

'26

前期日程

理 科

(医学部医学科)

注 意 事 項

問題(1)～(7)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(32頁)、解答用紙は7枚、下書用紙は3枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

1

- 【I】 水平な床の上を運動する、質量 0.5 kg の小物体がある。図 1 のように、水平右向きに x 軸をとる。小物体には、鉛直下向きで大きさ 5 N の重力と、床からの垂直抗力がはたらいており、さらに、 x 軸の負の向きで大きさが 3 N の一定の力が加えられている。また、小物体が床の上を運動しているとき、小物体と床との間には、動摩擦係数が 0.2 の動摩擦力がはたらく。小物体の位置の x 座標を $x[\text{m}]$ とする。空気抵抗の影響は無視できるとして、以下の問(1)～(6)に答えよ。

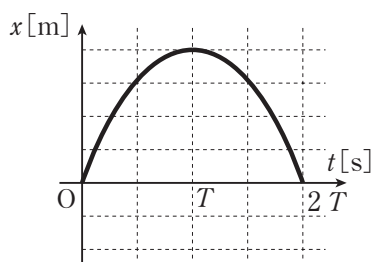


図 1

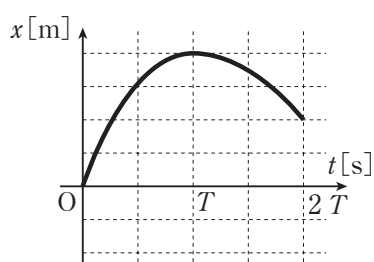
時刻 $t = 0 \text{ s}$ において、小物体は $x = 0 \text{ m}$ の位置にあり、小物体の速度は x 軸の正の向きで大きさが 8 m/s であった。その後、小物体は床の上を x 軸の正の向きに運動し、時刻 $t = T[\text{s}]$ において、 $x = x_0[\text{m}]$ の位置で速度の大きさが 0 m/s となった後、床の上を x 軸の負の向きに運動した。

- (1) 小物体が床の上を運動しているとき、小物体が床から受ける動摩擦力の大きさを、有効数字 1 桁で答えよ。
- (2) 小物体の速度の大きさが 0 m/s となる時刻 T の値を、有効数字 1 桁で答えよ。
- (3) 小物体の速度の大きさが 0 m/s となる位置 x_0 の値を、有効数字 1 桁で答えよ。
- (4) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の加速度の x 成分を、時刻 t の関数として、解答欄のグラフに図示せよ。
- (5) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の速度の x 成分を、時刻 t の関数として、解答欄のグラフに図示せよ。

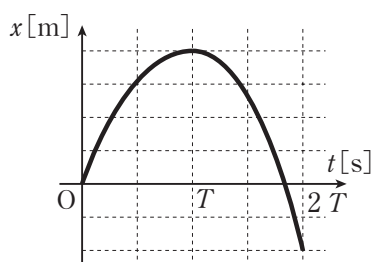
- (6) 時刻 $0 < t < 2T$ の範囲について、小物体の位置 x と時刻 t の関係を表したグラフとして最も適切なものを、図 2 に示す選択肢(あ)～(か)から選び、記号で答えよ。



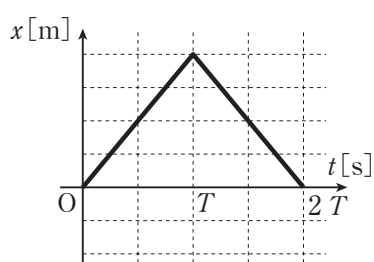
(あ)



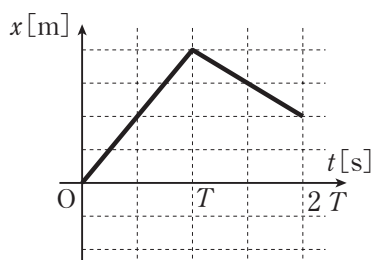
(い)



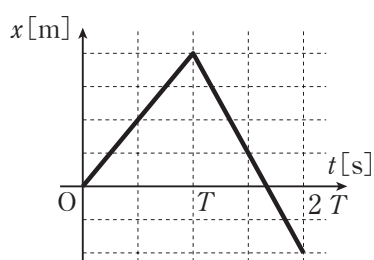
(う)



(え)



(お)



(か)

図 2

- 【Ⅱ】 図3のように、水平から角 θ ($0 < \theta < 90^\circ$)の傾きをもつ斜面が、水平な床と点Pで接続されている。斜面上で点Pから距離 L だけ離れた位置に点Oをとる。質量 m の小物体を、点Oから斜面上方に向けて、斜面に平行に打ち出す運動を考える。小物体と斜面との間には、動摩擦係数が μ' の動摩擦力がはたらく。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗の影響は無視できるとする。以下の問(7)~(17)に答えよ。

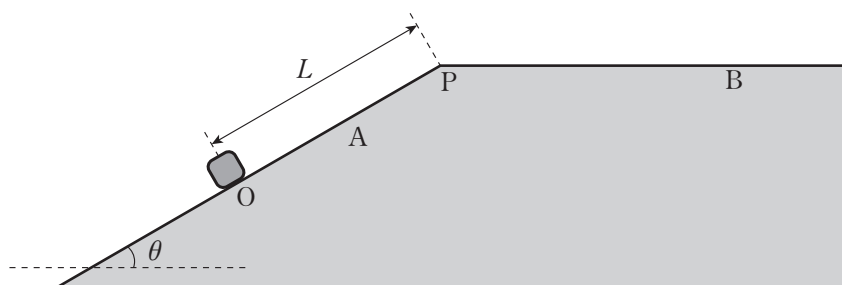


図3

小物体を、点Oから斜面上方に向けて、斜面に平行で大きさ v_0 の初速度で打ち出したところ、小物体は斜面上をすべりながら点Pに向かって運動し、斜面上の点Aで速度の大きさが0となった後、斜面を点Oまですべりおりました。

- (7) 斜面上にある小物体がうける重力を、斜面に垂直な方向と斜面に平行な方向に分解したときの、各方向の成分の大きさを、 m 、 g 、 θ のうち、必要なものを用いて表せ。
- (8) 小物体が斜面上を運動しているとき、小物体が斜面から受ける動摩擦力の大きさを、 m 、 g 、 θ 、 μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
- (9) 小物体が斜面上を点Oから点Aに向かって運動しているときの、小物体の加速度の大きさを、 m 、 g 、 θ 、 μ' のうち、必要なものを用いて表せ。
- (10) 小物体が点Oから打ち出されてから、点Aに到達するまでの時間を、 m 、 g 、 θ 、 μ' 、 v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

- (11) 点 O と点 A の間の距離を、 m, g, θ, μ', v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。
- (12) 小物体が点 A から斜面下方に向けて運動を開始してから、点 O に到達するまでの時間を、 m, g, θ, μ', v_0 のうち、必要なものを用いて表せ。

次に、小物体を、点 O から斜面上方に向けて、斜面に平行で大きさ v_1 の初速度で打ち出したところ、小物体は斜面上をすべりながら点 P に向かって運動し、点 P を通過した後、空中を運動し、床の上の点 B に着地した。なお、小物体が点 P を通過する直前と直後で、小物体の速度は変わらず、小物体は点 P から速度の大きさ V で、水平と角 θ をなす向きにとび出したとする。

- (13) 小物体が点 O から点 P まで移動する間に、小物体が斜面から受ける動摩擦力が、小物体に対してする仕事の大きさを、 $m, g, \theta, \mu', L, v_1$ のうち、必要なものを用いて表せ。
- (14) 小物体が点 P に到達する直前の、小物体の速度の大きさ V を、 g, θ, μ', L, v_1 のうち、必要なものを用いて表せ。
- (15) 小物体が点 P を通過してから、点 B に着地するまでの時間を、 g, θ, V のうち、必要なものを用いて表せ。
- (16) 小物体が点 P から点 B まで運動する間に、小物体が到達した最高点の水平な床からの高さを、 g, θ, V のうち、必要なものを用いて表せ。
- (17) 点 P と点 B の間の距離が L より大きくなるためには、小物体を点 O から打ち出す初速度の大きさ v_1 が、

$$v_1 > \boxed{\text{ア}}$$

を満たす必要がある。 $\boxed{\text{ア}}$ に入る最も適切な数式を、 g, θ, μ', L のうち、必要なものを用いて表せ。

2

【I】 図1のように、直流電源、スイッチS、抵抗①、抵抗②、抵抗③、抵抗④、可変抵抗からなる回路がある。抵抗①と抵抗②の抵抗値は $1\ \Omega$ 、抵抗③と抵抗④の抵抗値は $2\ \Omega$ であり、可変抵抗の抵抗値は変化させることができる。

可変抵抗の抵抗値を $1\ \Omega$ に調整し、スイッチSを閉じた。スイッチSを閉じて十分な時間が経過した後、bとcの間の抵抗④にはbからcの向きに 2 A の電流が流れ、bとdの間の抵抗②にはbからdの向きに 1 A の電流が流れた。以下の問(1)～(3)に答えよ。

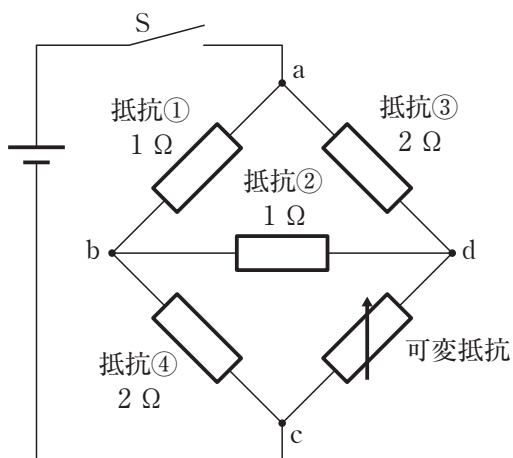


図1

- (1) aとbの間の抵抗①に流れる電流の大きさを答えよ。
- (2) aとcの間の電位差の大きさを答えよ。

次に、可変抵抗の抵抗値を $R_x[\Omega]$ に調整したところ、bとdの間の抵抗②に電流が流れなくなった。

- (3) R_x の値を答えよ。

図2のような、直流電源、スイッチS、抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦、抵抗⑧、電気容量 C [F] のコンデンサーからなる回路を考える。抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦の抵抗値は R [Ω]、抵抗⑧の抵抗値は $3R$ [Ω] である。スイッチSを閉じて十分な時間が経過した後、aとbの間の抵抗⑤にはaからbの向きに大きさ I [A] の電流が流れた。以下の問(4)～(10)に答えよ。

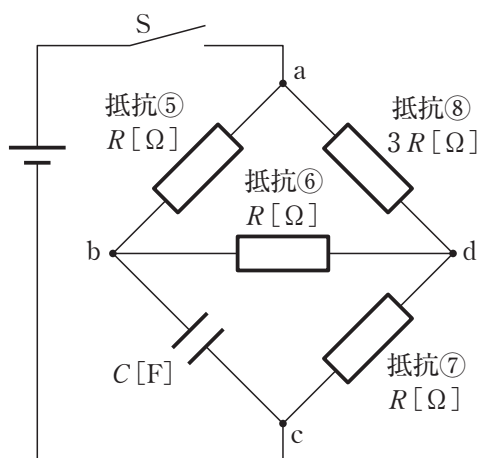


図2

- (4) aとbの間の電位差の大きさ、およびbとdの間の電位差の大きさを、それぞれ I と R を用いて表せ。
- (5) aとdの間の抵抗⑧に流れる電流の大きさを、 I を用いて表せ。
- (6) cとdの間の電位差の大きさを、 I と R を用いて表せ。
- (7) 直流電源の端子電圧の大きさを、 I と R を用いて表せ。
- (8) bとcの間の電位差の大きさを、 I と R を用いて表せ。
- (9) コンデンサーに蓄えられた電気量を、 C 、 I 、 R を用いて表せ。
- (10) 抵抗⑤、抵抗⑥、抵抗⑦、抵抗⑧で消費される電力の合計を、 I と R を用いて表せ。

【Ⅱ】 図3のような、端子電圧 100 V の直流電源、スイッチ S_1 およびスイッチ S_2 、抵抗値 $100\ \Omega$ の抵抗⑨、電球①と電球②からなる回路を考える。電球①と電球②はいずれも、図4のような電流電圧特性をもつものとする。

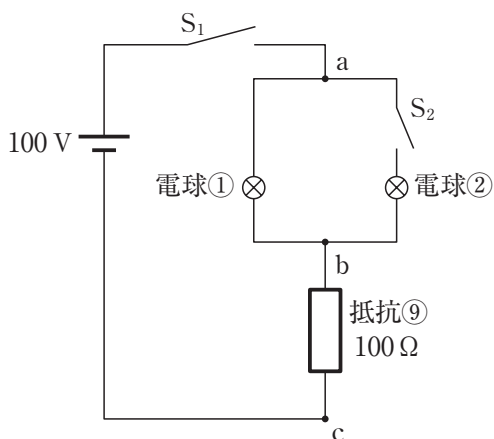


図3

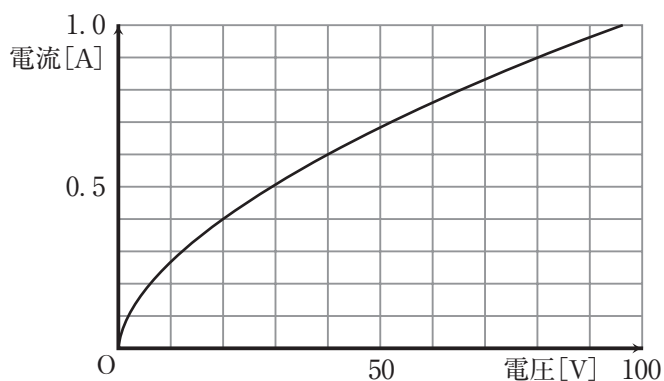


図4

まず、スイッチ S_2 が開いている状態でスイッチ S_1 を閉じた。スイッチ S_1 を閉じてから十分な時間が経過した状態について考える。このときの、点 b を基準にした点 a の電位を V_1 [V]、電球①を流れる電流の大きさを I_1 [A] とする。以下の問(11)～(13)に答えよ。

(11) V_1 と I_1 の間には、

$$V_1 = \boxed{\text{ア}} - \boxed{\text{イ}} \times I_1$$

という関係式が成り立つ。 $\boxed{\text{ア}}$ および $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる、最も適切な数字をそれぞれ書け。

ここで、図4と問(11)で求めた関係式を用いると、 V_1 と I_1 の値を求めることができる。

(12) V_1 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。

(13) I_1 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(お)～(く)から選び、記号で答えよ。

次にスイッチ S_1 を閉じたままスイッチ S_2 を閉じた。スイッチ S_2 を閉じてから十分な時間が経過した状態について考える。このときの、点 b を基準にした点 a の電位を V_2 [V]、電球①を流れる電流の大きさを I_2 [A] とする。以下の問(14)～(17)に答えよ。

(14) V_2 と I_2 の間には、

$$V_2 = \boxed{\text{ウ}} - \boxed{\text{エ}} \times I_2$$

という関係式が成り立つ。 $\boxed{\text{ウ}}$ および $\boxed{\text{エ}}$ に当てはまる、最も適切な数字をそれぞれ書け。

(15) V_2 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(あ)～(え)から選び、記号で答えよ。

(16) I_2 の値として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(お)～(く)から選び、記号で答えよ。

(17) 電球①、電球②、抵抗⑨で消費される電力の合計として最も適切なものを、問題末尾の選択肢(け)～(し)から選び、記号で答えよ。

(12)および(15)の選択肢：

(あ) 20 V (い) 40 V (う) 60 V (え) 80 V

(13)および(16)の選択肢：

(お) 0.2 A (か) 0.4 A (き) 0.6 A (く) 0.8 A

(17)の選択肢：

(け) 20 W (こ) 40 W (さ) 60 W (し) 80 W

3

【I】 AさんとBさんが会話をしている。以下の会話文を読んで、問(1)～(5)に答えよ。会話中に出てくる魔法びんの構造は図1の通りである。

Aさん お茶をいれようと思ってお湯を沸かしてるけど、Bさんもう？

Bさん ありがとう。後でいれるから、沸かしたお湯は魔法びんに入れておいてくれる？

Aさん わかったよ。ところで、やかんの中を見ていると、お湯が動いてるように見えるね。

Bさん それは、やかんの中のお湯に温度差があって起こる A と呼ばれる現象だよ。

Aさん よしできた。お湯は魔法びんに入れてと。ところで、どうして魔法びんだとお湯が冷めにくいんだろう？

Bさん 魔法びんの構造を知ってる？魔法びんは、内びんと外びんの2重構造になっていて、その間が真空になっているよ。お湯をペットボトルのような容器に入れておくと、お湯の熱は容器の壁面を伝わって、外部の空気へ逃げていくけど、魔法びんは内びんが外部の空気と接触していないから、熱を奪われないよ。

Aさん そうなんだ。でも、真空が熱を伝えないのなら、お湯はまったく冷めずに熱いままなんじゃない？

Bさん 魔法びんは、構造上、どうしても内びんと外びんが一部でつながっていて、そこを通して熱が外びんに伝わってしまう。このように熱が伝わる現象は、B と呼ばれているよ。実際には B だけでなく、熱が電磁波として伝わる C と呼ばれる現象も一緒に起こっていると考えられるね。

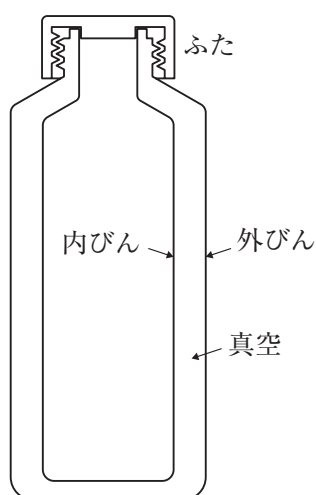


図 1

- (1) 文章中の A ～ C に入る適切な語句を以下の選択肢(ア)～(エ)から選んで記号で答えよ。

(ア) 熱平衡 (イ) 対流 (ウ) 熱放射 (エ) 熱伝導

内びんの温度が T_0 [°C] の空の魔法びんに T_1 [°C] のお湯を投入する。内びんの質量は m [g]、比熱は c [J/(g・K)] であり、お湯の質量は M [g]、比熱は c' [J/(g・K)] である。お湯を入れて十分に時間が経過した後に、内びんとお湯の温度は一定となる。このときの温度を T [°C] とする。ただし、内びんとお湯の間以外の熱のやり取りはないものとし、お湯の蒸発は無視できるものとする。

- (2) お湯を投入してから、内びんとお湯の温度が一定となる間に、内びんがお湯から得た熱量を T_0 , T , m , c を用いて表せ。
- (3) 十分に時間が経過した後の内びんとお湯の温度 T を T_0 , T_1 , m , M , c , c' を用いて表せ。

次に、空の魔法びんを用意し、内びんを 0°C に冷やす。内びんの質量は 200 g 、比熱は $0.50\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ である。この魔法びんに 0°C の氷を入れたのち、お茶を 110 g だけ注ぎ込む。このとき、氷は融解し、お茶は希釈され冷たいお茶になる。お茶の比熱は $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ であり、希釈されても変化しない。内びん、氷、お茶の間以外での熱のやり取りはないものとし、お茶の蒸発は無視できるものとする。氷の融解熱は $0.33 \times 10^3\text{ J/g}$ とする。

- (4) 温度が 60°C のお茶を注ぎ込む場合を考える。十分に時間が経過した後のお茶の温度を 0°C にするために必要な氷の質量の最小値を有効数字 2 桁で求めよ。
- (5) 魔法びんの中の氷の量が 150 g であるとする。魔法びんに注ぎ込むお茶の温度が 60°C の場合と 90°C の場合の、それぞれについて、十分に時間が経過した後のお茶の温度として最も適切なものを、以下の選択肢(あ)～(う)から選んで記号で答えよ。

(あ) 0°C よりも低い (い) ちょうど 0°C (う) 0°C よりも高い

【Ⅱ】 図2に示すような、なめらかに動くピストン付きのシリンダーに、1 mol の単原子分子理想気体が閉じ込められている。シリンダーとピストンは断熱材でできており、シリンダー内には温度調節器が設置されている。温度調節器は、内部の気体に熱を与えたり、内部の気体から熱を取り去ったりすることができる。気体と温度調節器の間以外の熱のやり取りは考えなくてよい。また、ピストンとシリンダーの間の摩擦は無視できる。

この装置を使って、図3に示す3つの過程を繰り返して状態をゆっくり変化させた。最初に、気体は圧力 p_0 [Pa]、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K] の状態で閉じ込められていた。この状態を状態 A とする。過程①は等温変化であり、気体の温度を一定に保ったまま体積を V_0 から V_1 [m³] に圧縮して p_1 [Pa] とした。この状態を状態 B とする。過程②は定圧変化であり、圧力を一定に保ったまま体積を V_1 から V_0 に膨張させた。この状態を状態 C とする。状態 C の気体の温度を T_c [K] とする。過程③は定積変化であり、体積を一定に保ったまま温度を T_c から T_0 に変化させて状態 A にもどした。過程①、過程②および過程③において、気体が温度調節器から得た熱量をそれぞれ、 Q_{AB} [J]、 Q_{BC} [J]、 Q_{CA} [J] とする。気体定数を R [J/(mol·K)] とする。温度 T [K] における単原子分子理想気体 1 mol の内部エネルギーは $\frac{3}{2} RT$ [J] である。以下の問(6)～(11)に答えよ。

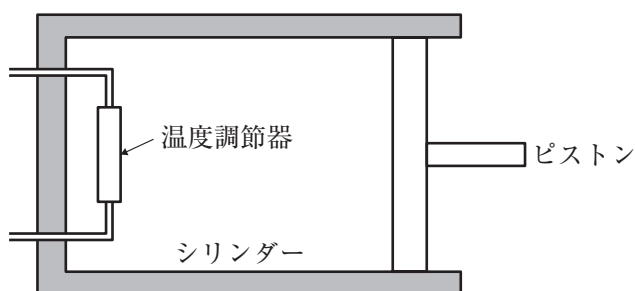


図2

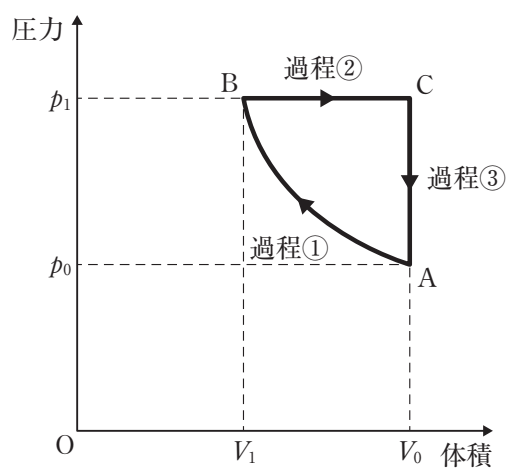


図 3

- (6) 状態 B の圧力 p_1 を、 V_0 , V_1 , p_0 を用いて表せ。
- (7) 状態 C の温度 T_C を、 p_0 , p_1 , T_0 を用いて表せ。
- (8) 過程②において気体が外部からされた仕事を、 V_0 , V_1 , p_1 を用いて表せ。
- (9) 過程②において気体が温度調節器から得た熱量 Q_{BC} を、 V_0 , V_1 , p_1 を用いて表せ。
- (10) 過程③において気体が温度調節器から得た熱量 Q_{CA} を、 V_0 , V_1 , p_1 を用いて表せ。
- (11) 図 3 のサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率を、 Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CA} のうち必要なものを用いて表せ。

4～7の問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	Ag = 108	Ar = 40	Ba = 137	C = 12
	Ca = 40	Cd = 112	Cl = 35.5	Fe = 56
	H = 1.0	K = 39	Mn = 55	N = 14
	Na = 23	O = 16	Pb = 207	S = 32
	Zn = 65			

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0℃、 1.013×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(mol·K)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

4

(1) 次の文章を読んで、問 1 ～問 3 の答を解答欄に記入せよ。

物質に化学変化がおこると、化学変化の前後で物質がもつ化学エネルギーの大きさが変化し、その化学エネルギー差がおもに熱の出入りとして現れる。一定圧力下で化学反応に伴って放出・吸収される熱量を反応エンタルピーという。物質の化学変化によってエンタルピーが元の状態よりも低くなる反応では、熱が される。このような反応を という。

問 1 空欄 と に当てはまる適切な語句の組み合わせを以下の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

	ア	イ
①	放出	発熱反応
②	放出	吸熱反応
③	吸収	発熱反応
④	吸収	吸熱反応

問 2 次のエンタルピー変化 ΔH を表した図1を用いて、以下の間に答えよ。

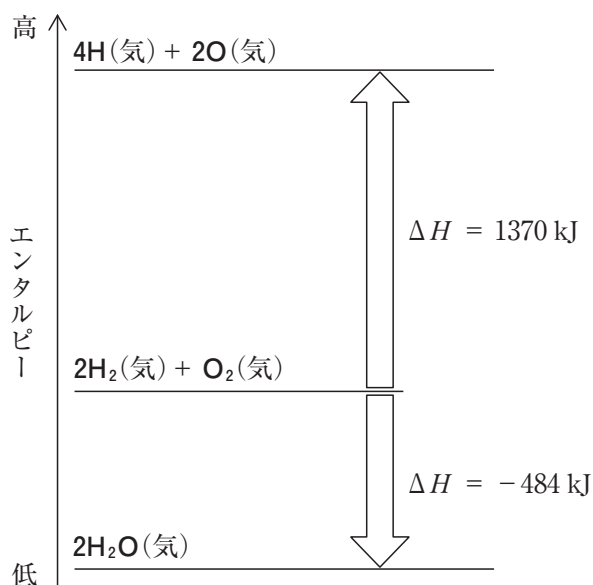


図 1

- 1) $\text{O}_2(\text{気})$ の $\text{O}=\text{O}$ の結合エネルギーを 498 kJ/mol として、 $\text{H}_2(\text{気})$ の $\text{H}-\text{H}$ の結合エネルギー $[\text{kJ/mol}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。
- 2) $\text{H}_2\text{O}(\text{気})$ の $\text{O}-\text{H}$ の結合エネルギー $[\text{kJ/mol}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

問 3 燃焼反応に関する次の問に答えよ。ただし、二酸化炭素 CO_2 (気)、水 H_2O (液)の生成エンタルピーは、それぞれ -394 kJ/mol 、 -286 kJ/mol であり、メタン(気)、プロパン(気)の燃焼エンタルピーは、それぞれ -891 kJ/mol 、 -2219 kJ/mol である。また、これらの燃焼反応で生成する水は液体とする。

- 1) プロパンを完全燃焼させたときの化学反応式を記せ。ただし、化学式に物質の状態を付記しなくてよい。
- 2) プロパン(気)の生成エンタルピー $[\text{kJ/mol}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。
- 3) プロパン(気)とメタン(気)をそれぞれ完全燃焼させ、同じ熱量が発生するとき、プロパン(気)から発生する CO_2 の物質量はメタン(気)から発生する CO_2 の物質量の何倍かを求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1 ～問 3 の答を解答欄に記入せよ。

水素と窒素からアンモニアが生成する可逆反応は式(1)で示され、アンモニアの生成は発熱反応である。



問 1 式(1)の濃度平衡定数 K_c を窒素、水素およびアンモニアのモル濃度 $[\text{N}_2]$ 、 $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{NH}_3]$ を用いて記せ。

問 2 窒素 3.0 mol と水素 9.0 mol を容積 9.0 L の反応容器に入れて密閉し、ある温度に保ったところ、式(1)の反応が平衡状態に達した。次の問に答えよ。

1) 平衡状態におけるアンモニアの物質量を a [mol] としたとき、次の表 1 の空欄①～③に当てはまる数式を a を用いて記せ。

表 1 反応開始前および平衡状態における各物質の物質量

	N_2 [mol]	H_2 [mol]	NH_3 [mol]	気体分子の合計 [mol]
反応開始前	3.0	9.0	0	12.0
平衡状態	①	②	a	③

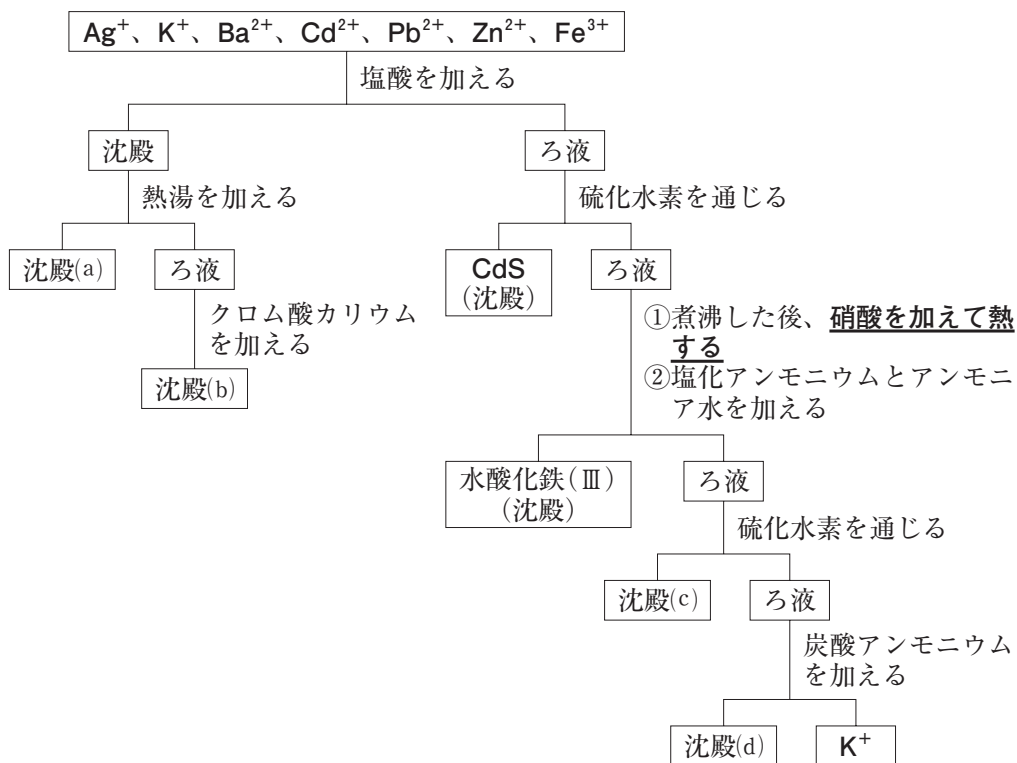
2) 平衡状態に達したときのアンモニアの物質量百分率が 50% であるとき、アンモニアの物質量 a [mol] と濃度平衡定数 K_c [(mol/L)⁻²] を求め、それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 容積が自由に变化できる反応容器に水素と窒素を注入して密閉し、式(1)で示した反応が平衡に達しているところに、次の①～⑤に示すように、様々な操作を行い、平衡がどちらに移動するか調べた。①～⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① 混合気体の全圧を一定にして、温度を高くしたところ、化学平衡は移動しなかった。
- ② 混合気体の温度を一定にして、体積を半分にしたところ、化学平衡が右へ移動した。
- ③ 混合気体の温度と体積を一定にして、水素を注入したところ、 K_c の値が大きくなって化学平衡が右へ移動した。
- ④ 混合気体の温度と体積を一定にして、反応には無関係な気体のアルゴンを注入したところ、化学平衡が右へ移動した。
- ⑤ 混合気体の温度と全圧を一定にして、反応には無関係な気体のアルゴンを注入したところ、化学平衡が左に移動した。

5

- (1) Ag^+ 、 K^+ 、 Ba^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} を含む混合水溶液がある。次の図 1 に示す操作を行い、これらの金属イオンを分離した。問 1 ～問 4 の答を解答欄に記入せよ。

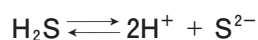


問 1 図 1 中の沈殿(a)～(d)の化学式を記せ。

問 2 沈殿(a)に過剰量のアンモニア水を加えると沈殿が溶け、無色溶液が得られた。この反応の化学反応式を記せ。

問 3 図 1 中の①において、下線部の操作を行うのはなぜか。理由を簡潔に記せ。

問 4 0.010 mol/L の Cd^{2+} を含む水溶液に十分な量の硫化水素を通じたところ、水溶液に含まれていた Cd^{2+} のほとんどが硫化物として沈殿した。沈殿生成後の水溶液の pH は 2.0 であり、水溶液に溶解している硫化水素のモル濃度は 0.10 mol/L であった。ただし、硫化水素は水溶液中で以下の電離平衡に達しており、その電離定数 K_a は $1.2 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$ であるとする。



- 1) 沈殿生成後の水溶液中の硫化物イオンのモル濃度[mol/L]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。
- 2) 沈殿生成後の水溶液中の Cd^{2+} のモル濃度[mol/L]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、 CdS の溶解度積 K_{sp} は $5.0 \times 10^{-28} (\text{mol/L})^2$ であるとする。

(2) 次の文章を読んで、問 1 ～問 4 の答を解答欄に記入せよ。

マンガン **Mn** の酸化数が +7 の化合物である過マンガン酸カリウム ア は、水に溶解し赤紫色の過マンガン酸イオンを生じる。過マンガン酸イオンは、一般に酸化剤として働く。特に、硫酸酸性水溶液中では、過マンガン酸イオンは強い酸化作用を示し、酸化還元反応により Mn^{2+} を生じる。
一方、中性や塩基性の水溶液中では、酸化還元反応により **Mn** の酸化数が +4 の化合物である酸化マンガン イ を生じる。酸化マンガンは、マンガン乾電池の ウ 極活物質や触媒として用いられる。

問 1 空欄 ア と イ に当てはまる化学式をそれぞれ記せ。

問 2 空欄 ウ に当てはまる最も適切な語句を漢字で記せ。

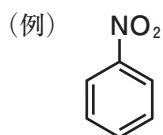
問 3 下線部 a における過マンガン酸イオンの還元反応を電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

問 4 $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸(COOH)₂ 水溶液 100 mL に希硫酸を加え温めてから、濃度が不明の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットで滴下したところ、80.0 mL 加えたところで、過マンガン酸イオンの赤紫色が消えなくなり、二酸化炭素が発生しなくなった。ただし、水溶液中には十分な量の硫酸が溶解しているものとする。

- 1) 過マンガン酸カリウムとシュウ酸との酸化還元反応の化学反応式を記せ。
- 2) 過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度[mol/L]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。
- 3) 過マンガン酸カリウムとシュウ酸との酸化還元反応により発生した二酸化炭素の 27 °C、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における体積[mL]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、二酸化炭素は理想気体であり、水溶液に溶解しないものとする。

6

(1) 次の文章を読んで、問 1 ～問 5 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



トルエン、フェノール、安息香酸をジエチルエーテルに溶かした混合溶液がある。この溶液に、図 1 のような分離操作 1 および分離操作 2 を行い、それぞれ 3 種類の化合物を分離した。

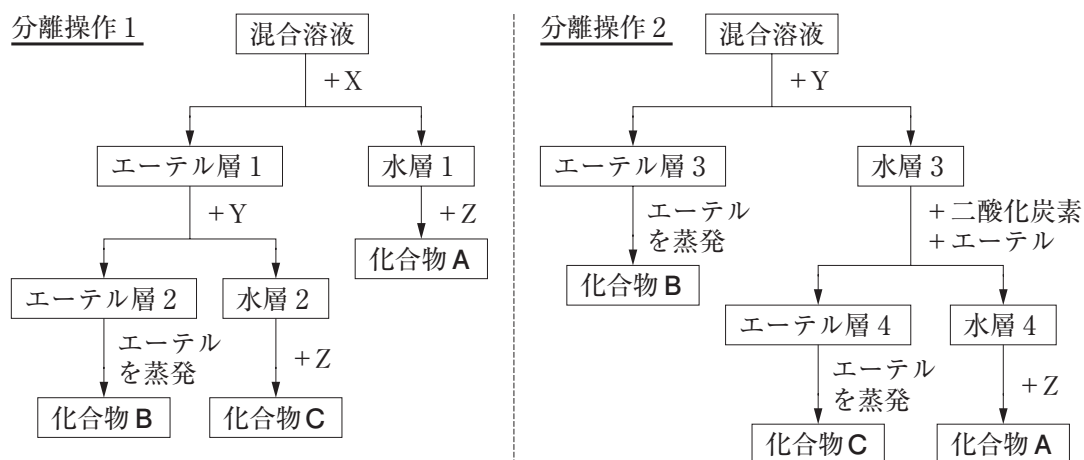


図 1

問 1 図 1 に示す分離操作のように、有機溶媒と水に対する溶解度の差を利用して特定の物質を溶かし出す操作を何というか記せ。

問 2 図 1 中の X～Z として最も適切な試薬を、次の①～④からそれぞれ 1 つ選び、その番号を記せ。ただし、同じ番号を複数回選んではならない。

- | | |
|---------------|----------------|
| ① 水酸化ナトリウム水溶液 | ② 塩酸 |
| ③ 塩化ナトリウム水溶液 | ④ 炭酸水素ナトリウム水溶液 |

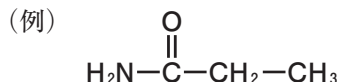
問 3 化合物 A～C の構造式を記せ。

問 4 化合物 C を検出するための最も適切な試薬を次の①～③から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 塩化鉄(Ⅲ)水溶液
- ② さらし粉水溶液
- ③ フェーリング液

問 5 図 1 中の分離操作 2 の水層 3 に二酸化炭素を通じた際に起こる反応の化学反応式を記せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



分子式が同じで構造が異なる化合物を互いに異性体という。a 分子式が $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ のアルコールにはさまざまな異性体が存在する。このアルコールに濃硫酸を加えて加熱すると、b ヒドロキシ基とそれが結合している炭素原子の隣の炭素原子に結合している水素原子がとれる分子内脱水反応によりアルケンが生じたり、c 分子間脱水反応によりエーテルが生じたりする。

問 1 下線部 a のアルコールのうち、次の 1)～3) に当てはまる化合物の構造式を 1 つずつ記せ。

- 1) 第三級アルコール
- 2) 第二級アルコールであり、不斉炭素原子をもたない
- 3) 第一級アルコールであり、不斉炭素原子をもつ

問 2 下線部 a のアルコールのうち、ヨードホルム反応を示す化合物の構造式をすべて記せ。

問 3 下線部 a のアルコールから下線部 b の分子内脱水反応により得られるアルケンのうち、次の 1) と 2) に当てはまる化合物の構造式を、1) については 1 つ、2) については 3 つ記せ。

- 1) シス・トランス異性体が存在するもののうち、トランス形のもの
- 2) 炭素鎖の末端に二重結合 $\text{C}=\text{C}$ を含むもの(二重結合 $\text{C}=\text{C}$ の一方の炭素原子に 2 つの水素原子が結合したもの)

問 4 下線部 a のアルコールのうち、下線部 b の分子内脱水反応が起こらない化合物の構造式を記せ。

問 5 下線部 a のアルコール 88 g を下線部 b の分子内脱水反応によりすべてアルケンにしたとき、および下線部 c の分子間脱水反応によりすべてエーテルにしたとき、得られたアルケンおよびエーテルはそれぞれ何 g か求め、整数で答えよ。

7

(1) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

機能性高分子化合物のひとつであるイオン交換樹脂として、スチレンと少量の *p*-ジビニルベンゼンの A で得られる樹脂に、^aスルホ基などの酸性の官能基を導入した陽イオン交換樹脂がある。陽イオン交換樹脂に塩化ナトリウム水溶液を通すと、樹脂中の ア と水溶液中の イ が交換されて、流出液として ウ が得られる。使用後の陽イオン交換樹脂は、ウ を用いて再生することができる。

問 1 空欄 A に当てはまる、2 種類以上の単量体を混合して行う重合の名称を記せ。

問 2 下線部 a の化学式を次の例にならって記せ。

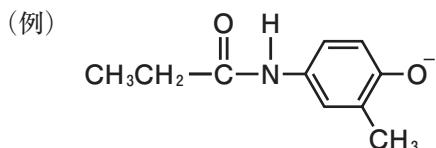
(例) —NO_2

問 3 空欄 ア と イ に当てはまる化学式、および空欄 ウ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 4 十分な量の陽イオン交換樹脂に、濃度不明の塩化カルシウム水溶液 20.0 mL を通した後、樹脂を純水で十分に洗った。水洗液もあわせてすべての流出液を集め、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和までに 12.0 mL を要した。使用した塩化カルシウム水溶液の濃度〔mol/L〕を求め、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、イオン交換反応は完全に進行するものとする。

問 5 スチレン 10.4 g と *p*-ジビニルベンゼン 1.3 g を完全に重合させて得られた樹脂をスルホン化したところ、16.5 g の陽イオン交換樹脂が得られた。スチレン由来のベンゼン環のみがスルホン化され、ベンゼン環 1 個あたり最大 1 個のスルホ基が導入されるものとする、スチレン由来のベンゼン環のうちスルホン化されたのは何%か求め、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 4 の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



α -アミノ酸(アミノ酸)は、分子内にカルボキシ基とアミノ基をもっている。アミノ酸の多くには不斉炭素原子があるため、立体異性体のうち ア 異性体が存在するが、グリシンには ア 異性体が存在しない。生体のタンパク質を構成するアミノ酸には、側鎖の異なる約 20 種類が存在する。

アミノ酸の水溶液では、陽イオン、双性イオン、陰イオンが平衡状態にあり、_aこれらのイオンの割合は pH によって変化する。アミノ酸の水溶液が特定の pH になると、これらのイオンの電荷の総和が 0 になる。この pH をそのアミノ酸の等電点という。ある pH の緩衝液で湿らせたろ紙の中央に、同じ pH のアミノ酸水溶液を塗布し、ろ紙の両端に電極をつないで直流電圧をかけると、陽イオンと陰イオンは互いに異なる電極側に移動する。_bこのようにイオンが移動する現象を イ といい、アミノ酸の分離に用いられる。

問 1 空欄 ア と イ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 アミノ酸の検出に一般に用いられる試薬を次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液
- ② ニンヒドリン水溶液
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液
- ④ アンモニア性硝酸銀水溶液

問 3 下線部 a について、pH 6、pH 13 のグリシンの水溶液中において、最も多く存在するグリシンのイオンの構造式をそれぞれ記せ。ただし、グリシンの等電点は 6 であるとする。

問 4 下線部 b について、pH 6 の緩衝液で湿らせたろ紙の中央にグリシンとアミノ酸 X を含む pH 6 の水溶液を塗布して直流電圧をかけたところ、グリシンはほとんど移動せず、アミノ酸 X は陰極側に引き寄せられた。

1) アミノ酸 X として最も適切なものを次の①～⑤から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① グルタミン酸 ② システイン ③ チロシン
④ セリン ⑤ リシン

2) アミノ酸 X が陰極側に引き寄せられた理由を、「側鎖」と「等電点」を用いて 35 字以内で記せ。

問 題 訂 正 紙

理科 (医学部医学科)

注意事項

- 1 試験開始まで、この問題訂正紙の裏を見てはいけません。「解答はじめ。」の指示の後に、訂正の内容を確認してください。
- 2 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰ってください。

問 題 訂 正

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 理科（医学部医学科）
問題訂正

問 題

3

ページ 10 の (8) 行目

ページ 11 の (5) 行目

(誤) 熱のやり取りは

(正) エネルギーのやり取りは