

試 験 問 題

〔物理・化学〕

どちらか1科目を解答

(解答時間 40分)

1 受験心得

- (1) 指示があるまで問題を開いてはいけません。
- (2) 問題の内容に関する質問には一切回答しません。
- (3) 計算等は問題用紙の余白を利用してください。
- (4) 試験時間中はすべて係員の指示に従ってください。
- (5) 計算機等の使用は認めません。
- (6) 携帯電話等の電源を切り、使用できない状態にしておいてください。
- (7) 試験終了後に試験問題はすべて回収しますので持ち帰らないようにしてください。

2 マークシート記入上の注意事項

☆ 解答用紙の注意事項をよく読んで次の要領で記入してください。

- (1) 記入は必ずHB以上の濃さの鉛筆またはシャープペンシルを使用してください。
- (2) 「氏名」欄はフルネームを記入し、カタカナでふりがなを記入してください。
- (3) 「地本コード」欄は受験番号の県名等と対応するマーク欄を塗りつぶしてください。
- (4) 「受験番号」欄は上部に4桁の受験番号を記入し、対応するマーク欄を塗りつぶしてください。
「区分」、「記号」は該当するマーク欄を塗りつぶしてください。
- (5) 「学問分野選択区分」欄は「理系」のマーク欄を塗りつぶしてください。
- (6) 「試験科目選択区分」欄は「物理」「化学」から1科目を選択し、対応するマーク欄を塗りつぶしてください。
- (7) 訂正するときは、消しゴムで完全に消してください。

氏 名	
--------	--

防衛省

[物 理]

第1問題 図1のように、天井に鉛直に固定された支柱の下端Oのまわりに、鉛直面内で自由に回転できる長さ $2a$ の軽い棒が取り付けられている。この棒の右端には質量 M の小球1が固定され、棒の中心には質量 m の小球2が固定されている。はじめ、小球1は支えられており、棒は水平に保たれている。重力加速度の大きさを g として、以下の問に答えよ。なお、空気抵抗や点Oでの摩擦は無視できる。

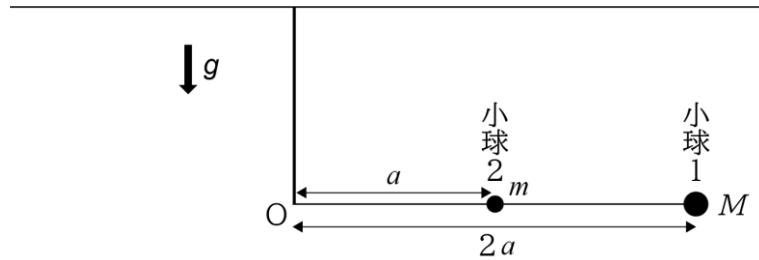


図1

(1) 小球1の支えを静かに外すと、棒は点Oのまわりに回転を始めた。棒が回転し、ある瞬間において、小球1の速さに対する小球2のその比の値として、最も妥当なものはどれか。

1. 2
2. $\frac{3}{2}$
3. 1
4. $\frac{1}{2}$
5. $\frac{1}{4}$

(2) 前問(1)の実験結果より、小球1の運動エネルギーに対する小球2のその比の値として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{m}{2M}$
2. $\frac{m}{4M}$
3. $\frac{m}{M}$
4. $\frac{M}{4m}$
5. $\frac{M}{2m}$

(3) 棒が回転し始め、小球1が最下点に達した。このときの小球1の速さとして、最も妥当なものはいずれか。

1. $2\sqrt{\frac{2(2M+m)}{M+4m}}ga$

2. $2\sqrt{\frac{2(M+2m)}{M+4m}}ga$

3. $\sqrt{\frac{M+2m}{2M+m}}ga$

4. $2\sqrt{\frac{2(M+2m)}{4M+m}}ga$

5. $2\sqrt{\frac{2(2M+m)}{4M+m}}ga$

(4) 前問(3)のとき、支柱の下端Oに棒から働く力の大きさとして、最も妥当なものはいずれか。

1. $\frac{(M+3m)(4M+3m)}{4M+m}g$

2. $\frac{(3M+m)(4M+3m)}{4M+m}g$

3. $\frac{(M+3m)(3M+4m)}{4M+m}g$

4. $\frac{(3M+m)(3M+4m)}{M+4m}g$

5. $\frac{(M+3m)(3M+4m)}{M+4m}g$

第2問題 粘性のある流体中を物体が運動すると、物体表面近くでは表面に沿って流体にずれ応力が生じ、物体はその反作用を受ける。これを物体の表面について加え合わせた合力を粘性抵抗という。特に球状の物体（半径： r ）である場合、物体が粘性係数 μ の流体中を速度 u で運動するとき、粘性抵抗 f は、以下の式で表される。

$$f = 6\pi\mu ru$$

これに関して、以下の問に答えなさい。

(5) 電荷 $q(>0)$ に帯電した密度 ρ の油滴が、粘性係数 η 、密度 ρ_0 の空気中を、鉛直方向下向きに速度 v で落下している。油滴の加速度として、最も妥当なものはどれか。なお、重力加速度を g とし、油滴は半径 a の球体と近似できるものとする。

1. $\left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right)g - \frac{9\eta v}{2\rho_0 a^2}$

2. $\left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right)g - \frac{9\eta v}{2\rho a^2}$

3. $\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)g - \frac{9\eta v}{2\rho_0 a^2}$

4. $\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)g + \frac{9\eta v}{2\rho a^2}$

5. $\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)g - \frac{9\eta v}{2\rho a^2}$

(6) 前問(5)で十分に時間が経過すると、油滴が一定の速度 v_0 となった。このときの油滴の半径として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{3}{2}\sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho - \rho_0)g}}$

2. $3\sqrt{\frac{\eta v_0}{2(\rho - \rho_0)g}}$

3. $3\sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho - \rho_0)g}}$

4. $3\sqrt{\frac{\eta v_0}{2(\rho_0 - \rho)g}}$

5. $3\sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho_0 - \rho)g}}$

(7) 前問(6)の状態、鉛直上方に静電場 E をかけたところ、油滴の落下速度は v_1 に変化した。油滴の電荷として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{18\pi\eta(v_0-v_1)}{E} \sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho-\rho_0)g}}$

2. $\frac{18\pi\eta(v_0-v_1)}{E} \sqrt{\frac{\eta v_1}{2(\rho-\rho_0)g}}$

3. $\frac{18\pi\eta(v_0-v_1)}{E} \sqrt{\frac{\eta v_0}{2(\rho-\rho_0)g}}$

4. $\frac{18\pi\eta(v_1-v_0)}{E} \sqrt{\frac{\eta v_1}{2(\rho_0-\rho)g}}$

5. $\frac{18\pi\eta(v_1-v_0)}{E} \sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho_0-\rho)g}}$

(8) 球形のシャボン玉の外圧 P_{out} と内圧 P_{in} との差： ΔP ($\equiv P_{in} - P_{out}$) は、その半径 R および表面張力 T と次の関係に従う。

$$\Delta P = \frac{4T}{R}$$

これを用いて以下の問に答えなさい。

気圧 P_0 の空間で半径 r_0 のシャボン玉を温度が等しい気圧 P_1 の空間に置くと、半径が r_1 となった。シャボン玉の表面張力の大きさとして、最も妥当なものはどれか。ただし、シャボン玉内外の気体は理想気体とし、外圧の変化によってシャボン玉の大きさが変化してもその表面張力は変わらないものとする。また、 $|A|$ は絶対値 A を意味する。

1. $\left| \frac{P_1 r_1^3 - P_0 r_0^3}{r_1^2 - r_0^2} \right|$

2. $\left| \frac{P_1 r_1^3 - P_0 r_0^3}{2(r_1^2 - r_0^2)} \right|$

3. $\left| \frac{P_1 r_0^3 - P_0 r_1^3}{4(r_1^2 - r_0^2)} \right|$

4. $\left| \frac{P_1 r_0^3 - P_0 r_1^3}{2(r_1^2 - r_0^2)} \right|$

5. $\left| \frac{P_1 r_1^3 - P_0 r_0^3}{4(r_1^2 - r_0^2)} \right|$

第3問題 図2のように、抵抗値 R [Ω] の等しい電気抵抗A、B、電気容量 C [F] のコンデンサー、2個のスイッチ S_1 、 S_2 および起電力が V [V] の電池からなる回路がある。はじめは各スイッチは共に開いており、コンデンサーに蓄えられた電荷は0とする。これに関して、以下の問に答えなさい。

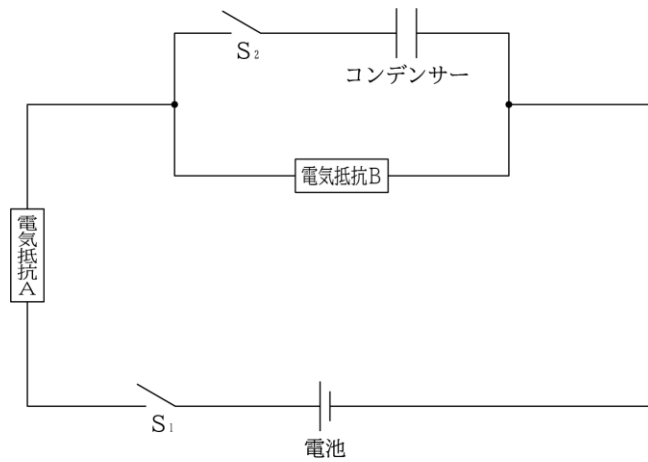


図2

(9) スイッチ S_1 を閉じたとき、電気抵抗Aに流れる電流[A]として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{V}{4R}$
2. $\frac{V}{2R}$
3. 0
4. $\frac{V}{R}$
5. $\frac{2V}{R}$

(10) 前問(9)の後、スイッチ S_2 を閉じた。 S_2 を閉じた直後、電気抵抗Bに流れる電流[A]として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{2V}{R}$
2. $\frac{V}{R}$
3. 0
4. $\frac{V}{4R}$
5. $\frac{V}{2R}$

(11) 前問 (10) でスイッチ S_2 を閉じて十分に時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられる電気量 $[C]$ として、最も妥当なものはどれか。

1. $4CV$

2. $2CV$

3. CV

4. $\frac{1}{4}CV$

5. $\frac{1}{2}CV$

(12) 前問 (11) の後、スイッチ S_1 を開いて十分に時間が経過するまでに、抵抗 B で発生したジュール熱 $[J]$ として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{1}{8}CV^2$

2. $\frac{1}{4}CV^2$

3. $\frac{1}{2}CV^2$

4. CV^2

5. $2CV^2$

[化 学]

第1問題

[諸量]

- ・原子量：H=1.0, C=12, O=16, Cu=64, Ag=108
- ・標準状態 (0℃, $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$) における気体の体積：1mol あたり 22.4L
- ・ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{C/mol}$

16g の酸化銅 (II) に炭素粉 (C) 2.0g を混合し、空気を遮断して加熱したところ、二酸化炭素が生成した (反応1)。この反応1に関して、(1) ~ (3) の問に答えなさい。なお、計算については有効数字2桁で答えること。必要であれば、上記の[諸量]を用いても構わない。

(1) 混合において使用される酸化銅 (II) の物質量[mol]として、最も妥当なものはどれか。

1. 2.0×10^{-2}
2. 4.0×10^{-2}
3. 0.20
4. 0.40
5. 2.0

(2) 「反応1」が終了した後、生成した二酸化炭素の標準状態における体積[L]として、最も妥当なものはどれか。

1. 5.5×10^{-1}
2. 2.2
3. 4.4
4. 8.8
5. 1.1×10

(3) 「反応1」が終了したとき、残った反応物の質量[g]として、最も妥当なものはどれか。

1. 3.2×10^{-2}
2. 8.0×10^{-2}
3. 0.40
4. 0.80
5. 1.6

第2問題 硝酸銀水溶液に、両極とも白金からなる電極を入れ、外部電源で直流電圧をかけた(装置1)。電圧をかけると、電極表面で酸化還元反応が起きた(反応2)。この反応2に関して、(4)～(5)の間に答えなさい。なお、計算については有効数字2桁で答えること。必要であれば前頁の[諸量]を用いても構わない。

(4) 以下は「反応2」に関する記述である。空欄(ア)～(ウ)に当てはまる反応の組み合わせとして、最も妥当なものはどれか。

陽極では反応(ア)、陰極では反応(イ)が起こる。この反応により、銀が(ウ)する。

	ア	イ	ウ
1.	$2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	析出
2.	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	溶解
3.	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	析出
4.	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	溶解
5.	$4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	析出

(5) 「装置1」に5.00[A]の電流を1時間4分20秒間流した。電極で発生した気体の質量[g]として、最も妥当なものはどれか。

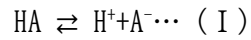
1. 0.40
2. 0.80
3. 1.6
4. 3.2
5. 6.4

第3問題

[諸量]

$$\cdot \log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48$$

濃度 c [mol/L]の弱酸（以後、HA）の水溶液が25℃で、電離平衡にあり、以下で表される。



このとき、(6)～(8)の問いに答えなさい。

(6) 電離度を α として、電離後のHAのモル濃度[mol/L]の式として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{c}{\alpha}$

2. $\frac{c}{1-\alpha}$

3. $c\alpha$

4. $c(1-\alpha)$

5. $c\alpha^2$

(7) HAは濃度 c が大きいとき、電離度 α は1に比べて著しく小さくなる。このとき、(I)式で示される電離平衡定数 K_a の式として、最も妥当なものはどれか。

1. $\frac{c}{\alpha^2}$

2. $\frac{c}{(1-\alpha)^2}$

3. $c\alpha(1-\alpha)$

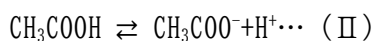
4. $c(1-\alpha)^2$

5. $c\alpha^2$

(8) 0.10[mol/L]のHAの水溶液のpHの値として、最も妥当なものはどれか。なお、25℃における(I)式で示される電離平衡定数 K_a の値は、 1.8×10^{-5} [mol/L]である。必要であれば上記[諸量]を用いても構わない。

1. 2.1
2. 2.9
3. 3.3
4. 4.0
5. 4.6

第4問題 弱酸であり、電離度が小さい例として酢酸がある。酢酸は、水溶液中で式(Ⅱ)のように電離して平衡状態になる。



一方、酢酸ナトリウムは、電離度がほぼ1の塩であり、水溶液中で式(Ⅲ)のように電離する。



これらの酢酸と酢酸ナトリウムを溶解した混合水溶液に少量の酸や塩基を加えても pH はほとんど変化しない。この働きを(あ)という。

このとき、(9)～(10)の問いに答えなさい。

(9) 酢酸と酢酸ナトリウムをそれぞれ、0.10[mol]ずつ溶解した1.0Lの混合水溶液のpHの値として、最も妥当なものはどれか。なお、酢酸の電離定数の値は、 2.0×10^{-5} とし、必要であれば前頁の[諸量]を用いても構わない。

1. 3.3
2. 4.3
3. 4.7
4. 5.3
5. 5.7

(10) 上記空欄(あ)の働きを示す物質の組み合わせとして、最も妥当なものはどれか。

1. 塩酸と塩化ナトリウム
2. 硝酸と硝酸ナトリウム
3. 水酸化カリウムと塩化カリウム
4. アンモニアと塩化アンモニウム
5. 水酸化ナトリウムと塩化ナトリウム

第5問題 化学実験で使用する気体のいくつかは、実験室において適切な試薬と実験器具を用いて発生することができる。下の表1にさまざまな気体を実験室において発生させる方法を示す。反応2で得られるアンモニアについて、反応3および反応4で試薬として用いる希硝酸もしくは濃硝酸の原料となる。A硝酸は、工業的にはオストワルト法により、製造される。

表1：さまざまな気体を実験室において発生させる方法

反応	得られる気体	試薬の組み合わせ
1	塩素	(ア) + 濃塩酸
2	アンモニア	塩化アンモニウム + (イ)
3	一酸化窒素	(ウ) + 希硝酸
4	二酸化窒素	(ウ) + 濃硝酸
5	酸素	(ア) + 過酸化水素水
6	硫化水素	硫化鉄 + 希硫酸
7	フッ化水素	フッ化カルシウム + 濃硫酸

このとき、(11) ~ (15) の問いに答えなさい。

(11) 表1の空欄(ア)および(イ)に入る試薬(化学式)の組み合わせとして、最も妥当なものはどれか。

(ア)	(イ)
1. MnCl_2	Ca(OH)_2
2. Ca(OH)_2	Fe_2O_3
3. MnO_2	Ca(OH)_2
4. MnO_2	CaCO_3
5. MnCl_2	Na_2SO_4

(12) 下線部Aの硝酸に関する主な性質として、最も妥当なものはどれか。

1. 水に溶けにくく、揮発性がある。
2. 濃硝酸は、濃度60%以上のものが多く、褐色の溶液である。
3. ガラスなどのケイ酸塩や石英(二酸化ケイ素)を溶かす性質があるので、ポリエチレン容器で保存する。
4. 強酸として働くほか、強い還元剤としてもはたらく。
5. クロムやコバルトは、濃硝酸に溶けない。

(13) 表1の反応3および4における気体の発生で用いられる金属片(ウ)の元素記号として、最も妥当なものはどれか。

1. Al
2. Cu
3. Fe
4. Ni
5. Pt

(14) 表1に示す反応により気体のうち、反応6において発生した硫化水素の捕集法と同じ、かつ有色な気体(化学式)の組み合わせとして、妥当なものはどれか。

1. Cl_2
2. NH_3 と NO_2
3. Cl_2 と NO
4. Cl_2 と NO_2
5. NO と HF

(15) 表1の反応7で得られるフッ化水素やその水溶液であるフッ化水素酸の性質として、最も妥当なものはどれか。

1. フッ化水素は、ハロゲン化水素の中で最も沸点が低い。
2. フッ化水素酸は、強酸である。
3. フッ化水素は、極めて酸化力の強い気体であり、水素と爆発的に反応する。
4. 硝酸銀水溶液にフッ化水素酸を数滴加えると、フッ化銀が沈殿する。
5. フッ化水素酸は、ガラスを溶かす。