

平成24年度入学試験問題

理 科

物理Ⅰ・物理Ⅱ 化学Ⅰ・化学Ⅱ
生物Ⅰ・生物Ⅱ 地学Ⅰ・地学Ⅱ

注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理Ⅰ・物理Ⅱ4枚，化学Ⅰ・化学Ⅱ6枚，生物Ⅰ・生物Ⅱ4枚，地学Ⅰ・地学Ⅱ5枚，下書き用紙は3枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1～8	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化学Ⅰ・化学Ⅱ	9～21	
生物Ⅰ・生物Ⅱ	22～33	
地学Ⅰ・地学Ⅱ	34～43	

- 3 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙を試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして机の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

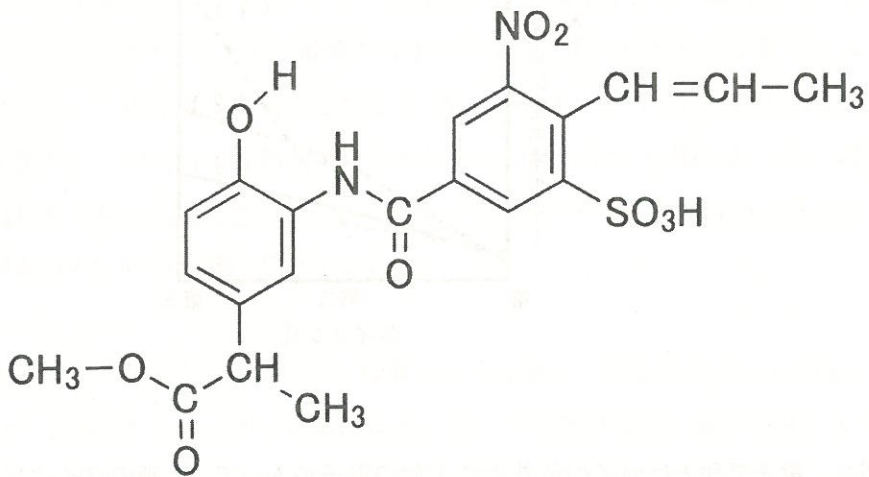
化学 I・化学 II

「解答上の注意」

各問の解答は、解答用紙の指定されたところに記入せよ。必要ならば、原子量は次の値を用いよ：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Cu = 63.6。アボガドロ定数は $6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。また、問題文中の体積の単位記号 L はリットルを表す。

第5問の問1と問2は選択問題である。いずれか一つだけを選び、解答すること。問1と問2の両方を解答した場合は、問1と問2のいずれも採点の対象にならないので注意すること。

構造式は下記の例にならって記せ。

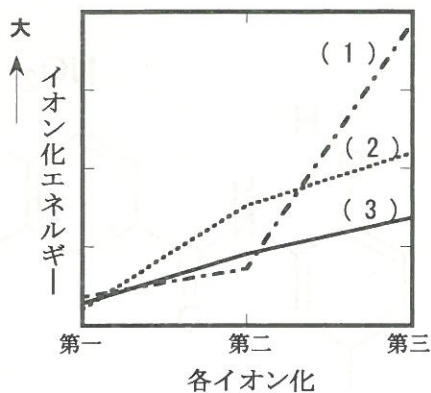


例

第1問

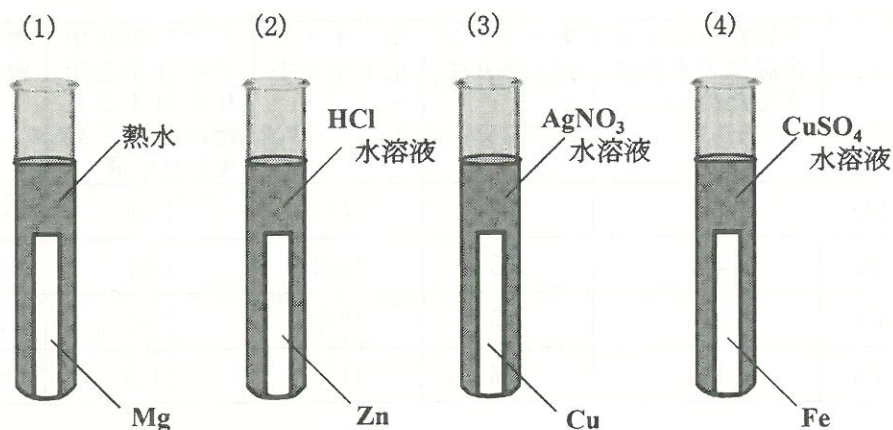
元素の性質や金属の構造に関して、以下の問1～問7に答えよ。

問1 イオン化エネルギーは次のように定義される。「原子から1個の電子を取り去って1価の陽イオンにするのに必要な最小のエネルギーを第一イオン化エネルギーという。さらに、2個目、3個目の電子を取り去るのに要する最小のエネルギーを第二イオン化エネルギーおよび第三イオン化エネルギーという。」この定義を考慮すると、各原子が有する電子数によって、イオン化エネルギーは特徴的な傾向を示すといえる。下の図に、次の各種金属元素(K, Mg, Al)の第一、第二および第三の各イオン化に対応するイオン化エネルギーをプロットし、示してある。図中の(1)、(2)、(3)で示す線に対応する金属をそれぞれ元素記号で示せ。



問2 電子親和力は原子の最外殻に1個の電子が入って、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーであると定義される。その定義を考慮し、フッ素(F)とネオン(Ne)について、電子親和力の値の大小関係を予測して不等号で示せ。

問3 下に示す実験は、熱水または各水溶液に金属を入れたときに起こる反応を調べたものである。それぞれの反応で起こる変化を化学反応式で示せ。また、変化が起こらないものについては「変化なし」と示せ。



問4 金属がイオン化することによって形成された金属イオンが、極性分子である水分子に囲まれ、主として静電的な引力によって安定化される現象を (A) という。この過程で発生する熱を (A) 熱という。(A) に適切な用語を記せ。このような金属イオンが水分子と相互作用する過程は、(B) 吸熱過程か (C) 発熱過程のどちらであると予想されるか。予想される過程を下線部分のどちらかを選んで記号で示せ。

問5 問3で述べたような水溶液中で観測される現象は、金属のイオン化傾向によって予測できる。イオン化傾向は水に接した金属単体から電子を引き抜き、金属イオンをつくる変化を表わす尺度として定義される。この定義を考慮し、イオン化エネルギーとイオン化傾向との違いはどのように説明することができるか。150字程度で説明せよ。

問6 次の表に示す金属 (Mg, Fe, Cu, Zn) のイオン化傾向を推定し、イオン化傾向の大きな順に並べよ。また、そのように推定した根拠を表の値を利用して (計算式も含めて) 示せ。ただし、下表の各数値は絶対値で与えてある。また、単位はすべて kJ/mol で与えてある。

	金属から気体の金属原子を形成するためのエネルギー	第一イオン化エネルギー	第二イオン化エネルギー	イオンが水中で水分子と相互作用することによって発生した熱量	電子親和力
Mg	147	738	1451	1996	< 0
Fe	414	763	1562	2006	16
Cu	337	745	1958	2172	118
Zn	130	906	1733	2118	≒ 0

問7 金属 Cu は面心立方構造をとる。以下に示す (1) ~ (6) の手順に従って、銅の原子半径を求めてみる。次の (1) ~ (6) の問いに答えよ。また、銅の密度は 8.95 g/cm^3 である。(ただし、 $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{8} = 2.83$, $3.52^3 = 43.6$, $3.62^3 = 47.4$, $4.02^3 = 65.0$, $4.58^3 = 96.1$ とする。)

- (1) 面心立方構造の単位格子 (繰り返しの単位となる結晶格子) 中に存在する原子数 (銅) を求めよ。
- (2) 単位格子中に存在する原子の質量はいくらになるか。有効数字 3 桁で記せ。
- (3) 単位格子の容積はいくらになるか。有効数字 3 桁で記せ。
- (4) この立方体の容積から、単位格子の一辺の長さ (a) を求めよ。有効数字 3 桁で記せ。
- (5) 銅原子の半径を r とすると一辺の長さ a と半径 r の関係はどのような式で表されるか。
- (6) 結果として求まる、原子半径 r の値を求めよ。有効数字 3 桁で記せ。

第2問

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合、加熱して、アンモニアを発生させた。この発生したアンモニアを0.500 mol/Lの硫酸水溶液100 mLに完全に吸収させ、0.500 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。ただし、発生する気体はアンモニアのみであるとする。

問1 アンモニアの捕集法として適切なものを選び、その記号を記せ。

a 水上置換 b 下方置換 c 上方置換

問2 滴定前に溶液中に存在するイオンをすべてイオン式で記せ。

問3 滴定において中和に要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は100 mLであった。発生したアンモニアの体積は標準状態で何Lかを求め、有効数字3桁で記せ。

問4 中和点において存在する酸の電離定数(K_a)を示す式を記せ。

問5 問4の酸の電離定数が 4.0×10^{-10} mol/Lであるとするとき、中和点のpHを求め、有効数字2桁で記せ。

問6 この実験における指示薬として最も適切なものを以下の中から選び、その記号を記せ。

a メチルオレンジ b プロモチモールブルー c フェノールフタレイン

第3問

問1 次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

①過酸化水素は、少量の Fe^{3+} が存在すると、水と酸素に分解する。この分解反応が進行するためには、ある一定以上のエネルギーが必要である。これを (ア) という。 Fe^{3+} を加えると、このエネルギーが (A) ため、分解反応が進みやすくなる。このような働きをもつ物質を (イ) という。

一方、過酸化水素が水と酸素に分解すると、熱が放出される。これは反応熱と呼ばれ、その熱量は結合エネルギーを用いて求めることができる。O-H, O=O, O-O の結合エネルギーを、それぞれ 463 kJ/mol, 498 kJ/mol, 151 kJ/mol とすると、過酸化水素 1 mol から放出される熱量は (ウ) kJ となる。なお、本反応において Fe^{3+} の濃度を上げた場合、反応熱は (B)。

(1) 下線部 ① の反応を、化学反応式で記せ。ただし、過酸化水素の係数を 1 とする。

(2) (ア) および (イ) に適切な語句を記せ。

(3) (A) および (B) に適切な語句を次の a～c の中から一つ選び、その記号を記せ。ただし、同じ記号を二度用いてもよい。

a 大きくなる b 小さくなる c 変化しない

(4) (ウ) に入る数値を有効数字 2 桁で記せ。ただし、過酸化水素、水、酸素は全て気体として扱うこととする。

問2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

ある化合物の分解を考える。初濃度 C_0 [mol/L] の化合物において、時間 t [min] 後における濃度 C [mol/L] は、 $C = C_0 e^{-kt}$ (k は反応速度定数) で表される関係式に従った。ここで、 e は正の定数(無理数)である。なお、分解反応中、温度は一定とする。

- (1) 化合物の初濃度が 1.0 mol/L の時、1分後に 0.50 mol/L に減少したとする。初濃度が 2.0 mol/L の場合、1分後の濃度 [mol/L] を数値で求め、有効数字2桁で記せ。
- (2) 化合物の濃度が、初濃度 C_0 の半分になるのに必要な時間 [min] を数式で記せ。解答の数式には、必要に応じて C_0 , k を含んで良い。ただし、 $\log_2 2 = 0.69$ とする。
- (3) 反応時間を Δt , 化合物の濃度変化量を ΔC とすると、反応速度は $v = -\Delta C / \Delta t$ [mol/(L·min)] で表わされる。 Δt を限りなく小さくした場合(すなわち $v = -dC/dt$ と微分式で表わされる)、反応速度 v [mol/(L·min)] を数式で記せ。解答の数式には、必要に応じて C_0 , C , k , e を含んで良い。ただし、 e^{-kt} の導関数は $-ke^{-kt}$ とする。

第4問

問1 分子式 $C_{11}H_{14}O_2$ で表される化合物Aはベンゼンの置換体である。この化合物について構造式を決定するために以下の実験1～2を行った。(1)～(7)に答えよ。

実験1 化合物Aを加水分解すると、化合物Bが固体として、また化合物Cが液体として得られた。①化合物Bを炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると発泡が観察された。また、化合物Bはトルエンを酸化して得られる化合物と同一であった。

実験2 化合物Cの元素分析を行ったところ、質量百分率で炭素 64.82%、水素 13.60%であった。②化合物Cを二クロム酸カリウム(硫酸酸性水溶液)で酸化したところ、中性の化合物Dが得られた。さらに、③化合物Dを水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、黄色の固体と化合物Eのナトリウム塩が生じた。

(1) 下線部①について、化合物Bと同じように炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると発泡するものを、次の中から一つ選び、その記号を記せ。

a エタノール b アセトアルデヒド c 酢酸 d 酢酸ナトリウム

(2) 実験1で生成した化合物Bについて、水素結合によって環状になった二量体の構造式を、「解答上の注意」にならって示せ。ただし、水素結合は点線を用いて記せ。

(3) 実験2より、化合物Cの組成式を求めよ。

(4) 下線部②が行われた段階で、化合物Dの考えうる異性体の数を記せ。

(5) 下線部③について、化合物Dと化合物Eの構造式を「解答上の注意」にならって示せ。

(6) 化合物Cには2種類の立体異性体が存在する。そのような異性体は何と呼ばれるか。

(7) 化合物Aの構造式を「解答上の注意」にならって示せ。

問2 次の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

ベンゼンにリン酸の存在下で化合物Qを作用させると、クメンが生成する。クメンを酸化すると、クメンヒドロペルオキシドが得られ、これを硫酸水溶液中で分解するとフェノールと化合物Rが生成する。

フェノールを水酸化ナトリウム水溶液に加えると化合物Sが生成する。①化合物Sの水溶液に二酸化炭素を通すと、フェノールが生成する。このことから、フェノールは炭酸よりも(ア)であることがわかる。

フェノールが生成していることを確かめるためには、フェノールの水溶液に臭素水を加え、②白色の沈殿の形成の有無を確認するとよい。

また、化合物Sと二酸化炭素との反応を高温、高圧で行うと、下線部①とは異なる反応が起こり、ベンゼンのo-二置換体である化合物Tが生成する。化合物Tに希硫酸を作用させると、化合物Uが生成する。

- (1) クメンおよび化合物Qの構造式を「解答上の注意」にならって記せ。
- (2) 化合物Rを合成する方法を、次のa～dの中からすべて選び、その記号を記せ。
a 酢酸カルシウムの熱分解 b アセトアルデヒドの酸化
c 2-プロパノールの酸化 d 炭化カルシウム(カーバイド)に水を加える
- (3) (ア)に入る適切な語句を、次のa～dの中から一つ選び、その記号を記せ。
a 強い酸 b 弱い酸 c 強い塩基 d 弱い塩基
- (4) 下線部②の白色沈殿物の構造式を「解答上の注意」にならって記せ。
- (5) 化合物Uの構造式を「解答上の注意」にならって記せ。

第5問

次の問1と問2は選択問題である。いずれか一つだけを選び、解答すること。

問1と問2の両方を解答した場合は、問1と問2のいずれも採点の対象にならないので注意すること。

問1（選択問題）

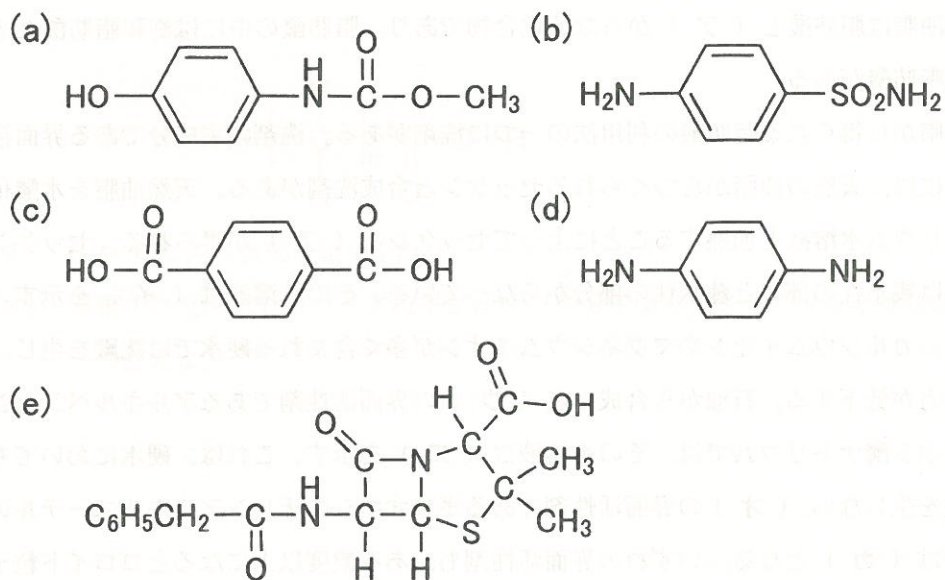
次の文章を読み、（1）～（4）に答えよ。

生薬は、私たちが病気の治療のために、経験的に自然界の植物、動物、鉱物などを薬として利用したものである。ヤナギの樹皮は解熱作用の生薬として知られており、その薬効成分がサリチル酸であることがわかった。しかしながら、サリチル酸は胃腸障害などの副作用があるため、これを硫酸酸性条件で無水酢酸と反応させて（ア）化することで副作用の少ない①解熱鎮痛剤が開発された。一方、同条件で無水酢酸の代わりにメタノールと反応させると（イ）結合により、筋肉痛や関節痛に対する②外用塗布剤として利用される化合物が生成する。

（ウ）は、アオカビから発見された最初の抗生物質である。（ウ）は、細菌がもつ細胞壁の合成を阻害して効果を示すので、細胞壁をもたないヒトには影響が少ない。したがって、（ウ）は細菌に対して強い（エ）を示すといえる。抗生物質は細菌の感染症の治療に多大な貢献を果たしてきたが、細菌の中には突然変異などにより抗生物質が効かない（オ）が出現するという問題が生じている。

サルファ剤は、染料の一種プロントジルが抗菌作用をもつことから発見された抗菌物質で、③スルファニルアミドの骨格をもつ。これは細菌の生命活動に必須な（カ）の一種である葉酸の合成を阻害することで抗菌効果を示す。葉酸はヒトにおいても必須な物質であるが、ヒトはこれを体内で合成できず食物から摂取しているので、サルファ剤の影響をほとんど受けない。このため、サルファ剤も（エ）を示す。

- (1) (ア) ~ (カ) に入る適切な語句を記せ。
- (2) 下線部①の解熱鎮痛剤および下線部②の外用塗布剤の構造式を「解答上の注意」にならって、それぞれ記せ。
- (3) 下線部③の構造式を次の中から一つ選び、記号で記せ。



- (4) (カ) には、葉酸のほかにもさまざまな物質がある。次の a ~ d の説明に最も関係のある物質を以下の 1 ~ 4 の中から選び、番号で答えよ。

- a. 米ぬかより発見され、脚気の特効薬オリザニンとして知られた物質。
- b. 脂溶性で視力の維持に関わり、欠乏症には夜盲症がある。
- c. 水溶性で酸化還元反応に関わり、欠乏症には壊血症がある。
- d. 脂溶性で細胞膜脂質の酸化を防止し、老化を抑制する効果がある。

1. アスコルビン酸 2. チアミン 3. トコフェロール 4. レチノール

問2 (選択問題)

次の文章を読み、(1)～(8)に答えよ。

油脂は、動植物の生体内に含まれ、人間はそれを、食品や様々な場面で利用してきた。油脂は脂肪酸と(ア)からなる化合物であり、脂肪酸の中には飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸がある。

油脂から得られる脂肪酸の利用法の一つに洗剤がある。洗剤の主成分である界面活性剤には、天然の油脂からつくられるセッケンと合成洗剤がある。天然油脂を水酸化ナトリウム水溶液と加熱することによってセッケンと(ア)が得られる。セッケン分子は親水性の部分と疎水性の部分からなっている。その水溶液は(イ)を示す。また、カルシウムイオンやマグネシウムイオンが多く含まれる硬水では沈殿を生じ、洗浄力が低下する。石油から合成した(ウ)の界面活性剤であるアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムでは、その水溶液は(エ)を示す。これは、硬水においても沈殿を生じない。(オ)の界面活性剤であるポリオキシエチレンアルキルエーテルの構造は(カ)となる。いずれの界面活性剤も、ある濃度以上になるとコロイド粒子である(キ)を形成し、乳化作用の結果、油污れを落とす。

- (1) ある不飽和脂肪酸は1分子の中の炭素原子の数が18個で、水素原子の数が32個である。炭化水素基が環を持たない直鎖の構造であるとして、この不飽和脂肪酸の炭化水素鎖に含まれる二重結合の数を答えよ。
- (2) (ア)の化合物の名称および構造式を「解答上の注意」にならって記せ。
- (3) セッケンおよびアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムにおいて親水性部分の構造式を「解答上の注意」にならってそれぞれ記せ。
- (4) (イ)および(エ)に入る適切な語句を以下の中から一つ選び、その記号を記せ。ただし、同じ記号を二度用いてもよい。

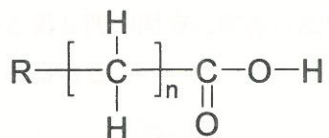
a 弱い酸性 b 弱い塩基性 c 中性

- (5) (ウ) および (オ) に入る適切な語句を以下の中から一つ選び、その記号を記せ。ただし、同じ記号を二度用いてもよい。

d 陽イオン性 e 陰イオン性 f 非イオン性

- (6) (カ) に入る構造式を次の例にならって記せ。ただし、疎水性のアルキル基はRで表すものとする。

例



- (7) (キ) に入る適切な語句を記せ。
- (8) 肉眼では見えないコロイド粒子がイオンや分子より大きいことを示す現象を一つ答えよ。