

平成 28 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 47 ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物 理 1 ～ 11 ページ、 化 学 12 ～ 25 ページ
生 物 26 ～ 39 ページ、 地 学 40 ～ 47 ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 数学科および化学科の受験者は、90 分。
 - ② 物理学科の受験者は、120 分。
 - ③ 生物学科および自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ④ 生物学科および自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180 分。
 - (4) 農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
- 6 物理および化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理および化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

化 学

注意

- 1 化学選択の受験者は、下の表を見て○印の問題を解答せよ。

問題番号	1	2	3	4
志望学部(学科)				
教育学部	○	○	○	○
理学部(化学科)	○	○	○	○
理学部(数学科・生物学科・ 地質科学科・自然環境科学科)	○	○	○	
医学部	○	○	○	○
歯学部	○	○	○	○
工学部	○	○	○	○
農学部	○	○	○	○

- 2 必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0,

Na = 23.0, Cl = 35.5, Cs = 133,

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

- 3 解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。

1

注意 全学部受験者用

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

16族の酸素が多くの元素と反応してつくる酸化物は、酸性酸化物、塩基性酸化物、両性酸化物などに分類される。非金属元素の酸化物の多くは酸性酸化物である。酸性酸化物は水と反応してオキシ酸を、また塩基と反応して塩を生じる。塩基性酸化物の多くは金属元素の酸化物であり、水と反応して塩基を、また酸と反応して塩を生じる。酸とも塩基とも反応して塩を生じる酸化物は両性酸化物とよばれる。

酸素分子の同素体であるオゾンは、強い酸化作用があるため、湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を用いて検出できる。

酸素と同じ16族に属する元素には、硫黄(第3周期)、セレンSe(第4周期)、テルルTe(第5周期)などがある。これらの元素の水素化合物 H_2O 、 H_2S 、 H_2Se 、 H_2Te の沸点を比較した場合、 H_2O の沸点が一番高い。

H_2S の気体は水に溶け、水に溶けた H_2S の一部は電離する。 H_2S の電離により生じる硫化物イオン S^{2-} は、さまざまな重金属イオンと反応して沈殿を生じる。

問1 下線部(a)について、三酸化硫黄 SO_3 と水との化学反応式と、この反応で生じるオキシ酸の名称を書け。

問2 下線部(b)について、次の酸化物の中から塩基性酸化物をすべて選んで化学式を書け。

NO_2	ZnO	BaO	Fe_2O_3	P_4O_{10}	CO_2
--------	-------	-------	-----------	-------------	--------

問 3 下線部(c)で示す方法では、オゾンとヨウ化カリウムと水の反応、およびこの反応により生じる物質 A とデンプンの呈色反応を利用してオゾンを検出する。オゾンとヨウ化カリウムと水の化学反応式ならびに物質 A の名称を書け。

問 4 下線部(d)について、 H_2S 、 H_2Se 、 H_2Te を沸点の高い順に並べよ。

問 5 下線部(e)について、水に溶解した H_2S は下に示す 2 段階の反応により H^+ 、 HS^- 、 S^{2-} に電離する。



式①と式②の電離定数をそれぞれ K_{a1} 、 K_{a2} とすると、その値は $K_{a1} = 8.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 、 $K_{a2} = 6.3 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ である。次の(1)~(3)に答えよ。ただし、 $[\text{X}]$ は物質 X のモル濃度を表す。

(1) $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{HS}^-]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ の中から必要なものを用い、 K_{a1} と K_{a2} をそれぞれ表せ。

(2) $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 K_{a1} 、 K_{a2} を用い、 $[\text{S}^{2-}]$ を表せ。

(3) 二価の重金属イオン M^{2+} の硫化物 MS の溶解度積は $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-16} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の M^{2+} を含む pH 2.0 の水溶液に H_2S の気体を通じて $[\text{H}_2\text{S}]$ を 0.10 mol/L としたとき、 MS が沈殿するかしないかを、その理由とともに書け。ただし、 H_2S の気体を通じても、水溶液の温度と pH は H_2S の気体を通じる前と変わらないものとする。

I 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

一般に、分子量が1万を超えるような物質を高分子化合物という。このうち、デンプンやタンパク質、ケイ酸塩など自然界に存在するものを (1) 化合物とよび、石油などを原料とする単量体を結合させたものを (2) 化合物という。(2) 化合物の多くは熱や圧力を加えることによって目的とする形に成形することができる。このような性質をもつ高分子で、飲料などの容器に使われている材料を (3) 樹脂という。(3) 樹脂はその熱的性質から (4) 樹脂と (5) 樹脂に分類される。(4) 樹脂を加熱しても明確な融点を示さないが、軟らかくなって変形する温度がある。この温度を (6) という。明確な融点を示さない一つの理由は、樹脂が結晶部分と無定形部分からなるからである。(4) 樹脂は、加熱すると軟らかくなり、冷却すると再び硬くなる。一方、(5) 樹脂は加熱すると重合反応が進み硬化する。

問1 空欄 (1) ～ (6) にあてはまる最も適切な語を次の(ア)～(シ)から選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (ア) 合成 | (イ) 熱可塑性 | (ウ) 熱硬化性 | (エ) 吸水性 |
| (オ) 導電性 | (カ) 軟化点 | (キ) 凝固点 | (ク) 有機高分子 |
| (ケ) 無機高分子 | (コ) 合成高分子 | (サ) 天然高分子 | (シ) イオン交換 |

問 2 下線部(a)の樹脂の構造と性質に関する次の記述(ア)~(エ)のなかで、誤りを含むものを一つ選んでその記号を書け。

- (ア) 結晶部分の割合が高くなると、密度は大きくなる。
- (イ) 結晶部分の割合が高くなると、変形する温度は高くなる。
- (ウ) 結晶部分の割合が高くなると、透明性は高くなる。
- (エ) 結晶部分の割合が高くなると、柔軟性は減る。

問 3 下線部(b)の性質を示す樹脂を次の(ア)~(カ)から三つ選んでその記号を書け。

- (ア) メタクリル樹脂 (イ) メラミン樹脂 (ウ) 尿素樹脂
- (エ) フッ素樹脂 (オ) ポリプロピレン (カ) エポキシ樹脂

問 4 下線部(c)の性質を示す高分子化合物の構造として最も適切なものを次の(ア)~(エ)から選んでその記号を書け。

- (ア) 鎖状構造 (イ) 枝分かれ構造
- (ウ) 立体網目状構造 (エ) 架橋構造

問 5 エチレンを付加重合させて得られる高分子化合物を完全燃焼させると、標準状態で 112 L の二酸化炭素が発生した。燃焼前の高分子化合物の質量を g 単位で求めよ。ただし、有効数字は 2 桁とする。計算の過程も示せ。なお、二酸化炭素は理想気体とする。

II 次の文章を読んで、問6～問9に答えよ。

タンパク質は、多数の α -アミノ酸が縮合した高分子化合物であり、その集合状態の違いから (7) タンパク質と (8) タンパク質に分類される。生体触媒として機能する酵素タンパク質は、主に水溶性の (8) タンパク質として存在し、生体内におけるさまざまな化学反応に関与する。酵素は、反応の相手である基質と酵素内の (9) 部位で相互作用し、特定の基質としか反応しない高い基質特異性を示す。また、酵素が最も高い触媒作用を示す pH のことを (10) pH というが、急激な pH 変化により、pH を元に戻しても酵素の触媒作用がなくなる場合がある。酵素溶液に多量の電解質を加えると沈殿が生じるが、この現象を (11) という。酵素やアミノ酸の性質を詳細に調べるために、イオン交換樹脂を使用した精製法が広く用いられている。

問6 空欄 (7) ~ (11) にあてはまる最も適切な語を次の語群から選び、記号で答えよ。

- (ア) 最適 (イ) 理想 (ウ) 配位 (エ) 乳濁 (オ) 過飽和
(カ) 活性 (キ) 縮合 (ク) 重合 (ケ) 塩析 (コ) 単純
(サ) 複合 (シ) 直鎖状 (ス) 球状 (セ) 繊維状 (ソ) らせん状

問7 下線部(d)について、以下に示す酵素(A)~(C)に対する最も適切な基質を次の(ア)~(ク)から選んでその記号を書け。

- (A) ペプシン
(B) カタラーゼ
(C) インベルターゼ

- (ア) 過酸化水素 (イ) デンプン (ウ) アラニン (エ) 脂肪
(オ) セルロース (カ) グロブリン (キ) DNA (ク) スクロース

問 8 下線部(e)について、このように酵素が触媒活性を失うことの名称を答えよ。また、酵素自身の触媒活性が失われる理由を 40 字以内で説明せよ。

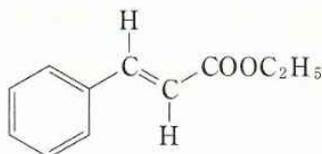
問 9 下線部(f)について、ある α -アミノ酸 X の等電点が 6.0 であるとき、pH 7.5 の溶液中における X の電荷、ならびに X が吸着するイオン交換樹脂の組み合わせとして最も適切なものを次の(ア)~(エ)から選んでその記号を書け。

- (ア) X の電荷は正，陽イオン交換樹脂
- (イ) X の電荷は正，陰イオン交換樹脂
- (ウ) X の電荷は負，陽イオン交換樹脂
- (エ) X の電荷は負，陰イオン交換樹脂

3 注意 全学部受験者用

[注意] 構造式は下の(例)にならって簡略に示せ。

(例)



I 次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。

アニリンはベンゼンを原料として、次の(i)～(iii)の手順で合成できる。

- (i) ベンゼンを濃硫酸と濃硝酸の混合物と約 60 °C で反応させ、ニトロベンゼンを合成する。
(a)
- (ii) ニトロベンゼンにスズと塩酸を反応させる。
(b)
- (iii) (ii)の生成物に水酸化ナトリウム水溶液を加えるとアニリンが遊離する。

フェノールもベンゼンを原料として、次の(iv)～(vi)の手順で合成できる。

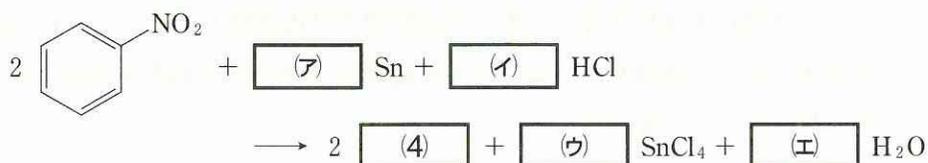
- (iv) ベンゼンに鉄と塩素を反応させる。
- (v) (iv)の生成物に水酸化ナトリウム水溶液を高温高压の条件で反応させる。
(c)
- (vi) (v)の反応後の水溶液に、常圧下で二酸化炭素を通じると、フェノールが遊離する。

アニリンおよびフェノールは染料や医薬品の原料である。例えば、アニリンに塩酸と (1) を反応させると塩化ベンゼンジアゾニウムが生成する。塩化ベンゼンジアゾニウムとナトリウムフェノキシドを反応させるとジアゾカップリングが起る。 (d) ジアゾカップリングで合成される芳香族アゾ化合物は染料として用いられる。一方、ナトリウムフェノキシドと二酸化炭素の反応を高温高压で行った後、希硫酸を作用させると (2) が生成する。(2) にメタノールと濃硫酸を反応させると (3) が生成する。(3) は消炎鎮痛剤として用いられる。

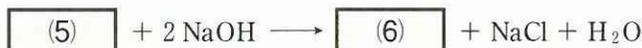
問 1 空欄 (1) にあてはまる最も適切な化合物の示性式を、空欄 (2) と (3) にあてはまる最も適切な分子の構造式を書け。

問 2 下線部(a)の反応をより高い温度で行うと、ニトロ基が二つ置換した化合物を生じる。その構造式を書け。

問 3 下線部(b)の反応は、次の化学反応式で表される。空欄 (ア) ~ (エ) に係数としてあてはまる適切な数字を、空欄 (4) にあてはまる最も適切な分子の構造式を書け。



問 4 下線部(c)の反応は、次の化学反応式で表される。空欄 (5) と (6) にあてはまる最も適切な分子の構造式を書け。



問 5 下線部(d)の反応について、化学反応式を書け。

問 6 次の記述(A)~(F)のうち、アニリンとフェノールの性質としてそれぞれ適切なものをすべて選んで記号を書け。

- (A) 水には溶けにくい、塩酸に溶ける。
- (B) 水には溶けにくい、水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。
- (C) 塩基性条件下でヨウ素を反応させるとヨードホルムの沈殿を生じる。
- (D) 塩化鉄(III)水溶液を加えると、紫色に呈色する。
- (E) アンモニア性硝酸銀を加えると、銀が析出する。
- (F) 無水酢酸と反応させると、アセチル化される。

II 次の文章を読んで、問7～問9に答えよ。

化合物Aは、分子式 $C_mH_nO_4$ で表される。7.20 mgの化合物Aを完全燃焼させたところ、二酸化炭素13.20 mgと水3.60 mgを生じた。ニッケルを触媒として、化合物Aに十分な水素を反応させたところ、分子式 $C_mH_{n+2}O_4$ の化合物Bが得られた。化合物Aを加水分解すると、化合物Cおよび化合物Dを生じた。化合物Cは一価アルコールであった。2.30 gの化合物Cに金属ナトリウムを反応させたところ、標準状態で560 mLの水素が発生した。1.16 gの化合物Dを完全に中和するために、1.00 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液20.0 mLを要した。化合物Dを加熱すると、脱水反応が^(e)おこり化合物Eを生じた。化合物Aの異性体である化合物Fに、ニッケルを触媒として十分な水素を反応させたところ、化合物Bが生成した。^(f)

問7 下線部(e)について、化合物Aの分子式を求めよ。計算の過程も示せ。

問8 下線部(f)について、化合物Cの分子量を求めよ。ただし、有効数字は3桁とする。計算の過程も示せ。なお、水素は理想気体とする。また、化合物Cの示性式を書け。

問9 化合物A、化合物Eおよび化合物Fの構造式を書け。

4

注意 教育学部, 理学部(化学科), 医学部, 歯学部, 工学部および農学部
受験者用

I 次の文章を読んで, 問1~問4に答えよ。ただし, すべての気体は理想気体とし, すべての液体の体積は無視してよい。なお, 127℃の水の飽和蒸気圧は 2.5×10^5 Pa である。

1.0 mol の水素 H_2 と 2.0 mol の酸素 O_2 の混合気体を体積が変化するピストン (a) 容器に入れ, 気体の温度を 27℃, 全圧を 1.0×10^5 Pa にした。次に, ピストン (b) 容器の体積を一定に保ったまま, 容器内の気体に点火して完全燃焼させた後, 気体の温度が 127℃ になるまで放置した。最後に, 気体の温度を 127℃ に保った (c) まま, 容器の体積を減少させた。

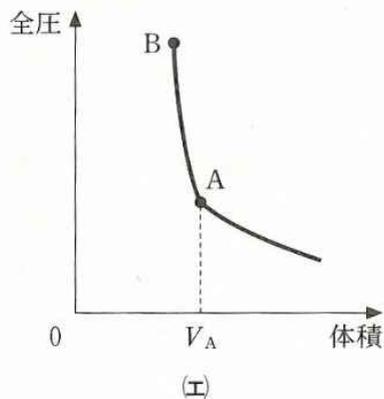
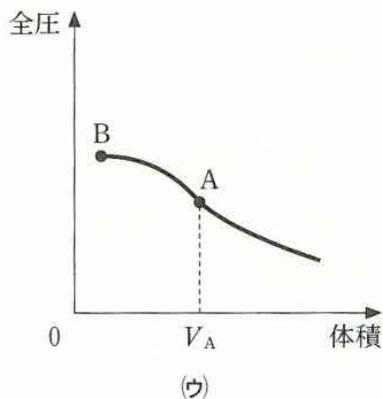
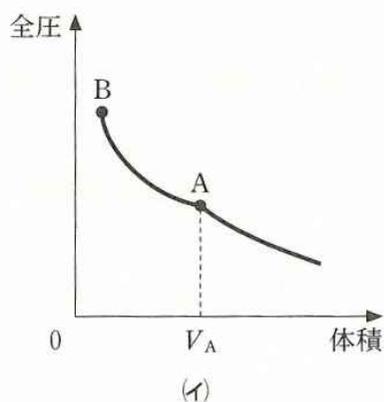
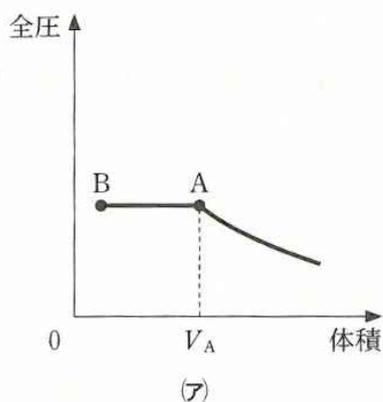
問1 下線部(a)について, 容器内の水素の分圧を Pa 単位で求めよ。ただし, 有効数字は2桁とする。

問2 下線部(b)について, 容器内の酸素の分圧を Pa 単位で求めよ。ただし, 有効数字は2桁とする。計算の過程も示せ。

問3 下線部(b)について, 容器内の水の状態として, 気体, 液体, 固体のうち存在するものをすべて書け。その理由も示せ。

問 4 次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 下線部(c)の操作による体積と全圧の変化を表すグラフとして最も適切なものを、下図(ア)~(エ)から選んで記号で書け。点Aにおいて、水の状態が変化し始め、そのときの体積を V_A とする。



- (2) 上の(1)で選んだ図の点Aから点Bへの過程における水の状態変化を書け。
- (3) 上の(1)で選んだ図の体積 V_A をL単位で求めよ。ただし、有効数字は2桁とする。計算の過程も示せ。

II 次の文章を読んで、問5および問6に答えよ。

イオン結晶では、陽イオンと陰イオンが静電的な引力で結合し、規則的に配列している。例えば、塩化セシウム CsCl は立方体の単位格子の頂点に陰イオン、同じ単位格子の中心に陽イオンが位置する結晶構造を有する。一般に、イオン結晶は同符号の電荷を持ったイオン同士が接触すると結晶は不安定になる。

問5 下線部(d)について、塩化セシウム結晶に関する次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) Cs^+ の配位数を書け。
- (2) 単位格子に含まれる Cs^+ の数を書け。
- (3) 結晶の密度を g/cm^3 単位で表す式を、 Cs^+ のモル質量 M_+ [g/mol]、 Cl^- のモル質量 M_- [g/mol]、単位格子の1辺の長さ a [cm]、およびアボガドロ定数 N_A [/mol] を用いて書け。

問6 下線部(e)について、塩化セシウム結晶を構成している Cs^+ がイオン半径の小さい陽イオンに変わると Cl^- 同士が近づく。塩化セシウム型の結晶について、次の(1)および(2)に答えよ。ただし、陽イオンのイオン半径を r_+ [cm]、 Cl^- のイオン半径を r_{Cl} [cm] とする。

- (1) 単位格子の1辺の長さ a [cm] を表す式を r_+ と r_{Cl} を用いて書け。平方根はそのままよい。
- (2) 結晶が安定であるための r_+ の条件を表す不等式を r_{Cl} を用いて書け。平方根はそのままよい。