

平成25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Ⅱ5枚，生物Ⅰ・生物Ⅱ4枚，地学Ⅰ・地学Ⅱ5枚，下書き用紙は4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	9～20	
生物Ⅰ・生物Ⅱ	21～33	
地学Ⅰ・地学Ⅱ	34～45	

- 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。

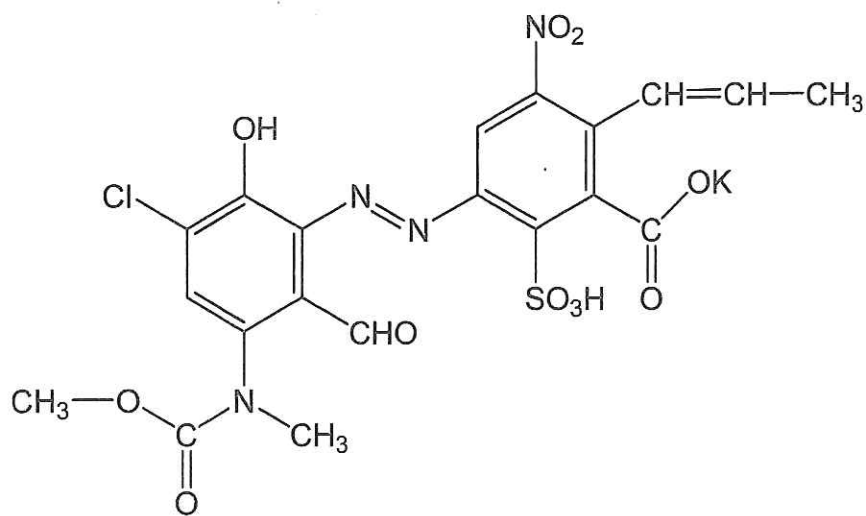
化学 I ・ 化学 II

「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 = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Cl = 35.5, Cu = 63.6, Br = 79.9, Ag = 107.9, Ba = 137.3。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

次の文章を読み、問1、問2に答えよ。なお、必要に応じて次の値を用いよ。

$$\log_{10}2 = 0.30, \log_{10}3 = 0.48, \log_{10}5 = 0.70.$$

環境問題の一つに酸性雨が挙げられる。酸性雨は、硫黄酸化物、窒素酸化物、および塩化水素などの酸性ガスが大気中の水や酸素と反応し、通常よりも強い酸性になった雨のことである。

問1 酸性雨のpHを測定するために、以下のような手順で実験を行った。この実験では、酸性雨のpHを決めるために中性付近に変色域をもつ酸塩基指示薬（pH指示薬）であるプロモチモールブルー（BTB）を用いた。

正確に100 mLの雨水をはかりとり、コニカルビーカーに入れた。そこに、指示薬としてBTB溶液を数滴加え、（ア）を用いて 5.0×10^{-4} mol/Lの水酸化ナトリウム溶液を滴下した。指示薬が黄色（酸性）から緑色（中性）に変化し、pHが7.0になるまでに必要な水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は4.0 mLであった。

この滴定量を用いて、雨水の水素イオン濃度を求めたところ（A）mol/Lとなった（測定した雨水中の酸が完全に電離していると仮定する）。すなわち、測定した雨水のpHは（B）である。硫黄酸化物、窒素酸化物、および塩化水素などを含まない自然界の雨水のpHは5.6である。これは大気中の（イ）が溶けて、雨水が弱酸性になっているためである。測定した雨水のpHは5.6よりも小さいことから、この雨水が酸性雨であることがわかった。

- (1) 文章中の（ア）、（イ）に適切な語句を答えよ。
- (2) 文章中の（A）、（B）に適切な数値を有効数字2桁で答えよ。

問2 以下の記述は硫黄酸化物の一種である二酸化硫黄について述べたものである。文章中の（ C ）に適切な化学反応式を，（ ウ ）～（ コ ）に適切な語句，あるいは数値をそれぞれ答えよ。

二酸化硫黄は相手の物質を（ ウ ）する力が強い。例えば，二酸化窒素を作用させると，（ C ）の反応が起こる。これに対して，強い（ ウ ）剤に対しては（ エ ）剤としてはたらく。例えば，硫化水素と反応する場合，



の反応が進む。このとき二酸化硫黄中のSの価数は（ ク ）から（ ケ ）に変化する。また，この反応で（ コ ）色の固体が生じる。

第2問

次の文章を読み、問1、問2に答えよ。

三角フラスコに 0.20 mol/L 塩化ナトリウム水溶液 20 mL と 0.20 mol/L 臭化カリウム水溶液 20 mL 、および希硫酸 10 mL を加えて混合し、試料溶液 50 mL を調製した。この試料溶液に対して、以下の問に示すイオンの定量、定性分析の実験を行った。

問1 試料溶液 5.0 mL を試験管にとり、 0.50 mol/L 硝酸銀水溶液 2.0 mL を加えたところ、①沈殿が生じた。そこで溶液をろ過し、沈殿とろ液に分離した。沈殿は少量の希硝酸で数回洗浄し、②洗液もすべてろ液に加えた。得られた沈殿を乾燥し、その質量を測定したところ、 132.5 mg であった。一方、③ろ液に対して 0.30 mol/L 酢酸バリウム水溶液 2.0 mL を加えたところ、あらたに沈殿が生じた。この沈殿をろ過、洗浄し、乾燥後に質量を測定したところ、 116.6 mg であった。

- (1) 下線部①の沈殿に含まれる塩をすべて化学式で記せ。
- (2) 下線部②で“洗液もすべてろ液に加えた”理由を25字以内で記せ。
- (3) 下線部③の沈殿が生じる反応を化学反応式で記せ。
- (4) 試料調製時に加えた希硫酸のモル濃度を有効数字2桁で求めよ。

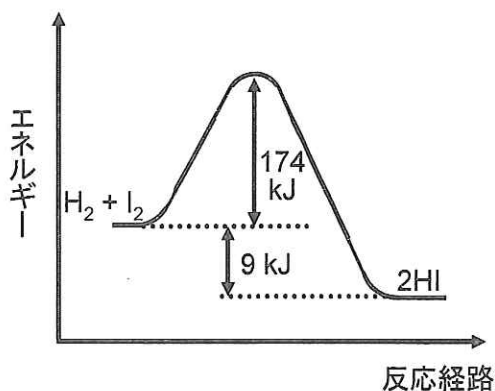
問2 別の試験管に試料溶液 5.0 mL をとり、シクロヘキサン 2.0 mL と 0.04 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液 2.0 mL を加えて、よく混ぜた後、試験管を静置したところ、溶液が二層に分離した。

- (1) 二層に分離した時の、下層の溶液の色を記せ。また、その色は、どのような分子またはイオンによるものか。色の原因となった分子またはイオンの化学式を答えよ。なお、溶液の色を“無色”と答えた場合は、その層に最も多く含まれる陽イオン（ただし、 H^+ を除く）を化学式で答えよ。
- (2) 上層について(1)と同様に、色と、その原因となった分子またはイオンの化学式を答えよ。

第3問

問1 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

下の図は $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ で示される反応の経路とエネルギーの関係を示したものである。HI生成反応の活性化エネルギーは (a) kJ, その反応熱は (b) kJ であり, また, 逆反応の活性化エネルギーは (c) kJ, その反応熱は (d) kJ である。HI生成反応は (ア) (①吸熱 ②発熱) 反応であるから, 反応物 ($\text{H}_2 + \text{I}_2$) に比べ, 生成物 (2HI) の方がエネルギー的に (イ) (①安定 ②不安定) である。



3.0 mol の H_2 と 2.3 mol の I_2 を体積 50 L の容器に入れ, 高温で一定温度に保つと平衡状態に達し, 4.0 mol の HI が生じた。この時, 温度を下げると HI 生成反応の平衡定数は (ウ) (①小さくなり ②大きくなり ③変化せず), 生じる HI の量は (エ) (①減少する ②増加する ③変化しない)。また, 温度を一定に保ったまま容器の体積を小さくすると, 平衡は (オ) (①右向きに移動する ②左向きに移動する ③どちらにも変化しない)。

- (1) (a) ～ (d) に適当な数値を記入せよ。また (ア) ～ (オ) の () 内から適当な語句を選び, 記号で答えよ。
- (2) 下線で示す反応の平衡定数を有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) この反応系に触媒を加えるとどうなるか。次の (I) ～ (IV) の () 内から適当な語句を選び, 記号で答えよ。

- (I) 活性化エネルギーは (①小さくなる ②大きくなる ③変化しない)
- (II) 反応熱は (①小さくなる ②大きくなる ③変化しない)
- (III) HI 生成反応の速度は (①小さくなる ②大きくなる ③変化しない)
- (IV) 反応の平衡は (①右向きに移動する ②左向きに移動する ③どちらにも移動しない)

問2 下の表は、3種類の結合エネルギーを示したものである。この表と熱化学方程式 (a) を参考にして、(1)、(2) に答えよ。ただし、すべての気体は理想気体とする。

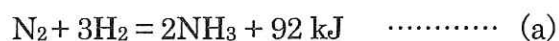


表 結合エネルギー

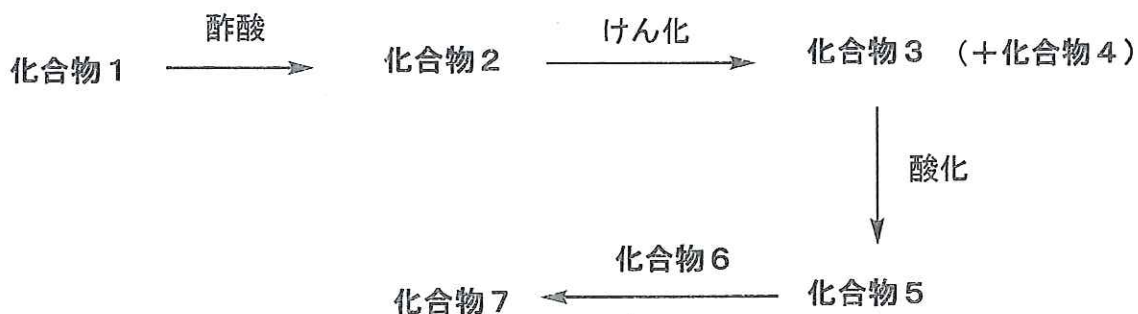
結合	結合エネルギー (kJ/mol)
H-H	432
C-H	411
N-H	386

- (1) 1 mol のメタンを 1 mol の炭素原子と 4 mol の水素原子に分解するには、どれだけのエネルギーが必要か。熱化学方程式で示せ。
- (2) 熱化学方程式 (a) を用いて、窒素分子 $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギー (kJ/mol) を求めよ。

第4問

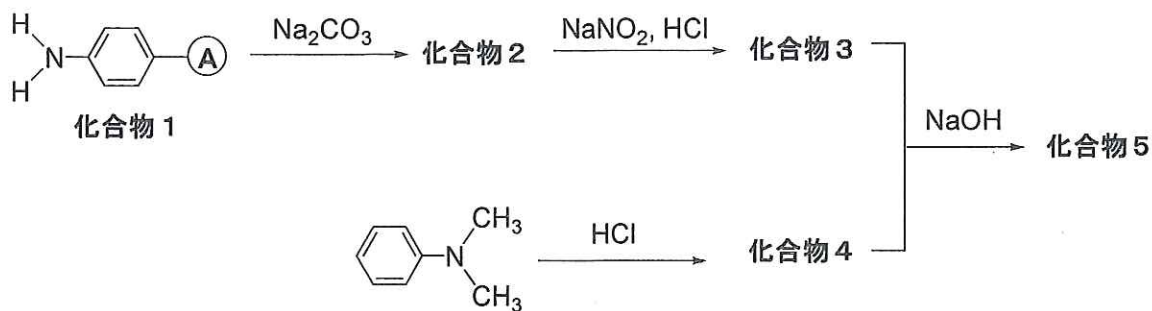
問1 化合物1を出発原料として化合物7を合成するための経路を下に示している。

(1)～(4)に答えよ。なお、構造式は「解答上の注意」の例にならって記せ。



- (1) 化合物1は、炭化カルシウムと水の反応や、天然ガスの主成分である物質の熱分解によって得られる無色・無臭の気体である。この化合物1への酢酸の付加反応により得られる化合物2は、光や熱で容易に重合する。化合物2の構造式を記せ。
- (2) 化合物2を水酸化ナトリウムで「けん化」すると化合物3と化合物4が生成した。化合物4がカルボン酸のナトリウム塩であるとき、化合物3の構造式を記せ。
- (3) 化合物6は分子式 C_7H_8O で表される芳香族化合物である。化合物6の構造異性体の中で、金属ナトリウムと反応して気体を発生するものは、化合物6を含めて全部で何種類あるかを記せ。なお、位置異性体（オルト・メタ・パラ異性体）についても区別することにする。
- (4) 化合物3を酸化して得られる化合物5と上記の化合物6の縮合反応により生成する化合物7の構造式を記せ。ただし、化合物6に塩化鉄(III)水溶液を加えても青紫～赤紫色にはならなかった。

問2 化合物5を合成するための経路を下に示している。なお、化合物1～5は、芳香族化合物である。次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。構造式は「解答上の注意」の例にならって記せ。



- (1) 元素分析の結果、化合物1中の炭素の質量パーセントは41.6%であった。この実験結果から、この化合物1における置換基Aの構造式を下記の選択肢より選んでその番号を答えよ。

1. $-\text{H}$ 2. $-\text{SO}_3\text{H}$ 3. $-\text{NO}_2$ 4. $-\text{OH}$ 5. $-\text{Cl}$

- (2) 化合物3の構造式を記せ。
- (3) 化合物3と化合物4の反応によって得られた生成物を水酸化ナトリウムで処理すると、化合物5が生成した。化合物5の構造式を記せ。
- (4) 0.010 mol/L のシュウ酸水溶液 10 mL と 0.010 mol/L の水酸化カリウム水溶液 20 mL を混合した溶液に化合物5の水溶液を加えたときの色を答えよ。

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) ～ (6) に答えよ。

生命は、加水分解や酸化還元などの化学反応によって維持されている。多くの生物は、エネルギー源および炭素源としてグルコースなどの有機化合物を用いており、呼吸によって有機化合物を分解している。呼吸には、酸素を必要とする好気呼吸と酸素を必要としない嫌気呼吸がある。好気呼吸では、グルコースは二酸化炭素と水に完全に分解される。また、グルコースは、エタノールと二酸化炭素を生じるアルコール発酵や乳酸を生じる乳酸発酵などによっても分解される。呼吸や発酵によって有機化合物が分解される過程で、有機化合物のエネルギーは高エネルギー化合物である ATP に変換・保存される。好気呼吸では、1.0 mol のグルコースが分解されると、38.0 mol の ATP が生成するが、アルコール発酵では、1.0 mol のグルコースあたり 2.0 mol の ATP しか生成されない。生命体が、エネルギーを必要とする場合には、酵素の働きでこの ATP が加水分解され、放出されるエネルギー (31.0 kJ/mol) が使用される。

一方、ある種の生物は、無機化合物のエネルギーを用いて ATP を合成し、二酸化炭素を炭素源として固定することができる。メタンは、メタン生成菌と呼ばれる微生物の嫌気呼吸によって、水素と二酸化炭素から合成される。このメタン生成過程では、炭素原子の最も (ア) された形である二酸化炭素から、最も (イ) された形であるメタンへの変換に (ウ) 個の電子を必要とする。この電子は (エ) から供給され、メタン生成過程で発生するエネルギーが、ATP の合成に使用される。

また、光合成生物は、光エネルギーを利用して ATP を合成し、その加水分解によって放出されるエネルギーを用いて、下記の熱化学方程式で示した反応で、二酸化炭素と水が

らグルコースと酸素を生じる。



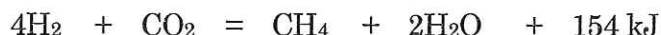
光合成は、二酸化炭素が（イ）される反応であり、（イ）に必要な電子は、（オ）から供給される。この過程で生成した酸素が、好気呼吸に使用される。

（1）本文中の（ア）～（オ）に入る適切な語句または数値を記せ。

（2）下線部①のアルコール発酵の化学反応式を記せ。

（3）下線部②の酵素が触媒として働く加水分解反応を熱化学方程式で記せ。

（4）メタン生成菌によるメタン生成は、次の熱化学方程式で表される。



1 mol のメタン生成に伴って生じた反応熱が、すべて ATP の合成に使用されたとすると、何 mol の ATP が合成されるか。有効数字 2 桁で記せ。

（5）酵母は、酸素があるときには好気呼吸を、無いときにはアルコール発酵を行う。酵母が、好気呼吸によって 1 mol のグルコースを代謝して増殖した時の細胞数と同じ細胞数を得るために、アルコール発酵では何 mol のグルコースを必要とするか。有効数字 2 桁で記せ。ただし、増殖前の細胞数は同じで、新たな細胞を一つ作るためには、酸素の有無にかかわらず同量の ATP が必要であることとする。

（6）好気呼吸によってグルコースが完全に二酸化炭素と水に分解されたとき、放出されるエネルギーの何%が、生体反応に利用可能なエネルギーに変換されるか。有効数字 2 桁で記せ。

問2 (選択問題)

次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

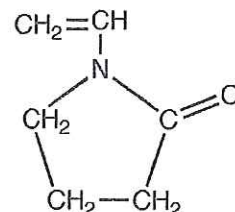
ゲルは、一般にある媒質中の分子が網目状の構造をとり、液体などを含むことで粘性の高い固体状になった物質のことを指す。我々の身のまわりにも、ゲルやその関連の物質が多く見られる。ここでは、様々なゲルについて考えよう。

例1 ①ケイ砂の粉末を炭酸ナトリウムと共に加熱融解すると、ケイ酸ナトリウムが得られ、これに酸を加えると、ケイ酸が水を大量に含んだ白色のゲルを生じる。これを脱水・乾燥させたものがシリカゲルであり、水蒸気をよく吸着するため、乾燥剤として用いられる。

例2 豆腐やゼリー、寒天やコンニャクは代表的なゲル状の食品である。豆腐をつくる時には、大豆を破碎して抽出した豆乳にゆっくり熱を加える。これに塩化マグネシウムを主成分とする“にがり”を加えると、タンパク質が沈殿する。“にがり”は、さらにタンパク質を変化させ、分子同士にネットワークを形成させる働きをするため、タンパク質はゲル化する。これに重しをし、水分を適度に除いて成型すると、豆腐ができあがる。

例3 ポリアクリル酸ナトリウムは、アクリル酸ナトリウムの重合によって得られるが、このとき架橋剤を適度に加えることで、立体網目構造をもつポリアクリル酸ナトリウム樹脂ができる。この樹脂は、水に触れると、透明なゲルとなってその水を保持することができる。そのしくみは、網目内の官能基(ア)が(イ)と(ウ)に電離し、(イ)同士の反発で広がった網目構造の中に水を取りこむ。また、網目内のイオン濃度が上がっているので、(エ)により、さらに水が入りやすくなる。このため、この材料の海水の吸水量は、真水にくらべて(オ:多い・少ない)。この材料は、衛生用品の吸水剤や砂漠を緑化する保水剤などとして利用されている。

例4 複数の単量体を共重合することでも、高分子の網目構造をつくりゲルを合成することができる。身近な例として、ソフトコンタクトレンズは、親水性の高いいくつかの高分子を組み合わせて、網目状になるように重合することにより、保湿性と柔軟性を実現している。ソフトコンタクトレンズに多く使われる単量体の例として、右に示す *N*-ビニル-2-ピロリドンがある。この *N*-ビニル-2-ピロリドンは水分を吸着する性質があり、メタクリル酸メチルなどの単量体と共重合すると、高い保湿性をもつ材料ができる。



N-ビニル-2-ピロリドン

- (1) 例1について、以下の問いに答えよ。
 - (a) 下線部①の化学反応式を書け。
 - (b) シリカゲルが水蒸気をよく吸着する理由を述べよ。

- (2) 例2について、以下の問いに答えよ。
 - (a) 豆乳のようにタンパク質が粒子状の物質となって水中に存在している状態を何というか。
 - (b) また、これに塩化マグネシウムのような電解質を加えることで沈殿ができる現象を何というか。
 - (c) 豆乳を加熱するのは、タンパク質に変化を加えて、上記(b)の現象を起こしやすくするためである。このタンパク質の変化は何とよばれるか。

- (3) 例3について、(ア)～(ウ)に適切な化学式を、(エ)に語句を入れよ。また、(オ)についてはいずれかを選択せよ。

- (4) 例4について、*N*-ビニル-2-ピロリドンとメタクリル酸メチルを2:1の割合で共重合させてできたゲルがある。乾燥状態でこのゲル1.61 gを水蒸気に接触させたところ、重量が2.15 gとなった。このとき、*N*-ビニル-2-ピロリドンの単量体当たり何個の水分子が吸収されたと考えられるか、メタクリル酸メチルの分子量を100として整数値で答えよ。ここで、メタクリル酸メチルへの水分子の吸着は*N*-ビニル-2-ピロリドンに比べ無視できるほど小さいとする。