

(前期日程)

令和 7 年度 理 科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～9
化学基礎・化学(化学)	10～24

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部受験者は，☐1☐～☐4を解答すること。

医学部受験者は，☐1，☐3を解答すること。

1 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1(a)のように、摩擦のない滑らかな水平面 OC がある。O を原点として右向きを正の向きとして x 軸をとり、 x 軸の正の向きを速度の正の向きと定義する。水平面上にばね S を置き、左端を点 O ($x = 0$) で壁に固定し、右端に質量 m の物体 P をとり付けた。ばね S が自然の長さであるとき、物体 P は点 A にあった (図 1(a)の状態)。次に、物体 P に力を加えることにより、ばねを押し縮めて物体 P を点 A から点 B まで移動させてから静止させた (図 1(b)の状態)。この状態から時刻 0 において物体 P を静かにはなしたところ、物体 P は単振動を開始し、時刻 t_0 において、初めて点 A を通過した。次に、図 1(b)の状態において点 A に質量 M ($M > m$) の物体 Q を置いた (図 1(c)の状態)。この状態から物体 P を静かにはなしたところ、物体 P は速度 v_0 で物体 Q と衝突した。物体 P, Q は x 軸上を直線運動するものとする。物体 P, Q の衝突時の反発係数 (はねかえり係数) を e ($0 < e < 1$) とする。物体 P, Q の大きさ、ばね S の質量、空気抵抗は無視できるものとする。また、円周率を π とする。

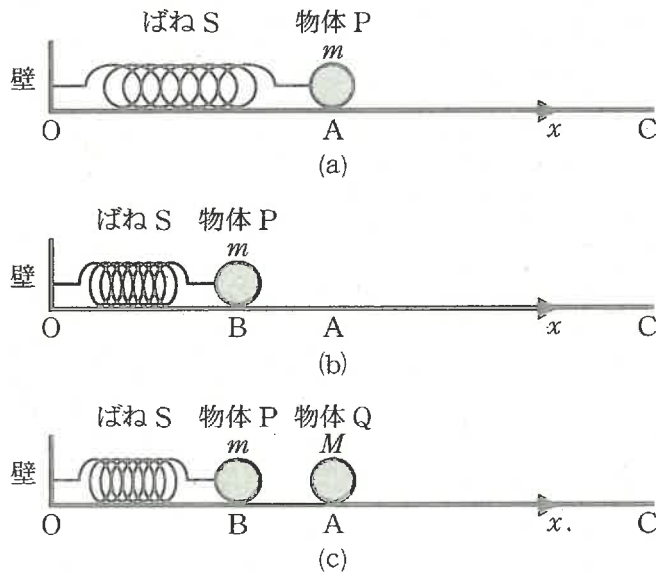


図 1

- (1) 図 1(b)の状態から物体 P を単振動させるとき、その周期を答えなさい。
- (2) ばね S のばね定数を答えなさい。
- (3) AB 間の距離を答えなさい。

(4) 衝突直後の物体 P, Q の速度をそれぞれ v , V とするとき, 反発係数 e を表す式, および衝突前後の運動量保存の法則を表す式を記しなさい。ただし, 解答に使用できる記号は m , M , v_0 , v , V とする。

(5) 衝突直後に物体 P が正の向き(右向き)に運動するための e の条件を不等式で記しなさい。

問 2 図 2 のように, 頂点 A から底面への垂線 AB と母線 AC が角 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) をなす円錐がある。その底面が水平面に固定されている。長さ l の糸 S の一端が頂点 A で固定され, 糸 S の他端に取り付けられた質量 m の物体 P が一定の角速度(大きさ ω) で等速円運動している。重力加速度の大きさを g とする。物体 P の大きさ, 糸 S の質量, 物体 P と円錐の間の摩擦, 空気抵抗は無視できるものとする。

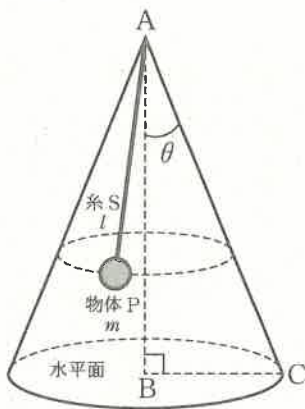


図 2

(6) 物体 P が円錐の側面から離れずに運動しているとき, 糸 S の張力の大きさ, および物体 P が円錐の側面から受ける垂直抗力の大きさを答えなさい。

(7) 物体 P が円錐の側面から離れることなく, 等速円運動をするための ω の最大値を記しなさい。

2 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、面積 S の 2 枚の極板を間隔 d だけ離しておいた平行板コンデンサーが真空中にあり、極板にはそれぞれ $+Q$ 、 $-Q$ の電荷が蓄えられている。真空中におけるクーロンの法則の比例定数を k_0 とし、 $Q > 0$ とする。極板は十分に広く、極板の端の部分の影響は無視でき、極板間にのみ一様な電場ができるとする。また、円周率を π とする。

- (1) 極板間の電気力線の本数と電場の強さを求めなさい。
- (2) 極板間の電位差を求めなさい。
- (3) コンデンサーの電気容量を求めなさい。
- (4) このコンデンサーの極板に蓄えられている電荷を $+Q$ 、 $-Q$ に保ったまま、極板間を比誘電率 2 の誘電体で満たした。極板間が真空のときと比べて、コンデンサーの電気容量と静電エネルギーがそれぞれ何倍になるかを答えなさい。

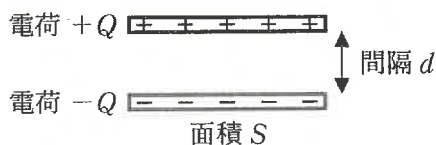


図 1

問 2 図 2 のように、短い間隙 ab を有する半径 r の円形導線と十分長い直線導線が真空中 xy 平面上に配置されている。円形導線の中心 C と直線導線とは d だけ離れており、 $d > r$ である。直線導線には y 軸の正の向きに電流 I が流れており、 $I > 0$ である。図 2 には x , y , z 軸の向きが記されており、 z 軸は紙面奥から手前に向いている。また、円周率を π とする。

(5) 電流 I により点 C にできる磁場の大きさを答えなさい。また、この磁場の向きとして最も適当なものを以下の選択肢から記号で選びなさい。

- (ア) x 軸の正の向き (イ) x 軸の負の向き (ウ) y 軸の正の向き
(エ) y 軸の負の向き (オ) z 軸の正の向き (カ) z 軸の負の向き

(6) 端子 ab 間に直流電源を接続して円形導線に電流を流したところ点 C の磁場の強さが 0 になった。円形導線に流した電流の向きは時計回りか反時計回りかを答えなさい。また、その電流の大きさを求めなさい。

(7) 直線導線に流す電流 I を図 3 のように時刻 t とともに変化させた。2 つの導線の間の相互インダクタンスが M のとき、(a) $0 < t < T$, (b) $T < t < 3T$, (c) $3T < t < 5T$ のそれぞれの時間帯で、端子 ab 間に発生する誘導起電力を求めなさい。ただし、端子 b よりも端子 a の電位が高いときを正とする。解答に使用できる記号は M , I_0 , T とする。

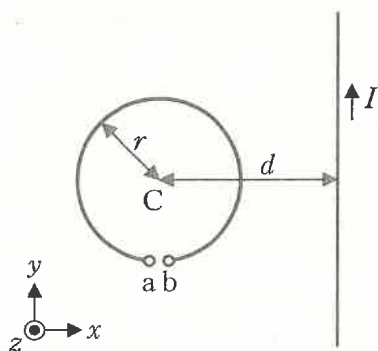


図 2

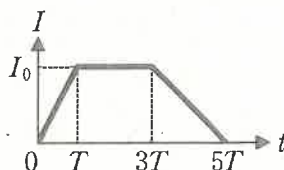


図 3

3 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、電車が周波数 f_0 (Hz) の警笛を鳴らしながら直線の線路上を一定の速さ V (m/s) で走行し、駅を通過しようとしている。この警笛の音を、駅のホームに静止している人が聴いている。音速は V_0 (m/s) (V_0 は V と比べて十分大きい) とし、人は線路のすぐそばに立っており、人と線路の距離は無視できるものとする。



図 1

(i) 風が吹いていない場合について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 電車が近づいてくるときに、駅のホーム上の人が聴く警笛の音の波長を V_0 , V , f_0 を用いて表しなさい。
- (2) この電車が駅を通過し遠ざかっているとき、次の電車が周波数 f_0 (Hz) の警笛を鳴らしながら同じ速度で近づいてきた。駅のホーム上の人が遠ざかる電車と近づく電車の警笛の音を同時に聴いた場合、毎秒何回のうなりが聞こえるか。 V_0 , V , f_0 を用いて表しなさい。

(ii) 電車の進行方向と同じ向きに風速 w (m/s) の風が吹いているとする。このとき、風速の分だけ音速が変化する。次の問いに答えなさい。

- (3) 電車が近づいてくるときに、駅のホーム上の人が聴く警笛の音の周波数を V_0 , V , f_0 , w を用いて表しなさい。
- (4) (2) と同様に、同じ速度で近づく電車と遠ざかる電車からの警笛を同時に聴く場合に、うなりは毎秒何回となるか。 V_0 , V , f_0 , w を用いて表しなさい。
- (5) (4) において電車と風の速度が同じ場合、1 秒あたりのうなりの回数は風がない場合と比べてどうなるか。最も適当なものを以下の選択肢から記号で選びなさい。

- (ア) 多くなる (イ) 同じ回数となる (ウ) 少なくなる

問 2 図 2 のように、レーザー光源 S、鏡 A、鏡 B、ハーフミラー C、検出部 D からなる装置が真空中に置かれている。光源 S から出たレーザー光 (位相の揃った単色光) は中央のハーフミラー C で半分に分けられ、鏡 A および鏡 B に向かう。鏡 A で反射したレーザー光のうち、ハーフミラー C を透過した成分は、検出部 D に向かう。また、鏡 B で反射しハーフミラー C で反射した成分も、検出部 D で検出される。これらの 2 成分が検出部 D で干渉を起こす。鏡 B の位置は矢印の方向に動かすことができる。最初に 2 成分のレーザー光が最も強め合う状態になるよう鏡 B の位置を調整した。レーザー光の真空中での波長を λ とし、鏡での反射は固定端反射とみなせるとする。

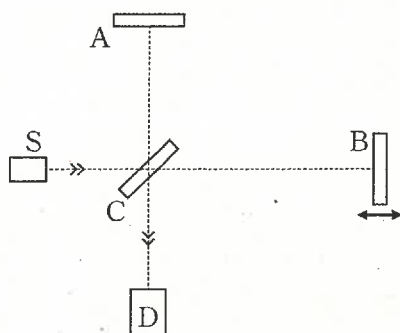


図 2

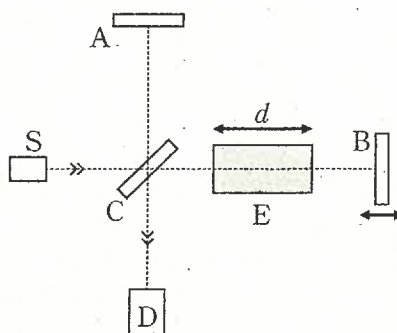


図 3

- (i) 図 2 の装置に関して、次の問いに答えなさい。
- (6) 鏡 B での反射により、レーザー光の位相はどれだけ変化するか。大きさを答えなさい。
 - (7) 鏡 B を動かし、BC 間の距離を少しずつ広げたところ、検出部 D で観測されるレーザー光はだんだん弱まった後、再び初めと同様に最も強め合う状態になった。このときの鏡 B の移動距離を ΔL としたとき、 ΔL を用いて λ を表しなさい。
- (ii) 図 3 のように、鏡 B とハーフミラー C の間に、水を満たした透明容器 E を置いた。この状態で、検出部 D においてレーザー光が最も強め合う状態になるよう鏡 B の位置を調整した。BC と平行な方向の容器の長さは d である。水の屈折率を n_0 とし、容器 E 自体の屈折率や容器の厚みは無視できるとして、次の問いに答えなさい。
- (8) 容器 E の内部を通過するレーザー光の波長 λ' を n_0 、 λ を用いて表しなさい。
 - (9) 容器 E の水に物質を少しずつ加えて溶かしたところ、検出部 D で観測されるレーザー光の強度は減少、増加を繰り返した。この水溶液の濃度 ρ と屈折率 n の間には、 $n = n_0 + k\rho$ (k は定数) という関係が成り立つとする。物質を加え始めた後、レーザー光の強度が m 回目に最大になったときの水溶液の濃度 ρ を求めなさい。ただし、解答に使用できる記号は n_0 、 λ 、 m 、 k 、 d とする。

4

図1(a)のように、一定体積(V_1)の容器1と、ピストンで体積を調節できる容器2が、コックのついた細管でつながれ水平に設置してある。ピストンは容器2の中を滑らかに動くことができ、ピストンと内壁との間の摩擦は無視できる。また、全ての構成部分は断熱材でできており、細管およびコックの容積は無視できるものとする。気体定数を R 、アボガドロ定数を N として、以下の設問に答えなさい。

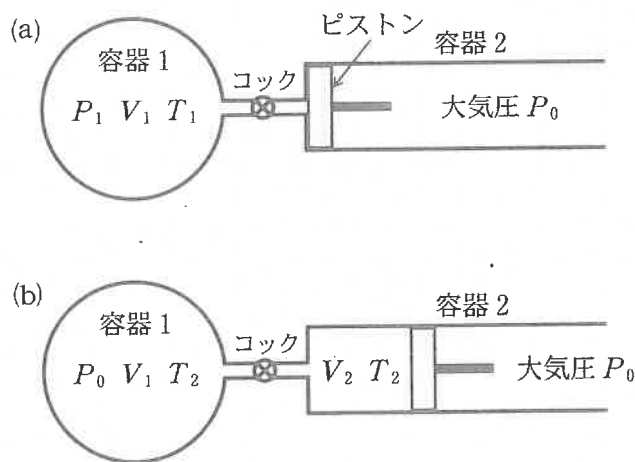


図1

問1 初めに、コックを閉じた状態で、単原子分子からなる圧力 P_1 、温度 T_1 の理想気体を容器1に満たした(以後、この状態を「初期状態」と呼ぶ)。容器1に満たした初期状態の気体について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 気体の物質量(モル数)を求めなさい。
- (2) 気体の内部エネルギーを求めなさい。
- (3) 気体1分子あたりの運動エネルギーを求めなさい。

- (4) 容器 1 の気体が質量数 4 のヘリウムとした場合、気体分子の二乗平均速度として最も近い値を以下の選択肢から選びなさい。ただし、ヘリウムの温度を 27°C とし、必要に応じて下記の値を用いること。

$$\text{気体定数 } R = 8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$\text{アボガドロ定数 } N = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$$

- (ア) $5.5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ (イ) 45 m/s (ウ) 340 m/s
(エ) 800 m/s (オ) 1400 m/s (カ) $5.5 \times 10^{-12} \text{ m/s}$

問 2 次に、問 1 の初期状態から、図 1(a)のようにピストンを容器 2 の奥にしっかりとつけた状態でコックをゆっくり開けると、容器 1 の気体が容器 2 に流入し、ピストンがゆっくりと右側に移動した。そして、十分な時間が経過すると容器 1 と容器 2 の圧力と温度は平衡状態に達し、容器 2 の体積が V_2 の状態(図 1(b))でピストンが停止した。このように、外部との熱のやり取りがない系における気体の状態変化は断熱変化と呼ばれる。その際、圧力 P と体積 V の間には、気体の種類に依存する指数 γ ($\gamma > 1$) を用いて、下式の関係が成り立つことが知られている。

$$PV^{\gamma} = \text{一定}$$

容器の外側は大気圧 P_0 とし、 $P_1 > P_0$ とする。以下の問いに答えなさい。ただし、解答に使用できる記号は P_0 , P_1 , V_1 , T_1 , γ とする。

- (5) 平衡状態に達した時の容器 2 の体積 V_2 を求めなさい。
(6) 容器 2 内の気体の温度 T_2 を求めなさい。
(7) 容器 1 の気体が容器 2 に流入する過程で、気体が外部にした仕事を求めなさい。

化学基礎・化学（化学）

全ての受験生は、**1**～**5**の全問を解答しなさい。

問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 $H = 1.01$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Mg = 24.3$

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

1 次のⅠ、Ⅱの問いに答えなさい。

Ⅰ. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

元素を原子番号の順に並べ、性質のよく似た元素を縦の列に並ぶように配列した表を元素の周期表といい、元素の種類を典型元素と（ア）元素に分けることができる。同じ縦の列に属している元素を同族元素といい、固有の名称が付けられている。これらのうち価電子を2個もつ典型元素の族を（イ）という。

同じ元素には、陽子の数が同じでも、中性子の数が違うため、質量数が異なるものがある。これらの原子どうしを、互いに（ウ）体であるといい、酸素には $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$ の3種類の安定なものが存在する。また、同じ元素からなる単体には、性質の異なるものがあり、これを互いに（エ）体であるといい、例として酸素原子からなる（エ）体は酸素と（オ）である。

H_2O 分子の酸素原子の6個の価電子のうち2つが水素原子の価電子とそれぞれ電子対をつくって共有結合に使われている。残りの4個は、2個ずつが対になっているが共有結合には使われていない。このような電子対を非共有電子対^①といい、 H_2O 分子には2組ある。これにより H_2O 分子は折れ線型となり、共有結合の電子対を引きつける強さである電気陰性度^②が水素より酸素の方がかなり大きいため、 H_2O 分子は極性がある。その結果、同じくらいの分子量をもつ無極性分子^③よりも^④沸点が高い。

問 1 (ア)～(オ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 ^{18}O の原子について、陽子の数、中性子の数、電子の数をそれぞれ答えなさい。

問 3 以下の問いに答えなさい。

(1) 下線部①の酸素が空気に占める割合(体積)を、以下の5つから1つ選んで記号で答えなさい。

- (a) 1% (b) 15% (c) 21% (d) 46% (e) 78%

(2) 下線部②の非共有電子対が最も多い分子を、以下の5つから1つ選んで記号で答えなさい。

- (a) HCl (b) NH_3 (c) CO_2 (d) F_2 (e) O_2

(3) 下線部③の電気陰性度が最も大きい元素を、以下の5つから1つ選んで記号で答えなさい。

- (a) N (b) O (c) F (d) Na (e) Cl

(4) 下線部④の無極性分子を、以下の5つからすべて選んで記号で答えなさい。

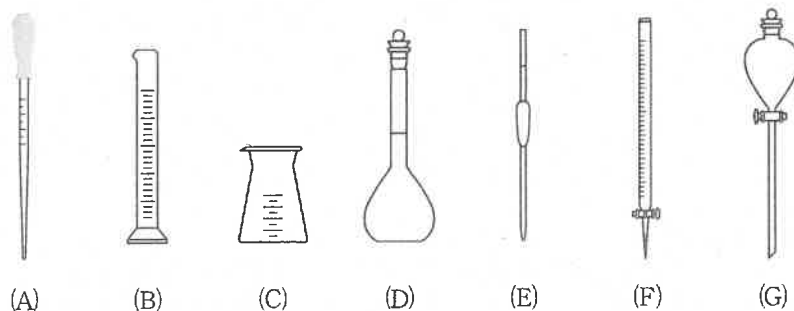
- (a) NH_3 (b) CH_4 (c) HF (d) HCl (e) N_2

II. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

市販されている食酢中の酢酸を定量するために、以下の操作を行った。ただし、食酢中には酢酸以外の酸はふくまれない。温度は 25°C とする。

- (1) 食酢 10.0 mL を、(ア)を用いて正確に測りとり、(イ)に移し、標線まで純水を加えて 100 mL に調整した。その後、(イ)にふたをし、内容液がこぼれ出ないように逆さまにしてよく混合した。
- (2) (1)の水溶液 10.0 mL を、別に用意した(ア)を用いて正確に測りとり、(ウ)に入れた。この溶液に、純水 40 mL を加えて混合したのち、指示薬を1滴加えた。
- (3) 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で、適切な目盛りまで(エ)を満たし、数分間静置した。その後、液面の最底部の値を読み取った。この際、目測で最小目盛りの $1/10$ まで読み取り、実験ノートに記録した。
- (4) (ウ)を振りながら、(エ)から 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を、食酢の希釈水溶液に滴下した。
- (5) 指示薬による溶液全体の色が変わったところで、中和が完了したとし、(エ)の液面の最底部の値を読み取った。この際、目測で最小目盛りの $1/10$ まで読み取り、実験ノートに記録した。

問 1 (ア)～(エ)には、以下の図で示す定量分析に必要な実験器具の名称が入る。最も適切な実験器具を(A)～(G)から選び、記号で答えなさい。

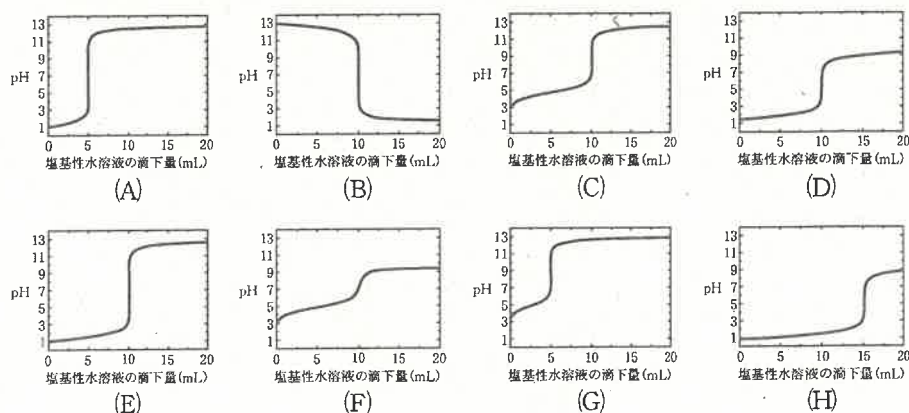


問 2 (2)から(5)の操作を 5 回繰り返し、希釈した食酢中の酢酸水溶液を中和するために必要な 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の平均滴下量は、 7.00 mL であった。このときの酢酸水溶液のモル濃度(mol/L)と、希釈前における食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、もとの食酢の密度を 1.00 g/cm^3 とし、酢酸のモル質量は 60.05 g/mol とする。

問 3 酸性水溶液 10 mL に対して、塩基性水溶液を滴下したとき、加えた塩基性水溶液の体積と、混合水溶液の pH との関係(滴定曲線のグラフ)が得られる。(i)~(iv)に示す酸性水溶液と塩基性水溶液の組み合わせで得られる滴定曲線のグラフを(A)~(H)から 1 つ選び、それぞれの中和点を得るために必要な指示薬に関して、最も適切な文を(W)~(Z)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (i) 塩酸 (0.10 mol/L) と水酸化ナトリウム水溶液 (0.20 mol/L)
- (ii) 酢酸水溶液 (0.10 mol/L) と水酸化ナトリウム水溶液 (0.10 mol/L)
- (iii) 塩酸 (0.10 mol/L) とアンモニア水溶液 (0.10 mol/L)
- (iv) 酢酸水溶液 (0.10 mol/L) とアンモニア水溶液 (0.10 mol/L)

滴定曲線のグラフ



指示薬

- (W) フェノールフタレイン溶液が適し、メチルオレンジ溶液は適さない。
- (X) メチルオレンジ溶液が適し、フェノールフタレイン溶液は適さない。
- (Y) フェノールフタレイン溶液とメチルオレンジ溶液の両方とも適している。
- (Z) フェノールフタレイン溶液とメチルオレンジ溶液のどちらも適さない。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

① 二酸化炭素は大気中の微量成分であり、炭素や炭素化合物の完全燃焼で生じるほか、生物の呼吸により生じる。実験室では炭酸カルシウムに希塩酸を加えて発生させる。② 捕集法としては(ア)置換が最も適している。また、③ 二酸化炭素を水酸化カルシウム水溶液に通じると白色沈殿を生じる。このとき、さらに二酸化炭素を通じ続けると白色沈殿は溶解し、透明な水溶液になる。④

図1は二酸化炭素の状態図を示す。この状態図により二酸化炭素がある温度・圧力のとき固体・液体・気体のどのような状態であるかを知ることができる。固体・液体・気体を区切っている3本の曲線の交わる点aを(イ)といい、3つの状態が共存する。液体と気体を区切る曲線abを(ウ)曲線という。温度と圧力を高めて(ウ)曲線の途切れる点bを(エ)といい、二酸化炭素では温度 31.1°C 、圧力 $7.4 \times 10^6 \text{ Pa}$ の点である。物質は(エ)より温度と圧力が高い状態では気体と液体の区別がつかない状態になる。この状態の物質を(オ)といい、二酸化炭素の(オ)はコーヒー豆からカフェインを抽出する際に利用される。

固体の二酸化炭素(ドライアイス)は、二酸化炭素が(カ)力によって規則正しく配列した(キ)結晶である。矢印Iのように標準大気圧下でドライアイスの温度を上げていき、 -78.5°C で起こる状態変化を(ク)という。

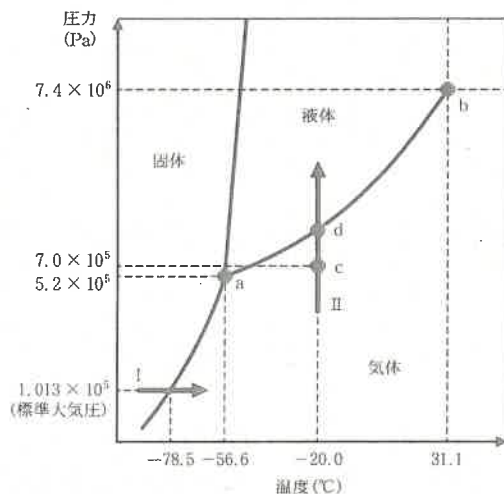


図1

問 1 文中の(ア)～(ク)に適した語句を答えなさい。

問 2 下線部①について、 20°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気中に二酸化炭素は 0.0400% (体積比)ふくまれるとする。 20°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気と接する水 1.00 L に溶解する二酸化炭素の物質量を有効数字 3 桁で求めなさい。二酸化炭素の水への溶解についてはヘンリーの法則が成り立ち、 20°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、二酸化炭素は 1.00 L の水に $39.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ まで溶解するとする。大気中の水蒸気については無視してよい。

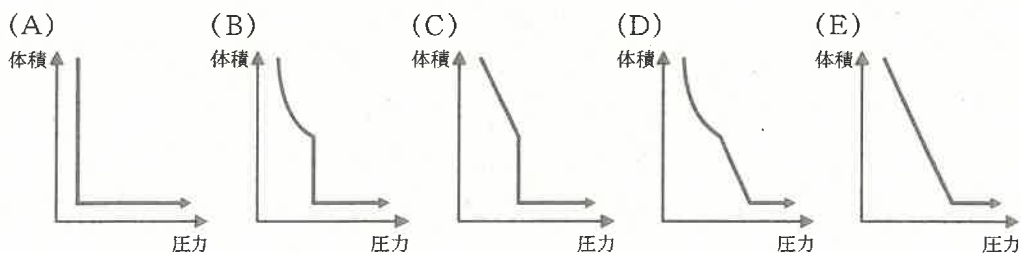
問 3 下線部②、下線部③、下線部④それぞれの反応を化学反応式で書きなさい。

問 4 ドライアイス中の二酸化炭素は、1つの分子を1つの粒子として考え、金属結晶における面心立方格子と同様に扱うことができる。

- (1) ドライアイスの単位格子中にふくまれる二酸化炭素は何分子か答えなさい。
- (2) ドライアイスの単位格子の1辺の長さは $5.60 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。ドライアイスの密度(g/cm^3)を有効数字 3 桁で答えなさい。 $5.60^3 = 1.76 \times 10^2$ とする。

問 5 気体の二酸化炭素をピストンのついた密閉容器に入れ、矢印Ⅱのように容器内の温度を -20.0°C に保ったまま圧力を増加させた。容器内の圧力を $7.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (点 c)にしたとき体積は 60.0 mL であった。また、点 d で初めて液体の二酸化炭素が観察された。

- (1) 液体の二酸化炭素が出現する直前の体積は 21.0 mL であった。このときの圧力(Pa)を有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) 矢印Ⅱにおける体積と圧力の関係を表すグラフとして正しいものを下の(A)～(E)のグラフから選び、記号で答えなさい。



3 次の I, II の問いに答えなさい。

I. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。なお、計算問題については、有効数字 3 桁で求めなさい。

化学反応におけるエネルギーの出入りは、エンタルピー (H) とよばれる物理量を用いて表される。化学反応の前後におけるエンタルピー変化 (ΔH) は、一定圧力では反応熱に等しく、生成物のもつエンタルピーの総和から反応物のもつエンタルピーの総和を引くことで求められる。化学変化で物質のエンタルピーが減少すると ($\Delta H < 0$)、その分が反応熱として放出されるので発熱反応となる。マグネシウムの燃焼反応のように直接測定することが難しい場合、ヘスの法則を利用して間接的に燃焼エンタルピーを求めることができる。

【マグネシウムの燃焼熱を求める実験】

この実験では、水溶液の比熱容量は $4.18 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とし、水の生成エンタルピーは、 $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = -286 \text{ kJ}$ である。

(1) 20.0°C の 2 mol/L 塩酸 100.000 g にマグネシウムリボン 0.243 g を加えて、よく攪拌したところ、気体を発生しながら完全に溶解し、反応後の温度は 30.5°C だった。

(2) 20.0°C の 2 mol/L 塩酸 100.000 g に酸化マグネシウム 0.403 g を加えて、よく攪拌したところ、完全に溶解し、反応後の温度は 23.0°C だった。

問 1 マグネシウムと塩酸の反応式を書き、マグネシウム 1 mol 当たりの反応のエンタルピー変化 $\Delta H (\text{kJ})$ を求めなさい。

問 2 酸化マグネシウムと塩酸の反応式を書き、酸化マグネシウム 1 mol 当たりの反応のエンタルピー変化 $\Delta H (\text{kJ})$ を求めなさい。

問 3 マグネシウムの燃焼エンタルピーを求めなさい。

問 4 下の図 2 の例にならって、各反応のエネルギー図を完成させなさい。

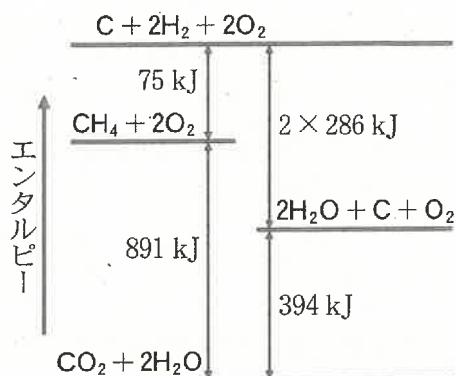


図 2 生成熱と反応熱(メタンの生成エンタルピー： -75 kJ/mol・メタンの燃焼エンタルピー： -891 kJ/mol・二酸化炭素の生成エンタルピー： -394 kJ/mol)

II. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。なお、計算問題については、有効数字 3 桁で求めなさい。

可逆反応において、実際には両方の反応が起きているにもかかわらず、見かけ上の反応速度がゼロとなり、反応が停止しているように見える状態を反応の平衡状態という。濃硫酸を触媒として、酢酸とエタノールから酢酸エチルを合成する実験では、酢酸やエタノールがすべて消費された状態まで反応が進行することではなく、反応がある程度進むと、平衡状態に達する。

【酢酸エチルの合成】

この実験では、反応の前後において溶液の体積は変わらないものとする。

(1) 酢酸 1.00 mol とエタノール 1.00 mol を混合し、少量の濃硫酸を加え、ある一定の温度でよく攪拌した。反応が平衡状態に達したとき、酢酸エチルが 0.600 mol 生成していた。

(2) ある量の酢酸とエタノールを混合し、少量の濃硫酸を加え、(1)と同じ温度でよく攪拌した。平衡に達したとき、混合液を調べたところ、酢酸の濃度が 0.200 mol/L、酢酸エチルの濃度が 0.671 mol/L だった。

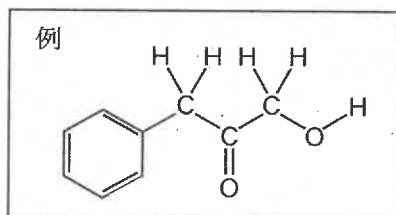
問 1 この反応の反応式を書きなさい。

問 2 この反応の平衡定数を求めなさい。

問 3 (2)の混合液中の水の濃度と、初めのエタノールの濃度を求めなさい。

化学の試験問題は次ページに続く。

- 4 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。また、化合物の構造式を示す際には例を参考にしなさい。



カルボン酸は(ア)基(—COOH)を有する有機酸であり、自然界から単離される化合物に多く認められる。代表的なカルボン酸である酢酸は、純度の高いものは冬の気温で凝固することから(イ)とよばれる。酢酸とエタノールより得られる酢酸エチルを水酸化ナトリウム水溶液中でよく混合すると、(ウ)分解され均一の水溶液になる。この水溶液に塩酸を加えていくと徐々に酢酸の刺激臭がするようになる。一方、酢酸とともに代表的なカルボン酸の1つであるギ酸は、分子構造中に(ア)基だけでなく、(エ)基を有することから還元性を示す。

2つの(ア)基をもつ化合物はジカルボン酸とよばれており、例としてほうれんそうのアクなどにふくまれているシュウ酸が挙げられる。シュウ酸は、水溶液中では(酸・中・塩基)性を示し、硫酸酸性条件で過マンガン酸カリウムと一緒に用いると①(酸化・還元)剤として作用する。シュウ酸以外のジカルボン酸の例として、シス-トランス異性体の関係にあるフマル酸およびマレイン酸が挙げられる。そのうち(フマル酸・マレイン酸)は160℃程度で加熱することにより酸無水物を形成する。酸無水物を形成するジカルボン酸の例に、安息香酸の(ア)基の(オルト・メタ・パラ)位に(ア)基を有するフタル酸が挙げられる。また、フタル酸の異性体である(オ)をエチレングリコールと(カ)重合させることにより合成樹脂であるPETが形成される。

化合物の構造中に(ア)基と水酸基を有する化合物はヒドロキシ酸とよばれ、代表的な化合物に乳酸が挙げられる。この化合物は(キ)炭素原子を有するため、鏡像異性体が存在する。乳酸が(カ)重合してできるポリ乳酸は、自然界で土壌や水中の微生物によって分解されることから、(ク)高分子とよばれる。

問 1 (ア) ~ (ク) に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①~④のカッコの中から適切な用語を選び、答えなさい。

問 3 下線を付けた化合物(A)~(D)の構造式を示しなさい。なお、(D)に関しては鏡像異性体を区別しなくて良い。

問 4 下線部 i) に関して、塩酸を加えることにより酢酸の刺激臭が生じるようになる理由を 2 行以内で記しなさい。

問 5 シュウ酸が下線部②の性質を示すことがわかるように電子を用いた反応式で表しなさい。なお、電子は e^- と表記しなさい。

問 6 下線部 ii) に関して、シス-トランス異性体の構造上の違いを踏まえ、理由を 1 行で記しなさい。

- 5 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。なお、図3に代表的な α -アミノ酸の構造式を示している。

アミノ酸には、塩基性と酸性を示す官能基が存在し、結晶中や水中では1つの分子の中に陽イオンの部分と陰イオンの部分をもつ(ア)イオンとしての性質をもつ。アミノ酸は、一般に他の有機化合物に比べて融点や沸点が高く、水に溶けやすい。

タンパク質は、^①ペプチド結合により多数のアミノ酸が鎖状に結合したものである。異なるアミノ酸のペプチド結合では、2通りの結合の仕方があるため、構造異性体を生じることがある。タンパク質は、アミノ酸だけで構成される(イ)^②タンパク質とアミノ酸以外の成分をふくむ(ウ)タンパク質に分けられる。また、立体構造から球状タンパク質と繊維状タンパク質に分類され、球状タンパク質は水に溶けやすい、^③溶けにくい^④ものが多い。^⑤

タンパク質は酸を加えて加熱したり、タンパク質を分解する酵素を作用させたりするとペプチド結合が加水分解され、最終的に構成成分の α -アミノ酸^⑥が生じる。^⑦

問1 (ア)～(ウ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①の理由を1行で記しなさい。

問3 下線部②について以下の問いに答えなさい。

グリシン1分子とアラニン2分子が直鎖状に結合したトリペプチドAがある。このトリペプチドAの構造異性体は何種類考えられるか答えなさい。ただし、鏡像異性体を区別しなさい。

問4 下線部③と下線部④について代表的なタンパク質をそれぞれ1つずつ答えなさい。また、下線部⑤のカッコの中から適切な用語を選び、書きなさい。

問5 下線部⑥について次の文章で正しいものに○、間違っているものに×をつけなさい。

- (1) 酵素は生体内で触媒として働く多糖類である。
- (2) アミラーゼはデンプンやマルトースの加水分解に作用する酵素である。
- (3) 熱や酸によって変性して触媒作用を示さなくなることを酵素の失活という。
- (4) 酵素が触媒として働くことにより化学反応の活性化エネルギーは低下する。
- (5) 一般に、酵素は生体の体温付近(35 ～ 40 ℃付近)で最も効果が高い。
- (6) 胃で食物が消化されやすいように、ペプシンは酸性下で最も効果が高い。

5

問 6 は、問題の誤りのため省略

5

問 6 は、問題の誤りのため省略