

理 科

物 理： 1 ～ 9 ページ

化 学： 11 ～ 21 ページ

生 物： 22 ～ 32 ページ

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答時間は2科目で120分間です。
3. 解答は、物理、化学、生物のうちから2科目を選び、選択した科目の解答用紙を使用して解答しなさい。解答用紙は物理（緑色）、化学（茶色）、生物（青色）です。
4. 解答用紙の記入にあたっては、解答用紙の注意事項を参照し、HBの鉛筆を使用して丁寧にマークしなさい。
5. 受験番号、氏名、フリガナを物理、化学、生物すべての解答用紙に記入しなさい。受験番号は記入例を参照して、正しくマークしなさい。
6. 選択しない科目の解答用紙には、記入例を参照して、非選択科目マーク欄にマークしなさい。
7. マークの訂正には、消しゴムを用い、消しきずは丁寧に取り除きなさい。
8. 試験開始後、ただちにページ数を確認し、落丁や印刷の不鮮明なものがあれば申し出なさい。
9. 試験終了後、物理、化学、生物すべての解答用紙を提出しなさい。問題冊子は持ち帰りなさい。
10. 解答用紙は折り曲げないようにしなさい。

解答用紙の受験番号記入例と非選択科目記入例

数字の位置	受 験 番 号				
	万	千	百	十	一
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9

物理を選択しないで、解答する場合

非選択科目マーク欄	
物理を選択しない 場合のみマーク してください。	➡ ●

化 学

次の ～ の解答としてそれぞれの解答群の中から 1 つ選び、解答欄にマークしなさい。必要ならば、以下の値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Co = 58.9

理想気体の気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ [L} \cdot \text{Pa / (K} \cdot \text{mol)]}$

1 次の問 1 と問 2 に答えなさい。同じ記号を何度選んでもよい。

問 1 セッケンや合成洗剤は、分子の両端が異なる性質をもつため洗浄剤として働くことができる。セッケン分子中の はイオン性で、このため である。一方、この分子中の長い炭化水素部分は であるため、油脂のような物質になじみやすい。このためセッケン分子は、水と油の両方に引きつけられる。セッケンを一定濃度以上で水に溶かすと、 部分を内側に、 部分を外側に向けて、球状の を形成する。油汚れはセッケン分子の 部分におおわれて、 の内部に捕えられて水中に分散し、洗い流すことができる。このような作用を、 という。

< ～ の解答群 >

- ① 親水性 ② 疎水性 ③ 水素イオン ④ アミノ基 ⑤ カルボキシ基
⑥ けん化 ⑦ 乳化 ⑧ ミセル ⑨ キレート ⑩ ヒドロキシ基

問 2 スルホ基をもつ合成洗剤と、セッケンのそれぞれの水溶液に以下の操作を行った。その結果が、合成洗剤とセッケンで異なるものは、 である。

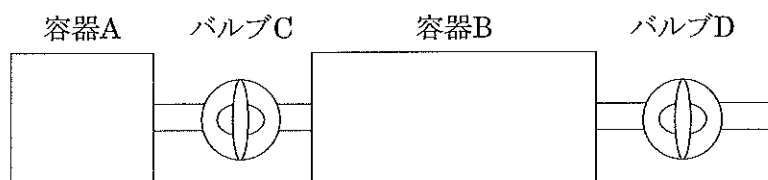
- ア 希塩酸を加える。
イ 表面張力を水と比較する。
ウ 脂肪油を加えて振り混ぜる。
エ フェノールフタレイン溶液を加える。

< の解答群 >

- ① ア ② イ ③ ウ ④ エ ⑤ アとイ
⑥ アとウ ⑦ アとエ ⑧ イとウ ⑨ イとエ ⑩ ウとエ

2 次の文章を読んで、問1～問5に答えなさい。

二つの金属製耐圧容器A, Bが、図のようにバルブCをはさんで細いパイプで連結されている。また、容器BにはバルブDが設置されている。AとBの体積は、それぞれ5.0 Lと10.0 Lである。この装置に次の操作を続けて行った。



〔操作1〕真空にした装置に体積比1:1のアルゴンとエタンの混合気体を充填し、バルブCを閉じたところ、27℃における容器A内の圧力は 2.0×10^5 Paであった。

〔操作2〕バルブCを閉じたまま、〔操作1〕に引き続いて、真空にした容器Bに体積比1:1のアルゴンと酸素の混合気体を充填し、バルブDを閉じ27℃における圧力を測定した。次に、両容器を27℃に保ちながら、バルブCを開いて気体を混合し、両容器の内部が均一になるよう放置した後、圧力を測定したところ、 5.0×10^5 Paであった。

〔操作3〕バルブCを開いた状態で、耐圧容器A, Bを227℃まで加熱し、適当な方法で混合気体中のエタンを完全に燃焼させた。

反応後、水是水蒸気として存在し、すべての気体は理想気体とみなすことができるものとする。また、パイプやバルブなど容器A, B以外の部分の体積と、装置全体の熱膨張は、ともに無視できるものとする。

問1 〔操作1〕で、容器Aに含まれていたエタンの物質量は、11 molである。

< 11 の解答群 >

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.10 | ② 0.12 | ③ 0.14 | ④ 0.16 | ⑤ 0.18 |
| ⑥ 0.20 | ⑦ 0.22 | ⑧ 0.24 | ⑨ 0.26 | ⑩ 0.28 |

問2 〔操作2〕で、気体を混合する前の容器Bの圧力は、 $\boxed{12} \times 10^5 \text{ Pa}$ である。

< $\boxed{12}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 5.1 | ② 5.3 | ③ 5.5 | ④ 5.7 | ⑤ 5.9 |
| ⑥ 6.1 | ⑦ 6.3 | ⑧ 6.5 | ⑨ 6.7 | ⑩ 6.9 |

問3 両容器中に充填されていたアルゴンの物質量の合計は、 $\boxed{13} \text{ mol}$ である。

< $\boxed{13}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.1 | ② 0.3 | ③ 0.6 | ④ 0.9 | ⑤ 1.2 |
| ⑥ 1.5 | ⑦ 1.8 | ⑧ 2.1 | ⑨ 2.4 | ⑩ 2.7 |

問4 〔操作3〕で、燃焼後に両容器内に残った酸素の質量は、 $\boxed{14} \text{ g}$ である。

< $\boxed{14}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|------|------|
| ① 2.7 | ② 5.5 | ③ 8.2 | ④ 11 | ⑤ 14 |
| ⑥ 16 | ⑦ 19 | ⑧ 22 | ⑨ 25 | ⑩ 28 |

問5 〔操作3〕で、燃焼後 227°C における混合気体の全圧は、 $\boxed{15} \times 10^5 \text{ Pa}$ である。

< $\boxed{15}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 2.2 | ② 3.5 | ③ 4.6 | ④ 5.1 | ⑤ 5.7 |
| ⑥ 6.3 | ⑦ 7.2 | ⑧ 8.6 | ⑨ 9.2 | ⑩ 9.8 |

[計算用余白]

3 次の文章を読んで、問1と問2に答えなさい。同じ記号を何度選んでもよい。

化学式 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_x(\text{Cl})_y]\text{Cl}_z$ で表されるコバルトの錯塩 A, B, C, および D がある。これを用いて、〔実験1〕から〔実験4〕を行った。ただし、いずれの錯塩の結晶も結晶水（水和水）を含まないものとする。

〔実験1〕 A, B, C, および D の $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水溶液をつくり、その 10 mL をとって、素早く $6.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液を加えたところ、すべての水溶液で塩化銀の沈殿が生じ、それぞれ 7.5, 5.0, 2.5, 2.5 mL で終点に達した。

〔実験2〕〔実験1〕と同様に、A, B, C, および D の $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水溶液をそれぞれ 10 mL とり、ある触媒を加え十分に反応させることで、コバルトアンミン錯イオンを水分子のみが配位したコバルトアクア錯イオンに完全に変換した。いずれの水溶液においても沈殿が生じることはなく、それぞれに $6.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液を加えたところ、7.5, 5.0, 7.5, 5.0 mL で終点に達した。硝酸銀水溶液との反応前後でアンモニアは、錯イオンを形成せずすべて水溶液中に存在していると考えてよい。

〔実験3〕 A, B 中の窒素の質量百分率を求めると、それぞれ 31.4, 28.3% だった。

〔実験4〕 C, D は、〔実験2〕の操作後、ろ過により沈殿を除去し、得られたろ液に指示薬を適量加え、 $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸で中和滴定を行ったところ、C のろ液では 12.0 mL, D のろ液では 9.0 mL で中和点に達した。

〔計算用余白〕

問1 錯イオン中のコバルトイオンの配位数は、Aでは、16，Bでは，17，
Cでは，18，Dでは，19である。

問2 A，B，C，およびDの化学式中の x ， z をそれぞれ求めなさい。

A x : 20 z : 21

B x : 22 z : 23

C x : 24 z : 25

D x : 26 z : 27

< 16 ~ 27 の解答群 >

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

⑦ 7

⑧ 8

⑨ 9

⑩ 0

[計算用余白]

4 次の文章を読んで、空欄をうめなさい。同じ記号を何度選んでもよい。

酸の水溶液に塩基の水溶液を徐々に滴下していくと、混合溶液のpHが滴下量に応じて変化する様子を観測できる。横軸に滴下量、縦軸にpHをとり、変化をグラフにしたものを滴定曲線とよぶ。滴定曲線の関数は、中和点近辺以外ならば容易に導き出すことができる。0.10 mol/Lの酢酸水溶液 10 mLに、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下するときの滴定曲線の関数を導出してみよう。0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液の滴下量を x mLとする。水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、酢酸の電離定数 K_a は、 $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ を使ってよい。

ただし、35 は十の位、28 , 30 , 33 , 36 は一の位、29 , 31 , 34 は小数第一位とする。また、32 , 37 は、下の解答群から選択しなさい。

(a) $x = 0$ のとき

0.10 mol/Lの酢酸水溶液のpHそのものであるので、 $\text{pH} = \text{28 . 29}$ である。

(b) $0 < x < 10$ のとき

混合溶液は、酢酸と酢酸ナトリウムが共存する緩衝溶液である。未中和の酢酸の物質量和、生成した酢酸ナトリウムの物質量から、混合溶液のpHは、式(1)となる。

$$\text{pH} = \text{30 . 31} + \log_{10} \text{32} \quad \text{式(1)}$$

(c) $x = 10$ のとき

酢酸は完全に中和され、混合溶液中では酢酸ナトリウムが生成している。酢酸イオンの一部が水と反応して加水分解が生じるので、 $\text{pH} = \text{33 . 34}$ となる。

[計算用余白]

(d) $x > 10$ のとき

水酸化ナトリウムは強塩基であるので、酢酸イオンの加水分解から生じる H^+ は無視できる。過剰な水酸化ナトリウムの物質量を考えると、混合溶液の pH は、式 (2) となる。

$$\text{pH} = \boxed{35} \boxed{36} + \log_{10} \boxed{37} \quad \text{式 (2)}$$

よって、pH の値について、 $x = 0, 10$ のときの値、式 (1)、式 (2)、さらに式 (2) の $x \rightarrow \infty$ のときの収束値を求め、作図を行うと滴定曲線を描くことができる。

< $\boxed{28} \sim \boxed{31}$, $\boxed{33} \sim \boxed{36}$ の解答群 >

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

< $\boxed{32}$ と $\boxed{37}$ の解答群 >

- | | | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| ① x | ② $10 - x$ | ③ $10 + x$ | ④ $-10 + x$ | ⑤ $\frac{x}{10 + x}$ |
| ⑥ $\frac{x}{10 - x}$ | ⑦ $\frac{10 - x}{x}$ | ⑧ $\frac{x + 10}{x - 10}$ | ⑨ $\frac{x - 10}{x + 10}$ | |

[計算用余白]

5 次の文章を読んで、問1と問2に答えなさい。

ペプチドはいくつかのアミノ酸がペプチド結合で連結したものである。アミノ酸の配列上、ある1カ所がリシンとなっているペプチドA、そのリシンがグルタミン酸に置換されたペプチドB、アラニンに置換されたペプチドCがある。これら3種類のペプチドは、1カ所のアミノ酸が置換されただけで、他の部分はまったく同じ構造をもつ。いま、酸の電離定数 K_a が 1.0×10^{-4} mol/Lであるカルボキシ基をもつ陽イオン交換樹脂をつめたカラムをpH 6.0の緩衝液で満たし、3種類のペプチドA、B、Cの混合液をカラム上部から添加し(図1)、緩衝液中の塩化ナトリウム濃度を緩やかに上昇させた(図2)。ナトリウムイオン濃度の上昇により、陽イオン交換樹脂へのペプチドの結合は徐々に弱まり、ペプチドはカラムから流出する。カラムから流れ出る溶液を一定量ずつ試験管に集め(図1)、適当な方法で各試験管中のペプチド濃度を測定した。横軸に試験管番号、縦軸にペプチド濃度および塩化ナトリウム濃度をとってグラフを作成した(図2)。ペプチド中にあるリシンの側鎖のアミノ基の電離定数 K_b を 5.0×10^{-4} mol/L、グルタミン酸の側鎖のカルボキシ基の電離定数 K_a は、 5.0×10^{-5} mol/Lとする。

図1

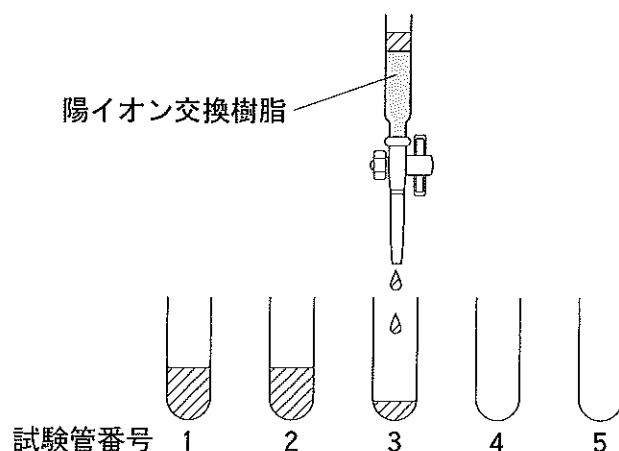
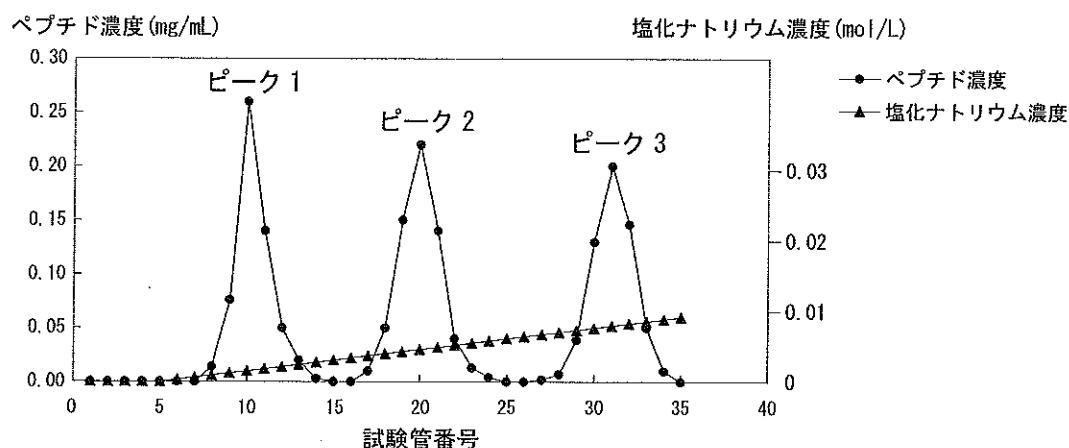


図2



問1 pH 6.0における陽イオン交換樹脂のカルボキシ基の主な構造(a), ペプチドAにあるリシンの側鎖のアミノ基の主な構造(b), ペプチドBにあるグルタミン酸の側鎖のカルボキシ基の主な構造(c)の正しい組み合わせは,
38 である。

< 38 の解答群 >

	(a)	(b)	(c)
①	$-\text{COO}^-$	$-\text{NH}_3^+$	$-\text{COO}^-$
②	$-\text{COO}^-$	$-\text{NH}_3^+$	$-\text{COOH}$
③	$-\text{COO}^-$	$-\text{NH}_2$	$-\text{COO}^-$
④	$-\text{COO}^-$	$-\text{NH}_2$	$-\text{COOH}$
⑤	$-\text{COOH}$	$-\text{NH}_3^+$	$-\text{COO}^-$
⑥	$-\text{COOH}$	$-\text{NH}_3^+$	$-\text{COOH}$
⑦	$-\text{COOH}$	$-\text{NH}_2$	$-\text{COO}^-$
⑧	$-\text{COOH}$	$-\text{NH}_2$	$-\text{COOH}$

問2 ピーク1, 2, 3に相当するペプチドの正しい組み合わせは, 39 である。

< 39 の解答群 >

	ピーク1	ピーク2	ピーク3
①	ペプチドA	ペプチドB	ペプチドC
②	ペプチドA	ペプチドC	ペプチドB
③	ペプチドB	ペプチドA	ペプチドC
④	ペプチドB	ペプチドC	ペプチドA
⑤	ペプチドC	ペプチドA	ペプチドB
⑥	ペプチドC	ペプチドB	ペプチドA

6 次の文章を読んで、問1～問4に答えなさい。

ベンゼンの1置換体であるエステルAとBは、C, H, Oのみから構成され、分子量200以下で互いに異性体である。A, Bをけん化し、中和すると、Aからは酸性物質Cと中性物質Dが得られた。Cはトルエンを過マンガン酸カリウムで酸化しても得られる。また、Dに濃硫酸を加えて、170℃に加熱するとプロペンを生成し、130℃に加熱すると枝分かれ構造をもつエーテルが生成した。一方、Bからは酸性物質E, Fが得られた。Eは芳香族化合物だった。Eのナトリウム塩と二酸化炭素を高温・高圧下で反応させた後、希硫酸で酸性にすると、Gが得られた。

問1 Aの分子量は、 である。

問2 A 41.0 mgを完全に燃焼すると、二酸化炭素 mgと、水 mgを生じる。

ただし、 , は百の位、 , , は十の位、 , , は一の位、 は小数第一位とする。また、その桁が存在しないときは⑩をマークしなさい。同じ記号を何度選んでもよい。

問3 Fとして考えられる異性体は、全部で、 種類ある。

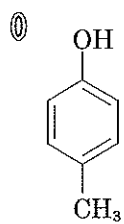
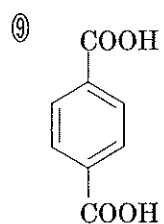
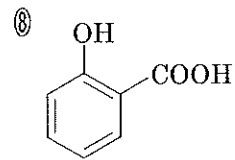
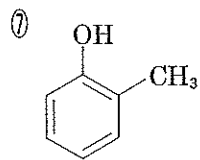
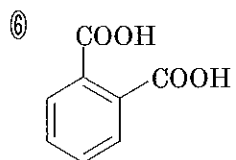
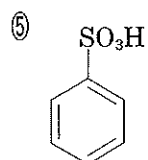
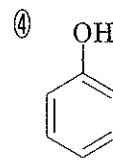
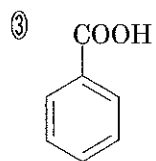
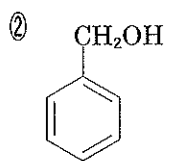
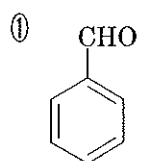
< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

[計算用余白]

問 4 Gの構造式は、50 である。

< 50 の解答群 >



[以下余白]