

平成30年度 入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～15
化 学.....	16～28
生 物.....	29～53
地 学.....	54～62

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, S = 32.0, Pb = 207。ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 。
気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。

(文章Ⅰ)

原子は原子核と電子で構成される。塩素原子 ^{35}Cl の場合、中性子 **ア** 個と陽子 **イ** 個からなる原子核をもち、その原子核のまわりには **イ** 個の電子が取り巻くように存在している。

陽子数は同じでも中性子数が異なるために質量数の異なる **ウ** が存在する元素がある。この中には放射線を放って他の原子に変化するものもあり、放射性 **ウ** とよばれる。たとえば、プルトニウム ^{239}Pu は陽子が94個であり、中性子は **エ** 個である。 ^{239}Pu は刺激が与えられると核が分裂し、莫大なエネルギーを放出する。

(文章Ⅱ)

周期表の1, 2および12～18族の元素は **オ** とよばれ、金属元素と非金属元素が含まれる。金属元素の原子はイオン化エネルギーが小さいものほど価電子を失って陽イオンとなりやすく、非金属元素の原子は電子親和力が大きいものほど陰イオンになりやすい。また、18族の元素を **カ** とよぶ。

原子がそれぞれのイオンになる際に授受する電子の数を **キ** という。また、周期表の3～11族の元素は **ク** とよばれ、その原子の最外殻電子の数は1もしくは2個だが、イオンになる際には内側の電子殻の電子を失う様子に違いがある。

問 1 文章中の ア ~ ク に入る適切な語句または数字を記せ。

問 2 元素の原子量は相対質量から導かれる。原子の相対質量とは何か。簡潔に答えよ。

問 3 塩素原子は ^{35}Cl と ^{37}Cl が含まれるため、その原子量は 35.48 である。塩化カリウム KCl の式量が 74.60 であるとき、 ^{39}K と ^{41}K のそれぞれの存在比 (%) はいくらか。計算の過程を含めて、整数値で答えよ。

なお、ここではいずれの原子でも相対質量は質量数と等しいものとし、カリウム原子は ^{39}K と ^{41}K 以外は考慮しないものとする。

問 4 金属の特性や分類または構造を表わす説明として、正しいものを 2 つ選び、記号で答えよ。

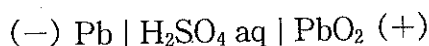
- (a) 展性や延性はほとんどない。
- (b) 2 種以上の金属を融かし合わせたものを合金と呼ぶ。
- (c) 密度が 7 g/cm^3 程度のものが軽金属である。
- (d) 自由電子を持たず、独特の光沢がある。
- (e) ナトリウムやカリウムの結晶は体心立方格子で、その配位数は 8 である。

問 5 Sn , Ag , Ni , Al , Pt , Pb , Fe , Cu の各金属の中で、高温の水蒸気と反応して水素が発生する金属を 2 つ選び、元素記号で記せ。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

酸化・還元は物質間の酸素あるいは水素の授受によって定義できる。また、^①物質間の電子の授受をもとに、酸化・還元を説明することもできる。イオンからなる物質の酸化還元反応においては電子の授受はわかりやすいが、共有結合でできた分子が関係する酸化還元反応では、電子の授受はかならずしもはっきりしない。このような場合に酸化数^②という考え方をを用いると、酸化・還元の関係が明らかになる。

電池は、電子の授受による酸化還元反応に伴って生じるエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。たとえば、鉛蓄電池は次のような構成で表わされる。



この電池では、負極側の鉛原子の酸化数は で、正極側の鉛原子の酸化数は であり、^③両極の間で電子のやりとりが生じる。鉛蓄電池のように、充電により繰り返し使うことができる電池を 電池または蓄電池(充電式電池)という。

一方、外部から水素やメタノールなどの還元剤と酸素などの酸化剤を供給する電池を 電池といい、電解質として高濃度のリン酸水溶液を使用するリン酸型の水素-酸素 電池は次のような構成で表わされる。



この電池は電気エネルギーへの変換効率が比較的高く、クリーンなエネルギー源として注目されている。

問 1 文章中の ア ~ エ に入る適切な語句または数値を記せ。

問 2 下線部①に関して、電子の授受による酸化の定義を 20 字以内で記せ。

問 3 下線部②に関して、次の(a)および(b)の化合物中の窒素原子の酸化数を答えよ。



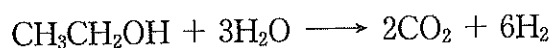
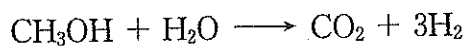
問 4 下線部③で、放電時に負極および正極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

問 5 鉛蓄電池を 0.965 A の一定電流で 20 分間放電させたとき、この放電により変化した正極の質量 [g] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

問 6 下線部④の電池で、放電時に負極および正極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 7 メタノール、エタノールやメタンをそれぞれ触媒存在下で水蒸気と反応させると、次に示す化学反応により水素を生じ、この水素を下線部④の電池の負極側に供給することによって電気エネルギーを取り出すことができる。



同じ質量のメタノール、エタノール、メタンが上記の反応によって完全に二酸化炭素と水素に変換されるとすると、生じた水素から得られる電気量が最も多いものはどれか、物質名で答えよ。また、その物質 1.00 g から生じる電気量 [C] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

3 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。

(文章Ⅰ)

鉱山から採掘される石灰石は炭酸カルシウム CaCO_3 が主成分であり、日本ではめずらしい自給率100%の鉱物資源である。炭酸カルシウムの製造工場では純度の向上や粒子の大きさを整えるために石灰石の化学処理が行われており、製造された炭酸カルシウムは「合成炭酸カルシウム」とよばれている。この製造プロセスは3段階に分けられる。

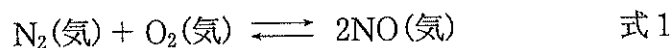
第1段階：石灰石を高温で焼くことで熱分解して生石灰を得る。

第2段階：生石灰を水に入れ、水と反応させることで消石灰をつくる。

第3段階：第1段階で生石灰と同時に生成する気体を、第2段階で得られた消石灰が含まれた水に通じることで、再び炭酸カルシウムが得られる。

(文章Ⅱ)

窒素酸化物は窒素原子と酸素原子から構成される化合物群の総称である。これらは大気中の水分や酸素と反応することで **ア** などの酸に変わるため、酸性雨の原因物質の1つとなっている。空気はおもに窒素と酸素からなるが、常温でこれらが反応して窒素酸化物を生じることはない。一方、きわめて高い温度では空気中の窒素と酸素が反応して窒素酸化物を生じる。たとえば、式1の反応により一酸化窒素 NO が生じる。

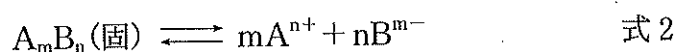


一酸化窒素は酸素と反応して **イ** の二酸化窒素へと変化する。

問1 文章Ⅰの第1段階および第3段階の反応をそれぞれ化学反応式で記せ。ただし、石灰石に含まれる炭酸カルシウム以外の成分は無視してよい。

問 2 文章 I の第 2 段階の反応は発熱反応である。生石灰 2 mol を反応させたときの反応熱と等しい熱量を 300 g の 25 °C の水に加えると、水の温度が 30 °C に上昇した。水の比熱を 4.2 J/(g · K) とするとき、第 2 段階の反応を生石灰 1 mol あたりの熱化学方程式で表わせ。なお、反応熱は kJ 単位および有効数字 2 桁で表わすこと。ただし、加えた熱量はすべて水の温度上昇に使われたものとする。

問 3 一般式 A_mB_n で表わされる難溶性塩が、次のような溶解平衡にあるとき、



その溶解度積 K_{sp} は次のように表わされる。

$$K_{sp} = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n \quad \text{式 3}$$

難溶性塩である消石灰の飽和水溶液の pH を、消石灰の溶解度積 K_{sp} および水のイオン積 K_w を用いて表わせ。

問 4 文章 I の第 3 段階の反応により炭酸カルシウムの白色沈殿が生じた後、引き続き同じ気体を通じると溶液が無色透明になった。この理由を説明せよ。

問 5 文章 II の ア , イ に入る適切な語句の組み合わせを、次の表 1 の記号(a)~(i)から 1 つ選び、記号で答えよ。

表 1

記号	ア	イ
(a)	硝酸	無色
(b)	硝酸	淡青色
(c)	硝酸	赤褐色
(d)	硫酸	無色
(e)	硫酸	淡青色
(f)	硫酸	赤褐色
(g)	塩酸	無色
(h)	塩酸	淡青色
(i)	塩酸	赤褐色

(問題は、次ページに続く。)

問 6 ある温度で密閉容器に N_2 を 2.030 mol と O_2 を 0.530 mol 入れると式 1 にしたがって 0.060 mol の NO が生じ、平衡状態になるものとする。濃度平衡定数 K_c を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、生じる窒素酸化物は NO だけとする。なお解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

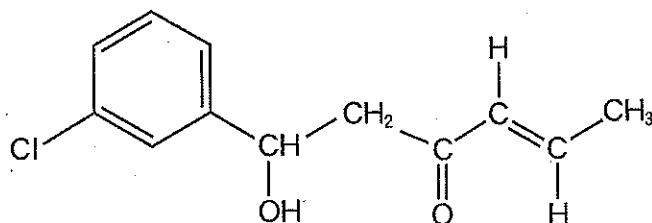
問 7 N_2 1 mol の結合エネルギーは、 O_2 1 mol の結合エネルギーと比べて 1.8 倍大きく、 NO 1 mol の結合エネルギーと比べて 1.5 倍大きいとする。 NO の生成熱が -90 kJ/mol であるとき、 O_2 の結合エネルギー (kJ/mol) を求めよ。なお解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 8 文章 II の下線部の反応について、 25°C で (1)~(3) の異なる実験を行い、次の結果を得た。二酸化窒素の生成速度 v を酸素のモル濃度 $[\text{O}_2]$ 、一酸化窒素のモル濃度 $[\text{NO}]$ および反応速度定数 k を用いて表わせ。また、反応速度定数 k を有効数字 2 桁で、単位をつけて示せ。

- (1) $[\text{O}_2]$ が一定のまま $[\text{NO}]$ を 3 倍にすると、二酸化窒素の生成速度 v が 9 倍になった。
- (2) $[\text{NO}]$ が一定のまま $[\text{O}_2]$ を 3 倍にすると、二酸化窒素の生成速度 v が 3 倍になった。
- (3) $[\text{NO}] = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、 $[\text{O}_2] = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ になった瞬間の二酸化窒素の生成速度 v は $2.9 \times 10^{-9} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ であった。

4 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。解答を構造式で示す場合には例にならって記せ。

(例)

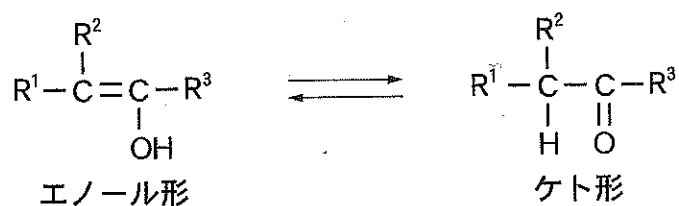


(文章Ⅰ)

分子式 $C_{24}H_{23}NO_3$ で表わされる化合物 A のエステル結合とアミド結合を完全に加水分解したところ、エステル結合はカルボキシ基とヒドロキシ基に、アミド結合はカルボキシ基とアミノ基となり、物質量の比 1 : 1 : 1 で化合物 B、化合物 C、化合物 D からなる混合物が得られた。化合物 B、C、D は、いずれも化合物 E から合成できる。化合物 E は、分子量が 106 の芳香族炭化水素であり、その質量百分率は炭素 90.6%、水素 9.4% である。化合物 B は、化合物 E を $KMnO_4$ により酸化することによって得られた。化合物 E を濃硝酸と濃硫酸の混合物と反応させると、ベンゼン環上の水素原子の 1 つが官能基に置換され、化合物 F を生じた。このとき、化合物 F のほかに構造異性体が生じる可能性は存在しない。化合物 F にスズと濃塩酸を加えて反応させた後に、水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物 C を合成できた。化合物 C は、 $5^\circ C$ 以下に冷やしながら塩酸および亜硝酸ナトリウムと反応させると化合物 G を生じた。化合物 G の溶液を温めたところ、化合物 G と水が反応することにより化合物 D が得られた。

(文章Ⅱ)

ベンゼン環以外に環状構造をもたない芳香族炭化水素 I, J, K の分子式は $C_9H_{10}O$ であることがわかっている。化合物 I は、不斉炭素原子を 1 つもち、フェーリング液とともに加熱すると赤色沈殿が生じた。 化合物 J は、不斉炭素原子を 1 つもち、単体のナトリウムと反応して水素ガスを生じた。化合物 K は、不斉炭素原子をもたないが、単体のナトリウムと反応して水素ガスを生じた。1 mol の化合物 K は、適切な金属触媒が存在する条件下において 1 mol の水素分子と完全に反応し、化合物 L を生じた。化合物 L は、不斉炭素原子を 1 つもっており、適切な条件で酸化したところ化合物 I を生じた。ただし、下に示した平衡により表わされる構造異性体は、より安定なケト形をとるものとする。(R¹, R², R³ は任意の炭化水素基もしくは水素を表わす。)



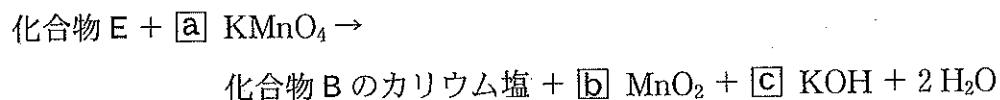
問 1 化合物 E の分子式と名称を記せ。

問 2 化合物 B の名称を記せ。

問 3 化合物 A, C, D, F, G の構造式を記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 4 下線部①の化合物 B は、下式によって表わされる化学反応を行った後に、酸性にすることにより得られる。このとき、1 mol の化合物 E から 1 mol の化合物 B のカリウム塩と 2 mol の水分子が生じることがわかっている。[a]～[c]に入る適切な数字を記せ。



問 5 下線部②の化学反応により化合物 D とともに生じる気体の名称を記せ。

問 6 化合物 D は、化合物 E を濃硫酸とともに加熱して得た化合物 H をアルカリ融解の後に酸性にすることによっても得られる。化合物 H を合成する際に用いる反応の名称を記せ。

問 7 化合物 I, J, K の構造式を記せ。なお、光学異性体は区別しないものとする。

問 8 下線部③の方法で確認した官能基は、アンモニア性硝酸銀溶液を用いることでも確認することができる。アンモニア性硝酸銀溶液に化合物 I を加えて穏やかに加熱すると起こる反応の名称を記せ。

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

タンパク質は、 α -アミノ酸がペプチド結合で結びついた構造である。最も炭素数の少ない α -アミノ酸の **ア** を除き、一般にアミノ酸には鏡像異性体が存在する。アミノ酸のうち、生体内で合成されないあるいは合成されにくいアミノ酸は体外から摂取する必要があるが、これを必須アミノ酸とよぶ。タンパク質を構成するポリペプチド鎖におけるアミノ酸の配列順序は、一次構造という。ポリペプチド鎖は、らせん状の **イ** 構造やジグザグ構造の **ウ** 構造をとることが多く、これをタンパク質の二次構造という。生体内のタンパク質は複雑に折りたたまれて、特有の三次構造をとることが多い。たとえば、毛髪を構成しているケラチンは、硫黄を含むアミノ酸であるシステインを多く含んでおり、 **エ** 結合をつくりタンパク質の構造を安定化させている。

(文章Ⅱ)

グルコースなどの単糖類は脱水縮合することにより、デンプンなどの多糖類を生じる。デンプンは、だ液に含まれるアミラーゼによって加水分解され、二糖類のマルトースへ分解される。マルトースは還元性を示し、ほどよい甘さをもつため、水あめの主成分として使われる。マルトースと構造や性質がほぼ同じである **オ** は、 β -グルコース2分子が脱水縮合した構造で還元性を示す。一方、二糖類のスクロースは還元性を示さない。

問 1 文章中の ア ~ オ に入る適切な語句を記せ。

問 2 下記の α -アミノ酸のうち、必須アミノ酸を 2 つ選び、記号で答えよ。

- | | |
|------------|--------------|
| (a) チロシン | (b) メチオニン |
| (c) アラニン | (d) セリン |
| (e) グルタミン酸 | (f) フェニルアラニン |

問 3 アミノ酸に関して以下の問いに答えよ。

- (a) 「平衡」, 「電荷」, 「pH」の 3 つの語句を用いて、等電点とは何かを簡潔に述べよ。
- (b) アラニン, リシン, グルタミン酸の 3 つのアミノ酸の中で最も等電点が高いものを答えよ。

問 4 文章 II の下線部についてスクロースが還元性を示さない理由を簡潔に述べよ。

問 5 次の(a)~(e)の記述のうち、誤っているものを 2 つ選び、記号で答えよ。

- (a) アミロースは、グルコースがグリコシド結合で連なった直鎖状の分子である。
- (b) ラクトースはラクターゼにより、ガラクトースとフルクトースへ分解される。
- (c) グルコースと比べると、多糖類はほとんど甘みがない。
- (d) グルコースは、アルコール発酵によりエタノールと酸素になる。
- (e) アミロペクチンはもち米に多く含まれる。

問 6 40.5 g のデンプンを完全に加水分解すると何 g のグルコースが生じるか。また、生じたグルコースを完全燃焼した場合、生じる二酸化炭素 CO_2 の体積 (L) はいくらか。いずれも有効数字 3 桁で答えよ。なお、気体は標準状態とする。