

平成 25 年度入学試験問題(前期)

理 科

物 理 1 ~ 8 ページ 化 学 9 ~ 16 ページ
生 物 17 ~ 29 ページ 地 学 30 ~ 37 ページ

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 各科目のページは上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 各科目の問題は、学部・学科・専攻等によって異なる点があるから、下に表示する。

(1) 物理を選択した受験者

該当する学部学科全て ①②③④

(2) 化学を選択した受験者

教育学部 ①②③④⑤⑥

医学部医学科 ①②③④

医学部保健学科 ①②③⑤

理工学部 ①②③④⑤⑥

農学生命科学部分子生命科学科 ①②③⑤

農学生命科学部生物学科、生物資源学科、園芸農学科 ①②③④⑤⑥

(3) 生物を選択した受験者

教育学部 ①③④ならびに⑤または⑥

医学部医学科 ①②④

医学部保健学科 ①②④

理工学部 ①②③④ならびに⑤または⑥

農学生命科学部 ②③④ならびに⑤または⑥

(4) 地学を選択した受験者

該当する学部学科全て ①②③④

6. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。

7. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

化 学

単位Lはリットルを表す。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

$$H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad N = 14.0 \quad O = 16.0$$

$$\text{ファラデー定数 } F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

- 1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

炭素(C), 水素(H), 酸素(O)のみから成る3種類の有機化合物A, B, Cを含むジエチルエーテル溶液がある。ただし、化合物A, B, Cの炭素数は7以下であり、ベンゼン環上に1個の置換基を持つ。化合物A, B, Cをそれぞれ分離するために実験1から3を行った。さらに、分離した溶液に対して実験4から7を行った。

実験1：分液漏斗に有機化合物A, B, Cを含むジエチルエーテル溶液を移し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて振り、水層①とエーテル層②に分けた。

実験2：水層①を新たな分液漏斗に移し、二酸化炭素を吹き込んだ後、ジエチルエーテルを加えて振り、水層③とエーテル層④に分けた。

実験3：水層③を新たな分液漏斗に移し、塩酸とジエチルエーテルを加えて振り、水層⑤とエーテル層⑥に分けた。

実験4：化合物Aが含まれるエーテル層②に過マンガン酸カリウム水溶液を加え、高温で加熱した。その後、ろ過した溶液に硫酸を加えたところ、エーテル層⑥に含まれる化合物Cが析出した。

実験 5：化合物 B が含まれるエーテル層④に水酸化ナトリウム水溶液を加えた。さらに、高温・高圧下で二酸化炭素を反応させた後、希硫酸を加えたところ化合物 D ができた。

実験 6：化合物 D にメタノールを加え濃硫酸とともに加熱したところ、化合物 E が生成した。

実験 7：化合物 D に無水酢酸を加え濃硫酸とともに加熱したところ、ベンゼン環を持つ化合物 F が生成した。

問 1 化合物 A, B, C の構造式をそれぞれ記せ。

問 2 実験 6 の反応を化学反応式で示せ。ただし有機化合物は構造式で記せ。

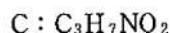
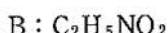
問 3 実験 7 の反応を化学反応式で示せ。ただし有機化合物は構造式で記せ。

問 4 3種類の化合物 A, B, C を含むジエチルエーテル溶液のエーテルを全て蒸発させたところ、494 mg の混合物 G を得た。混合物 G を完全燃焼させた結果、水 306 mg と二酸化炭素 1452 mg が生成した。この結果から、混合物 G に含まれる化合物 A, B, C の物質量の比を簡単な整数比で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、混合物 G にはエーテル成分の残留はなく、化合物 A, B, C のみから成るものとする。

2

以下の文章を読み、各問い合わせよ。

4個のアミノ酸からなるペプチドA(分子量304.0)を加水分解したところ、3種類の α -アミノ酸B, CおよびDが得られた。B, C, Dを分析したところ、それぞれ以下の組成式であることがわかった。なお、Aは分子内にヒドロキシ基を持つことがわかっている。



問1 α -アミノ酸B, C, Dの示性式を示せ。

問2 ペプチドAを加水分解して得られた混合物中における α -アミノ酸B, C, Dの存在比(物質量の比)を簡単な整数比で求めよ。計算の過程も示せ。

問3 1分子のペプチドAには不斉炭素は何個存在するか答えよ。

問4 ペプチドAの水溶液に濃硝酸を加え、加熱後にアンモニア水を加えた。このとき、水溶液の色はどのように変化するか。次の選択肢の中から正しいものを選び、記号で答えよ。

- (ア) 赤紫色になる (イ) 橙黄色になる (ウ) 白色沈殿が生じる
(エ) 黒色沈殿が生じる (オ) 変化しない

問5 pH 1.0およびpH 13.0の水溶液中における α -アミノ酸Dを、イオン化している場所がはっきりわかるような形の示性式で、それぞれ書け。

問6 α -アミノ酸Cに無水酢酸を反応させたときに生じる化合物の示性式を示せ。

3 以下の文章を読み、各問い合わせよ。

二種類の反応物 A, B から一段階で生成物 P ができる反応について、種々の条件でこの反応を行った。反応の初期段階で、平均の反応速度を求めたところ、表 1 のような結果が得られた。

表 1 反応条件とその結果

反応温度 [°C]	反応物 A の初濃度 [mol/L]	反応物 B の初濃度 [mol/L]	反応開始から 1 分間 の平均の反応速度 [mol/(L・分)]
25	1.0	0.5	0.0025
	1.0	1.0	0.010
	2.0	1.0	0.020
	1.0	2.0	0.040
	2.0	2.0	0.080
35	2.0	1.0	0.040
	4.0	0.5	[ア]

問 1 この反応の反応速度は、反応物 A と B の濃度の何乗に比例するか、それぞれ答えよ。

問 2 表中のアに入る数値はいくらと予想されるか。またその理由も簡潔に述べよ。

問 3 この反応は発熱反応であり、P の 1 molあたりの発熱量が Q[J] ($Q > 0$) であるとする。この時、この反応についての熱化学方程式を書け。

問 4 化学反応は一般に平衡反応であり、ルシャトリエの原理にしたがう。この反応について、系の温度を高くした場合、反応速度と生成物 P の最終生成量はそれぞれどうなるか答えよ。またその理由もそれぞれ簡潔に述べよ。

問 5 この系に触媒として物質 C を加えて反応を行った場合、反応速度と生成物 P の最終生成量はそれぞれどうなるか。

4 次の各問いに答えよ。

硫化水素は水溶液中で 2 段階に電離し、その電離定数 (K_1 , K_2) は次のとおりである。

$$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^- \quad K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-} \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}$$

問 1 それぞれ Zn^{2+} を $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, Cd^{2+} を $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, Ni^{2+} を $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, Fe^{2+} を $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 含む 4 種類の水溶液がある。いずれの水溶液も pH は 1.0 である。これらの水溶液に硫化水素ガスを通じて飽和させた。

- (1) 水溶液中の硫化物イオン S^{2-} の濃度を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 枠で答えよ。ただし、硫化水素を飽和させた水溶液における硫化水素の濃度は、水溶液の pH に関係なく 0.10 mol/L であるとする。
- (2) 硫化物の沈殿が生成するかどうか、溶解度積を用いた計算結果に基づいて述べよ。解答欄には、沈殿を生じるすべての硫化物の化学式を記せ。なお ZnS , CdS , FeS , NiS の溶解度積は、それぞれ以下のとおりとする。

$$\text{ZnS} : 5.0 \times 10^{-28} \text{ [(mol/L)²]}$$

$$\text{CdS} : 1.0 \times 10^{-28} \text{ [(mol/L)²]}$$

$$\text{FeS} : 1.0 \times 10^{-19} \text{ [(mol/L)²]}$$

$$\text{NiS} : 1.0 \times 10^{-24} \text{ [(mol/L)²]}$$

問 2 Ni^{2+} の濃度が $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の水溶液 1.0 L に硫化水素を飽和させるとき、水溶液の pH をいくらにすれば Ni^{2+} の 90 % が NiS として沈殿するか。なお条件や数値などは問 1 と同様とする。計算の過程を示し、答えは小数第 2 位まで示せ。

5 以下の文章を読み、各問い合わせよ。

窒素とリンは、周期表で同じ〔ア〕族の同族元素であり、その価電子は〔イ〕個である。

窒素は、そのうち〔ウ〕個の不対電子を用いて、〔エ〕結合により窒素分子やアンモニア分子をつくる。窒素分子は3対の〔オ〕を持ち、常温では安定で、不活性である。一方アンモニア分子は窒素原子に1対の〔カ〕があり、これを用いてさらに水素イオンや銅(II)イオンと〔キ〕結合をつくることができる。窒素分子は常温、常圧では安定であるが、窒素と水素の混合気体を高温(約500℃)、高圧(約60 MPa)下で、鉄を主成分とする触媒を用いて反応させ、アンモニアを工業的に合成することができる。さらに、アンモニアを原料として、硝酸を工業的に製造する方法は、次のとおりである。まず、アンモニアと空気を混合し、800℃で〔ク〕を触媒として〔ケ〕を合成する。次に、生成した〔ケ〕を空気でさらに酸化し、〔コ〕を生成する。最後に、〔コ〕を水に吸収させて硝酸を得る。硝酸と共に生成した〔ケ〕は、再び下線②の反応で利用される。

リンの代表的な単体には〔サ〕と〔シ〕がある。これらは互いに〔ス〕であるが、〔サ〕は有毒で、反応性に富むので、〔セ〕に保存する。〔シ〕は〔サ〕に比べ毒性が低く、反応性が乏しい。リンを空气中で燃焼させると十酸化四リンを生じる。十酸化四リンは〔ソ〕剤として用いられる。十酸化四リンは水を加え煮沸すると〔タ〕となる。

問 1 []内のアからタにあてはまる適切な語または数字を入れよ。

問 2 下線①から③の反応を化学反応式で記せ。

問 3 アンモニアおよび硝酸のそれぞれに含まれる窒素の酸化数を答えよ。

問 4 1.0 kg のアンモニアをすべて硝酸にすると、質量パーセント濃度70%の硝酸は何kg 得られるか。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で表せ。

6 以下の文章を読み、各問い合わせに答えよ。

太陽光発電などの再生可能エネルギーの普及とともに、エネルギーを“ためられる”蓄電池が期待されている。鉛蓄電池は、現在一般に流通している蓄電池の中で最も古い歴史を持ち、現在でも自動車をはじめ、電気通信や非常用電源などに広く利用されている。

問 1 鉛蓄電池の負極、電解質、正極の物質名をそれぞれ記せ。

問 2 この電池が充電されるとき、負極と正極でおこる反応を、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

問 3 ある電気自動車は鉛蓄電池から 1.0 mol の電子が流れたとき 2.0 km 走行できる。太陽電池パネルより 50.0 A の一定電流で 10 時間鉛蓄電池を充電し、太陽電池発電で得られる電気量をすべて貯蔵する場合、電気自動車の最大走行距離を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 電気自動車を走らせた後、この電池の電解質の濃度は走行前と比べてどのように変化するか。またその理由を簡潔に記せ。