

平成 23 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 55 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 ~ 15 ページ,	化 学	16 ~ 30 ページ
生 物	31 ~ 47 ページ,	地 学	48 ~ 55 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) 教育学部及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 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
 - ② 物理学科の受験者は、120 分。
 - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ④ 生物学科及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) 医学部及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 物理と化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理と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 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、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。

志望学部(学科)	問題番号				
	1	2	3	4	5
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 問題 4 には、選択問題 I と II が出題されている。

I は「生活と物質」から、II は「生命と物質」からの出題である。いずれか一つを選択し、解答すること。

I と II の両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

1

注意 教育学部、理学部(数学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科)、
工学部および農学部受験者用

I 下の図は周期表の第1周期から第5周期までの概略図で、元素の性質をもとに、(ア)～(ケ)の領域に分けられている。問1～問4に答えよ。

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	(ア)																	
2		(ウ)																(ケ)
3	(イ)												(カ)	(キ)			(ク)	(ケ)
4		(エ)	(オ)										(カ)	(キ)			(ク)	(ケ)
5																(ク)	(ケ)	

問1 領域(オ)の元素群の名称を書け。また、領域(オ)の元素は、同族元素だけでなく同一周期の隣り合う元素とも性質が似ている場合が多い。その理由を「価電子」という語を用いて説明せよ。

問2 金属元素が含まれる領域の記号をすべて書け。

問3 17族元素の水素化合物のうち、沸点が最も高い水素化合物の名称を書け。また、その理由を説明せよ。

問4 乾燥空気中に体積で約1%含まれており、電球に封入するガスとして利用されている元素が属する領域の記号とその領域の元素群の名称を書け。また、この元素が封入ガスとして利用されている理由を「価電子」という語を用いて説明せよ。

II 次の問 5 および問 6 に答えよ。

問 5 次の記述(ア)~(キ)の中から化学変化にあたるものをすべて選び、記号で記せ。

- (ア) ボールが当たって窓ガラスが割れる。 (イ) 鉄くぎがさびる。
(ウ) 海水を蒸留して純粋な水を得る。 (エ) 木が燃える。
(オ) 透析により血液から老廃物を除く。 (カ) 水が沸騰する。
(キ) 石灰水に息を通じると白濁する。

問 6 プロパンを完全燃焼させるときの熱化学方程式は、次式で表すことができる。



プロパンの燃焼に関して次の実験を行った。

1.0 mol のプロパンを過剰量の酸素で完全燃焼させた。燃焼で生じた二酸化炭素と未反応の酸素の体積比は、標準状態(0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)で 3.0 : 1.0 であった。また、燃焼で生じた熱を用いてある体積の水を加熱したところ、水の温度は 10.0℃ 上昇した。次の(1)~(4)に答えよ。ただし、燃焼で生じた熱はすべて水の加熱に使われたものとする。また、すべての気体は理想気体とみなしてよい。必要があれば、生成熱(25℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)は $\text{H}_2\text{O}(\text{液}) = 286 \text{ kJ/mol}$, $\text{CO}_2(\text{気}) = 394 \text{ kJ/mol}$, $\text{C}_3\text{H}_8(\text{気}) = 105 \text{ kJ/mol}$, 水の密度は 1.0 g/cm^3 , 水 1 g の温度を 1℃ 上げるのに必要な熱量は 4.2 J を用いよ。

- (1) 反応熱は物質の変化する前と後の状態だけで決まり、その変化の経路には無関係である。この法則の名前を書け。
- (2) 燃焼前の酸素の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。
- (3) 熱化学方程式の反応熱 Q を整数値で求めよ。計算の過程も示せ。
- (4) 加熱された水の体積は何 L か、有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

2

注意 全学部受験者用

I 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

硫黄は多くの酸化数をとることが知られている。火山ガスに含まれる硫黄の化合物には硫黄の酸化数が である化合物 A と酸化数が である化合物 B がある。化合物 A は刺激臭，化合物 B は腐卵臭をもつ気体で，どちらも空気より重く，毒性がある。火山ガスの噴出孔付近では，化合物 A と化合物 B が反応することにより単体の硫黄が生成し析出する。^(a)

硫酸は工業的に大量に生産されている硫黄の化合物で，硫酸の中の硫黄の酸化数は である。希硫酸は強酸で，水素よりもイオン化傾向が大きい金属と反応して水素を発生する。また，濃硫酸を加熱したものは酸化力が強く，銅と反応して化合物 A を発生する。^(b)

問 1 化合物 A および B の名称と化学式をそれぞれ書け。

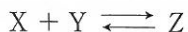
問 2 空欄 ～ にあてはまる硫黄の酸化数を書け。

問 3 下線部(a)の反応を化学反応式で書け。また，この反応における化合物 A および B の反応をイオン反応式で書け。ただし，電子を e^- で表せ。

問 4 下線部(b)の反応を化学反応式で書け。

II 次の文章を読んで、問5～問8に答えよ。

化合物X, Y, Zが関係する可逆反応



を考える。

この反応の正反応の反応速度はXの濃度とYの濃度の両方に比例し、逆反応の反応速度はZの濃度に比例する。正反応の反応速度定数は $k = 1.0 \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ 、平衡定数は $K = 4.0 \times 10^5 \text{ L}/\text{mol}$ とする。ただし、この反応以外の化学反応は起こらず、反応に伴う温度変化および体積変化は無視できるものとする。

問5 XとYからZが生じる化学反応の反応速度式を書け。反応速度を v 、反応速度定数を k とし、たとえば、化合物Aの濃度は[A]のように表せ。

問6 XとYをそれぞれ同じ濃度 $[X]_0$ になるように混合した。一定時間経過後、正反応の反応速度を求めたところ、混合直後の反応速度の0.01倍となっていた。このときのXの濃度[X]を $[X]_0$ を用いて表せ。求めた過程も示せ。

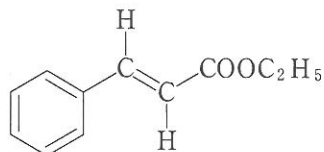
問7 逆反応の反応速度定数を有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問8 触媒の存在のもとでXとYを反応させたところ、上の反応が平衡に達するまでの時間は短くなり、平衡定数は変わらなかった。この理由を「活性化エネルギー」および「反応速度」という語を用いて説明せよ。

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4に答えよ。

鎖状構造の飽和炭化水素を (1) という。メタンは最も構造の簡単な (1) で、 (2) 構造をしている。メタンと塩素の混合気体に光を当てると、 (3) 反応が進行して、水素が塩素に (3) された化合物ができる。炭素の数が4以上の (1) には、炭素原子のつながり方の違いによる (4) 異性体が存在する。

分子内に二重結合を一つ含む鎖式不飽和炭化水素を (5) という。(ア) は最も構造の簡単な (5) で、エタノールに濃硫酸を加えて160℃以上に熱すると、分子内で脱水反応が起こり (ア) が生成する。臭素水に (ア) を通じると、臭素の赤褐色が消失する。炭素数が4以上の (5) には、炭素原子のつながり方および二重結合の位置の違いによる (4) 異性体の他に、二重結合についての炭化水素基の配置が異なる (6) 異性体が存在する。

分子内に三重結合を一つ含む鎖式不飽和炭化水素を (7) という。(イ) は最も構造の簡単な (7) で、炭化カルシウム(カーバイド)に水を作用させると (イ) が生成する。炭素と炭素の三重結合には、二重結合と同様に (8) 反応が起こりやすい。塩化水銀(II)を触媒にして、(イ) に一分子の塩化水素を (8) させると、合成樹脂の原料となる (ウ) が生成する。

問 1 空欄 (1) ~ (8) にあてはまる最も適切な語を書け。

問 2 空欄 (ア) ~ (ウ) にあてはまる分子を構造式で書け。

問 3 下線部について、(6) 異性体が存在するのは、炭素と炭素の二重結合のどのような性質によるものか説明せよ。

問 4 分子式 C_4H_8 の化合物のうち、下線部に該当する化合物の構造式と名称をすべて書け。

II 次の実験に関する記述(1)~(5)を読んで、問 5 ~ 問 7 に答えよ。

(1) 炭素、水素、酸素からなる化合物 A 13.9 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 35.2 mg と水 9.9 mg を生じた。また化合物 A の分子量を測定すると 278 であった。

(2) 化合物 A に希塩酸を加えて加熱したところ、化合物 B と、B の 2 倍の物質量の化合物 C が得られた。なお化合物 B はベンゼン環を、化合物 C は不斉炭素原子をもっていた。

(3) 化合物 B は、B の 2 倍の物質量の水酸化ナトリウムと反応し、塩を生じた。

(4) 化合物 B を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると、二酸化炭素を発生した。

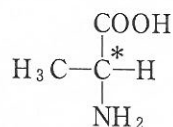
(5) 化合物 C は二クロム酸カリウムの希硫酸溶液で酸化された。

問 5 化合物 A の分子式を求めよ。求めた過程も示せ。必要があれば、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ を用いよ。

問 6 化合物 B として考えられるすべての化合物の構造式を書け。

問 7 化合物 C の構造式を書け。下の(例)にならって不斉炭素原子には*印をつけよ。

(例)



4

注意1 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

注意2 Iは、「生活と物質」から、IIは、「生命と物質」からの出題である。

いずれか一つを選択し、解答すること。

IとIIの両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

I 〈選択問題(生活と物質)〉

(i) 次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。

繊維は、素材の性質に応じて、様々な方法で染色される。絹や羊毛の染色には、塩基性基である (1) 基と結合する (2) 染料や、酸性基である (3) 基と結合する (4) 染料が主に用いられる。このとき染料の分子と繊維の分子は、化学結合の一種である (5) 結合によって結びつく。繊維に直接染着する直接染料は、主に綿の染色に用いられる。この染色法では、染料の分子と綿の分子は (6) で結合するため結合力が弱く、色落ちに注意が必要である。

問1 空欄 (1) ～ (6) にあてはまる最も適切な語を書け。

問2 エチレングリコールとテレフタル酸の縮合重合によってポリエチレンテレフタレートが生成するとき、形成される結合の名称を書け。

問3 ポリエチレンテレフタレートは (5) 結合によって結びつく染料で染色しやすいか、しにくいかを理由とともに答えよ。

(ii) 次の文章を読んで、問4～問7に答えよ。

機能性高分子化合物のひとつにイオン交換樹脂がある。陽イオン交換樹脂は 基や 基をもち、陽イオン交換樹脂を希塩酸で処理後、純粋な水で十分洗ったものは、水溶液中の陽イオンと が交換する。一方、陰イオン交換樹脂を水酸化ナトリウム水溶液で処理後、純粋な水で十分に洗ったものは、水溶液中の陰イオンと が交換する。

イオン交換樹脂を用いて、しょうゆ中に含まれるナトリウムイオン濃度を測定するために次の操作を行った。前述のように処理した十分量の イオン交換樹脂に10倍に希釈したしょうゆ2.0 mLを通した。このイオン交換樹脂を純粋な水で十分に洗浄し、イオン交換樹脂とイオン交換しない中性やイオン性の物質を除いた。その後、このイオン交換樹脂に1.0 mol/L塩酸を10 mL流し、ナトリウムイオンを完全に溶出させた。この溶液を中和するのに0.50 mol/L水酸化ナトリウム水溶液が18.94 mL必要であった。

問4 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語を書け。なお(1)と(2)は順不同である。

問5 下線部(a)について、10倍に希釈したしょうゆは弱酸性を示すが、イオン交換樹脂を通過して出てきた溶液のpHは、10倍に希釈したしょうゆと比べてどのようになっているか、その理由とともに答えよ。

問6 下線部(b)について、イオン交換樹脂が十分に洗浄されたか否かを調べるために、通過液に含まれるあるイオンの存在を調べた。そのイオンの名称と、検出するために最も適切な試薬の名称を書け。

問7 希釈前のしょうゆのナトリウムイオン濃度は何g/Lか、有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、このイオン交換樹脂に結合した試料中の成分はすべてナトリウムイオンであったとせよ。必要があれば、原子量は $\text{Na} = 23$ を用いよ。

II 〈選択問題(生命と物質)〉

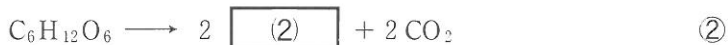
(i) 次の文章を読んで、問 1～問 9 に答えよ。

生体内の化学反応で、ある種のタンパク質は特定の反応物(R)から生成物(P)を生じる反応に対して触媒(C)として働く。



Cは、①式のようにRと結合してCRとなり、さらに反応が進行してCRはPを生じる。①式は、反応の前後でCは変化せず、RはPに変化していることを示している。

三大栄養素の一つである糖類からエネルギーを得る手段を という。次の②式は酸素を必要としないときのエネルギー獲得反応を、③式は酸素を必要とするときのエネルギー獲得反応を示している。



二糖類であるマルトース($C_{12}H_{22}O_{11}$)51.3gを溶かした水溶液に、マルターゼを加えて37℃で5分間保った後、65℃で5分間保って反応を停止させた。マルトースの残量を測定すると、その90%が加水分解されたことがわかった。ここで得られた単糖が、②式の反応で代謝されると、 と二酸化炭素が生成し、エネルギーが生じる。

問 1 ①式のCRは何とよばれるかを書け。

問 2 ①式において、Cは特定のRと結合する。この特異性が生じる理由を説明せよ。

問 3 ①式にあるCと結合し、その働きを助ける金属イオンや低分子量の化合物は何とよばれるかを書け。

問 4 空欄 にあてはまる最も適切な語を書け。

問 5 空欄 (2) にあてはまる化合物を示性式で、空欄 (3) および (4) にあてはまる化合物を分子式で書け。なお(3)と(4)は順不同である。

問 6 下線部(a)の温度でこの化学反応の反応速度は最大であった。このような温度は何とよばれるかを書け。

問 7 下線部(b)の処理で反応が停止する理由を説明せよ。

問 8 下線部(c)で得られた単糖の名称を書け。また、得られた単糖の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。必要があれば、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ を用いよ。

問 9 下線部(d)の二酸化炭素生成量は標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) で何 L か、有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、得られた単糖は②式の反応で完全に代謝されたものとする。また、二酸化炭素は理想気体とみなしてよい。必要があれば、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。

(ii) 次の文章を読んで、問 10～問 12 に答えよ。

病原菌の繁殖を抑える作用や死滅させる作用をもつ殺菌・消毒薬には多くの種類があり、用途に応じて使い分けられる。うがい薬に用いられる (1) は褐色に着色しており、ハロゲンを含んでいる。70～80 % 水溶液で手指や傷口の消毒に用いられる (2) は、細菌に浸透して効果を示す。 (3) は 3 % 水溶液のものが使われ、傷口の消毒に用いられる。フェノール類に分類される (4) は、皮膚を痛めるフェノールに代わるものとして手指の消毒に用いられるが、特有の強い臭いがある。

問10 空欄 (1) ~ (4) にあてはまる最も適切な化合物または語を次の(ア)~(シ)の語群から選び、記号で記せ。

- | | |
|---------------|-------------------|
| (ア) エタノール | (イ) 過酸化水素 |
| (ウ) 逆性セッケン | (エ) クレゾール |
| (オ) 酢酸 | (カ) 炭酸カルシウム |
| (キ) 炭酸水素ナトリウム | (ク) ナフタレン |
| (ケ) フェーリング液 | (コ) メタノール |
| (サ) メチルオレンジ | (シ) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液 |

問11 (3) はどのような作用で殺菌効果を示すかを書け。

問12 飲料水の消毒に用いられる消毒薬の物質名を一つ書け。

2025年10月1日 第156号

5 は次ページ

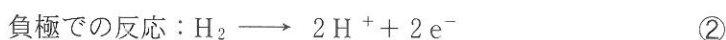
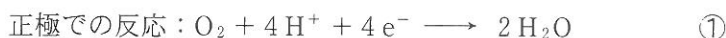
5

注意 理学部(化学科), 医学部および歯学部受験者用

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。必要があれば、原子量は
 $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$,
 ファラデー定数 $F = 9.7 \times 10^4 \text{ C/mol}$,
 生成熱(25 °C, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)は $\text{CH}_4(\text{気}) = 75 \text{ kJ/mol}$,
 $\text{H}_2\text{O}(\text{気}) = 242 \text{ kJ/mol}$, $\text{CO}(\text{気}) = 111 \text{ kJ/mol}$, $\text{CO}_2(\text{気}) = 394 \text{ kJ/mol}$ を用いよ。

酸素と水素の酸化還元反応により、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変える酸素—水素燃料電池が使われはじめている。水素は保管や運搬に不便なので、適当な炭化水素やアルコールから水素を作り、空気中の酸素と反応させて電気を得ることが多い。炭化水素やアルコールから水素を作る反応を改質反応といい、オクタンやエタノールなどを水蒸気と反応させ、水素と二酸化炭素を得る。

電池を含む回路では、電池外部の導線を電子が流れ、電池内部をイオンが移動する。このイオンを担体といい、水溶液を電解質とする燃料電池では、水素イオンと水酸化物イオンが担体となる。水素イオンが担体であるときの各電極での反応は、イオン反応式①、②で表すことができる。

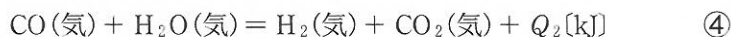


正極で酸素が還元され、負極で水素が酸化されることは、担体の種類にかかわらず同じである。

問1 下線部のオクタンおよびエタノールから水素を得る改質反応を化学反応式で書け。

問2 水酸化物イオンを担体とする酸素—水素燃料電池の各電極での反応をイオン反応式で書け。ただし、電子を e^- で表せ。

問 3 天然ガスの主成分であるメタンの改質反応は2段階の反応ですすみ、熱化学方程式③、④で表すことができる。(1)および(2)に答えよ。



(1) 各段階の反応熱 $Q_1[\text{kJ}]$ 、 $Q_2[\text{kJ}]$ と全反応の反応熱 $Q_T[\text{kJ}]$ の値を整数値で求めよ。計算の過程も示せ。

(2) メタンから水素と二酸化炭素を得る改質反応を続けるためには、加熱または冷却のどちらを続けることが必要かを、理由とともに答えよ。

問 4 エタノールを改質反応に用いる燃料電池において、エタノール 1.0 kg から得られる最大の電気量を、有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問 5 ガソリンの改質反応により得られる水素を用い、燃料電池の電気エネルギーを自動車の駆動に用いる試みがある。ガソリンはオクタンのみからなるとし、このガソリン 57 L を改質させたとき、生成する水素ガスの体積は 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か、有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、オクタンの密度を 0.70 kg/L とし、改質反応は下線部のオクタンの反応を用いるものとする。水素は理想気体とみなしてよい。