

平成26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	9～22	
生物Ⅰ・生物Ⅱ	23～35	
地学Ⅰ・地学Ⅱ	36～46	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 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，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして機の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 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。
- 7 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。

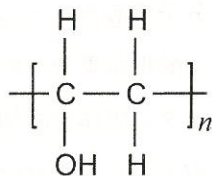
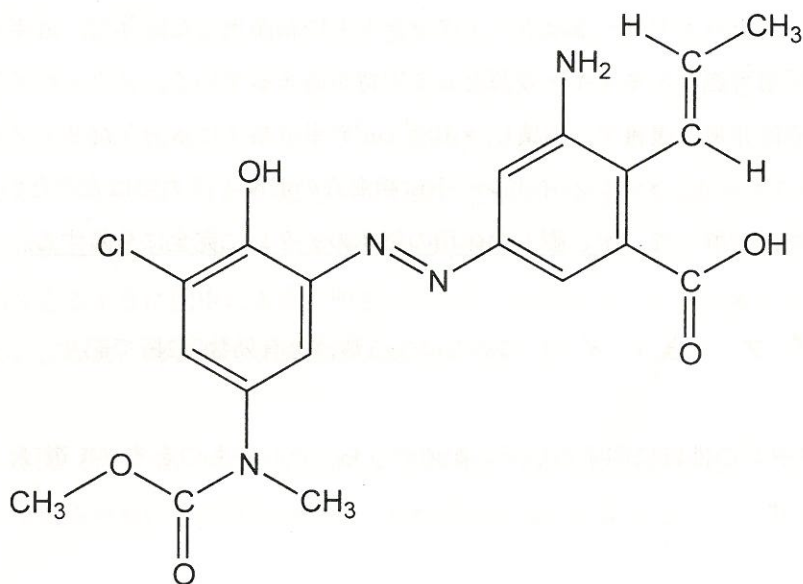
化学Ⅰ・化学Ⅱ

「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。本問題では、原子量は次の値を用いよ：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0, Br = 80.0。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と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

メタンに関する次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

都市ガスの主成分であるメタンの燃焼反応の熱化学方程式は以下の通りである。



この式から、メタン1.0 gを燃やして得られる熱は(ア) kJとなり、同質量のガソリンを燃やして得られる熱 47 kJよりも多い。また、メタン1.0 gを燃やして生じる二酸化炭素量は(イ) gと求められる。これは、同質量のガソリンを燃やして生じる二酸化炭素量 3.2 gよりも少ない。メタンは生ゴミの発酵などの生化学的な方法で生産できるので、石油に代わる再生可能なエネルギー資源として利用が進められている。

一方、メタンハイドレートは水がメタンとともに結晶化した固体で、近年では日本近海で採掘可能なエネルギー資源として期待が高まっている。メタンハイドレートの結晶構造は非常に複雑で、体積 $1.7 \times 10^{-21} \text{ cm}^3$ の単位格子に水分子46個とメタン分子8個が含まれている。メタンハイドレートは深海底の温度と圧力では安定だが、常温常圧では自然に分解して、水と膨大な体積の気体のメタンに完全に分離する。

(1) (ア)と(イ)にあてはまる数値を有効数字2桁で記せ。

(2) メタンの性質に関する以下の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で記せ。

- a メタン分子は非極性分子である。
- b メタン分子の炭素と二酸化炭素分子の炭素の酸化数は等しい。
- c 大気圧のもとでは、メタン気体を冷却しても液体にならない。
- d メタン分子は非共有電子対をもたない。

- (3) メタンハイドレートの密度(g/cm^3)を求め、有効数字2桁で記せ。ただし、アボガドロ数は 6.0×10^{23} とする。
- (4) 下線部に関し、1.0 gのメタンハイドレートを分解して生じるメタン気体の標準状態での体積(L)を求め、有効数字2桁で記せ。ただし、メタンは理想気体とみなし、標準状態の理想気体1 molの体積を22.4 Lとする。

第2問

問1 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

アンモニア、塩化水素、塩素、水素、二酸化炭素の5種類の気体がある。これらの気体の実験室における製法は、次の(ア)～(オ)のいずれか一つに対応する。

- (ア) 炭酸カルシウムに希塩酸を加える。
- (イ) 塩化アンモニウムに消石灰を加えて加熱する。
- (ウ) 亜鉛に希硫酸を加える。
- (エ) 二酸化マンガンに濃塩酸を加えて加熱する。
- (オ) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。

また、気体を捕集する方法として、水を満たしたびん中に水と置き換えて捕集する **a** 水上置換、空気中でびんの口を上向きにして捕集する **b** 下方置換、空気中でびんの口を下向きにして捕集する **c** 上方置換がある。

- (1) (ア)と(イ)で起こる反応を、化学反応式を用いて記せ。
- (2) (ウ)、(エ)、(オ)で発生する気体の捕集方法としてもっとも適切なものを、それぞれ上記の **a**～**c**の中から一つ選び、記号で記せ。
- (3) 5種類の気体のなかで、もっとも酸化力の強いものはどれか、気体の名称を記せ。

問2 次の文章を読み、(1)と(2)に答えよ。

塩化アンモニウムの溶解度は、水 100 g に対して、20℃で 37 g、70℃で 60 g、100℃で 77 g である。さて、100℃において 50 g の塩化アンモニウムを水 100 g に溶かした水溶液を調製した。この水溶液を 100℃に保ったまま水を蒸発させると、(A) g の水が蒸発したときに塩化アンモニウムの結晶が析出しはじめる。次に、70℃において塩化アンモニウムの飽和水溶液 160 g を調製した。この飽和水溶液を 20℃に冷却すると、(B) g の塩化アンモニウムの結晶が析出する。

塩化銀は水に溶けにくい塩であるが、水中でわずかに溶けて飽和水溶液になる。このとき、銀イオン濃度と塩化物イオン濃度の積 $[Ag^+][Cl^-]$ は一定値を示し、この値は溶解度積とよばれる。塩化銀は 20℃で 1 L の水に 1.1×10^{-5} mol 溶ける。溶けた塩化銀はすべてイオンに電離しているとすると、この温度における塩化銀の溶解度積は (C) mol^2/L^2 となる。さて、塩化銀を含む 1 L の水に 0.1 mol の塩化ナトリウムを加えた。このときの塩化銀の溶解度は、モル濃度で表すと (D) mol/L になる。ただし、塩化銀および塩化ナトリウムの溶解による水溶液の体積変化は無視できるものとし、また塩化ナトリウムの電離度は 1 とする。

(1) (A) ~ (C) に入る数値を有効数字 2 桁で記せ。

(2) (D) に入るもっとも適切な数値を a ~ f の中から選び、記号で記せ。

- | | | | | | |
|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| a | 1×10^{-5} | b | 3×10^{-5} | c | 1×10^{-7} |
| d | 3×10^{-7} | e | 1×10^{-9} | f | 3×10^{-9} |

第3問

次の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。ただし、水の凝固点は 0°C とし、水のモル凝固点降下 K_f は $1.9\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とせよ。

凝固点降下とは、ある不揮発性物質(溶質)を純粋な液体(溶媒)に溶かしたとき、この溶液の凝固点が純溶媒のそれより降下する現象のことである。凝固点降下度 Δt (K)は、溶媒のモル凝固点降下 K_f ($\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$)と溶液の質量モル濃度 m (mol/kg)を用いて、

$$\Delta t = K_f \times m \quad \text{式1}$$

と書ける。したがって、分子量 M の溶質 w (g)が 1 kg の溶媒に溶けているときの Δt は、

$$\Delta t = (\text{ア}) \quad \text{式2}$$

となる。例えば、ある非電解質の不揮発性の溶質が $0.10\text{ mol}/\text{kg}$ で溶けている水溶液の凝固点降下度は、(イ) Kと求められる。また、溶質が電解質である場合は、溶質の電離度を考慮して式1を修正する必要がある。

凝固点降下現象を巧みに利用しているものの一つとして、冬期において路面の凍結を防止するために散布される凍結防止剤がある。一般に、凍結防止剤には塩化ナトリウム NaCl や塩化カルシウム CaCl_2 が用いられている。塩化ナトリウムや塩化カルシウムは水中では完全に電離していると考えると、それぞれの水溶液の凝固点降下度は式1で求められる値のそれぞれ(ウ)および(エ)倍になる。ここで、具体的に塩化ナトリウムと塩化カルシウム水溶液の凝固点降下度を計算してみよう。塩化ナトリウムと塩化カルシウムをそれぞれ 11.1 g はかりとり、 1.0 kg の純水に溶かした。このとき塩化ナトリウム水溶液の凝固点は -0.72°C であり、塩化カルシウム水溶液の凝固点は(オ) $^{\circ}\text{C}$ である。したがって、同じ質量の塩化ナトリウムと塩化カルシウムを同じ質量の純水に溶かした場合、塩化ナトリウム水溶液の凝固点は塩化カルシウム水溶液のそれより低いことがわかる。

このように広く用いられている塩化物系の凍結防止剤であるが、自動車やガードレールなどの鉄製品やコンクリートを腐食劣化させるため非常に問題になっている。近年では、これらの代わりに強電解質である酢酸カルシウム $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ が利用されることがある。ここで、酢酸カルシウム水溶液の凝固点を具体的に求めてみよう。酢酸カルシウムを(カ) g はかりとり、 1.0 kg の純水に溶かした。この水溶液の凝固

点は -0.63°C であり、凝固点降下度を塩化カルシウムの場合と同程度にするためには、高価な酢酸カルシウムを多量に使用する必要があることが問題である。

これまでに見てきたように、凍結防止剤としては強電解質の塩が有効であることがわかったが、我々の身のまわりには、有機化合物のカルボン酸のように多くの弱電解質が存在する。例えば、分子式が CH_3COOH で表される酢酸がある。酢酸は電離（解離）定数が小さな弱酸である。この酢酸 5.9 g をはかりとり、 1.0 kg の純水に溶かしたとき、その水溶液の凝固点は -0.19°C であった。したがって、酢酸の電離度は（キ）と求められる。

(1) (ア) にあてはまる式を w, M および K_f を用いて表せ。

(2) (イ) にあてはまる数値を有効数字 2 桁で記せ。

(3) (ウ) および (エ) にあてはまる数値の正しい組み合わせを、以下の a ~ d の中から選び、記号で記せ。

	(ウ)	(エ)
a	2	3
b	3	2
c	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
d	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

(4) (オ) および (カ) にあてはまる数値を有効数字 2 桁で記せ。ただし、酢酸カルシウムは水中で完全に電離するとし、酢酸イオンと水との反応は考えないものとする。

(5) (キ) にあてはまる数値を有効数字 1 桁で記せ。ただし、酢酸は希薄水溶液中で 2 分子が会合した二量体を形成しないものとする。

第4問

問1 次の文章を読み、(1)～(7)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 エステルは塩基性の水溶液で加水分解され、カルボン酸の塩とアルコールになる。
② 分子式 $C_5H_{10}O_2$ で表されるエステルのうち、いくつかを加水分解して、それぞれからアルコールA、B、C、Dを得た。Aは第三級アルコールであった。Bは不斉炭素原子を有していた。Cに濃硫酸を加え $130\sim 140^\circ C$ で加熱すると、(ア)間での脱水反応が起こり、ジエチルエーテルが生じた。同様にして、 $160\sim 170^\circ C$ で加熱すると、(ア)内での脱水反応が起こり、化合物Eが生じた。また、アルコールDはヨードホルム反応を示した。

(1) 下線部①で示される加水分解反応を何と呼ぶか、名称を記せ。

(2) 下線部②で示されるエステルのうち、アルコールAを生じるエステルの構造式を記せ。

(3) アルコールBのように、不斉炭素原子を有するものを、次のa～dの中からすべて選び、記号で記せ。

a 乳酸 b マレイン酸 c グリシン d アラニン

(4) (ア)にあてはまる語句を記せ。

(5) 化合物Eの名称を記せ。

(6) アルコールBとDの名称を記せ。

(7) 以下の文章を読み、(イ)と(ウ)にあてはまる数字を記せ。

下線部②のすべての異性体を加水分解して生じるカルボン酸の塩は(イ)種類であり、アルコールは(ウ)種類である。ただし、加水分解には水酸化ナトリウムを用い、生じた物質の光学異性体は考慮しない。

問2 次の文章を読み、(1)～(3)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。

分子式 C_7H_8 で表されるベンゼン環をもつ化合物 **F** を酸化すると、分子式 $C_7H_6O_2$ で表される化合物 **G** が得られた。1 mol の化合物 **G** を、2 mol のアニリンと加熱して脱水縮合反応させ、化合物 **H** を得た。その時、反応物の中に反応していないアニリンも残っていることがわかった。

そこで、化合物 **H** を精製するために、まず化合物 **H** とアニリンを含む反応物をジエチルエーテルに溶かした。この混合溶液を分液ろうとに入れ、2 mol/L の塩酸を加え、よく振り混ぜて静置した後、③上層(エーテル層)と下層(水層)をそれぞれ取り出した。

(1) 下線部③の二層について以下の文章を読み、a～gの中から、もっともふさわしい語句を選び、記号で記せ。

(エ)には、化合物 **H** が含まれ、アニリンは(オ)であるため(カ)に含まれる。(キ)水溶液を加えると赤紫色になり、アニリンの存在を確認できる。

- a 上層 b 下層 c 酸 d 塩基
e さらし粉 f 塩化鉄(III) g 塩化ナトリウム

(2) 化合物 **F** と **G** の名称を記せ。

(3) 化合物 **H** の構造式を記せ。

第5問

次の問1と問2は選択問題である。いずれかを一つだけ選び、解答すること。問1と問2の両方を解答した場合は、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。

熱帯地方に多く産するゴムの木の樹皮を傷つけると、乳白色の液体が採取される。これはラテックスとよばれ、ゴムの主成分であるポリ（**ア**）分子が、①周りのタンパク質に囲まれることによって、液体中に微粒子状に安定して存在している。②このラテックスに酢酸などを加えると沈殿ができるので、これを水洗、乾燥すると天然ゴムが得られる。しかし、そのままの天然ゴムは、弾性は示すものの摩擦や熱に弱く実用性に乏しい。そこで、（**イ**）を加えて加熱することで、ゴム分子鎖の間に橋かけ（架橋）構造を形成することで、より実用に適した高い弾性と強度を確保することができる。これを（**ウ**）という。

合成ゴムは、天然ゴムより優れた耐油性、耐光性、耐摩耗性等の性質をもち、主として石油などから得られる単量体の重合により製造される。例えば、③1,3-ブタジエンを（**エ**）重合させるとブタジエンゴムが得られる。このブタジエンゴムは天然ゴムとよく似た構造をもつため、天然ゴムに類似の性質を示すことが知られている。また、④1,3-ブタジエンとスチレンを混ぜて重合すると、スチレン-ブタジエンゴム(SBR)が得られる。このゴムは耐摩耗性に優れ、自動車用タイヤなど多くの用途がある。

- (1) (ア) および (イ) にあてはまる適切な化合物名を記せ。
- (2) 下線部①のような物質は一般に何と呼ぶか、その名称を記せ。
- (3) 下線部②の沈殿を生じさせる操作を何と呼ぶか、その名称を記せ。
- (4) (ウ) および (エ) にあてはまるもっとも適切な化学用語を記せ。
- (5) 下線部③の反応によって得られるゴムの、一つの単量体に由来する繰り返し単位として考えられる異性体の構造を、「解答上の注意」の例にならって二種類記せ。
- (6) 下線部④について、SBR 2 g に、触媒を使って臭素を反応させると、4 g の臭素が消費された。このとき、この SBR に含まれるブタジエンの物質量は含まれるスチレンの物質量の何倍か、有効数字 1 桁で記せ。ブタジエンの分子量は 54、スチレンの分子量を 104 として計算せよ。ただし、臭素はベンゼン環とは反応せず、また全ての臭素が SBR と反応したものとする。

問2 (選択問題)

次の文章を読み、(1)～(7)に答えよ。

甘味料は、一般に砂糖のような甘みがあるが、低カロリーな食品添加物である。天然物由来の甘味料には、パラチノース、トレハロース、ソルビトール、キシリトールなどがあり、人工甘味料には、サッカリン、アスパルテームなどがある。

ソルビトール、キシリトールは、それぞれ、グルコース(六炭糖)、キシロース(五炭糖)の(A)基を還元して得られるアルコールである。また、パラチノースは、ショ糖(スクロース)の誘導体であり、構成する単糖がショ糖とは異なる位置でエーテル結合した異性体である。トレハロースは、麦芽糖(マルトース)のようにグルコースが脱水縮合した二糖である。ただし、そのエーテル結合の位置が麦芽糖とは異なるため、
① トレハロースはフェーリング液を還元しない。

アスパルテームは、L-アスパラギン酸とL-フェニルアラニンが(B)結合でつながったジペプチドの誘導体である。アスパルテーム以外でも、以下の式1であらわされる骨格構造をもつジペプチドの誘導体には甘みがあることが知られている。



ところで、トロンビンは、血液凝固に必須なタンパク質の一つである。トロンビンは、血液中の別のタンパク質であるフィブリノーゲン中のヘキサペプチド(ロイシン-バリン-プロリン-アルギニン-グリシン-セリン)を認識し、このアルギニンとグリシンの間を切断する。生じた断片はフィブリンと呼ばれる。フィブリンは凝集し、血栓の構成成分となる。また、トロンビンがフィブリノーゲンを切断する際、トロンビンがフィブリノーゲン中のアスパラギン酸-フェニルアラニンからなるジペプチドを認識する必要があるとも考えられている。このため、試験管内でトロンビンとフィブリノーゲンを反応させる際に、大量のアスパルテームを加えると、この反応が阻害される。

- (1) (A) と (B) にあてはまる語句を記せ。
- (2) 次の化合物のうち、フェーリング溶液を還元するものをすべて選び、記号で記せ。
- a ソルビトール b キシリトール
c パラチノース d グルコース
- (3) 下線部①のトレハロースに還元性がないのは、一方のグルコースの (ア) 位ともう一方のグルコースの (イ) 位のヒドロキシ基が脱水縮合によりエーテル結合を形成しているため、還元性を示す開環構造となることができないからである。(ア) と (イ) にあてはまる数字を記せ。
- (4) 式 1 において R が $-H$, $-CH_3$, $-CH_2C_6H_5$, $-COOC_6H_{11}$ のとき、砂糖と比べて甘みが、それぞれ 8 倍、25 倍、100~200 倍、500 倍以上である。また、D 体のアミノ酸からできたジペプチドには甘みがない。甘みやこれらのジペプチドに関する記述として、もっともふさわしくないものを選び、記号で記せ。
- a R は大きい(かさ高い)ほど甘みが増す。
b 甘みを感じる味覚器は、アミノ酸の光学異性体を区別する。
c これらのジペプチドは、ビウレット反応を示す。
d アスパルテームは、キサントプロテイン反応を示す。
- (5) アスパルテームの等電点は 5.2 である。したがって、pH が 2 の水溶液中で、アスパルテームは② (陽 ・ 陰) イオンとなり、pH が 9 の水溶液中では、③ (陽 ・ 陰) イオンになると考えられる。下線部②と③にあてはまる語を選び、記せ。

設問は次のページへ続く

(6) トロンビンに関する以下の記述のうち、ふさわしくないものをすべて選び、記号で記せ。

- a アスパルテームはトロンビンに結合し、トロンビンとフィブリノーゲンの結合を阻害する。
- b アスパルテームはフィブリノーゲンに結合し、フィブリン生成反応を阻害する。
- c トロンビンはニンヒドリン反応を示さない。
- d トロンビンは酵素である。

(7) 濃度未知のアスパルテーム水溶液 100 mL を取り、含まれている窒素(N)をすべてアンモニアに変え、10 mL の 0.10 mol/L 硫酸に吸収させたのち、過剰の硫酸を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ 5.0 mL を要した。アスパルテーム水溶液の質量パーセント濃度を、有効数字 2 桁で記せ。ただし、アスパルテーム水溶液の密度は 1.0 g/cm^3 とし、アスパルテームの分子量は 294 とする。