

平成 29 年度

後 期 日 程

理 科 (100 分)

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はいけません。
2. 問題は、「物理」が1ページから11ページまで、「化学」が12ページから20ページまであります。解答用紙は、「物理」は , , の3枚、「化学」は , , , の4枚からなっています。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答は、以下の指示に従い解答用紙の指定された欄に記入しなさい。
 - (ア) 生命・応用化学科、物理工学科、電気・機械工学科、社会工学科、創造工学教育課程を志望するものは、「物理」、「化学」のうちから1科目を選択し、解答しなさい。
 - (イ) 情報工学科を志望するものは、「物理」を解答しなさい。
4. 監督者の指示に従って、選択した科目のすべての解答用紙の該当欄に志望学科名(社会工学科を志望するものは志望分野名、創造工学教育課程を志望するものは志望コース名)及び受験番号(2か所)を記入しなさい。
5. 解答用紙の※を付した欄には、何も記入してはいけません。
6. 問題冊子の白紙と余白は、下書きに適宜利用してもよいが、どのページも切り離してはいけません。
7. 試験終了後、この問題冊子及び下書き用紙は持ち帰りなさい。

物 理

注 意 問題はⅠ，Ⅱ，Ⅲの3題である。

Ⅰ 図1のように、平らな表面をもつ台が水平面上にある。その台の左端の点Oから高さ H (m)の点Aより水平右向きに発射された小物体が、台上で一度衝突してはねかえり、最高点に達した後、点Oから水平距離 L (m)だけ離れた台上の点Bで再び衝突する運動を考える。重力加速度の大きさを g (m/s^2)とし、小物体の大きさや空気抵抗の影響は無視する。点Oを座標原点とし、鉛直上方に y 軸正方向を、水平右方向に x 軸正方向をとる。

問1 まず、台が水平面に固定されており、台の表面がなめらかで小物体が台に衝突する瞬間に水平方向に摩擦力が働かない場合を考える。台に垂直な方向の反発係数(はねかえり係数)を e ($0 < e < 1$)とする。この場合、速度の水平成分は衝突の前後で変化しない。小物体と台の最初の衝突点をP、最初の衝突後の最高点をQとする。

- (1) 小物体が点Aより発射されてから点Pで台と衝突するまでの時間を求めよ。
- (2) 点Pで台に衝突する直前と、衝突した直後の小物体の速度の y 成分を、符号まで入れて答えよ。
- (3) 小物体が点Pで台と衝突してから点Bに達するまでの時間を求めよ。
- (4) AP間の水平距離、PQ間の水平距離、QB間の水平距離の比を、AP間の水平距離を1として示せ。
- (5) 点Qの x 座標および y 座標を求めよ。
- (6) 点Aにおける小物体の発射速度の大きさを求めよ。

問 2 次に、台が水平面に固定されており、台の表面が粗く小物体が台に衝突する瞬間に水平方向に摩擦力が働く場合を考える。台に垂直な方向の反発係数を e ($0 < e < 1$) とする。この場合、衝突の前後で小物体の速度の水平成分も k 倍に変化する。ここで、 k は e と同様に小物体の速度や台への入射角によらない $0 < k < 1$ の範囲の定数と考えることにする。点 A における発射速度の大きさを問 1 での値と異なる値にした結果、小物体が二度目の衝突に際してちょうど点 B に達した。小物体発射後の台との最初の衝突点を P' 、最初の衝突後の最高点を Q' とする。

- (7) 小物体が点 A より発射されてから点 B に達するまでに要する時間を示せ。
- (8) AP' 間の水平距離、 $P'Q'$ 間の水平距離、 $Q'B$ 間の水平距離の比を、 AP' 間の水平距離を 1 として示せ。
- (9) 点 A おける小物体の発射速度の大きさを求めよ。

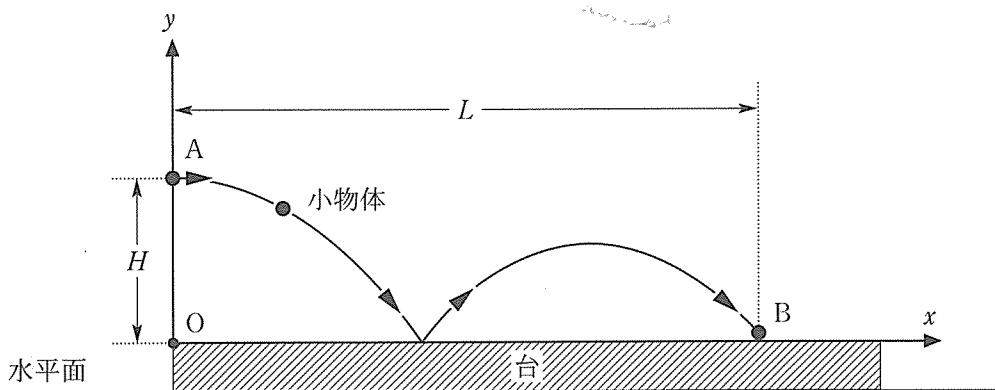


図 1

問 3 最後に、図 2 のように、静止した水平面に対して右向きに大きさ $a(\text{m/s}^2)$ の一定加速度で運動している電車の床面に、なめらかで水平な表面をもつ台が固定されている場合について考える。点 A から台に対して右向き水平に発射された小物体が、台上の点 P' で台と衝突してはねかえり、最高点を經由して点 O から水平距離 L の点 B に衝突する運動を、電車と共に加速度運動する台に固定された原点 O, x 軸, y 軸に基づいて考察する。台に垂直な方向の反発係数は $e(0 < e < 1)$ とする。また、衝突はなめらかな台表面で瞬間的に起こり、速度の水平成分は衝突の影響を受けないものとする。なお、小物体は、最初の衝突に際して台の端より外に出ることはなく、運動の途中で電車の壁に達することもないとする。

- (10) 点 A における小物体の台に対する発射速度の大きさを $v_A(\text{m/s})$ としたとき、発射から点 B に達するまでの小物体の x 座標を、発射後の時間 $t(\text{s})$ の関数として示せ。
- (11) 小物体が二度目の衝突に際してちょうど点 B に達するためには、点 A における小物体の発射速度の大きさ v_A をいくらにすればよいか求めよ。
- (12) 点 P' の x 座標を求めよ。ただし、解答には v_A を用いないこと。
- (13) 点 P' の位置が点 B の位置より左になる加速度 a の条件を不等式で示せ。ただし、解答には v_A を用いないこと。

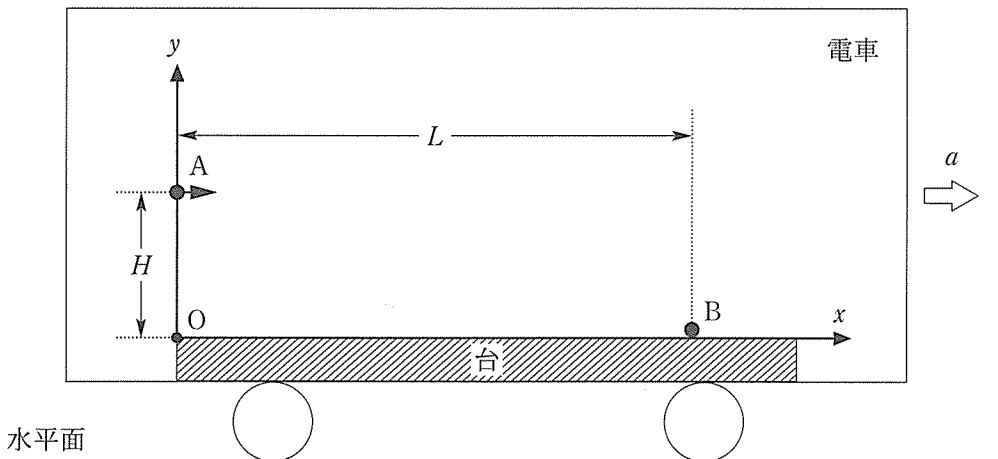


図 2

Ⅱ コンデンサーとダイオードを含む回路について考える。ダイオードには、電流を一方方向にだけ通す働き(整流作用)があり、電流が流れる向きを順方向、ほとんど流れない向きを逆方向という。図1は、ダイオードの記号を示したものであり、記号の上に付け加えた矢印の向きが順方向になる。

問1 図2の回路について考える。回路には、ダイオード、抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗、電気容量 $C[F]$ のコンデンサー、内部抵抗が無視できる起電力 $E[V]$ の電池、スイッチ S が接続されている。最初、スイッチ S は開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。

- (1) スイッチ S を閉じた直後、点 A を流れる電流は $I[A]$ であった。このとき、抵抗を流れる電流、ダイオードを流れる電流を求めよ。
- (2) スイッチ S を閉じてから、十分に時間が経過した。コンデンサーの上側の極板の電気量、および静電エネルギーを求めよ。

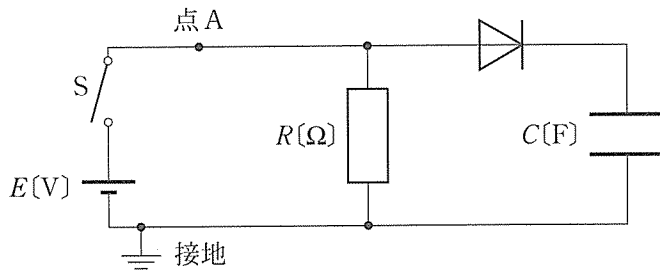
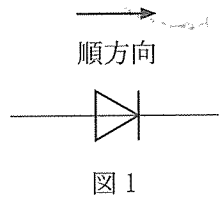


図2

問 2 ダイオードとコンデンサーを用いると、電池の電圧よりも高い電圧を発生させる回路を作ることができる。図 3 の回路について考える。回路には、ダイオード $D1$ と $D2$ 、電気容量 C [F] のコンデンサー $C1$ と $C2$ 、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池、スイッチ S が接続されている。最初、スイッチ S は端子 a 、 b のどちらにも接続されてなく、コンデンサー $C1$ と $C2$ に電荷は蓄えられていなかった。問題を簡単にするために、ダイオードの逆方向に電流は流れないとする。

(3) 次の文章の①～⑩の空欄に適切な数式を入れよ。

まず、スイッチ S を端子 a に接続した。このとき、ダイオード $D1$ には電流が流れず、ダイオード $D2$ のみに電流が流れた。十分に時間が経過したとき、コンデンサー $C1$ の点 A 側の極板の電気量は ① [C]、コンデンサー $C2$ の点 C 側の極板の電気量は ② [C] であった。

その後、スイッチ S を端子 a から端子 b に切り替えた。端子 b に接続すると、今度は、ダイオード $D2$ には電流が流れず、ダイオード $D1$ のみに電流が流れた。端子 b に接続してから十分に時間が経過したとき、コンデンサー $C1$ の点 A 側の極板の電気量は ③ [C]、コンデンサー $C2$ の点 C 側の極板の電気量は ④ [C] であった。一般に、コンデンサーの両極板の電荷の総和はゼロである。

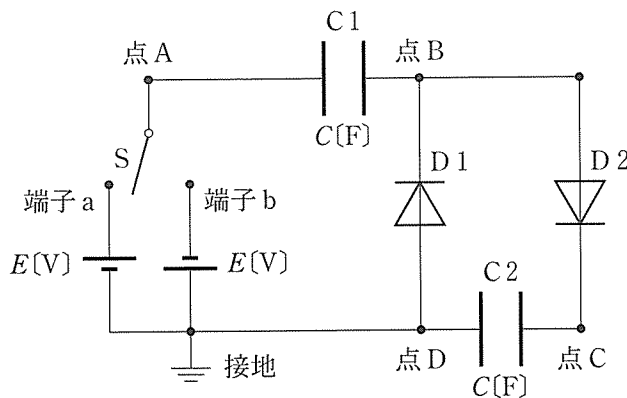


図 3

再びスイッチSを端子bから端子aに切り替えて、十分に時間が経過した。点Bを基準とした点Aの電位を V_1 [V]、点Dを基準とした点Cの電位を V_2 [V]とする。コンデンサーC1の点B側の極板に蓄えられた電気量とコンデンサーC2の点C側の極板に蓄えられた電気量の和を Q [C]とすると、 V_1 、 V_2 、 C を用いて $Q = \boxed{\text{⑤}}$ [C]と表せる。一方、スイッチSを端子bから端子aに切り替える前後で Q は保存するため、 C 、 E を用いて $Q = \boxed{\text{⑥}}$ [C]と表せる。電池の起電力 E と V_1 、 V_2 の間には $\boxed{\text{⑦}}$ の関係式が成り立つ。以上の式から、 V_1 と V_2 を E を用いて表すと $V_1 = \boxed{\text{⑧}}$ [V]、 $V_2 = \boxed{\text{⑨}}$ [V]であったことがわかる。

ここまで述べてきたスイッチSを端子aと端子bで切り替える操作を何回も繰り返した。このとき、 V_1 (点Bを基準とした点Aの電位)はスイッチSを切り替えても変化しなくなり、 V_2 (点Dを基準とした点Cの電位)は一定かつ最大になった。 $\boxed{\text{⑦}}$ の関係式があるので、 E を用いて表すと最大値は $V_2 = \boxed{\text{⑩}}$ [V]であったことがわかる。

問 3 図 4 の回路は、図 3 の回路の右側にダイオードと電気容量 C [F] のコンデンサーを追加した回路である。最初、スイッチ S は端子 a 、 b のどちらにも接続されてなく、コンデンサー $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、 $C4$ に電荷は蓄えられていなかった。問題を簡単にするために、ダイオードの逆方向に電流は流れないとする。

- (4) スイッチ S を端子 a に接続してから、十分に時間が経過した。このとき、コンデンサー $C3$ と $C4$ に蓄えられた電気量は共にゼロであった。コンデンサー $C1$ の左側の極板および $C2$ の左側の極板の電気量を求めよ。
- (5) 問(4)の操作の後、スイッチ S を端子 a から端子 b に切り替えた。図 4 の回路で、端子 b に接続した直後に電流が流れるダイオードを導線に置き換え、電流が流れないダイオードを消去して、回路を描き直せ。また、端子 b に接続してから十分に時間が経過したとき、コンデンサー $C3$ の左側の極板の電気量を求めよ。
- (6) 問(5)の操作の後、再びスイッチ S を端子 b から端子 a に切り替えて、十分に時間が経過した。接地を基準とした点 P の電位を求めよ。

このようにスイッチSの切り替え操作を繰り返すことで、電池の電圧よりも高い電圧を発生させることができる。電池とスイッチSを交流電源に置き換えたものは、コッククロフト・ワルトン型の高電圧発生回路と呼ばれ、加速器の電源にも用いられている。

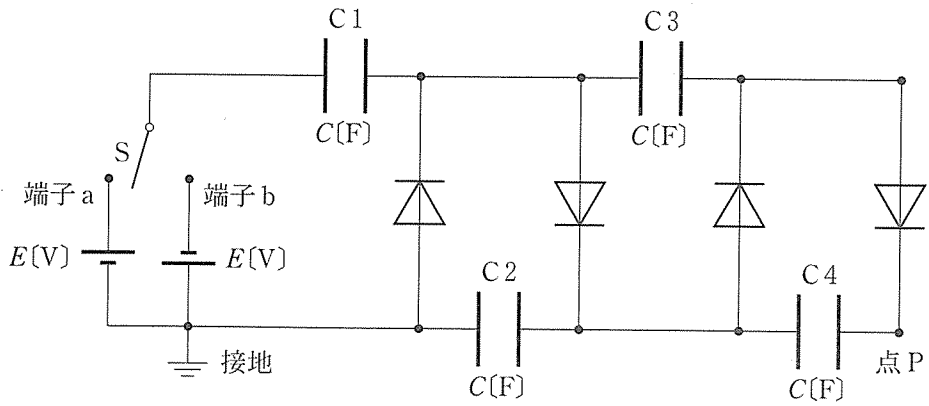


図 4

Ⅲ 音は媒質の変位が伝わる波であり，異なる媒質の境界面で光と同様に屈折する。空気や水などの流体を伝播する音は縦波である。対して固体は縦波と横波を伝える。

問 1 液体 A から固体 B へ垂直に入射する縦波を考える。液体 A 中の縦波音速を v_0 [m/s]，固体 B 中の縦波音速を v_1 [m/s] とする。

(1) 周波数 f_0 [Hz] の正弦波の縦波が入射するとき，液体 A 中での音の波長 λ_0 [m]，固体 B 中での音の周波数 f_1 [Hz] と波長 λ_1 [m] を， f_0 ， v_0 ， v_1 のうち必要なものを用いて表しなさい。

(2) 図 1 に示す長さ a [m] の波形の入射波を考える。この図は，縦波の右向き変位を正にとり，横波表示でグラフに表したものである。液体 A を固体 B との境界面に向かって進み，この波の前端から $\frac{3}{4}a$ までが界面に達した時の，入射波と反射波が重なった変位波形を描きなさい。ただし，固体 B の表面に接する液体 A の変位は常に 0 であると考えなさい。

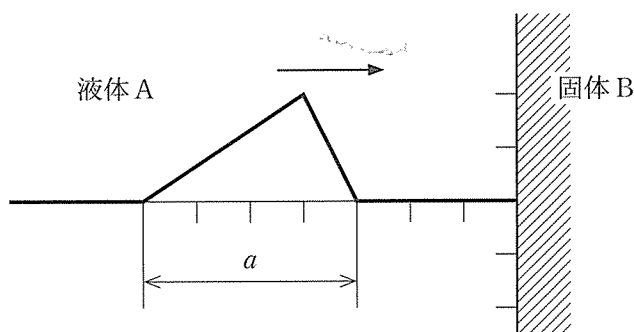


図 1

(3) 次に，音速 v_0 に比べて十分小さい速度 w [m/s] で入射波の伝播方向と同じ方向に固体 B (壁) が移動するときの反射波を考える。一般に，移動する壁からの反射波は壁とともに移動する音源から発せられる波と考えられ，その音源の周波数は壁とともに移動する観測者が観測する入射波の周波数に等しい。

設問(1)と同じ縦波が移動する壁に垂直な方向から入射して反射した。反射波の周波数 f_0' [Hz] を求めなさい。

問 2 液体 A から固体 B へ比較的小さな入射角で縦波が入射する場合を考える。

境界面で屈折して固体を伝わる波には、縦波と横波があらわれることが知られている。液体 A 中の縦波音速を v_0 [m/s]、固体 B 中の縦波音速を v_1 [m/s]、横波音速を v_2 [m/s] とする。図 2 のように入射角 θ_0 [rad] のときの縦波屈折角を θ_1 [rad]、横波屈折角を θ_2 [rad] とする。ここで $\theta_0 < \theta_2 < \theta_1$ とする。

(4) A から B へ入射するときの縦波の A に対する B の相対屈折率 n_{AB} を音速 v_0 、 v_1 を用いて表しなさい。

(5) 縦波音速の比 $\frac{v_1}{v_0}$ を入射角 θ_0 と屈折角 θ_1 で表しなさい。

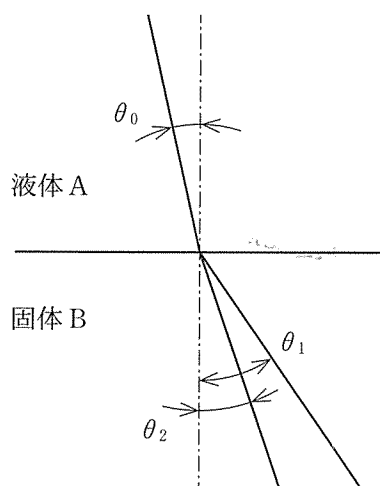


図 2

問 3 図 2 に示すように、 $\theta_0 < \theta_2 < \theta_1$ のとき、入射角 θ_0 を 0 から増大させると、まず縦波屈折角 θ_1 が $\frac{\pi}{2}$ に達する。このときの入射角を第一臨界角(ここでは α [rad] で表記する)という。入射角がこれを超えると、縦波は固体 B 中に透過しない。

(6) 縦波音速の比 $\frac{v_1}{v_0}$ を、第一臨界角 α を用いて表しなさい。

入射角 θ_0 を第一臨界角からさらに大きくすると、横波屈折角 θ_2 が $\frac{\pi}{2}$ に達する。このときの入射角を第二臨界角という。入射角が第二臨界角を超えると横波も固体中を伝播せず、入射縦波は全反射する。

問 4 図 3 は一定の周波数・振幅で連続する波が第二臨界角を超える入射角で平面の境界面に入射する、ある瞬間の入射波の波面(波の同位相の位置を連ねた線)である。ここで、図中の破線(-----)は変位の山、一点鎖線(- - -)は変位の谷、細い実線(——)は変位が 0 の波面を表す。解答欄には作図の便宜のために入射波と、境界面の垂線が描かれている。これを参考に以下の設問の解答を解答欄の図中に描き入れなさい。

(7) この時の反射波面の位置を、図 3 の入射波面にならって、破線、一点鎖線、実線を用いて描き入れなさい。

(8) 入射波と反射波が干渉して境界面に垂直な方向に振動しない位置が、境界面以外に存在する。その位置を描き入れなさい。

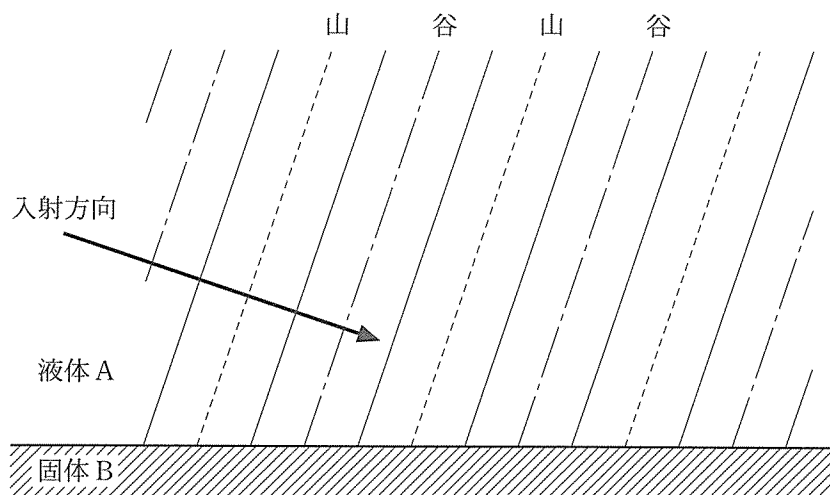


図 3

化 学

注 意 問題はⅠ，Ⅱ，Ⅲの3題である。解答に単位が必要なものには単位をつけて記すこと。また，問題文中の体積の単位記号Lは，リットルを表す。

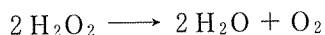
Ⅰ 次の文章を読み，以下の問1～問5に答えよ。問2，問5は解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば，下の値を用いよ。

$$\log_{10} 2 = 0.30 \quad \log_{10} 3 = 0.48$$

$$\text{気体定数 } R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K}) = 8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

化学反応の前後でそれ自体は変化しないが，反応速度に大きな影響を与える物質を触媒という。触媒を用いると，活性化エネルギーがより小さな別の反応経路で反応が進行するため，反応速度が大きくなる。触媒は，様々な工業分野で幅広く応用されており，たとえば石油成分を分解するための結晶性アルミノケイ酸塩(ゼオライト)や，プラスチックの原料であるアルケン(オレフィン)の重合反応を促進するための遷移金属触媒などがある。化学工業において，触媒の働きはとても重要で，従来は高温・高圧の条件下でしか製造できなかった化学物質でも，触媒を利用すれば，より低温・低圧で，しかも短時間で製造できるようになる。ここでは過酸化水素の分解反応に関する以下の実験を例に，触媒の作用について考えよう。

体積 1.0×10^{-1} L の過酸化水素水に触媒を加えると，次の反応が起こり，酸素が発生した。



この分解反応を温度一定の条件で進行させ，発生する酸素を A 法で捕集し，その体積から反応開始 t 分後の過酸化水素のモル濃度 C (mol/L) を計算したところ，表1のようになった。

表1 反応時間と過酸化水素のモル濃度の関係

時間 t (分)	0	5	10	15
モル濃度 C (mol/L)	1.19	0.79	0.54	0.35

問1 文中の空欄 に入る適当な語を漢字で記せ。

問2 この実験で過酸化水素水の体積は 1.0×10^{-1} L のままで変わらないものとして、以下の(1)と(2)に答えよ。なお、解答に至る導出過程も記すこと。

- (1) 反応開始から15分間に発生した酸素の物質量(mol)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。
- (2) 反応開始からしばらく経過した時点までに発生した酸素の体積は、標準状態に換算すると 5.6×10^{-1} L となった。このときの過酸化水素のモル濃度(mol/L)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。

問3 この分解反応の反応速度定数を k とする。ある時間 t から $t + \Delta t$ までの濃度 C の変化量を ΔC とするとき、過酸化水素の分解速度 v は次の①式となることがわかっている。

$$v = -\frac{\Delta C}{\Delta t} = kC \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

表1の隣り合う反応時間のデータを用いて、 k の値を求めることを考える。次の文中の空欄 ~ に入る数値を求め、3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。

過酸化水素の平均分解速度(mol/(L・分))を ΔC と Δt から5分間隔で計算すると、反応開始からの5分間は 8.0×10^{-2} 、反応開始5分後から10分後までは , 反応開始10分後から15分後までは となる。

この実験において、①式の kC 中の過酸化水素の濃度 C (mol/L) は、5分間隔の最初の値と最後の値を平均したのものと見なして良いので、反応開始からの5分間は0.99、反応開始5分後から10分後までは , 反応開始10分

後から 15 分後までは となる。これをもとに、5 分間隔の k (1/分) を求め、これら 3 つの平均値(1/分)を計算すると、 となる。

問 4 過酸化水素の分解反応において、カタラーゼと呼ばれる酵素触媒が高い性能を示すことが知られている。この反応において、温度を上げていくと反応速度が著しく低下した。その理由を 1 行で記せ。

問 5 一般に、反応速度定数 k は温度とともに変化するが、両者の関係は次の②式で表される。

$$\log_{10} k = -\frac{E}{2.3 RT} + \log_{10} A \quad \cdots \cdots \text{②}$$

ここで E は活性化エネルギー(kJ/mol)、 T は温度(K)、 A は定数である。ある反応において、反応温度 T_1 (K) での k の値は、500 K のときの 2.0 倍となった。この反応の E を 50 kJ/mol とするとき、温度 T_1 (K) を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。ただし、 A は温度によらず一定とする。なお、解答に至る導出過程も記すこと。

II 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。問3、問4、問5(1)、(2)は解答に至る導出過程も記すこと。必要であれば、下の値を用いよ。

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16

$$\sqrt{2} = 1.414, \sqrt{3} = 1.732, \sqrt{5} = 2.236$$

$$\text{水のイオン積 } K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$$

酸と塩基の概念は古来より研究者の興味を集め、多くの定義づけが試みられてきた。ラボアジェ(1743—1794)は、酸素がすべての酸のもとであり、酸は必ず酸素を含むと考えたが、酸化カルシウムなどの塩基性酸化物の存在により修正を受け、また後年には酸素を含まない酸の存在が証明されることとなった。1923年にブレンステッドとローリーは今日でも有用な酸塩基説を発表した。この説においては、酸とは を放出する物質であり、塩基とは を受容する物質である。また、溶液中における物質の酸あるいは塩基としての強弱は、 の放出あるいは受容のしやすさであり、電離度や電離定数の値で判断できる。水に酸や塩基を溶解させたときの水溶液の酸性、塩基性の強さはpHで表わされ、 濃度の関数として の関係がある。

問1 文中の空欄 に入る適当な語を、 に入る適当な式を記せ。

問2 質量パーセント濃度20.0%の酢酸水溶液の質量モル濃度(mol/kg)およびモル濃度(mol/L)を求め、それぞれ4桁目を四捨五入して有効数字3桁で記せ。ただし、この溶液の密度を 1.02 g/cm^3 とする。

問3 pH 4.0の酢酸水溶液中の全酢酸濃度(mol/L)を求め、4桁目を四捨五入して有効数字3桁で記せ。ただし、全酢酸濃度は酢酸と酢酸イオンの濃度の和とし、酢酸の電離定数を $2.69 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

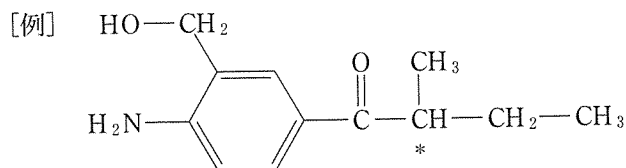
問4 pH 4.0の塩酸を1000倍に薄めた。この溶液の水素イオン濃度(mol/L)を求め、4桁目を四捨五入して有効数字3桁で記せ。

問 5 濃度未知の酢酸水溶液の濃度を，次の手順で決定した。まず，濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液を $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液で中和滴定を行い，その濃度を決定した。次に，濃度決定した水酸化ナトリウム水溶液を用いて濃度未知の酢酸水溶液の中和滴定を行い，その濃度を決定した。

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液 25.0 mL を中和するのに， $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液 12.0 mL を要した。水酸化ナトリウム水溶液の濃度 (mol/L) を求め，4 桁目を四捨五入して有効数字 3 桁で記せ。
- (2) 酢酸水溶液 25.0 mL を中和するのに，(1)の水酸化ナトリウム水溶液 15.0 mL を要した。酢酸水溶液の濃度 (mol/L) を求め，4 桁目を四捨五入して有効数字 3 桁で記せ。
- (3) 下線部の中和滴定の中和点において，溶液は酸性，中性，塩基性のいずれになるか，その理由とともに 2 行以内で述べよ。
- (4) 下線部の中和滴定に用いる適切な指示薬を答えよ。
- (5) 水酸化ナトリウムの一定量をはかり取り，水に溶解する方法によって，正確な濃度の水酸化ナトリウム水溶液を調製することは一般的に困難である。これは水酸化ナトリウムのどのような性質に起因するか答えよ。

Ⅲ A, Bともに全員が解答すること。

A 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。構造式は例にならって記すこと。



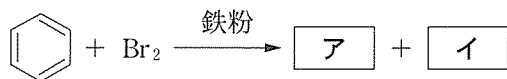
ベンゼンが分子式 C_6H_6 で示される化合物であることは19世紀前半には知られていたが、分子式から予想される不飽和性を示さないことは当時の人々を困惑させていた。ケクレはベンゼン置換体の実験結果を手がかりにしてベンゼンの構造を提示した。

ベンゼンの1置換体に異性体が発見されないからといって、ベンゼンの6個の水素原子に区別がないとは結論できない。最も反応しやすい水素原子がいつも反応している可能性も否定できないからである。この問題に対して次のような実験が行われた。まず安息香酸をニトロ化しニトロ安息香酸の異性体の混合物を得た。次にそれらのニトロ基をヒドロキシ基に変換⁽¹⁾してヒドロキシ安息香酸の異性体を得た。最後にそれらのカルボキシ基を水素原子に変換⁽²⁾した。こうして得た化合物は、もとの安息香酸を基準にすると異なる位置にヒドロキシ基を有するにもかかわらず、すべてフェノールであることが確かめられた。

ベンゼン2置換体の置換基の位置は、分子内の反応によって決めることができる。例えば、ジメチルベンゼン(キシレン)の異性体の1種のみが、酸化反応で生じるジカルボン酸⁽⁴⁾の分子内脱水反応によって酸無水物を生成する。また、ベンゼン2置換体の置換基の位置は、それらを3置換体⁽⁵⁾に導いた際に生じる異性体の数によっても決められる。例えば、ジブロモベンゼンの異性体A, B, Cの臭素化によって得られるトリブロモベンゼンについて考えてみよう。トリブロモベンゼンの異性体D, E, Fの中で、A, B, Cすべてから生じる異性体はDであり、A, Bから生じる異性体はEであり、Aのみから生じる異性体はFである。

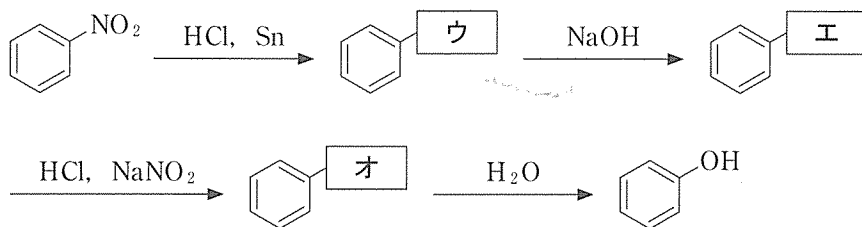
問 1 ベンゼンと異なり、シクロヘキセンに臭素を加えると直ちに色が消える。この際の反応生成物の構造を記せ。

問 2 鉄粉を触媒とすると以下に示すようにベンゼンは臭素と反応する。化学反応式中の空欄ア、イに当てはまる化合物を化学式で記せ。

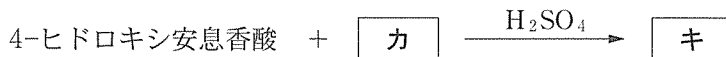


問 3 下線部(1)のニトロ安息香酸について、異性体の構造式をすべて記せ。

問 4 下線部(2)の反応について、ニトロベンゼンを例にニトロ基をヒドロキシ基に変換する反応を以下に示した。空欄ウ、エ、オに当てはまる官能基を化学式で記せ。



問 5 下線部(3)の4-ヒドロキシ安息香酸のエステルは保存料として利用されている。4-ヒドロキシ安息香酸のメチルエステル(メチルパラベン)を得る以下の反応式中の空欄カには必要な試薬を、空欄キにはメチルパラベンの構造式を記せ。

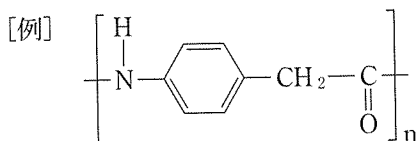


問 6 下線部(4)のジカルボン酸の構造式を記せ。

問 7 下線部(5)の酸無水物の構造式を記せ。

問 8 化合物A, B, C, D, E, Fの構造式を記せ。

B 次の文章を読み、以下の問1～問6に答えよ。問5は解答に至る導出過程も記すこと。構造式は例にならって記せ。



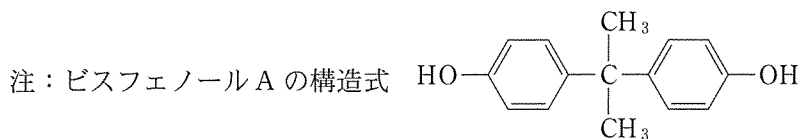
デンブun・セルロースやコラーゲン・酵素といった自然界に存在する高分子化合物(1)を天然高分子化合物といい、ポリエチレンやポリエステル等の石油から合成される高分子化合物を合成高分子化合物という。一般的な高分子化合物の特徴として、明確な融点をもたず、加熱していくと、ある温度で柔らかくなって変形できるようになる

ア 点を示す場合が多い。また、溶液にしてレーザー光線を照射すると、光が散乱するイ 現象が見られることがある。これは、溶媒に溶け難く、溶解したとしてもウ 溶液になるためである。

合成高分子化合物は付加重合や縮合重合などにより生成される。酢酸ビニルの付加重合(4)で得られるポリ酢酸ビニルのエステル結合を水酸化ナトリウム水溶液でエ 化することでポリビニルアルコールが得られる。得られたポリビニルアルコールをホルムアルデヒドでオ 化することでビニロンが得られる。また、テトラフルオロエチレンの付加重合で得られる高分子化合物①は、耐熱性・耐薬品性・防汚防水性に優れ、通称カ と呼ばれておりフライパンの表面処理などに用いられている。

縮合重合で合成される高分子化合物には、パラフェニレンジアミンとテレフタル酸ジクロリドから得られる高分子化合物②や、ビスフェノールAとホスゲン(COCl₂)から得られる高分子化合物③がある。高分子化合物②は、分子内に多数のキ 結合とベンゼン環をもつために、引っ張り強度が非常に大きく弾性にも優れ、通称ク と呼ばれており防弾服などに用いられている。このような高分子化合物は、鉄などの金属よりも密度が低いのに強度が数倍にもなることから、その性質に

よってエンジニアリングプラスチックやスーパーエンジニアリングプラスチックに分類されている。



問 1 下線部(1)および(2)の天然高分子化合物の種類をそれぞれ記せ。

問 2 文中の空欄 ~ に入る適当な語を記せ。

問 3 下線部(3)の明確な融点をもたない理由を 2 つ、それぞれ 1 行で記せ。

問 4 高分子化合物①~③の構造式を記せ。

問 5 下線部(4)の手順でビニロンを合成したところ、ポリ酢酸ビニルのエステル結合の 90 % が 化されたポリ酢酸ビニルとポリビニルアルコールの共重合体が得られた。次に、得られた共重合体のヒドロキシ基の 40 % が 化されたビニロンが 60 g 得られた。はじめに用いた単量体の酢酸ビニルの物質量 (mol) を求め、3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。ただし、酢酸ビニルは全て付加重合でポリ酢酸ビニルになるものとし、高分子の末端の構造は無視して考えよ。なお、解答に至る導出過程も記すこと。原子量は次の値を用いよ。

H : 1.0 C : 12 O : 16

問 6 ポリビニルアルコールを合成するときの単量体にビニルアルコールを用いない理由は、ビニルアルコールは不安定で違う化合物に変化するためである。変化後の化合物の名称と構造式を記せ。