化において得られる、1つの水素原子をニトロ基で置換したニトロフェノールは、主に 2種類の混合物^dとして存在する。一方の化合物を精製するためには、溶解度の違いを利用した カ や、溶媒に対する溶解性とシリカゲルに対する吸着力の差を利用する キ による分離・精製が必要となる。

問 1 ア ~ キ に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部 a ~ d の化合物の構造式を書きなさい。

問 3 下線部①について、この方法で得られる副生成物も溶媒や化学製品の原料として用いられている。この化合物の構造式を書きなさい。

II. 次の文章を読んで、問 1 ~ 問 2 に答えなさい。

分子式 $C_4H_8O_2$ で示される 4 種類のエステル A ~ D のうち、エステル A, B の加水分解で得られるカルボン酸 E は還元作用があり、銀鏡反応を示した。また、カルボン酸 E はエステル C の加水分解で得られるアルコールを酸化することによっても得られた。一方、エステル B の加水分解で得られるアルコールを酸化するとケトンが得られた。

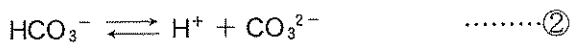
問 1 エステル A ~ D の構造式を書きなさい。

問 2 カルボン酸 E の化合物の名称と、還元性を示す理由を 20 文字以内で説明しなさい。

- 4 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

$$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477$$

ヒトの血液のpHはほぼ一定に保たれており、その主な調節に二酸化炭素が関連する。二酸化炭素は水に溶解し炭酸となって電離するが、この電離には下記のような2段階の電離平衡が成立している。



体液不足が疑われるヒトには輸液(点滴)治療が行われることがあるが、点滴の中には組成として酢酸と酢酸ナトリウム塩を含むものがある。

酢酸水溶液では以下の③に示す電離平衡が成り立つ。



ここに酢酸ナトリウムの結晶を加えると、酢酸ナトリウムの電離度がほぼ1に近いため、③の電離平衡は1方向に傾き、水溶液中には **ア** と **イ** が多量に存在することになる。そのため、**ア** の濃度は酢酸溶液濃度に近似し、**イ** の濃度は酢酸ナトリウム濃度に近似すると考えられる。

この時、 H^+ が加わると



の反応が起こるため、 H^+ の濃度はほとんど増加しない。

一方、 OH^- が加わると⑤に示す以下の中和反応が起こり OH^- の濃度もほとんど増加しない。



このように、両物質の含まれた点滴を投与することは、血液の **ウ** が大きく変化しないようにするために都合がよい。

こうした水溶液を **エ** という。

問 1 ①, ②の電離平衡に関して, 平衡状態の炭酸, 水素イオン, 炭酸イオンの濃度をそれぞれ, $[H_2CO_3]$, $[H^+]$, $[CO_3^{2-}]$ (いずれも単位は mol/L) とし, ①の電離定数を K_a (mol/L), ②の電離定数を K_b (mol/L) とした時, $[CO_3^{2-}]$ を求める式を答えなさい。

問 2 体温 (37℃) における K_a 値 を 8.00×10^{-7} mol/L, K_b 値 を 4.00×10^{-11} mol/L とする時, 血液の pH 値を有効数字 3 桁で答えなさい。ここでは血液の pH 値に二酸化炭素以外の影響は考えないものとし, 血液中の炭酸濃度は炭酸イオン濃度の 100 倍として考えなさい。

問 3 ③~⑤に入る電離平衡を表す式を答えなさい。

問 4

ア

 ~

エ

 に入る適切な化学式あるいは語句を答えなさい。

5 次の I, II の問いに答えなさい。

I. 次の文章を読み、問 1 ~ 問 4 に答えなさい。

ビーカーに卵白を取り、適量の水と塩化ナトリウムを加えてかき混ぜ、タンパク質溶液を作製した。

このタンパク質溶液を一部試験管に取り、水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にし、硫酸銅(II)水溶液を少量加えたところ、色になった。このビウレット反応は、タンパク質中の結合が Cu^{2+} とを形成することにより起こる。

作製したタンパク質溶液を別の試験管に取り、水酸化ナトリウムと沸騰石を加えて加熱した。溶液が沸騰した後、濃塩酸をつけたガラス棒を試験管の口に近づけたところ、白煙が発生した。^①この溶液を酸で中和後、酢酸鉛(II)水溶液を適量加えたところ黒色沈殿が生じたことから、卵白に含まれるタンパク質を構成するアミノ酸として^②が含まれる可能性があることが分かった。

問 1 ~ に適切な語句を入れなさい。

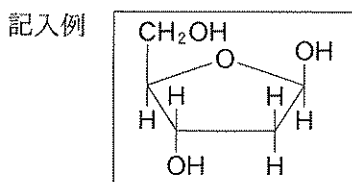
問 2 下線部①について、この時発生した白煙の化学式を答えなさい。

問 3 下線部②について、この沈殿の化学式を答えなさい。

問 4 に当てはまるアミノ酸の構造式を 1 つ答えなさい。

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。なお、単糖類を構成する炭素原子の位置番号を「位」と表現する。

構造式は以下の記入例にならって書きなさい。



デンプンは、 α -グルコースの1位と 位の炭素に結合するヒドロキシ基同士の間で脱水縮合した直鎖状構造をもつ と、 と同様の結合の他に、 α -グルコースの1位と 位の炭素に結合するヒドロキシ基同士の間でも縮合した分岐の多い構造をもつ の混合物である。一方、多数の β -グルコースが縮合重合した直線状の構造をもつ高分子化合物を という。

デンプンの水溶液は示すが、 の水溶液は示さない反応の1つとして、 反応が挙げられる。また、グルコースの水溶液は還元性を示すが、これは、水溶液中で一部分のグルコース分子が鎖状構造となっているためである。
①

問1 ～ に適切な語句または数字を入れなさい。

問2 下線部①について、この構造式を答えなさい。

問3 デンプン 23.0 g を溶かした水溶液に希硫酸を加えて長時間加熱し、デンプンを完全に加水分解すると、何 g のグルコースが得られるか。有効数字3桁で答えなさい。